

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



**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN  
CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE  
CELENDÍN**

**Para optar el título profesional de:  
INGENIERO GEÓLOGO**

**Autor:**

**Bach. Mejía Mejía, Karla Marivy**

**Asesor:**

**Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón**

**Cajamarca – Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

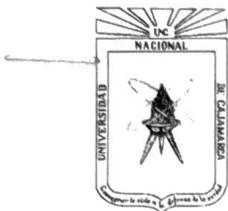
### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Karla Marivy Mejía Mejía
2. DNI : 72541708
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 LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN.**
  
8. Fecha de evaluación : 25 de julio de 2025
  
9. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)
  
10. Porcentaje de Informe de Similitud : 4%
  
11. Código Documento : Trn:oid: 3117:476312458
  
12. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 25 de julio de 2025

		Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 25/07/2025 17:29:53-0500
<p><b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani DNI : 29243825</p>	<p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>	

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN*

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

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0590-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 10 de setiembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **doce días del mes de setiembre de 2025**, siendo las once horas (11:00 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. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Secretario : M.Cs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN*, presentado por la Bachiller en Ingeniería **Geológica KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA**, 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 lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... *04* ..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... *11* ..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : ..... *15* ..... PTS ..... *QUINCE* ..... (En letras)

En consecuencia, se la declara *Aprobada* con el calificativo de ..... *Quince* ..... acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *12.00 p.m.* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Vocal

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

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani  
Asesor

## DEDICATORIA

*A mis padres, Rolmer Mejía y Maruja Mejía, cuyas enseñanzas y amor incondicional han sido el faro que ha guiado cada uno de mis pasos. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración. Gracias por creer en mis sueños y por brindarme las herramientas para alcanzarlos.*

*A mis hermanos, Diana y Rolmer compañeros de vida y cómplices en cada aventura. Su apoyo constante y sus palabras de aliento han sido fundamentales en este camino. Les agradezco por estar siempre a mi lado, por sus risas, su compañía y por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre.*

*A cada uno de ustedes, que son mi pilar, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud.*

*K.M.M.M.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Sobre todo, agradezco a Dios por su guía y fortaleza, que me han sostenido e iluminado en este arduo pero gratificante viaje. A mis docentes, cuya dedicación y pasión por la enseñanza han dejado una huella imborrable en mi formación profesional y personal, siendo una fuente de inspiración y moldeando mi carácter y perspectiva del mundo.*

*Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis por su invaluable orientación y apoyo. Su rigor académico, comentarios perspicaces y constante guía fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Gracias por creer en mí y por su compromiso con mi formación académica.*

*A todos ustedes, mi eterno agradecimiento por ser parte de este logro y por encender en mí la llama del conocimiento y la superación.*

*K.M.M.M.*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	3
2.1.1. Internacionales .....	3
2.1.2. Nacionales.....	4
2.1.3. Locales .....	5
2.2. BASES TEÓRICAS .....	6
2.2.1. Estratigrafía.....	6
2.2.2. Principios Fundamentales de la Estratigrafía .....	6
2.2.3. Objetivos de la Estratigrafía .....	9
2.2.4. Estrato .....	10
2.2.5. Estratificación y Laminación .....	13
2.2.6. Tipos de Estratificación .....	13
2.2.7. Medida de Estratificación .....	14
2.2.8. Tipos de Superficie de Estratificación.....	15
2.2.9. Calificativos para Describir la Diferencia entre Estratificación y Laminación.....	15
2.2.10. Facies .....	15

	Pág.
2.2.11. Tipo de Facies.....	16
2.2.12. Clasificación de Facies .....	18
2.2.13. Ley o regla de Walther .....	19
2.2.14. Unidades Estratigráficas.....	21
2.2.15. Ambientes Sedimentarios.....	32
2.2.16. Características que Definen los Ambientes Sedimentarios .....	33
2.2.17. Clasificación de los Ambientes Sedimentarios .....	34
2.2.18. Sección Estratigráfica .....	36
2.2.19. Metodología para la Elaboración de una Sección Estratigráfica	38
2.2.20. Medidas de Espesores de Unidades Estratigráficas .....	38
2.2.21. Correlación Estratigráfica.....	41
2.2.22. Sistema Gráfico de Correlación de Shaw.....	43
2.2.23. Clasificación de Rocas Carbonatadas de Folk 1962 .....	45
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	48

### CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
3.1.1. Geográfica.....	50
3.1.2. Política.....	50
3.1.3. ACCESIBILIDAD.....	51
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	52
3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete.....	52
3.2.2. Etapa de Campo.....	52
3.2.3. Etapa de Gabinete .....	52
3.2.4. METODOLOGÍA.....	53
3.2.5. Identificación de Variables .....	54
3.2.6. Técnicas .....	55
3.2.7. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS .....	55
3.3. GEOLOGÍA.....	57
3.3.1. Geología Local.....	57
3.4. MARCO LITOBIOESTRATIGRÁFICO .....	59

	Pág.
3.4.1. Unidades Litoestratigráficas.....	59
3.4.2. Análisis Paleontológico .....	66
3.5. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS.....	77
3.6. TEXTURAS SEDIMENTARIAS .....	79
3.7. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS .....	87
3.7.1. Elaboración de Columna Lito-Estratigráfica .....	87
3.7.2. Correlación Lito Estratigráfica .....	87

#### CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN .....	89
4.2. BIOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN .....	90
4.3. CORRELACIÓN LITO ESTRATIGRÁFICA.....	91
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	91

#### CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES .....	93
5.2. RECOMENDACIONES .....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

#### ANEXOS

##### Anexo 01 Planos

Plano 01: Plano de Ubicación y Accesibilidad

Plano 02: Plano Satelital

Plano 03: Plano Geológico

## **Anexo 02 Columnas Estratigráficas**

**Columna 01: Columna Lito-biostratigráfica**

**Columna 02: Columna Litoestratigráfica de Teresacongá. Garay (2017)**

**Columna 03: Columna Litoestratigráfica de Cerro de Chuco. Tafur (2016)**

## **Anexo 03 Correlaciones Estratigráficas**

**Correlación 01: Correlación Litoestratigráfica de Maraypata Y Cerro Chuco  
- sistema gráfico de Shaw**

**Correlación 02: Correlación Litoestratigráfica de Maraypata Y Teresacongá  
- sistema gráfico de Shaw**

**Correlación 03: Correlación Litoestratigráfica de Maraypata, Teresacongá  
y Cerro Chuco**

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Observamos el afloramiento de la Fm. Cajamarca en la zona de investigación, Maraypata. ....	57
Fotografía 2. Observamos el afloramiento de la Fm. Celendín en la zona de investigación, Maraypata. ....	58
Fotografía 3. Depósito coluvial presente en la Fm. Celendín en la zona de estudio Maraypata. ....	59
Fotografía 4. Contacto de la Fm. Cajamarca y Fm. Celendín en la zona de estudio Maraypata. ....	60
Fotografía 5. a) Se aprecia la intercalación de arcillita margosa, marga, limolita, caliza. b) Representación del tipo de roca caliza Mudstone y c) representación del tipo de roca marga encontradas en zona de estudio Maraypata. ....	61
Fotografía 6. a) Se observa le observa presencia de intercalación de arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa, caliza con presencia de limo y arcilla. b) Representación del tipo de roca caliza mudstone, en la zona de investigación. ....	62
Fotografía 7. a) Observamos intercalación de arcillita margosa, caliza Packestone, arcillita margosa. b) Representación de tipo de roca caliza Packestone. ....	63
Fotografía 8. a) Se observa intercalación de arcillita margosa, marga, arcillitas margosa y caliza Packstone con presencia de abundantes sedimentos de arcilla. b) Representación de tipo de roca caliza Packstone. ....	64
Fotografía 9. Se observa el contacto de la Fm. Celendín y la Fm. Chota. Presencia de intercalación de arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa y caliza mudstone presente en la zona de investigación Maraypata. ....	65
Fotografía 10. Superficie de estratificación nodular en calizas grisáceas en la Fm. Celendín encontradas en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241670 Este: 809054 Cota: 2843 m.s.n.m. ....	77

- Fotografía 11. Se observa estructura laminar en arcillita margosa de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241555 Este: 809262 Cota: 2862 m.s.n.m. .... 78
- Fotografía 12. Se aprecia una estructura lenticular en intercalación de limolitas con calizas gris amarillentas de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241542 Este: 809149 Cota: 2854 m.s.n.n..... 78
- Fotografía 13. Se aprecia la estructura paralela en la intercalación de la arcillita margosa con calizas amarillentas de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Este: 809173 Norte: 9241550 Cota: 2862 m.s.n.m. .... 79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principio de la superposición de capas, columna estratigráfica que muestra la aplicación del principio. ....	7
Figura 2. Principio de Sucesión Faunística, primera fila - columna estratigráfica muestra la aplicación del principio. Segunda fila – aplicación del principio en la correlación de columnas estratigráficas. ....	8
Figura 3. Tipos de estratigrafía.....	11
Figura 4. Clasificación de las asociaciones de estratos según la variación de espesores y tipos de litologías presentes.....	13
Figura 5. Medidas de la estratificación. Representación de rumbo y buzamiento y forma en que se mide un estrato el rumbo y buzamiento en un estrato mediante una brújula geológica. ....	14
Figura 6. Relación entre medio, proceso, facies y tiempo en una cuenca sedimentaria teórica. ....	16
Figura 7. Representación esquemática simplificada de litofacies. Observa que una facies puede variar lateral o verticalmente. ....	17
Figura 8. Gráfico tridimensional que ilustra un ejemplo de la aplicación de la Ley de Walther. ....	20
Figura 9. Gráfico que ilustra los rangos de unidades litoestratigráficas. Se representan tres formaciones (X, Y, Z), y en una de ellas (Formación Y), se distinguen tres miembros (A, B, C). Se presentan dos ejemplos de capas: la capa 1 es una unidad litoestratigráfica de rango menor diferenciada directamente dentro de una formación, mientras que la capa 2 es una unidad de menor rango dentro de un miembro. ....	21
Figura 10. Diagrama realizado por Ch. Darwin (1859) en el origen de las especies. ....	27
Figura 11. Sistema de clasificación biológica moderna.....	28

	Pág.
Figura 12. Tabla de la distribución de los fósiles característicos a lo largo del tiempo geológico, desde el Cámbrico hasta la actualidad. Las áreas sombreadas en negro indican los periodos de mayor precisión informativa, mientras que las áreas en blanco representan intervalos con información menos detallada. Basado en diversas fuentes .....	29
Figura 13. Distribución de diferentes fósiles (M,N,O.P.G) en una sección estratigráfica. BPA. - Biohorizonte de primera aparición.BUP. - Biohorizonte de última presencia .....	30
Figura 14. Sistema taxonómico para clasificación de organismos. ....	31
Figura 15. Características de algunos ambientes sedimentarios. ....	33
Figura 16. Ambientes Sedimentarios Continentales, Marinos y De Transición. ....	34
Figura 17. Medios Sedimentarios Marinos. ....	36
Figura 18. Medida en materiales horizontales (x, y, z: unidades litoestratigráficas). ....	39
Figura 19. Detalle de la medida con la vara de Jacob en capas horizontales (P, Q, lotes de 1,5 m que es la altura de la vara). ....	39
Figura 20. Medida de los espesores de unidades estratigráficas en materiales inclinados, mediante medidas parciales sucesivas. La potencia de una unidad (y) se obtiene sumando todas las medidas parciales que darían el segmento A-C. ....	40
Figura 21. Medida con la vara de Jacob en capas inclinadas (P,Q, lotes de 1,5 m que es la altura de la vara).....	40
Figura 22. Medida del espesor conjunto de una unidad, a partir del buzamiento.....	41
Figura 23. Correlación linear tipo A, de dos perfiles con el mismo espesor, con la letra d se marcan los niveles diacrónicos (aquellos que se separan de la línea de correlación). ....	44
Figura 24. Correlación tipo B, entre dos perfiles en la que el perfil X tiene un mayor espesor (mayor tasa de sedimentación). ....	44
Figura 25. Correlación tipo C, entre dos perfiles en la que el perfil Y tiene un mayor espesor. ....	44

	Pág.
Figura 26. Correlación tipo D, modo gráfico de detectar un hiato en el perfil X.....	44
Figura 27. Correlación tipo E, modo gráfico de detectar un hiato en el perfil Y.....	45
Figura 28. Clasificación de rocas carbonatadas.....	45
Figura 29. Triangulo de clasificación de rocas carbonatadas detríticas e intermedias.....	46
Figura 30. Clasificación de rocas carbonatadas.....	47
Figura 31. Clasificación de rocas carbonatadas.....	48
Figura 32. Ubicación y accesibilidad a la zona de estudio. ....	51
Figura 33. Ubicación cronoestratigráfica de la Fm. Celendín.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Términos utilizados para clasificar la estratificación y laminación de acuerdo con su grosor..... 15
Tabla 2.	Facies según su tipo de características o contenido..... 19
Tabla 3.	Unidades cronoestratigráficas y unidades geocronológicas..... 26
Tabla 4.	Coordenadas UTM (sistema WGS-84) de vértices de las áreas de estudio..... 50
Tabla 5.	Accesibilidad al área de estudio..... 51
Tabla 6.	Clasificación de los tipos de investigación utilizados en el proyecto de investigación. .... 53
Tabla 7.	Identificación de las variables de la investigación. .... 54
Tabla 8.	Coordenadas del contacto litoestratigráfico entre la Fm. Cajamarca y Fm. Celendín..... 60
Tabla 9.	Taxonomía de los restos encontrados ..... 66
Tabla 10.	Descripción de la muestra de fósil N° 01 Ammonite – Buchiceras bilobatum encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 67
Tabla 11.	Descripción de la muestra de fósil N° 02 Ammonite – Buchiceras (Roemerocheras) encontrado en limolitas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 68
Tabla 12.	Descripción de la muestra de fósil N° 03 Nicaisolopha nicasei (Coquand) encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 69
Tabla 13.	Descripción de la muestra de fósil N° 04 Mecaster fourneli Deshayes encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 70
Tabla 14.	Descripción de la muestra de fósil N° 05 Plicatula (Plicatula) ferreyi encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 71
Tabla 15.	Descripción de la muestra de fósil N° 06 Ammonites Andii encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 72

	Pág.
Tabla 16.	Descripción de la muestra de fósil N° 07 Mecaster forneli encontrado en limolitas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 73
Tabla 17.	Descripción de la muestra de fósil Exogyra (Costagyra) olisiponensis N° 07 encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. .... 74
Tabla 18.	Descripción de la muestra de fósil Tellina sp. N° 09 encontrado en limolita en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. .... 75
Tabla 19.	Descripción de la muestra de fósil Turritella sp. N° 10 encontrado en limolita en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. .... 76
Tabla 20.	Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza Lodosa/microcristalina – Wackestone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 80
Tabla 21.	Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 81
Tabla 22.	Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina - Packstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 82
Tabla 23.	Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina - Packstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 83
Tabla 24.	Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 84
Tabla 25.	Clasificación textural según Dunham y Correns, de la muestra obtenida en campo de marga, lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata..... 85

	Pág.
Tabla 26. Clasificación textural según Dunham y Correns, de la muestra obtenida en campo de arcillita margosa, lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. ....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS

Fm	: Formación
Gpo.	: Grupo
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú
WGS-84	: World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 84)
GPS	: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
et al.	: Otros autores adicionales
UTM	: Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
Arcillita M.	: Arcillita margosa
CACO <sub>3</sub>	: Carbonato de calcio

## RESUMEN

El estudio de investigación en el caserío de Maraypata, distrito de Celendín, provincia de Celendín, el cual se basa en la caracterización lito-bioestratigráfica de la Formación Celendín, llevándose a cabo para ello un análisis descriptivo directo de manera local, en la que se distinguió tres miembros: miembro inferior, miembro medio y miembro superior, la unidad litoestratigráfica caracterizada por facies de intercalaciones delgadas de calizas gris amarillentas con arcillitas margosas de mayor espesor y bancos de margas; con secuencia inversa en los tres miembros. El procedimiento metodológico se basa en una parte de campo y otra de gabinete, en campo se realiza el reconocimiento de la Formación Celendín, medición con flexómetro del espesor de estratos, reconocimiento de texturas, estructuras sedimentarias y fósiles característicos de la Formación.; y en gabinete se realiza los planos temáticos con el software ArcGIS, las columnas litoestratigráficas con el software Autocad (2025) y el informe final. Obteniendo como resultado más importante la columna Lito-Bioestratigráfica de la Formación Celendín en su localidad tipo con cinco facies diferentes. Concluyendo que se logró correlacionar por el método de Shaw la columna litoestratigráfica realizada en Maraypata con las columnas litoestratigráficas de Cerro Chuco, Tafur (2016) y de Teresacongá, Garay (2017), basándonos en los ammonites que es característico en las tres columnas correlacionadas, se concluye que su tiempo cronoestratigráfico de la Formación Celendín, corresponde al Coniaciano y Santoniano.

**Palabras clave:** Caracterización bioestratigráfica, Texturas, Estructuras, Fósiles, Formación, Estratigrafía, Litoestratigrafía.

## ABSTRACT

The research study conducted in the village of Maraypata, district of Celendín, province of Celendín, is based on the litho-biostratigraphic characterization of the Celendín Formation. A direct descriptive analysis was carried out locally, distinguishing three members: lower, middle, and upper. The lithostratigraphic unit is characterized by facies consisting of thin interbeddings of yellowish-gray limestones with thicker marl-claystones and marl beds, showing an inverse sequence in all three members. The methodological procedure consisted of both field and office work. In the field, the Celendín Formation was surveyed, including measurement of strata thickness with a measuring tape, recognition of textures, sedimentary structures, and characteristic fossils of the Formation. In the office, thematic maps were created using ArcGIS software, lithostratigraphic columns were developed with Autocad (2025), and the final report was prepared. The most important result obtained was the litho-biostratigraphic column of the Celendín Formation at its type locality, identifying five different facies. It was concluded that, using Shaw's method, the lithostratigraphic column developed in Maraypata could be correlated with the lithostratigraphic columns of Cerro Chuco (Tafur, 2016) and Teresaconga (Garay, 2017), based on the presence of ammonites, which are characteristic of all three correlated columns. It was concluded that the chronostratigraphic age of the Celendín Formation corresponds to the Coniacian and Santonian stages.

**Keywords:** Biostratigraphic characterization, Textures, Structures, Fossils, Formation, Stratigraphy, Lithostratigraphy.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La Lito-Bioestratigrafía es importante ya que nos permite conocer los procesos depositacionales de una unidad estratigráfica junto con la identificación de disposición de la ubicación de fósiles en los diferentes niveles de estratos, además darle una adecuada interpretación a esta variedad de especies que se encuentra en la superficie terrestre.

El estudio de investigación va a tener una interpretación certera y a su vez una comprensión de la depositación de sedimentos, extensión y geometría de las facies sedimentarias, así como la relación de fósiles y sus ambientes. Para ello, se utilizarán conocimientos en estratigrafía, paleontología y otras ramas de la geología, enfocándose en afloramientos de la Formación Celendín. Se construirá una columna litoestratigráfica y bioestratigráfica, que será analizada y correlacionada con otras columnas para entender las secuencias estratigráficas de dicha formación.

El área de estudio se centra en el caserío Maraypata, distrito de Celendín, donde se encuentran afloramientos de la Formación Celendín del Cretácico Superior, compuesta por arcillitas margosas, margas y calizas delgadas con abundantes fósiles. Se realizará un análisis lito-bioestratigráfico minucioso para crear columnas lito-bioestratigráficas, para determinar la secuencia de facies e investigar la interacción entre organismos y su medio ambiente. Este estudio servirá como referencia para futuras investigaciones. Por consiguiente, en la presente tesis se ha planteado el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la caracterización Lito-Bioestratigráfica de la Formación Celendín en el caserío de Maraypata?

Para ello, se formula la hipótesis: La conformación Lito-Bioestratigrafía de la Formación Celendín, ubicada en la provincia de Celendín, perteneciente al Cretácico Superior se ha visto influenciada por los sucesos sedimentarios y tectónicos presentes en el área de deposición, estos eventos ha dado lugar a la aparición de diversas estructuras, texturas y fósiles en las rocas calcáreas a lo largo de la historia geológica, representadas por rocas que consiste en una intercalación de arcillitas margosas margas y calizas delgadas; bastante fosilífera.

Por ende, al igual que otras formaciones del Cretácico, la Formación Celendín se espera que se caracterice por tener un sistema bioestratigráfico único, integrado por cefalópodos, lamelibranquios, gasterópodos y equinoideos. El propósito es que lleguemos a disponer de métodos precisos para el análisis Lito-bioestratigráfico específico de la Formación Celendín.

La justificación de este estudio es que en el caserío de Maraypata la Formación Celendín escasea de estudios previos y material bibliográfico significativo en lo que respecta a Lito-bioestratigrafía. Esto genera la necesidad de llevar a cabo un estudio de investigación para de esa manera dar un aporte geológico más preciso de la ya mencionada caracterización de dicha Formación, perteneciente al Cretácico Superior. Esta investigación proporcionará información valiosa sobre las condiciones del ambiente deposicional y la susceptibilidad de los organismos para generar restos fósiles que servirá de base para futuras investigaciones sobre caracterización Lito-Bioestratigráfica. El período de realización de esta investigación fue de nueve meses. La limitación es el permiso por parte de los propietarios de los terrenos donde está la zona de investigación.

Considerando como objetivo general caracterizar la Lito-bioestratigrafía de la Formación Celendín en el caserío de Maraypata, y como objetivos específicos Identificar estructuras y texturas sedimentarias, describir las unidades litoestratigráficas, elaborar la columna Lito-Bioestratigráfica, caracterizar especies fosilíferas, correlacionar columnas Litoestratigráficas.

La estructura de esta investigación está organizada así. El Capítulo II se dedica al Marco Teórico, donde se seleccionan y describen los antecedentes, se establece la base teórica y se definen los términos clave, tales como Litoestratigrafía, bioestratigrafía, entre otros. El Capítulo III, titulado Materiales y Métodos, detalla los recursos utilizados y el procedimiento llevado a cabo en la recolección de información de campo, además de brindar una descripción de la geología local y estructural de las áreas estudiadas. En el Capítulo IV se lleva a cabo el Análisis y Discusión de Resultados, siguiendo los objetivos planteados y contrastando la hipótesis. Por último, el Capítulo V contiene las Conclusiones y Recomendaciones derivadas del análisis, además de enumerar las referencias bibliográficas consultadas durante la investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

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

**Patarroyo & Alarcón, (2021)**, Este proyecto se centró en la exploración de facetas sedimentológicas, paleontológicas y geoquímicas de la Formación Luna en Colombia mediante el análisis de una sección de 42 metros. Revelando una secuencia de mudstones y wackestones, con capas adicionales de chert, fosforitas y bentonitas. La presencia de fósiles da una cronología Coniaciano-Santoniana con condiciones deposicionales en una plataforma marina externa caracterizada por bajos niveles de oxigenación en los sedimentos inferiores.

**Limarino; et al., (2023)**, Este estudio investigó la Formación Veteada, relevante por marcar evidencias de la era triásica temprana en América del Sur. La formación se distingue por estratos diversos como calizas, luititas, margas, areniscas, fangolitas, y la presencia de yeso, chert y toba, que reflejan una evolución de ambientes desde un lago efímero y somero hacia uno más permanente favoreciendo la formación de carbonatos, y finalmente hacia ambientes palustres más someros.

**Garrido, (2010)**, Esta investigación analizó y concluyó que el Grupo Neuquén está conformado exclusivamente por un sistema fluvio-aluvial, que se desarrolló en la Cuenca Neuquina entre el Cenomaniano y el Campaniano Medio. La secuencia tiene un espesor de 1.200 metros y consiste principalmente en sedimentos epiclásticos, con muy poca presencia de piroclásticas y evaporitas, se han hallado nueve unidades litoestratigráficas, caracterizadas por su composición litológica, composición litofacial, geometría y discontinuidades.

### 2.1.2. Nacionales

**Maquerhua & Ccoa, (2019)**, En esta tesis sobre la Formación Arcurquina en el área de Callimuro, se elaboró una columna estratigráfica a escala 1/250, identificando tres miembros distintos basados en su contenido fósil. Concluyendo con que, mientras el miembro A tiene potencial como roca generadora de recursos, los miembros B y C destacan como rocas de reservorio.

**INGEMMET, (2016)**, Esta investigación tiene por finalidad la creación de columnas estratigráficas que han mejorado el entendimiento de las Formaciones Mesozoicas en áreas exploradas de Perú. Los estudios en la Cordillera Occidental, muestran similitudes en formaciones rocosas que datan del Triásico al Cretácico, incluyendo análisis sedimentológicos, estratigráficos, paleontológicos y tectónicos, claves para entender la cuenca sedimentaria occidental.

**Poire; et al., (2018)**, En este estudio de investigación resalta que mediante perfiles sedimentológicos detallados en superficie se han identificado cinco secuencias sedimentarias de bajo orden en la Formación Chonta. Estas secuencias que evidencian variaciones en el nivel del mar, facilitan la identificación de límites de secuencias importantes y permiten una subdivisión de esta unidad estratigráfica. Este esquema de estratigrafía secuencial resulta ser una herramienta valiosa para correlacionar unidades y analizar los depósitos sedimentarios durante la perforación de pozos tanto de exploración como de desarrollo.

**Chacaltana, (2018)**, En este trabajo de investigación la Carta Bioestratigráfica Nacional será un mapa que representará las biozonas en las sucesiones estratigráficas del país, estableciendo un marco cronoestratigráfico para comparaciones y correlaciones. La Carta Geológica Nacional ofrecerá el soporte litoestratigráfico necesario para identificar paleobiotopos. El uso de fósiles característicos ayudará a definir biozonas, ajustar biocrones y generar información cronoestratigráfica, además de distinguir atributos faciales para reconstrucciones paleoambientales.

### **2.1.3. Locales**

**Tafur, (2016)**, Esta investigación de la Formación Celendín, detalla su estratigrafía secuencial, análisis de la evolución de sus capas sedimentarias, características litológicas y paleontológicas determinando que la Formación Celendín se formó en un ambiente marino somero, fósilífero, con señales de desecación y constituido por calizas margosas, luitas, margas y calizas.

**Garay, (2017)**, Este estudio aborda la estratigrafía secuencial de la Formación Celendín, utilizando la correlación litoestratigráfica de tres columnas estratigráficas en distintos sitios, basándose en perfiles de litología y estratos guía comunes. Se concluye que la formación de estas secuencias fue afectada por cambios en la contribución de materiales terrígenos y desplazamientos del centro de depósito en la cuenca.

**Julca, (2022)**, Esta investigación realizada en el caserío de Carahuanga se centró en el estudio Lito-Bioestratigráfico de la Formación Pariatambo, identificando tres unidades litoestratigráficas. Se determinaron litofacies, como calizas bituminosas (mudstone y wackestone), arcillita bituminosa, margas, calizas margosas y silíceas del horizonte de chert, además de biofacies con amonites y bivalvos. La comparación con estudios en Urubamba, Ronquillo y Puyllucana reveló similitud en litología, espesor, estratigrafía y bioestratigrafía.

**Cruzado & Crisólogo, (2009)**, El presente documento, constituye el estudio Geológico del Departamento de Cajamarca. La clasificación y delimitación de las unidades litoestratigráficas se ha realizado con el software ArcGIS 9.3. y se ha tomado como base los estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Para la demarcación de cada una de las unidades, se ha compatibilizado, analizando e interpretando fotografías aéreas. Para la ejecución del análisis preliminar, se realizó el trabajo de campo a nivel de reconocimiento en todo el departamento, el cual nos permitió identificar y verificar cada unidad litoestratigráficas.

**Mendoza, (2021)**, Este estudio investigó la Formación Yumagual en las áreas de Otuzco, Matara y San Marcos realizando tres columnas litoestratigráficas donde se identificaron y describieron diversas facies sedimentarias, tales como calizas o calizas nodulares alternadas con margas, calizas o calizas nodulares alternadas con arcillitas, y arcillitas intercaladas con margas. Además, se detallaron la textura de las rocas que componen estas facies y el tipo de secuencia sedimentaria correspondiente a cada una de ellas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Estratigrafía**

La estratigrafía es una rama de la geología que estudia la disposición y características de los estratos o capas de las rocas. Aunque su principal objeto de estudio son las rocas sedimentarias, también abarca aquellas rocas metamórficas y volcánicas que conservan su estratificación, así como sedimentos no consolidados. Cada estrato constituye un registro geológico de un momento específico, lo que permite interpretar las condiciones ambientales de su formación y establecer su antigüedad, especialmente mediante el análisis de fósiles. Al comparar estratos de distintas regiones, es posible reconstruir etapas concretas de la historia geológica de la Tierra (Molina, 2022).

Según Inmaculada et al. (1977), la estratigrafía estudia e interpreta los procesos en sucesiones sedimentarias, permitiendo conocer la naturaleza de las rocas, su disposición, correlación y ordenación temporal de materiales y eventos.

### **2.2.2. Principios fundamentales de la estratigrafía**

La Estratigrafía se establece mediante la aplicación de varios principios fundamentales. Cuatro de estos principios se formulan durante su historia compartida con la geología, mientras que el quinto fue introducido recientemente.

**Principio de la horizontalidad original y la continuidad lateral de los estratos.**

Este principio sostiene que los estratos se depositan de forma horizontal y se extiende lateralmente, aunque se han identificado leves inclinaciones originales. Este principio ha contribuido a la idea actual de considerar las superficies de estratificación como isócronas. (Vera, 1994)

**Principio de la superposición.** Este principio establece que los estratos más antiguos se ubican en la base y los más recientes en la parte superior, salvo en casos de inversión tectónica. Es fundamental para ordenar secuencias subhorizontales y, junto a criterios de polaridad, permite construir secciones estratigráficas esenciales en el análisis geológico. (Vera, 1994)

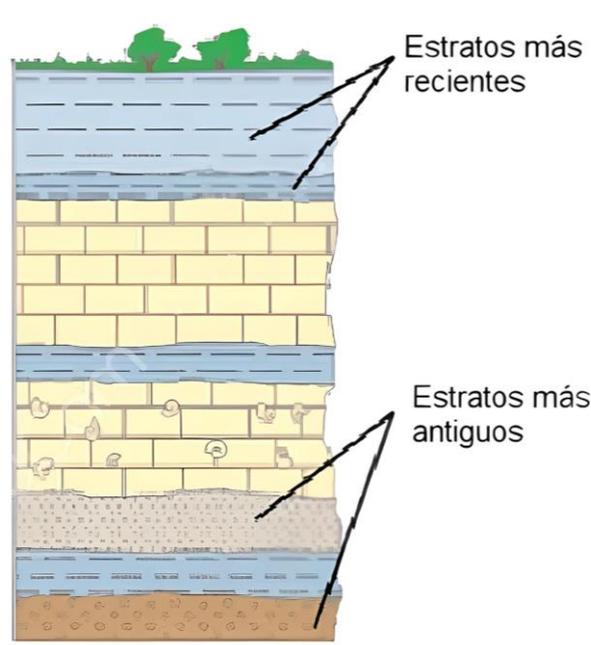


Figura 1. Principio de la superposición de capas, columna estratigráfica que muestra la aplicación del principio.  
Fuente: Tomado de Navarrete (2014).

**Principio del uniformismo y actualismo.** Formulado por Hutton y ampliado por Lyell, este principio postula que los procesos geológicos han sido uniformes a lo largo de la historia (uniformismo) y similares a los actuales (actualismo). Se reconoce que estos procesos han variado en ritmo e intensidad y que los cambios en los organismos, conforme a la evolución, son únicos (Vera, 1994).

**Principio de la sucesión faunística o de la correlación.** Este principio es clave para la datación relativa de estratos. Afirma que los organismos fosilizados de cada período geológico son únicos y no se repiten, lo que permite correlacionar materiales de la misma edad en distintas ubicaciones geográficas, ya que muchos de estos organismos tuvieron una distribución global. (Vera, 1994).

“Cada capa o estrato o grupo de ellos, pueden identificarse por su contenido biológico”. En resumen, las capas que contienen fósiles idénticos son contemporáneas, aunque su composición litológica varíe. Esta metodología facilita una correlación más precisa al posibilitar la datación de los materiales. En consecuencia, este principio establece los fundamentos de la Bioestratigrafía (Navarrete, 2014).

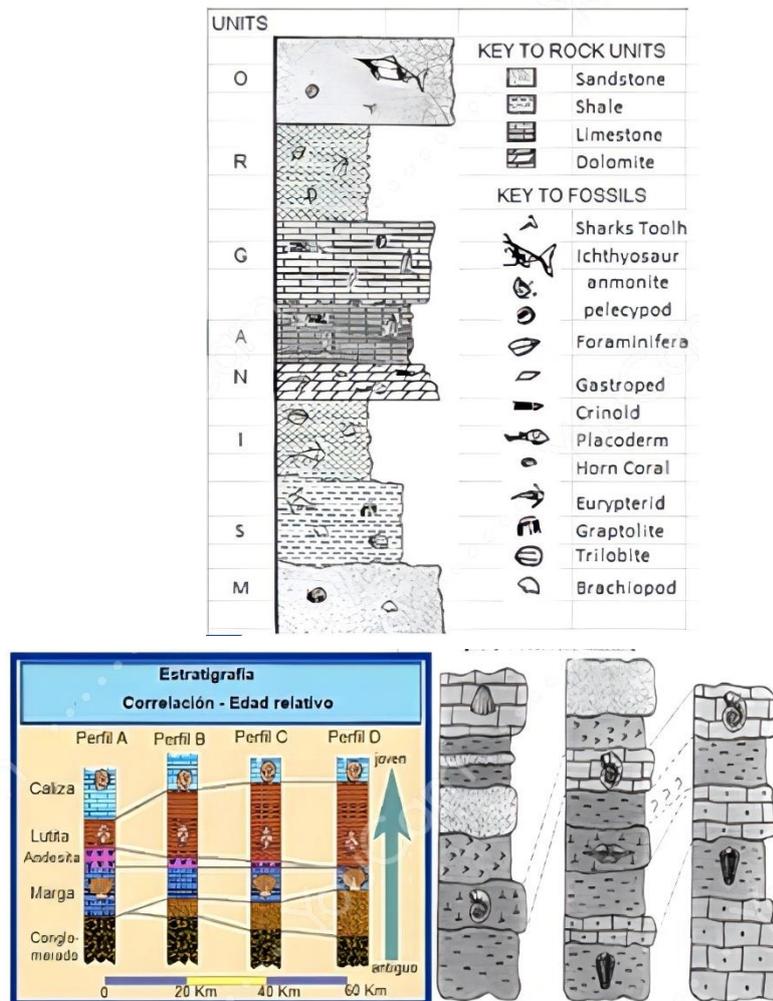


Figura 2. Principio de Sucesión Faunística, primera fila - columna estratigráfica muestra la aplicación del principio. Segunda fila – aplicación del principio en la correlación de columnas estratigráficas. Fuente: Tomado de Navarrete (2014).

Principio de la simultaneidad de eventos. A diferencia de los principios clásicos, este fue establecido recientemente y se basa en el "catastrofismo actualista", el cual reconoce que, además de procesos naturales comunes, han ocurrido eventos catastróficos raros registrados en los estratos. Estos permiten correlaciones precisas, frecuentemente a escala global. (Vera, 1994).

### **2.2.3. Objetivos de la estratigrafía**

Conforme a lo que nos dice Vera, (1994), los objetivos de cualquier investigación estratigráfica, y por ende de la Estratigrafía como disciplina científica, son variados y progresivos, se pueden resumir de la siguiente manera:

**Identificación de los materiales.** Es el objetivo más básico trata de identificar y reconocer los distintos tipos de materiales estratificados, incluyendo su litología, texturas, estructuras, propiedades geofísicas y geoquímicas, y contenido fósil. Este conjunto de características se denomina facies.

**Delimitación de unidades litoestratigráficas.** El segundo objetivo se puede lograr después de cumplir, en mayor medida, con el primer objetivo. Este consiste en definir volúmenes de rocas sedimentarias según su litología, creando unidades litoestratigráficas. Dichas unidades pueden representarse en mapas topográficos a través de la cartografía litoestratigráfica.

**Ordenación relativa de las unidades (secciones estratigráficas).** Se analiza la relación entre cada par de unidades litoestratigráficas superpuestas, determinando si el proceso sedimentario entre ellas fue continuo o discontinuo.

**Interpretación genética de las unidades.** Definidas las unidades litoestratigráficas, se aplica el principio del uniformismo para interpretar las condiciones sedimentarias pasadas, comparándolas con ambientes actuales mediante modelos conceptuales, con el fin de reconstruir la evolución del área estudiada.

**Levantamiento de secciones estratigráficas.** Se organiza cronológicamente las unidades litoestratigráficas de una zona para establecer la sección estratigráfica local. Al compararla con secciones de áreas vecinas y analizar la geometría de los cuerpos rocosos, se interpretan las relaciones laterales entre unidades.

**Correlación.** Tras definir las secciones estratigráficas, se establece la equivalencia entre estratos mediante fósiles o propiedades físicas, trazando isócronas entre secciones. Este proceso se denomina correlación temporal.

**Introducción de la coordenada tiempo.** El objetivo es reunir la mayor cantidad de datos posible para determinar la edad de los materiales, utilizando información bioestratigráfica y, en la medida de lo posible, datos radiométricos y magnetoestratigráficos. Con esto, se delimitan las unidades bioestratigráficas, cronoestratigráficas y, en algunos casos, también magnetoestratigráficas.

**Análisis de cuencas.** Este es el objetivo último (y en ocasiones ideal) de cualquier estudio estratigráfico: entender tanto la geometría y génesis de cada cuenca sedimentaria, como la ubicación espacial y temporal de cada una de las unidades estratigráficas diferenciadas en los materiales depositados en ella. Los datos obtenidos del análisis de cuencas sirven como fuente fundamental de información para la Geología Histórica.

#### **2.2.4. Estrato**

El estrato es la unidad fundamental en Estratigrafía, también conocida como la unidad litoestratigráfica más pequeña. Los estratos se forman generalmente como capas horizontales de espesor uniforme, delimitadas por superficies de estratificación. (Navarrete, 2014)

##### **2.2.4.1. Geometría de los estratos**

Analizando cada estrato de manera individual, se puede crear una clasificación geométrica basada en la forma de su techo y su base (Vera, 1994).

**Estratos tubulares.** 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.

**Estrato de 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.

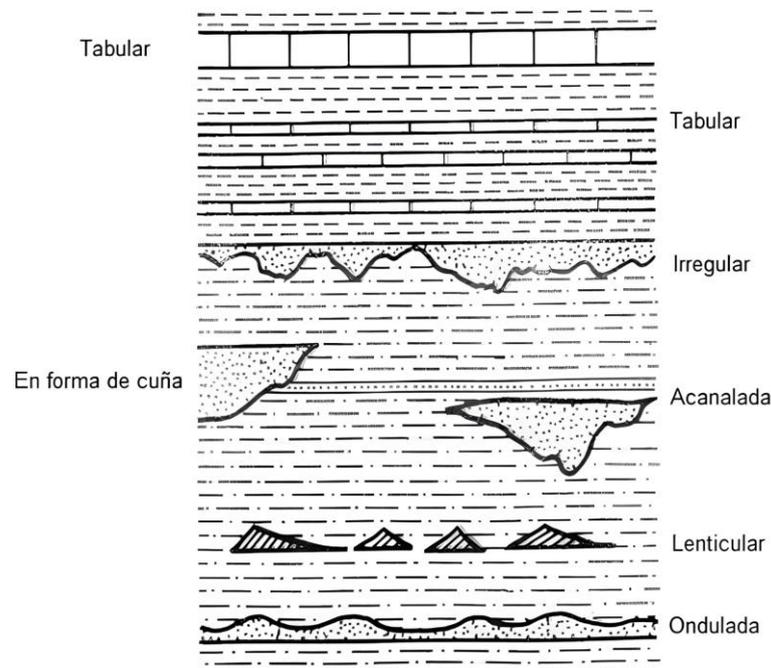


Figura 3. Tipos de estratigrafía.  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

#### **2.2.4.2. Asociación de los estratos**

Según Vera, (1994) al examinar acumulaciones de estratos superpuestos, pueden llevarse a cabo múltiples clasificaciones fundamentadas en criterios descriptivos, los cuales en su mayoría reflejan distintos tipos genéticos. Un aspecto inicial a tener en cuenta es la disposición de los espesores de los estratos individuales dentro de las series de estratos consecutivos. Se dan los siguientes nombres:

**Uniforme.** Los espesores de los estratos consecutivos presentan valores similares, con un valor real que se aproxima mucho a la media estadística de todos los espesores.

**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. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia negativa (Lombard, 1956).

**En haces.** Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes.

A estas formas de asociaciones geométricas de estratos se debe agregar la estratificación masiva, término empleado para describir intervalos de rocas sedimentarias en los que la estratificación no es discernible a simple vista.

Otra forma de clasificación se fundamenta en la litología de los estratos que se encuentran superpuestos. Se puede distinguir 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.

**Cíclica.** Cuando el módulo que se repite es de más de dos litologías.

La relación entre la geometría de los estratos y la litología es importante para interpretar los procesos geogénéticos. Por ejemplo, es común observar secuencias donde el espesor y el tamaño de grano aumentan o disminuyen hacia el techo, lo que refleja variaciones en las condiciones de depósito.

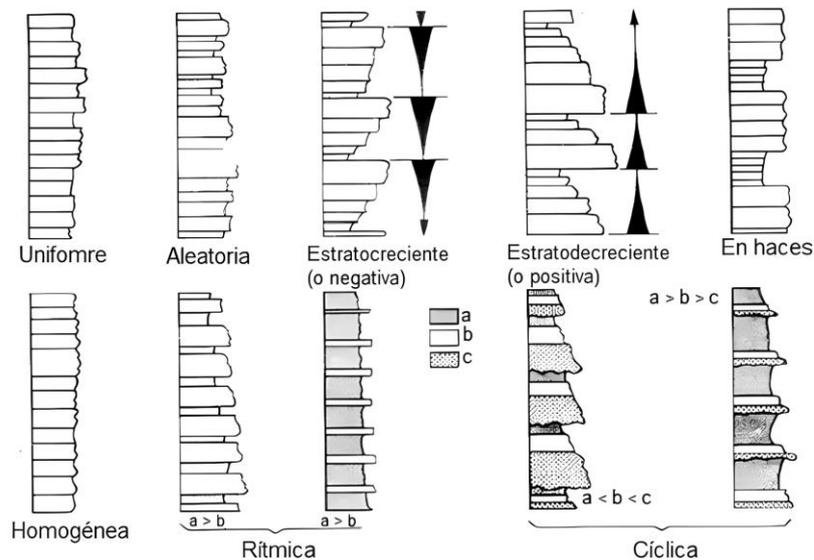


Figura 4. Clasificación de las asociaciones de estratos según la variación de espesores y tipos de litologías presentes.

Fuente: Tomado de Vera (1994).

### 2.2.5. Estratificación y Laminación

La estratificación es la disposición de las rocas sedimentarias en sucesivos estratos. Es un término cualitativo que, al basarse en el concepto de estrato, lleva consigo tanto el aspecto genético como el geométrico. A menor escala está el término laminación, que se puede definir como la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato. (Corrales, et al., 1977).

### 2.2.6. Tipos de estratificación

A partir de Navarrete, (2014); indica que genéticamente los factores que intervienen en la estratificación son:

- a. **Naturaleza de los sedimentos.**
- b. **Tipo de transporte.**
- c. **Condiciones del ambiente sedimentario.**

### 2.2.7. Medida de estratificación

Conforme a Navarrete, (2014) se pueden medir en los estratos absolutos.

- a. **Rumbo.** es el ángulo que forma con el norte geográfico, la línea de intersección (traza) de la superficie de estratificación con un plano horizontal.
- b. **Buzamiento.** es el ángulo que forma la superficie del estrato con un plano horizontal, medido en un plano perpendicular vertical, ortogonal a la traza del rumbo.
- c. **Espesor.** es la distancia, entre los planos de estratificación limitantes, medida perpendicularmente a ellos.

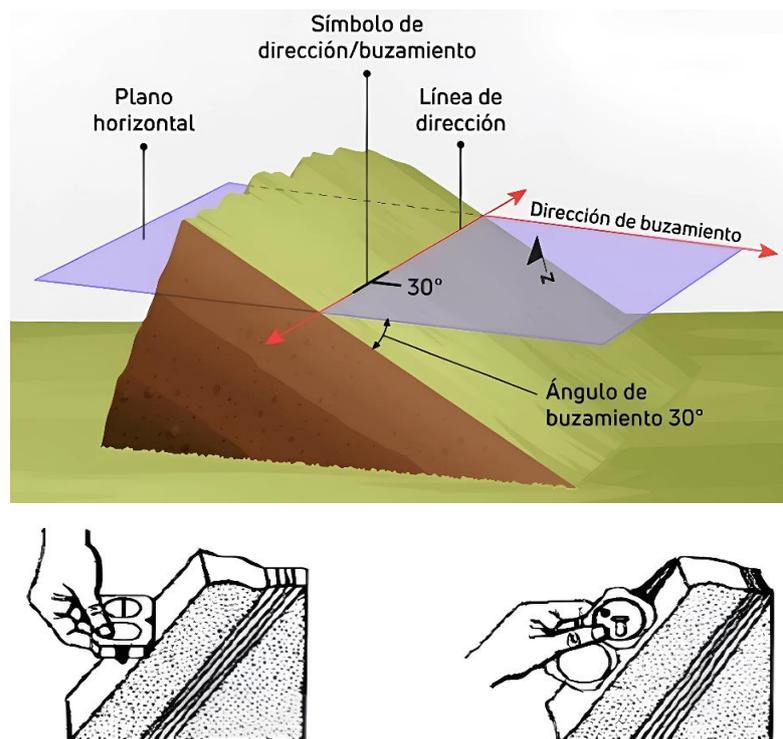


Figura 5. Medidas de la estratificación. Representación de rumbo y buzamiento y forma en que se mide un estrato el rumbo y buzamiento en un estrato mediante una brújula geológica.  
Fuente: Tomado de Navarrete (2014).

## 2.2.8. Tipos de superficie de estratificación

Según Vera, (1994) Las superficies de estratificación en numerosos afloramientos son más fáciles de observar, especialmente cuando hay diferencias litológicas significativas entre las capas sucesivas y cuando la erosión actual afecta principalmente a los materiales más blandos o solubles.

Las superficies de estratificación pueden ser: Netas, difusas, superficies planas y superficies irregulares, superficies onduladas, superficies bio-turbadas, superficies nodulosas.

## 2.2.9. Calificativos para describir la diferencia entre estratificación y laminación

Tabla 1. Términos utilizados para clasificar la estratificación y laminación de acuerdo con su grosor.

Espesor	Calificativos para clasificar la estratificación	Calificativos para describir la partición
Sin estructura interna aparente	Estratos masivos	Masivo
>10 m	Estratos muy gruesos	Masivo
3 a 10 m	Estratos gruesos	Bloques
1 a 3 m	Estratos medios	Bloques
30 cm a 1 m	Estratos delgados	Fragmentos
1 cm a 30 cm	Estratos muy delgados	Fragmentos
5 mm a 1 m	Láminas gruesas	Lajas
1 mm a 5 mm	Láminas medias	Láminas
0.5 mm a 1 mm	Láminas delgadas	Fisibles
<0.5 mm	Láminas muy delgadas	Hojoso

Fuente: Tomado de Potter et al. (1980).

## 2.2.10. Facies

El término original fue definido por Gressly (1838), como: «conjunto de características litológicas y faunísticas de una unidad estratigráfica que permite distinguirla de las adyacentes».

De acuerdo con Selley (1970), definiremos una facies como un conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles.

Las facies individuales son la base de la interpretación sedimentológica y deben agruparse en asociaciones que comparten una génesis común, reflejando un ambiente o proceso sedimentario específico. Actualmente, existen asociaciones de facies bien caracterizadas para diversos entornos sedimentarios. La sucesión vertical de estas asociaciones permite predecir e interpretar secuencias de rocas antiguas, comparando sus parámetros con los de depósitos actuales, cuyo entorno y procesos formativos conocemos, para inferir los mecanismos del pasado. (Arche, 2010)

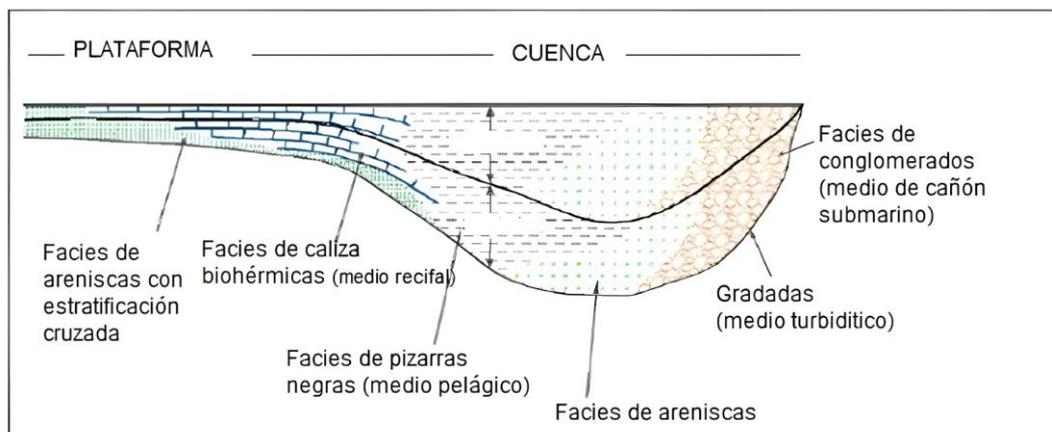


Figura 6. Relación entre medio, proceso, facies y tiempo en una cuenca sedimentaria teórica. Fuente: Modificado de Selley, 1976 Arche (2010).

### 2.2.11. Tipo de facies

Según Vera, (1994) existen diversos tipos de facies, ya que se pueden observar múltiples aspectos en las rocas o conjuntos de rocas. Se utilizan términos específicos en función de las propiedades observadas (como litofacies y biofacies) o de la escala de observación (como microfacies). Recientemente, el término facies también se ha aplicado a grupos de rocas diferenciables por propiedades medidas en registros geofísicos, como las electrofacies en diagráfias y las facies sísmicas en perfiles sísmicos.

**Litofacies.** El término se utiliza para referirse exclusivamente a los aspectos litológicos de un conjunto de estratos y a las condiciones físico-químicas prevalentes durante su depósito, excluyendo los aspectos paleontológicos y biológicos. Por ejemplo, se puede mencionar una litofacies de "calizas oolíticas" o de "areniscas glauconíticas".

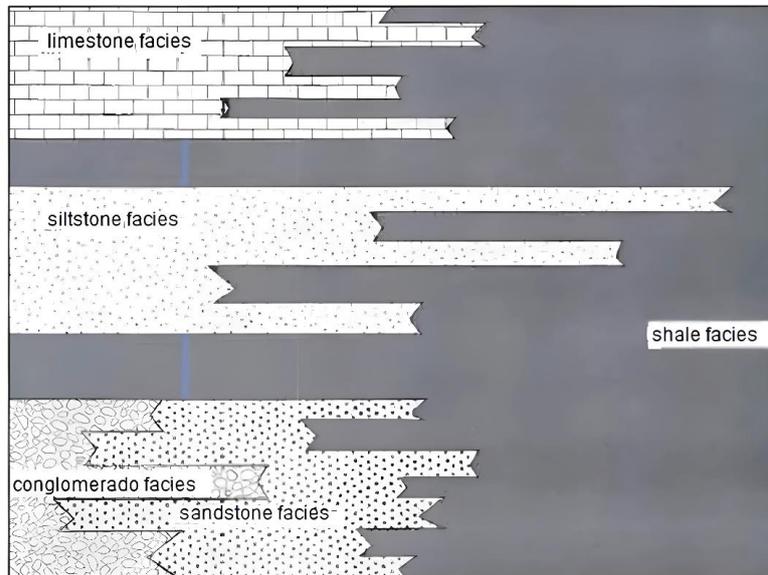


Figura 7. Representación esquemática simplificada de litofacies. Observa que una facies puede variar lateral o verticalmente.  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

**Biofacies.** El término biofacies se refiere a los aspectos paleontológicos y a las condiciones biológicas presentes durante el depósito, en contraste con los aspectos litológicos. Ejemplos de biofacies incluyen "facies de gasterópodos," "facies de carofitas," y "facies de radiolarios."

**Microfacies.** El término "microfacies," originario de la Geología del Petróleo, se refiere a las características litológicas y paleontológicas observables al microscopio en láminas delgadas, así como a las condiciones genéticas de su deposición. Este concepto también se extiende a características observadas en superficies pulidas con lupa o en réplicas de acetato. El estudio de las microfacies es crucial porque facilita la comparación entre materiales de un sondeo y los afloramientos superficiales, además de proporcionar una visión detallada de aspectos no visibles a simple vista, como elementos texturales pequeños o microfósiles, que son esenciales para el reconocimiento e interpretación genética.

**Electrofacies.** El término "electrofacies" fue introducido por Serra (1972) y refinado por Serra y Abbott (1980), quienes lo definen como "el conjunto de respuestas de las diagráfias que caracterizan un estrato y permiten diferenciarlo de los estratos adyacentes". Para su caracterización, se han desarrollado gráficos combinados de valores de distintas diagráfias, como el gráfico de "tela de araña", que muestra radialmente los valores de cada técnica de diagrafía. Este método permite comparaciones entre materiales de diferentes sondeos en una misma cuenca. Las electrofacies facilitan la identificación de materiales de distintas litofacies y condiciones sedimentarias de deposición, aunque las alteraciones diagenéticas pueden complicar esta interpretación.

**Facies sísmicas.** Este término se refiere al conjunto de propiedades observables en un perfil sísmico para un estrato o un conjunto de estratos, incluyendo configuración, amplitud, frecuencia, continuidad y velocidad del intervalo. Estas propiedades permiten distinguir diferentes tipos de materiales. Las facies sísmicas están determinadas por las litofacies, la geometría de las superficies de estratificación, el grosor de los estratos y la litología. El volumen de materiales que conforman una misma facies sísmica se denomina unidad litosísmica. Identificar estas unidades es uno de los principales objetivos en la interpretación estratigráfica de un perfil sísmico.

#### **2.2.12. Clasificación de facies**

De acuerdo a Vera, (1994) Los tipos de facies y sus asociaciones son altamente útiles en estudios sedimentológicos y estratigráficos. Para identificar el contenido de una facies, se utilizan las características del cuerpo de roca. Ejemplos de facies incluyen "caliza de gasterópodos," "areniscas de pelecípodos," "margas de trilobites," o "areniscas conglomerádicas rojas." Las denominaciones de las facies pueden variar, basándose en características descriptivas o interpretaciones subjetivas, como, por ejemplo:

Facies de calizas de ammonites: Es un nombre descriptivo y objetivo de una facies.  
Facies neríticas de aguas calientes: Es un nombre interpretativo o subjetivo de una facies.

Aunque generalmente se emplean nombres con características litológicas y paleontológicas o, mejor dicho, características paleoecológicas - paleogeográficas, no deben utilizarse nombres compuestos tales como:

Facies de calizas arenosas de gasteropodos y ostras del Paleógeno – Neógeno.

Facies de mares tropicales de aguas poco profundas.

Es común nombrar una facies en base a:

Tabla 2. Facies según su tipo de características o contenido.

<b>Tipo de característica o contenido</b>	<b>Facies</b>
<b>1. Características litológicas</b>	Areniscas conglomerádicas rojas
	Calizas margosas
	Areniscas verdes (Areniscas gluconíticas)
	Arcillolitas piríticas
	Dolomitas – anhidritas
<b>2. Contenido biológico (paleontología)</b>	Globigerinas
	Crucianas
	Corales – nerineas
	Aptycus
<b>3. Contenido y características litológicas y biológicas</b>	Calizas de algas
	Calizas rojas de ammonites
	Pizarras bituminosas de graptolites

Fuente: Tomado de Vera (1994).

### **2.2.13. Ley o regla de Walther**

Cuando los geólogos notaron que las facies en las rocas no se agrupan al azar, Walter (1884) propuso una clave para entenderlo: comparar las sucesiones de rocas antiguas con los ambientes sedimentarios modernos. Una facies aislada ofrece poca información; por ejemplo, una arenisca con "ripples" solo muestra que hubo una corriente con bajo régimen, no detalles sobre la profundidad o salinidad del ambiente de depósito.

En sedimentología, el valor de una facie individual aumenta al analizarla junto a las facies adyacentes, formando una asociación de facies. Estas asociaciones agrupan dos o más facies vinculadas genéticamente, indicando procesos geológicos específicos en un entorno determinado, lo cual queda preservado en el registro geológico. Sus límites suelen ser claros o erosivos (Arche, 2010).

Walter definió el concepto de "área de facies" como una secuencia vertical de facies genéticamente relacionadas, delimitada por superficies de erosión. Estableció que solo las facies contiguas en el espacio pueden superponerse sin interrupciones en el tiempo.

La Ley de Walther indica que una sucesión vertical continua refleja ambientes sedimentarios lateralmente adyacentes, útil para reconstrucciones paleogeográficas. Sin embargo, su aplicación requiere sucesiones sin interrupciones y una base actualística para comparar con ambientes modernos.

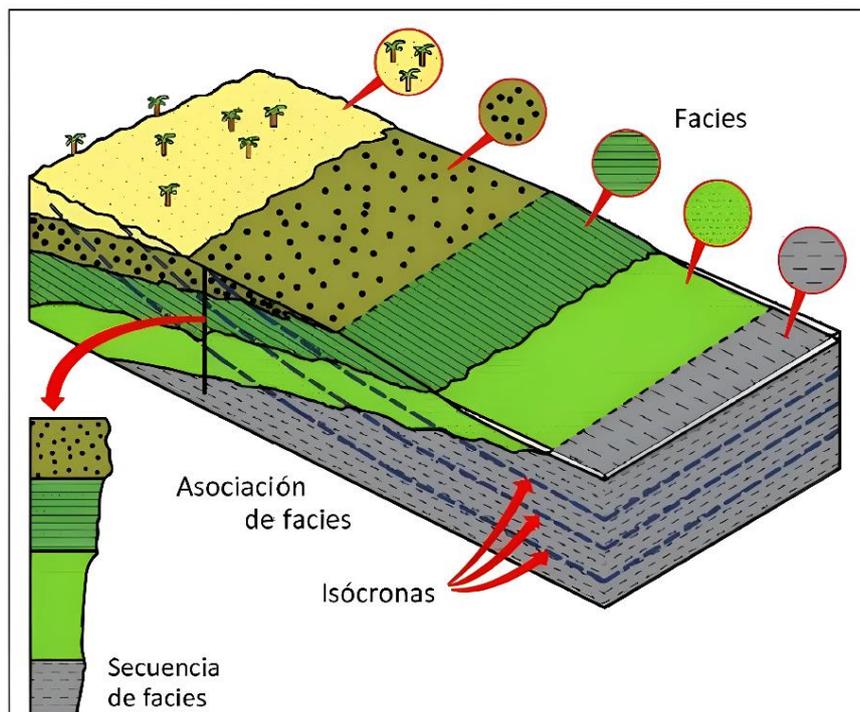


Figura 8. Gráfico tridimensional que ilustra un ejemplo de la aplicación de la Ley de Walther. Fuente: Tomado de Vera (1994).

## 2.2.14. Unidades estratigráficas

Según Navarrete, (2014) una unidad estratigráfica es un estrato o un grupo de estratos contiguos que pueden identificarse colectivamente como una entidad distintiva en la clasificación de la sucesión estratigráfica terrestre, en función de diversas características, propiedades o atributos de las rocas. Hay cuatro tipos de unidades estratigráficas: unidades litoestratigráficas, unidades bioestratigráficas, unidades cronoestratigráficas y unidades geocronológicas.

### Unidades litoestratigráficas

Según la Guía Estratigráfica Internacional (1980), una unidad litoestratigráfica es un conjunto de estratos con características litológicas definidas que permiten diferenciarla de otras unidades. Su delimitación se basa en observaciones directas, sin depender de interpretaciones genéticas, lo que asegura mayor objetividad en su identificación.

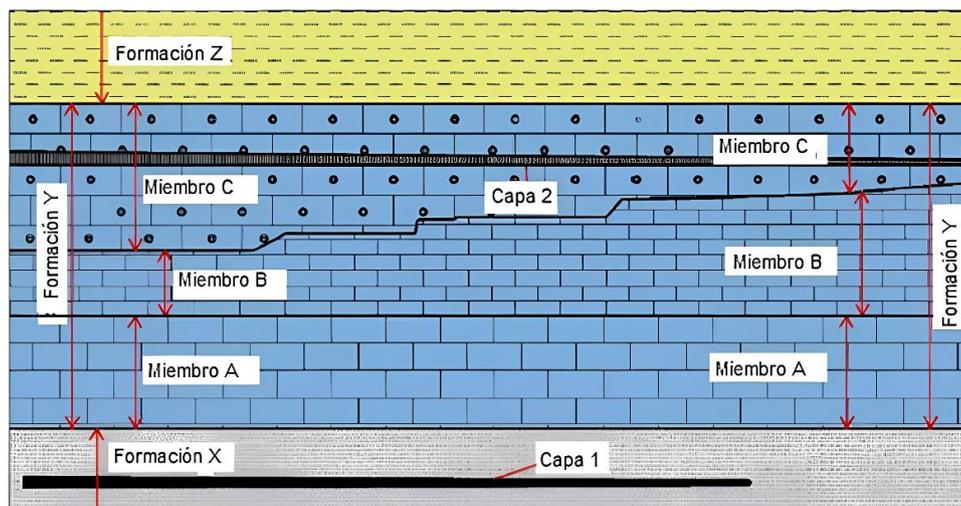


Figura 9. Gráfico que ilustra los rangos de unidades litoestratigráficas. Se representan tres formaciones (X, Y, Z), y en una de ellas (Formación Y), se distinguen tres miembros (A, B, C). Se presentan dos ejemplos de capas: la capa 1 es una unidad litoestratigráfica de rango menor diferenciada directamente dentro de una formación, mientras que la capa 2 es una unidad de menor rango dentro de un miembro.

Fuente: Tomado de Vera (1994).

## **Reconocimiento de unidades litoestratigráficas**

De acuerdo con Vera, (1994) el método más básico y esencial de estudio es la observación directa en campo de las características de los materiales estratificados.

Las observaciones iniciales implican identificar los distintos tipos de rocas que afloran en una región y determinar su ordenamiento lateral y vertical.

El orden habitual de obtención de datos sobre la ordenación de las rocas estratificadas es el siguiente:

1°. Estudio de la sucesión estratigráfica de un afloramiento, que implica la ordenación de los materiales mediante la aplicación del principio de superposición.

2°. Estudio de afloramientos cercanos que permitan ver si los materiales mantienen sus características litológicas y geométricas o por el contrario ocurren cambios laterales. A partir de estas observaciones, es posible delimitar unidades litoestratigráficas, que consisten en conjuntos de estratos con características similares y diferenciables de los estratos subyacentes y suprayacentes. Es crucial conocer en detalle las características de los materiales de cada unidad (litología, color, texturas, estructuras sedimentarias, propiedades de la estratificación, contenido fósil, etc.), así como su geometría (en particular, espesores) y su distribución espacial o cartográfica.

## **Reconocimiento de litología y color.**

En campo, los diferentes tipos de rocas se identifican visualmente, a menudo con una lupa y comparando con rocas sedimentarias conocidas. Esta identificación se complementa con estudios de laboratorio de las muestras, que permiten ajustar y aplicar clasificaciones exactas. En cortes geológicos y secciones estratigráficas, cada tipo de litología se representa con una trama específica. Generalmente, estas tramas consisten en líneas paralelas dibujadas paralelas a la estratificación, indicando su orientación. En cartografía geológica, sin embargo, se utilizan colores para representar cada tipo de material (Vera, 1994).

## **Reconocimiento de texturas**

De acuerdo con Vera, (1994) el tamaño de grano es el elemento textural más importante de las rocas detríticas. En campo, se estima el tamaño medio de grano mediante medición directa para las ruditas y mediante comparación visual o con lupa usando tablas de tamaños conocidos para las arenitas y limolitas. Se ha comprobado que los errores con estas técnicas son mínimos para un mismo observador. En el estudio de las rocas sedimentarias detríticas, es más útil obtener numerosos datos rápidamente, incluso con un pequeño margen de error, que pocos datos muy precisos, pero más lentos de obtener. Por ejemplo, para interpretar la génesis de los materiales detríticos, es más valioso tener una estimación de las variaciones laterales y verticales del tamaño de grano que medidas precisas obtenidas de manera laboriosa y que podrían no representar adecuadamente el conjunto.

En el estudio de rocas carbonatadas, el uso de la lupa es esencial para diferenciar los tipos texturales según la clasificación de Dunham (1962): mudstone, wackestone, packstone, grainstone y boundstone. Estos tipos tienen una base genética, ya que se forman en ambientes con distintas condiciones energéticas. Para las calizas arrecifales, existe una clasificación sencilla que puede aplicarse directamente en campo.

## **Reconocimiento de las características de la estratificación**

Según Vera (1994), en cada unidad litoestratigráfica se analiza la homogeneidad del material, las características de las superficies de estratificación y la geometría de los estratos, que pueden ser tabulares, lenticulares o irregulares.

Estas características se representan gráficamente en cortes amplios, como en las paredes de cauces de ríos encajados, mediante dibujos a mano alzada, gráficos a escala basados en mediciones y dibujos sobre fotografías murales tomadas desde lejos, completados con observaciones detalladas en el campo.

## **Reconocimiento de estructuras sedimentarias de ordenamiento interno**

Dentro de los estratos hay dos posibilidades: material homogéneo o heterogéneo sin ordenación interna (masivo), o con estructuras de ordenamiento interno. Estas estructuras se representan con una clave de signos e incluyen: laminación paralela u ondulada, laminación y estratificación cruzada, granoclasificación, imbricación de cantos, estructura lenticular, estructuras flaser y nodulización. Existen estructuras de ordenamiento interno en los estratos que reflejan ciertas estructuras visibles en su superficie, como los ripples de corrientes y olas. Estas estructuras tienen significados genéticos, por lo que es importante registrar su presencia en distintos niveles. (Vera, 1994)

## **Reconocimiento de estructuras sedimentarias de las superficies de estratificación**

En las superficies de estratificación (techo y muro) se encuentran con relativa frecuencia estructuras de origen físico no orgánico, detectables por sus entrantes o salientes con geometría definida. En el techo de los estratos se pueden observar:

- a) Ripples de corrientes o de olas
- b) Grietas de desecación formadas por la insolación de materiales lodosos
- c) Superficies erosivas de diversas geometrías y rangos

En materiales antiguos pueden encontrarse estructuras poco comunes como impresiones de gotas de lluvia, cristales de sal o marcas de viento. Estas son más frecuentes en el muro de estratos, especialmente en areniscas sobre lutitas o margas (Vera, 1994).

### **2.2.14.1. Unidades bioestratigráficas**

Según Navarrete, (2014) son aquellas unidades basadas en el contenido y distribución paleontológica del material sedimentario. Tienen ciertas limitaciones debido a su dependencia de la presencia de fósiles.

Estos fósiles se encuentran principalmente en el Fanerozoico y predominan en ambientes marinos más que en los continentales. Además, es crucial asegurarse de que los fósiles sean contemporáneos con el material sedimentario; de lo contrario, no serán útiles, como en el caso de fósiles heredados de estratos más antiguos o infiltrados de niveles más recientes.

Estas unidades poseen ventajas temporales y espaciales significativas. Cronoestratigráficamente, permiten una datación precisa de los sedimentos y, por su evolución, no se repiten. Además, pueden extenderse por vastas áreas geográficas, incluso globalmente, como sucede con organismos planctónicos cosmopolitas. En esencia, una unidad bioestratigráfica es un estrato o conjunto de estratos definidos por su contenido o características fosilíferas, distinguiéndolos de las capas adyacentes. La biozona es la unidad básica bioestratigráfica; puede incluir diversas litologías y su espesor varía según el taxón, la sedimentación y el tiempo de existencia del organismo.

### **Unidades Cronoestratigráficas y Unidades Geocronológicas**

Conforme con Navarrete, (2014) estas unidades también conocidas en conjunto como unidades temporales.

**Unidad Cronoestratigráficas.** son aquellas unidades constituidas por el volumen de estratos diferenciados por su edad, es decir, que se refieren a los estratos formados durante un tiempo determinado.

**Unidad Geocronológicas.** son definidas como divisiones puramente temporales. Las unidades cronoestratigráficas, formadas por todos los estratos depositados en un intervalo de tiempo específico, no son objetivas, sino resultado de observaciones previas. Su objetivo principal es crear una escala que permita ubicar todos los eventos de la historia de la Tierra. Los límites de las unidades deben ser isócronos, medirse por el tiempo que representan y definirse a partir de un estratotipo con validez global.

A cada unidad cronoestratigráfica le corresponde una unidad geocronológica.

Tabla 3. Unidades cronoestratigráficas y unidades geocronológicas.

<b>Divisiones cronoestratigráficas</b>	<b>Divisiones geocronológicas</b>
<b>Eontema</b>	Eón
<b>Eratema</b>	Era
<b>Sistema</b>	Periodo
<b>Serie</b>	Época
<b>Piso</b>	Edad
<b>Cronozoma</b>	Zona

Fuente: Tomado de Navarrete (2014).

### **Concepto de piso**

Según Dávila (2011), la base de una unidad litológica corresponde a su sección más antigua, como un conglomerado basal. Esta unidad está formada por varios horizontes, y la unión de varios pisos conforma un miembro.

### **Concepto de zona**

En 1856, Oppel propuso el concepto de zona, basado en los rangos estratigráficos de especies fósiles, independientemente de la litología. Identificó que algunas especies tenían rangos cortos por su breve existencia geológica, mientras que otras presentaban rangos más extensos. Oppel demostró que los límites entre unidades rocosas pueden definirse por conjuntos fósiles distintivos, caracterizados por la aparición de nuevas especies. La superposición de rangos estratigráficos permite delimitar y definir una zona mediante su contenido fósil (Boggs, 2006).

## Bases para la zonación bioestratigráfica, cambios en los organismos a través del tiempo

**La evolución.** Darwin, citado por Boggs (2006), explicó que, aunque los organismos tienen altas tasas reproductivas, las poblaciones se mantienen estables porque muchos no sobreviven. Propuso que las variaciones individuales determinan la supervivencia, y aquellas favorables se heredan, dando lugar al proceso de selección natural.

La contribución fundamental de Darwin al entendimiento de la evolución fue reconocer que la selección natural era un proceso por el cual aparecen nuevas especies, debido a que esos individuos que sufren adaptaciones favorables tendrán una mejor ocasión de sobrevivir y reproducirse. Pero no entendió cómo se producen esas variaciones o cómo esas huellas se pasaron de una generación de organismos de la próxima generación. El concepto de cambio espontáneo en los genes, que nosotros ahora llamamos mutaciones, no se conocía en el tiempo en que Darwin publicó su libro "El origen de las especies" en 1859.

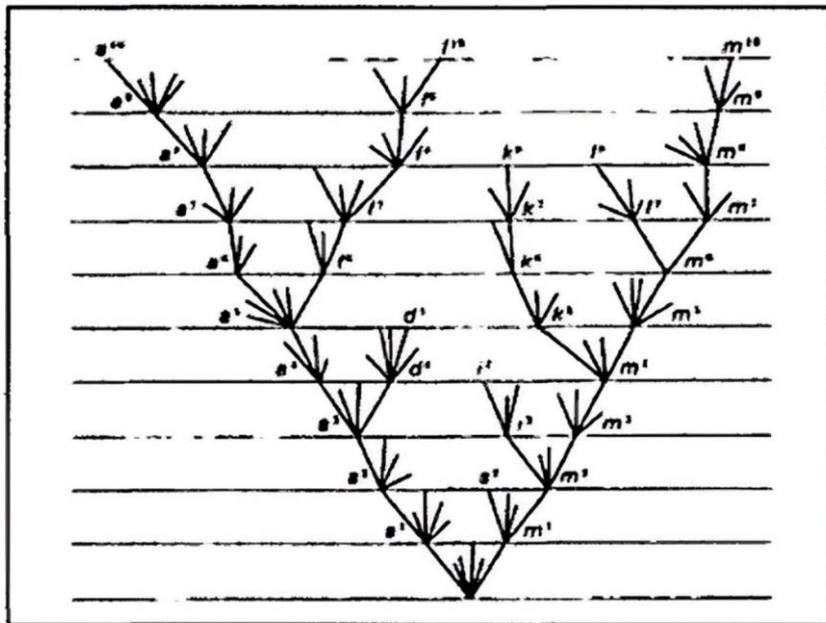


Figura 10. Diagrama realizado por Ch. Darwin (1859) en el origen de las especies. Fuente: Tomado de Boggs (2006).

**Clasificación biológica linneana.** La taxonomía moderna, iniciada por Linneo, clasifica los seres vivos en categorías jerárquicas. El nivel más alto es el Dominio, seguido de Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie, aunque esta última es difícil de aplicar en fósiles (Herrera, 2012).

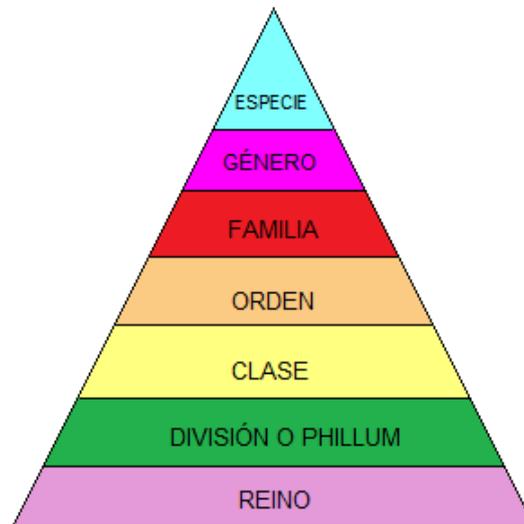


Figura 11. Sistema de clasificación biológica moderna  
Fuente: Tomado de Linneo (1753).

**Fósiles y estratigrafía.** El estudio de fósiles ha sido clave para comprender la evolución de la vida. Estos restos evidencian cambios en los organismos a lo largo del tiempo, mostrando tanto similitudes con especies actuales como formas completamente distintas. Fósiles como los de dinosaurios, amonites y antiguas plantas revelan la diversidad biológica y los ecosistemas del pasado (Nichols, 2009).

**Fósiles característicos.** De acuerdo a Vera (1994) los fósiles característicos, también conocidos como fósiles índice o guía, son aquellos que permiten delimitar intervalos de tiempo geológico relativamente cortos y, por ende, se utilizan para una correlación estratigráfica precisa. un fósil característico ideal debe cumplir tres condiciones:

1. Pertenecer a especies de evolución rápida, con lo cual cada especie sobrevive un intervalo de tiempo breve. La velocidad evolutiva se mide por la duración media de las especies del grupo.

2. Poseer una amplia distribución geográfica, idealmente global. Aunque ningún organismo existe simultáneamente en ambientes marinos y continentales, los mejores fósiles característicos marinos son nadadores o flotadores de aguas de diferentes temperaturas, mientras que, en ambientes continentales, son aquellos organismos menos exigentes ecológicamente y capaces de vivir en diversas latitudes, altitudes y relieves.
3. Ser abundantes en las rocas sedimentarias, lo que aumenta la probabilidad de su hallazgo. Los microfósiles y nanofósiles marinos son ejemplos ideales debido a su frecuente presencia en pequeñas cantidades de roca.

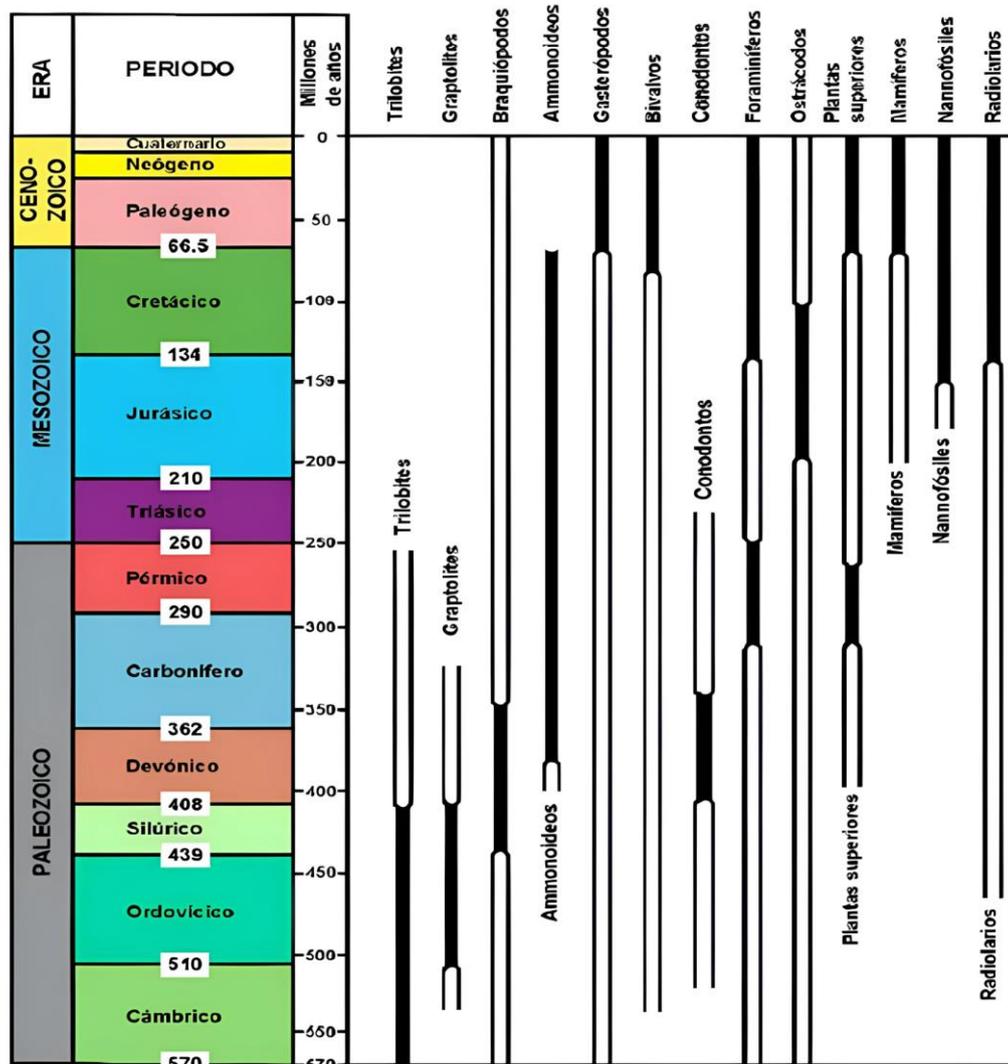


Figura 12. Tabla de la distribución de los fósiles característicos a lo largo del tiempo geológico, desde el Cámbrico hasta la actualidad. Las áreas sombreadas en negro indican los períodos de mayor precisión informativa, mientras que las áreas en blanco representan intervalos con información menos detallada. Basado en diversas fuentes  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

**Biohorizontes.** Según Vera (1994) En una sección estratigráfica, cada fósil aparece en un conjunto específico de estratos, sin estar presente en los estratos inferiores ni reaparecer en los superiores. Las superficies que delimitan la presencia de un fósil en la sección se llaman biohorizontes. Existen dos tipos: el biohorizonte de primera aparición (BPA), que marca el inicio de la presencia del fósil, y el biohorizonte de última presencia (BUP), que señala el término de su existencia en esos estratos. Idealmente, el BPA representaría el momento exacto en el tiempo geológico en que la especie apareció en la Tierra y el BUP su extinción. Sin embargo, en la práctica, la edad del BPA puede ser posterior a la aparición real de la especie debido a factores como la falta de fosilización o eventos migratorios. De manera similar, el BUP puede ser anterior a la extinción real de la especie. Por lo tanto, la distribución temporal de una especie en una sección estratigráfica concreta puede ser igual o menor a su distribución temporal total en la Tierra.

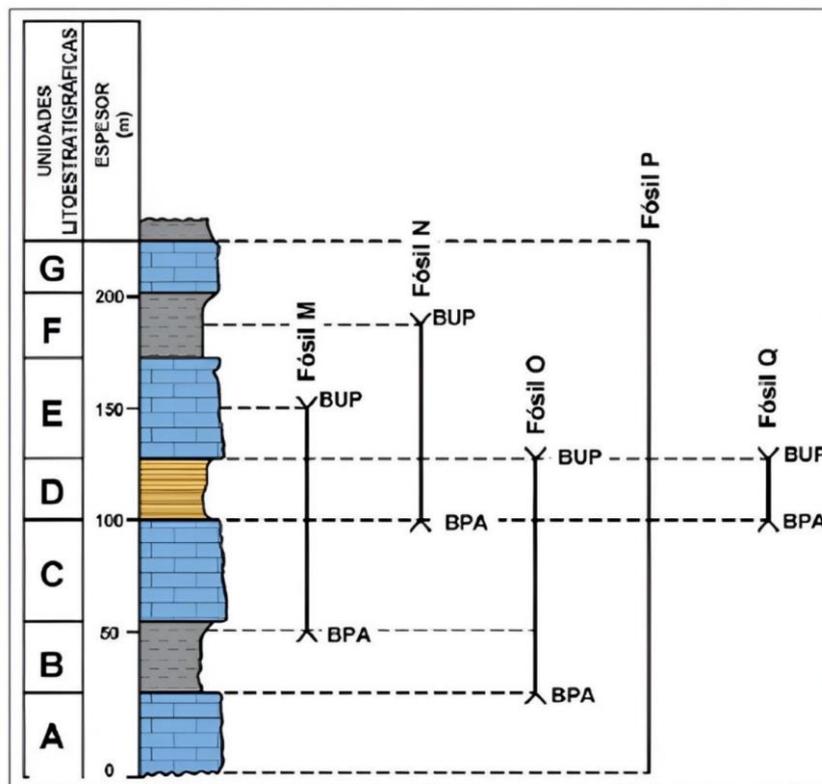


Figura 13. Distribución de diferentes fósiles (M,N,O,P,Q) en una sección estratigráfica. BPA. - Biohorizonte de primera aparición. BUP. - Biohorizonte de última presencia  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

## Clasificación taxonómica e importancia de las especies

Los organismos pueden clasificarse de diversas maneras, como por su hábitat (planctónicos, nectónicos, bentónicos) y su distribución ambiental (litoral, nerítico, batial, abisal). Sin embargo, la clasificación taxonómica, que se basa en similitudes morfológicas, evolutivas y relaciones genéticas, es más adecuada para el reconocimiento y la evolución de la zonación bioestratigráfica. En 1735, Linneo agrupó a los organismos en una jerarquía categorizada según el número de características compartidas. Los organismos en las categorías más bajas comparten un mayor número de características, mientras que aquellos en categorías superiores comparten menos similitudes. El sistema de clasificación de Linneo, con modificaciones posteriores, se utiliza para ilustrar esta jerarquía.

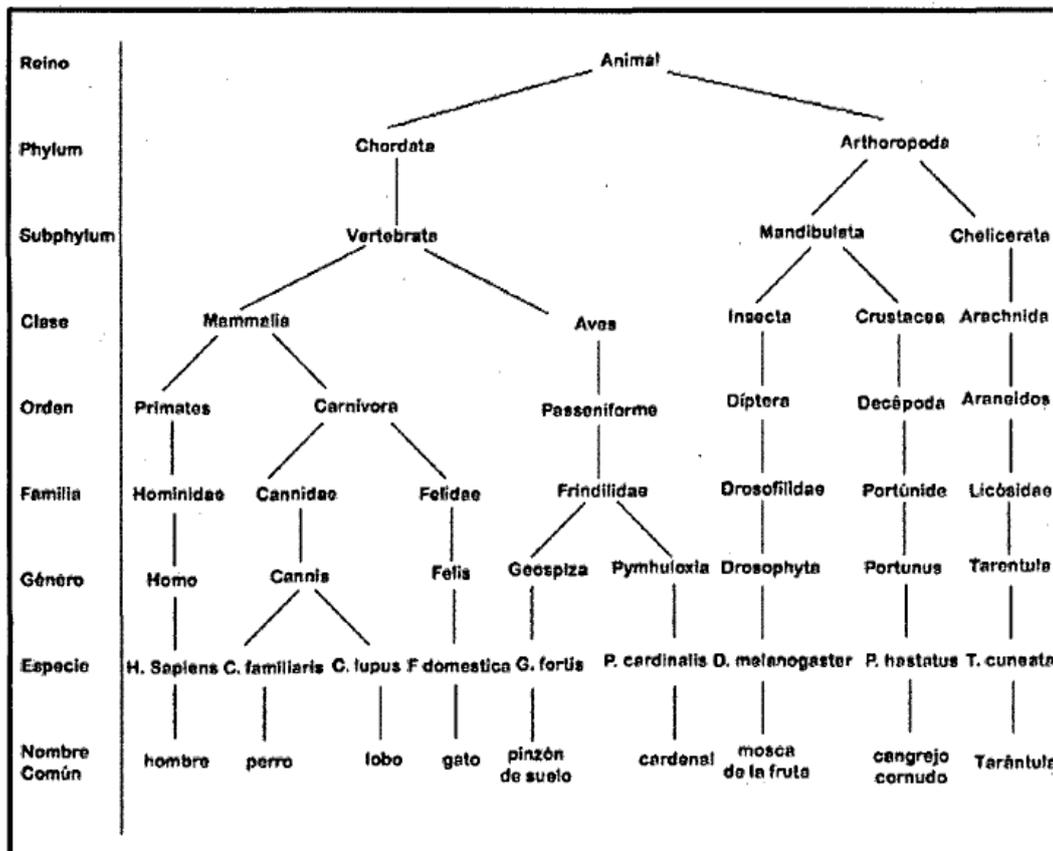


Figura 14. Sistema taxonómico para clasificación de organismos.  
Fuente: Tomado de Linnaeus (1735).

## **Clasificación de los fósiles**

De acuerdo a su taxonomía los fósiles se clasifican de la siguiente manera. (Linneo, 1758)

**Reino:** Viene a ser la unidad más amplia.

**Phyllum:** Es la base de la sistemática biológica.

**Clase:** División que resulta del Phyllum y que es un plano fundamentalmente básico.

**Orden:** Son organismos que pertenecen a la misma Clase, pero tiene alguna diferencia que permite su separación.

**Familia:** Categoría que pertenece a la misma clase, pero tiene alguna diferencia que permite su separación.

**Género:** Categoría en donde los organismos de la misma Familia se diferencian por algunas características

.

**Especie:** Categoría en que los individuos que, perteneciendo al mismo Género, presentan características específicas; indicando el carácter básico de diferenciación.

### **2.2.15. Ambientes sedimentarios**

Según Navarrete, (2014) desde una perspectiva estratigráfica, los ambientes sedimentarios son relevantes porque constituyen el lugar y las condiciones físicas, químicas y biológicas donde se lleva a cabo la deposición de sedimentos.

**Ambiente o medio sedimentario** es el lugar en que se realizan procesos sedimentarios, que pueden individualizarse de las zonas limítrofes por sus **características físicas, químicas y biológicas**, que van también a determinar las propiedades del sedimento (Rigby, 1972). (Concepto Geográfico – Genético).

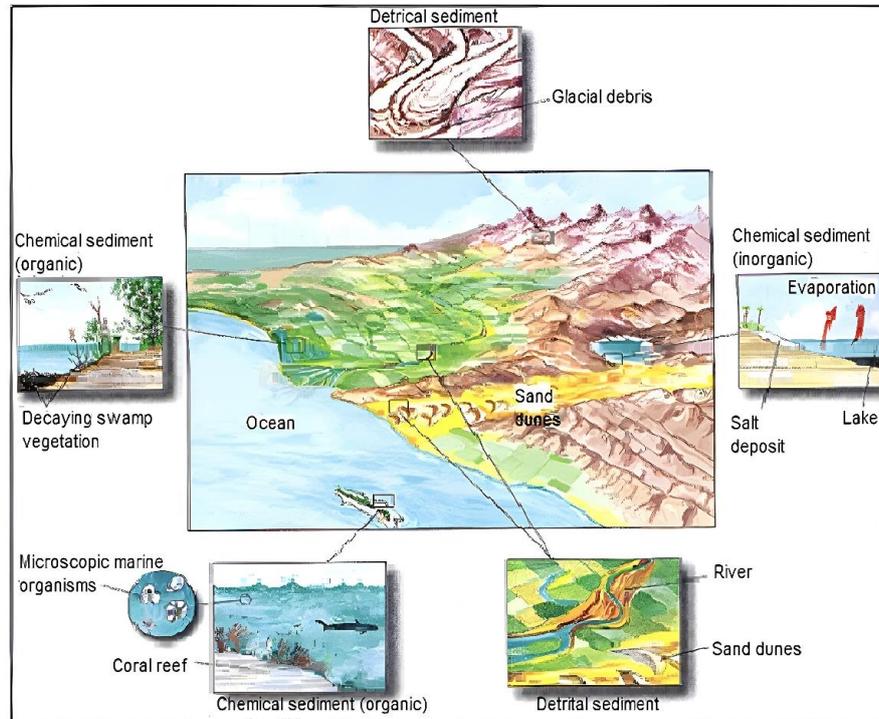


Figura 15. Características de algunos ambientes sedimentarios.  
Fuente: Tomado de Navarrete (2014).

### 2.2.16. Características que definen los ambientes sedimentarios

**Características físicas:** velocidad, dirección y variaciones en el movimiento del fluido, corrientes de agua, oleaje, mareas, vientos, tipo de meteorización, clima, temperatura, humedad, precipitación, frecuencia de heladas, etc.

**Características químicas:** condiciones del pH y el Eh, la geoquímica de la roca madre y la interacción química entre el sedimento y el ambiente.

**Características biológicas:** La flora y la fauna influyen en la sedimentación, formación de suelos y erosión. En zonas subaéreas predomina la erosión, limitando la sedimentación local, mientras que en ambientes subacuáticos, especialmente marinos costeros, la sedimentación es el proceso dominante. (Navarrete, 2014)

## 2.2.17. Clasificación de los ambientes sedimentarios

De acuerdo con Navarrete, (2014) Las clasificaciones iniciales se fundamentaron en criterios geográficos (Grabau, 1930; Twenhofel, 1939; Pettijohn, 1956; Dumbar & Rodgers, 1957; Krumbein & Sloss, 1959) y categorizaron los ambientes en tres grandes grupos: continentales, marinos y de transición. En estas primeras clasificaciones, se enfatizaron las divisiones detalladas de los ambientes continentales y, a partir de 1960, se prestó mayor atención al detalle de los ambientes marinos.

Las tendencias actuales de las clasificaciones están más relacionadas con la masa de sedimentos acumulados que con su caracterización geográfica y morfológica. Por esta razón, pierden importancia los ambientes que tienen poca representación en la columna estratigráfica (periglaciales, palustres, etc.) y ganan atención aquellos que se encuentran bien representados (medios litorales y depósitos de turbiditas).

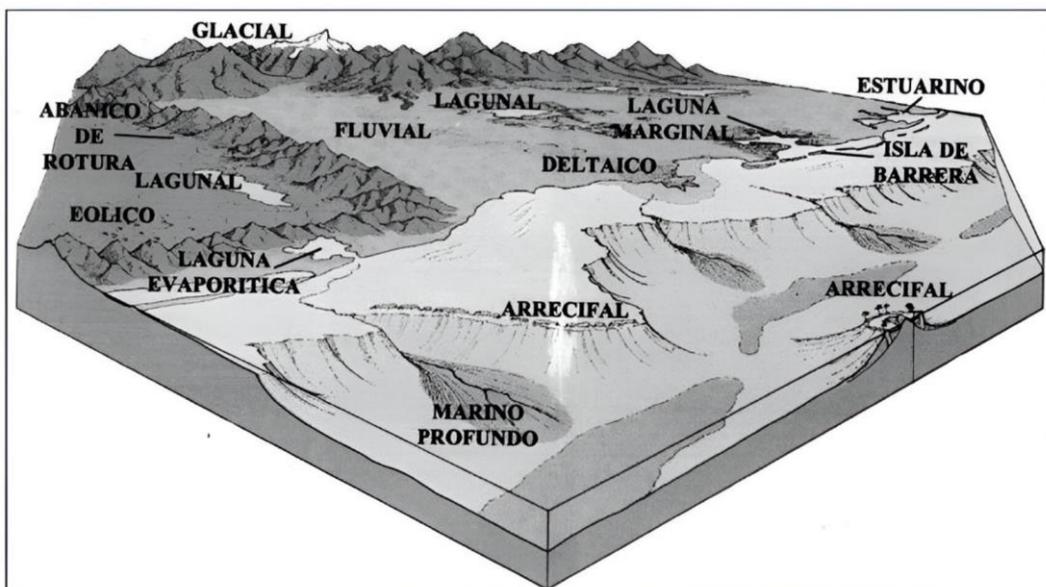


Figura 16. Ambientes Sedimentarios Continentales, Marinos y De Transición.  
Fuente: Tomado de (Navarrete, 2014).

La división en medios continentales, marinos y de transición queda perfectamente justificada a la vista de la curva hipsográfica de la superficie terrestre, formada por dos tramos, uno continental y otro marino enlazado sobre la plataforma marina, que representan la mínima energía potencial de las condiciones continentales. Las subdivisiones presentan una gran influencia de las características climáticas en los medios continentales y de la batimetría, procesos de transporte y origen del sedimento en los medios marinos. Los esquemas de Strakhov (1967), sobre tipos de litogénesis actual, así como de meteorización y cuencas terminales de sedimentación, son buenos ejemplos de estas influencias en la clasificación de medios sedimentarios. (Corrales et al.; 1977).

### **Ambientes Continentales**

Estos ambientes, junto con los de transición, son los más familiares para el ser humano debido a su fácil acceso; sin embargo, en las series geológicas antiguas, tienen una importancia menor. Dado que estos ambientes depositan sedimentos que no se encuentran en cuencas de acumulación genuinas, son fácilmente erosionados, con la excepción de los entornos fluviales, lacustres y palustres (Navarrete, 2014).

Se diferencian en dos grupos: Aquellos en que el agua es un elemento subordinado: **eólicos (desiertos y eólicos costeros)**, **áridos (abanicos aluviales)**, **glaciares** y **periglaciares**. Aquellos en que el agua es el agente principal de depósito: **fluviales (ríos)**, **lacustres (lagos)** y **palustres (pantanos)**.

### **Ambientes de Transición**

Según Navarrete (2014), la costa es la zona de contacto entre el continente y el mar, caracterizada por cambios geológicos rápidos e influenciada por transgresiones y regresiones marinas. En ella se desarrollan ambientes de transición, como playas, deltas, llanuras de marea, estuarios y lagunas costeras, siendo las playas y deltas los principales entornos de sedimentación en esta región.

## Ambientes Marinos

La Geología Marina estudia la geología de los fondos oceánicos, utilizando principalmente técnicas geofísicas. A diferencia de la geología continental, sus métodos se basan en herramientas físicas, por lo que su desarrollo ha estado estrechamente ligado al avance de la física (Navarrete, 2014). Los ambientes puramente marinos los constituyen: **plataforma continental (arrecifes)**, **talud continental (cañones submarinos)** y **llanura abisal (abanicos submarinos)**.

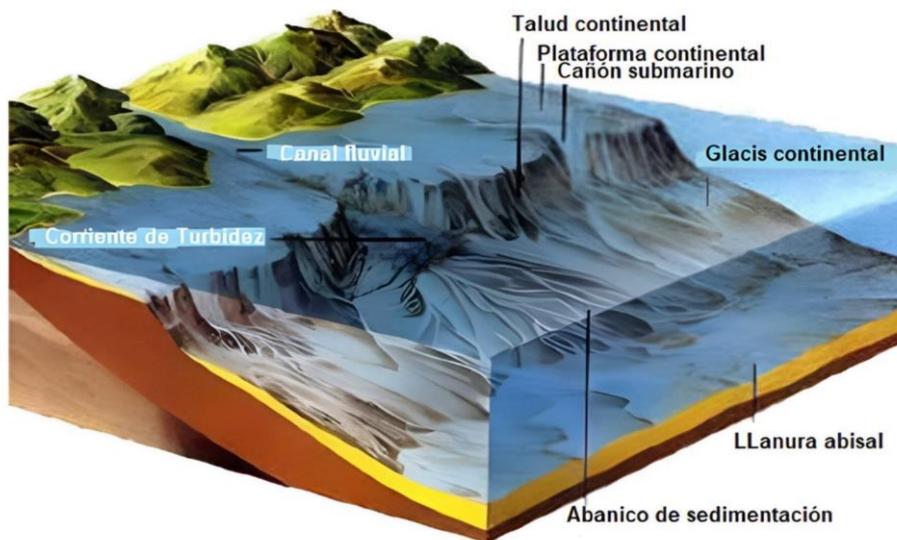


Figura 17. Medios Sedimentarios Marinos.  
Fuente: Tomado de Navarrete, (2014).

### 2.2.18. Sección Estratigráfica

Una sección estratigráfica representa la sucesión temporal y ordenada de unidades estratigráficas de una región, desde las más antiguas hasta las más recientes. También se refiere a su representación gráfica. Aunque antes se usaba el término "serie estratigráfica", su uso actual es más específico. Se desaconseja emplear "secuencia estratigráfica" como sinónimo, debido a sus múltiples significados en geología (Vera, 1994).

Una sección estratigráfica es simple si se levanta en un solo corte continuo, y compuesta si se elabora a partir de dos o más cortes complementarios.

Por otra parte, de acuerdo con la escala de la región de referencia, se diferencian cuatro tipos de secciones estratigráficas. Se trata de una clasificación en función de la extensión areal de su representatividad y comprende cuatro rangos, que de menor a mayor será: local, regional, a nivel de cuenca y global.

Las secciones estratigráficas locales muestran la disposición vertical y, por ende, temporal de todas las unidades litoestratigráficas presentes en una localidad específica. En su representación gráfica, el espesor de cada unidad se escala proporcionalmente a su espesor real. Estas secciones son esenciales en Estratigrafía, ya que otros tipos de secciones estratigráficas dependen de ellas. Este capítulo se centrará especialmente en la elaboración y representación gráfica de estas secciones locales.

Los otros tipos de secciones estratigráficas abarcan áreas más amplias y se construyen a partir de los datos de múltiples secciones estratigráficas locales. Entre ellas, las más simples son las secciones estratigráficas compuestas locales, que combinan varias secciones locales para representar intervalos de tiempo consecutivos.

El siguiente nivel son las secciones estratigráficas regionales, que reflejan la ordenación temporal de todas las unidades litoestratigráficas en un área más amplia que la local. Estas secciones se construyen a partir de la correlación de múltiples secciones estratigráficas locales, ya sean simples o compuestas, seleccionando los rasgos más representativos.

Las secciones estratigráficas también pueden abarcar áreas geográficas mucho más extensas, como cuencas sedimentarias completas o incluso la totalidad de la superficie terrestre. Estas se construyen a partir de secciones estratigráficas regionales de diferentes áreas. Una sección estratigráfica a nivel de cuenca organiza temporalmente las unidades estratigráficas de toda la cuenca y se representa gráficamente. Este enfoque es viable en cuencas con una distribución uniforme de unidades litoestratigráficas; en cuencas con frecuentes cambios laterales, es más apropiado usar la correlación estratigráfica y gráficos de correlación para reflejar estos cambios.

La sección estratigráfica global ideal representa la ordenación temporal de todas las unidades estratigráficas a nivel mundial. Este concepto abstracto no existe en ningún lugar específico, pero sirve como una referencia general de la historia geológica. También se conoce como el registro estratigráfico global. (Vera, 1994)

#### **2.2.19. Metodología para la Elaboración de una Sección Estratigráfica**

Aplicando el principio de superposición con las precauciones necesarias para evitar errores, mediante criterios de superposición, los estratos y conjuntos de estratos pueden agruparse en volúmenes con características similares (unidades estratigráficas) y ordenarse temporalmente.

Esta metodología es una de las más características de la Estratigrafía. Generalmente, el levantamiento de secciones estratigráficas se coordina, y a menudo se precede, con la elaboración de un mapa geológico, cortes geológicos y esquemas a escala, tanto en el terreno como en fotografías murales que muestren la geometría de los materiales estratificados.

Para levantar una sección estratigráfica, es esencial conocer la distribución areal de las unidades litoestratigráficas, lo cual se logra mediante cartografía geológica sobre mapas topográficos o fotos aéreas de alta resolución (Vera, 1994).

#### **2.2.20. Medidas de Espesores de Unidades Estratigráficas**

De acuerdo con Vera, (1994) en el levantamiento estratigráfico es fundamental medir el espesor de las unidades litoestratigráficas. Esto puede hacerse de forma general, midiendo el espesor total, o de manera más detallada, registrando el espesor de cada estrato por separado.

Simultáneamente a la medición de espesores, se observan las características litológicas y texturales. Esto permite identificar, en rocas detríticas, dispositivos texturales de grano creciente o decreciente, que pueden estar o no superpuestos a las características previamente identificadas.

El caso más sencillo de levantamiento de una sección estratigráfica y medición de espesores se lleva a cabo en áreas con capas horizontales. En estas zonas, el principio de superposición se cumple estrictamente, por lo que para observar los materiales más antiguos es necesario dirigirse al punto topográficamente más bajo de la región. Desde allí se inicia el levantamiento y la medición de espesores. Estas mediciones pueden realizarse utilizando un alfiler de precisión o una cinta métrica, en cuyo caso la cinta debe mantenerse completamente vertical.

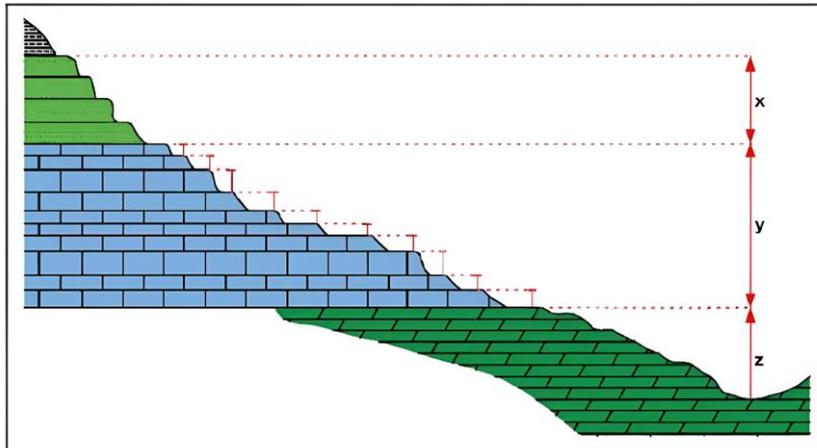


Figura 18. Medida en materiales horizontales (x, y, z: unidades litoestratigráficas).  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

La vara de Jacob es un bastón de 1,5 m con un tubo perpendicular en su extremo, usado para medir estratos en pendientes suaves mediante tramos sucesivos y alineación visual del siguiente punto de medición (Vera, 1994).

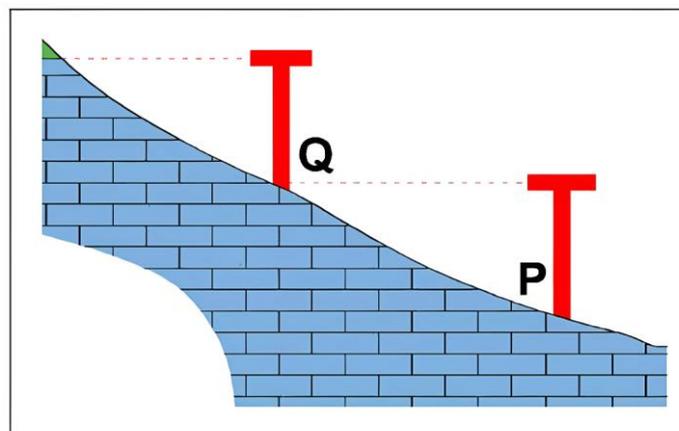


Figura 19. Detalle de la medida con la vara de Jacob en capas horizontales (P, Q, lotes de 1,5 m que es la altura de la vara).  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

En los levantamientos de secciones estratigráficas en áreas de capas plegadas la medida de espesores presenta más dificultades. La primera se resuelve colocando el instrumento de medida (cinta métrica o vara de Jacob) perpendicularmente a las superficies de estratificación (Vera, 1994).

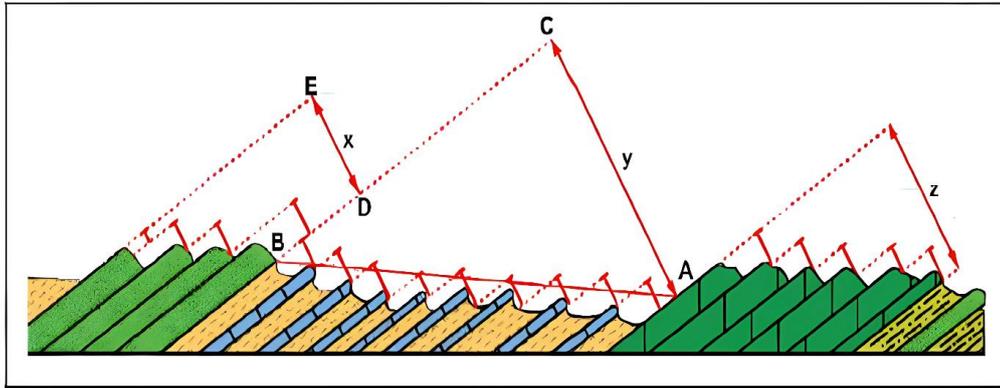


Figura 20. Medida de los espesores de unidades estratigráficas en materiales inclinados, mediante medidas parciales sucesivas. La potencia de una unidad (y) se obtiene sumando todas las medidas parciales que darían el segmento A-C.  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

Controlando la dirección y el buzamiento con medidas constantes y usando la vara de Jacob tras hacer la medida un punto P se mira por el tubo perpendicular para localizar el punto Q en el que se debe colocar la vara para seguir la medida, operación que se repite sistemáticamente. (Vera, 1994)

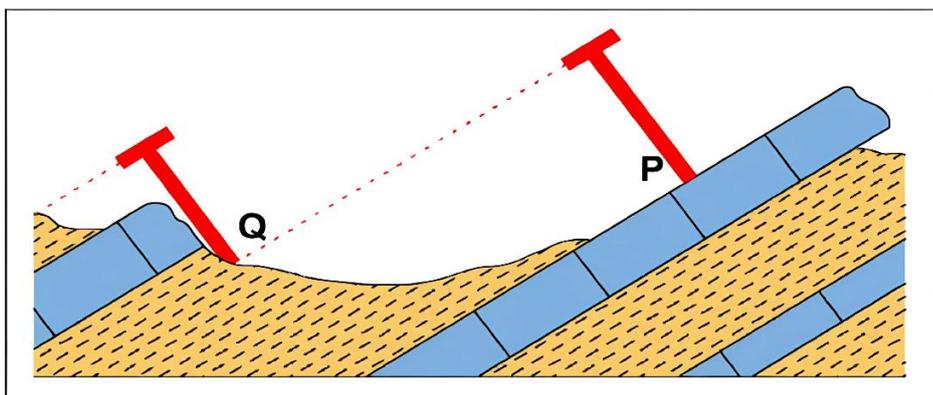


Figura 21. Medida con la vara de Jacob en capas inclinadas (P,Q, lotes de 1,5 m que es la altura de la vara)  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

Las medidas parciales del espesor de los estratos que posibilitan calcular la potencia de las unidades litoestratigráficas (x, y, z) se contrastan con medidas del espesor total hecha a partir de la distancia real de dos puntos situados en una línea de máxima pendiente del estrato (perpendicular a la dirección) uno de ellos en el muro (A) y el otro en el techo (B). Para calcular el espesor real ( $\overline{AC}$ ) es necesario conocer el buzamiento y la inclinación de la línea A-B. La resolución se hace 40 trigonométricamente [ $\overline{AC} = \overline{AB} \times \text{seno}(\alpha + \beta)$ ] o gráficamente con un dibujo a escala (Vera, 1994).

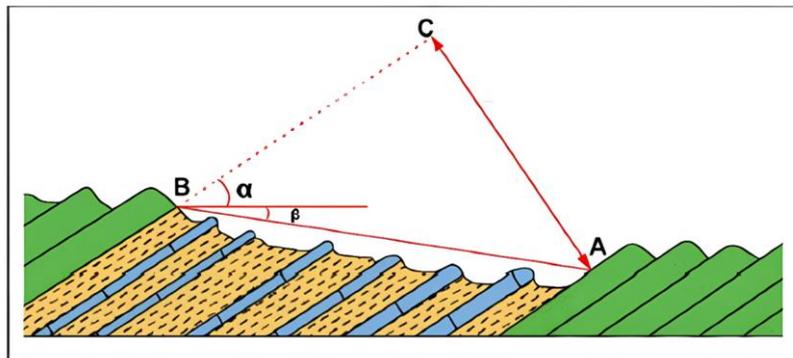


Figura 22. Medida del espesor conjunto de una unidad, a partir del buzamiento.  
Fuente: Tomado de Vera (1994).

### 2.2.21. Correlación Estratigráfica

De acuerdo con Vera, (1994) la correlación estratigráfica consiste en comparar secciones con intervalos temporales similares para establecer equivalencias entre niveles. Esto permite identificar relaciones laterales, cambios de facies y espesor, y deducir las características estratigráficas de una región más amplia.

La correlación estratigráfica local permite reconstruir la geometría, posición temporal y cambios laterales de las unidades litoestratigráficas, dando lugar a una sección compuesta que resalta sus características más relevantes en un área determinada.

## **Tipo de Correlaciones**

Según Vera, (1994) puesto que la correlación es la comparación entre dos o más secciones estratigráficas, se pueden tener varios tipos de correlación en función del aspecto o propiedad que se comparen y los rasgos que se intenten destacar.

Los tres tipos de correlación básicos son: litológica, bioestratigráfica y cronoestratigráfica.

### **Litocorrelación**

La litocorrelación, o correlación litológica (también conocida como litoestratigráfica), tiene como objetivo establecer la correspondencia en cuanto a las características litológicas y la posición litoestratigráfica. Para realizar este tipo de correlación, se comparan las unidades litoestratigráficas presentes en cada una de las secciones estratigráficas, así como los niveles con litologías específicas dentro de ellas (Vera, 1994).

### **Biocorrelación**

La biocorrelación, o correlación bioestratigráfica, busca establecer la correspondencia entre dos niveles fosilíferos basándose en la presencia de ciertos fósiles y su posición bioestratigráfica. En este proceso, es de gran interés identificar los biohorizontes de primera aparición y los de última presencia de fósiles característicos en diversas secciones estratigráficas. Al considerarse estos biohorizontes como simultáneos a nivel mundial, se establece lo que se denomina biocronocorrelación (Vera, 1994).

### **Cronocorrelación**

La correlación cronoestratigráfica busca identificar superficies isócronas y su posición temporal mediante la comparación de secciones estratigráficas, utilizando indicadores como biohorizontes, inversiones magnéticas o anomalías geoquímicas para establecer simultaneidad entre unidades (Vera, 1994).

## **2.2.22. Sistema Gráfico de Correlación de Shaw**

Para la correlación litoestratigráfica de dos secciones dentro de una misma cuenca, se emplea el sistema gráfico de correlación desarrollado por Shaw (1964), conocido como el "diagrama de Shaw" (Vera, 1994).

El método de Shaw comienza con la selección de una sección estratigráfica de referencia a la cual se puedan comparar y correlacionar otras secciones. Esta sección de referencia debe ser la de mayor espesor disponible y debe estar libre de fallas u otras complicaciones estructurales. La sección de referencia se mide y se muestrea de manera exhaustiva, documentando las facies presentes. A continuación, se elige una segunda sección estratigráfica para compararla con la sección de referencia y sus respectivas facies.

Este método de representación implica colocar las dos secciones o perfiles estratigráficos (X e Y) en un sistema de coordenadas, dibujados a la misma escala. El sistema de coordenadas se alinea con una superficie de correlación (isócrona) reconocible en la base de cada sección, que servirá como punto de referencia para iniciar la correlación. A partir de esta superficie, se comparan los diferentes niveles de facies (Vera, 1994).

Este procedimiento genera una serie de puntos que tienden a agruparse alrededor de una línea recta. Esta línea puede dibujarse a ojo para crear la línea de mejor ajuste. Las coordenadas X e Y de cualquier punto en esta línea ofrecen una correlación estratigráfica precisa entre las dos secciones.

Todos los puntos situados sobre la línea o muy cerca de ella se consideran isócronos en ambas secciones, mientras que aquellos que se alejan de la línea pueden indicar fenómenos anómalos. Además de su utilidad para la correlación entre dos secciones estratigráficas, el método gráfico también proporciona una herramienta valiosa para evaluar diferencias en las tasas de sedimentación entre dos secciones o la presencia de hiatos en una sección. La pendiente de la línea de mejor ajuste indica la tasa relativa de sedimentación entre dos áreas. Si ocurre un cambio abrupto en esta pendiente, esto sugiere un incremento o disminución repentino en las tasas de sedimentación en las secciones estudiadas.

### Correlación tipo A

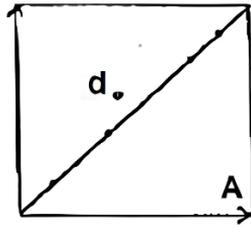


Figura 23. Correlación lineal tipo A, de dos perfiles con el mismo espesor, con la letra d se marcan los niveles diacrónicos (aquellos que se separan de la línea de correlación).  
Fuente: Tomado de Shaw (1964).

### Correlación tipo B

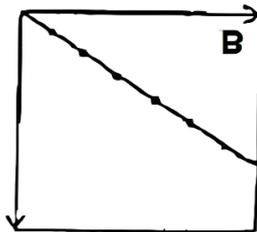


Figura 24. Correlación tipo B, entre dos perfiles en la que el perfil X tiene un mayor espesor (mayor tasa de sedimentación).  
Fuente: Tomado de Shaw (1964).

### Correlación tipo C

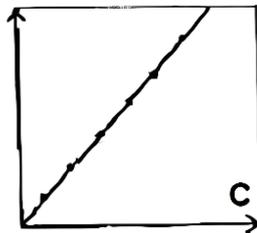


Figura 25. Correlación tipo C, entre dos perfiles en la que el perfil Y tiene un mayor espesor.  
Fuente: Tomado de Shaw (1964).

### Correlación tipo D

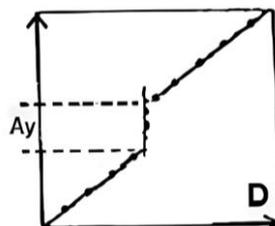


Figura 26. Correlación tipo D, modo gráfico de detectar un hiato en el perfil X.  
Fuente: Tomado de (Shaw, 1964).

## Correlación tipo E

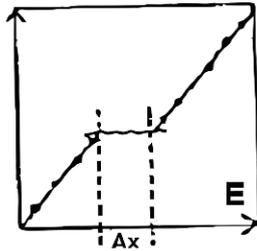


Figura 27. Correlación tipo E, modo gráfico de detectar un hiato en el perfil Y.  
Fuente: Tomado de Shaw (1964).

### 2.2.23. Clasificación de Rocas Carbonatadas de Folk 1962

Para este estudio se han utilizado tres clasificaciones de rocas carbonatadas, las cuales se describen a continuación:

#### Clasificación de Folk 1962

Folk propone una clasificación de las calizas basada en las proporciones relativas de sus tres componentes básicos: granos (aloquímicos), matriz micrítica y cemento esparítico (ortoquímicos). Identifica tres tipos principales de calizas: aloquímicas (con más del 10% de granos), micríticas (con menos del 10% de granos) y biolititas. Dentro de las calizas aloquímicas, distingue entre calizas esparíticas (con espacio intergranular ocupado por esparita) y calizas micríticas (con espacio intergranular ocupado por micrita). Una de las limitaciones de esta clasificación es que no puede aplicarse a sedimentos.

Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomicrita dispersa	Biomicrita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
Matriz micrítica		Cemento de calcita esparítica					

Figura 28. Clasificación de rocas carbonatadas.  
Fuente: Tomado de Folk (1962).

## Clasificación de Rocas Carbonatado-Detríticas según Correns (1949)

La gran mayoría de las rocas sedimentarias están interrelacionadas a través de diversos procesos de regresión y transgresión. Por esta razón, Correns desarrolló un triángulo que facilita la clasificación de las rocas intermedias o carbonatos detríticos. Esta clasificación se basa en un triángulo de composición, cuyos tres vértices corresponden a caliza, arenisca y arcillita; La proporción de cada uno de estos componentes determina el nombre de la roca (Correns,1949).

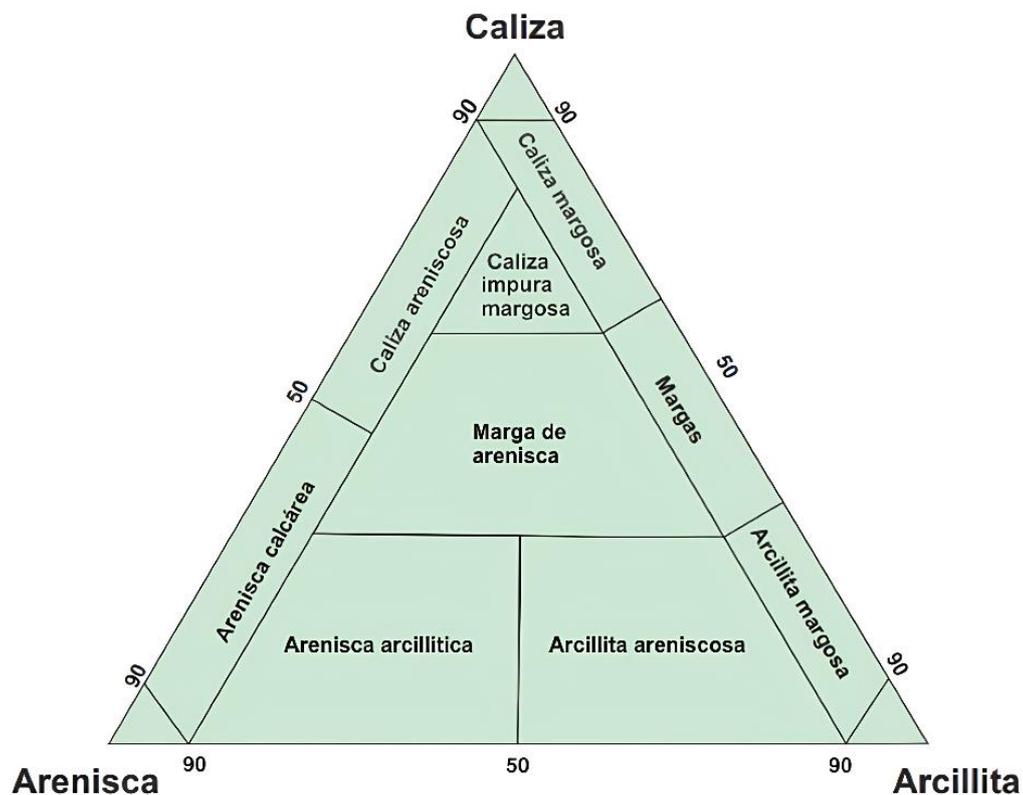


Figura 29. Triángulo de clasificación de rocas carbonatadas detríticas e intermedias. Fuente: Correns (1949).

## Clasificación de Dunham 1962

Dunham distingue dos tipos generales de carbonatos (rocas y sedimentos carbonáticos) (1) los que presentan textura deposicional reconocible, y (2) los que presentan textura cristalina, no siendo posible reconocer la textura deposicional.

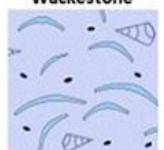
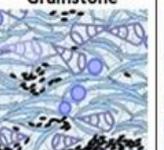
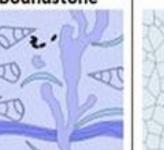
	Textura deposicional reconocible					Textura deposicional no reconocible
	Componentes originales no unidos durante la sedimentación				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
	Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico		
	Esqueleto matriz-soportado					
	< 10% granos	> 10% granos				
Textura	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Granuda	Bioconstruida	Cristalina
	Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
Ejemplos	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extraclásticas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas
						

Figura 30. Clasificación de rocas carbonatadas.  
Fuente: Tomado de Dunham (1962).

### Carbonatos con textura deposicional reconocible

**Boundstone:** Durante la sedimentación, los componentes originales pueden quedar unidos por la actividad de organismos bioconstructores como corales, algas y cianobacterias.

**Grainstone:** Textura grano-soportada y sin matriz micrítica. El espacio intergranular puede estar ocupado por cemento.

**Packstone:** Textura grano-soportada y con matriz micrítica. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Wackestone:** Textura matriz-soportada con más del 10% de granos.

**Mudstone:** Textura matriz-soportada con menos del 10% de granos.

A continuación, en la figura 31 se observa la clasificación de rocas carbonatadas con textura deposicional reconocible.

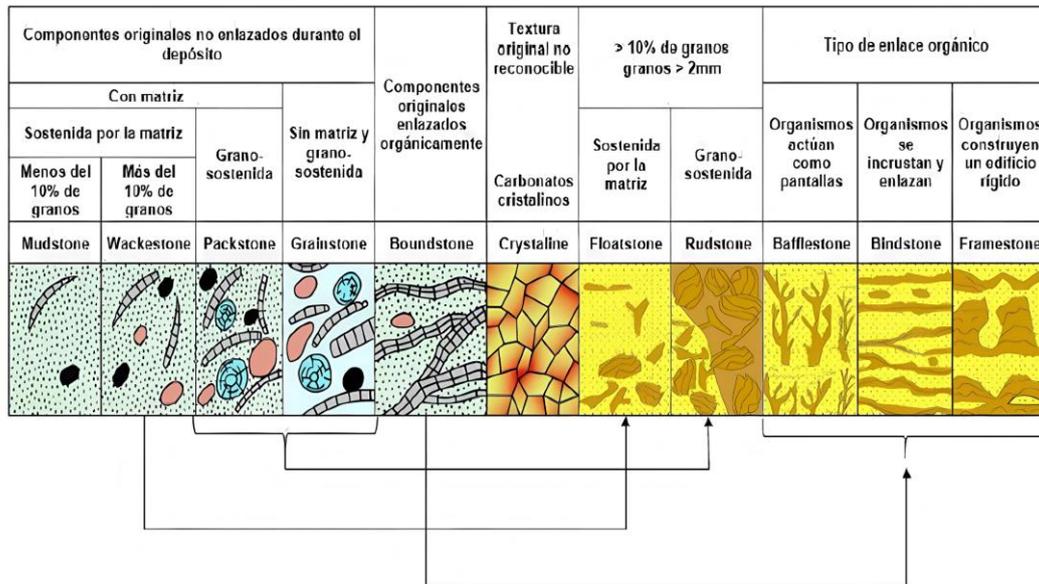


Figura 31. Clasificación de rocas carbonatadas.  
Fuente: Tomado de Embry y Klovan (1971).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Asociación de facies** Facies que se encuentran genéticamente relacionadas y además se encuentran adyacentes (Vera, 1994).

**Columna estratigráfica** Una columna estratigráfica es una representación vertical que muestra la sucesión de unidades de roca en un área, ordenadas desde las más antiguas en la base hasta las más recientes en la parte superior. (Navarrete, 2014).

**Biotopo** Región limitada con características especiales de medio ambiente bajo las cuales se puede desarrollar cierto tipo de animales y plantas (Dávila, 2011)

**Capa** Unidad formal más pequeña jerárquicamente de las unidades Litoestratigráficas (Vera, 1994)

**Estructura sedimentaria** 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, 2014).

**Fósil guía.** Los fósiles actúan como marcadores precisos de antiguos ambientes, patrones de sedimentación y sus respectivas distribuciones, resultan especialmente valiosos para determinar las edades relativas de los estratos en los que se encuentran. (Reguant & Ortiz, 2001).

**Intervalo estratigráfico.** Cuerpo o secuencia estratigráfica entre dos series estratigráficas marcadas. También se refiere al tiempo geológico, comprendido entre dos o más secuencias estratigráficas (Dávila, 2011).

**Litotopo.** Área con características sedimentarias uniformes y diferente de las áreas que le rodean (Vera, 1994).

**Taxón** Conjunto de organismos de un mismo rango (especie, género o familia) (Vera, 1994).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. GEOGRÁFICA

Geográficamente La zona de investigación se encuentra delineada por la Carta Nacional de Celendín (14-g), utilizando las coordenadas con proyección geográfica UTM y Datum WGS-84. Los vértices que marcan los límites del área de estudio son los siguientes:

Tabla 4. Coordenadas UTM (sistema WGS-84) de vértices de las áreas de estudio.

Vértice	Área
	Maraypata
1. Latitud	9242700
Longitud	809380
2. Latitud	9240920
Longitud	809830
3. Latitud	9240640
Longitud	808920
4. Latitud	9242450
Longitud	808490

#### 3.1.2. POLÍTICA

El área de estudio corresponde a Maraypata lugar que se ubica en la sierra norte del Perú; Región y Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín, Distrito de Celendín, Caserío de Maraypata a 2820 m.s.n.m.

### 3.1.3. ACCESIBILIDAD

El acceso a las áreas de estudio se realiza por vía terrestre, a través de carreteras asfaltadas, caminos afirmados y senderos. Estos caminos fueron utilizados para recorrer y observar las zonas, con el propósito de desarrollar la presente tesis.

Tabla 5. Accesibilidad al área de estudio.

Área	Tramo	Tipo de acceso	Distancia (km.)	Tiempo (min.)
	Cajamarca – Celendín	Carreta asfaltada	110	120
<b>Celendín</b>	Celendín – Maraypata	Carretera afirmada	31	40

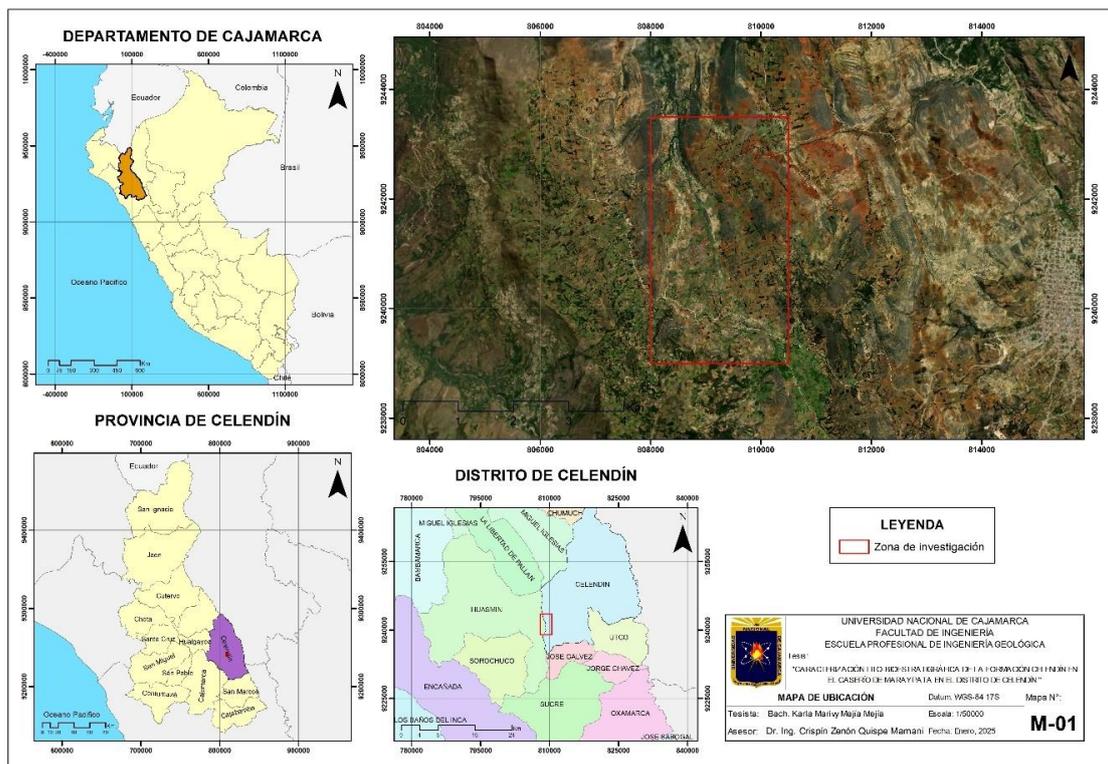


Figura 32. Ubicación y accesibilidad a la zona de estudio.

## **3.2. PROCEDIMIENTOS**

El desarrollo de esta investigación consideró las siguientes tres etapas:

### **3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete**

Para la realización de esta tesis, se recopilaron antecedentes bibliográficos tanto físicos como digitales relacionadas con la línea del proyecto de investigación. Esto permitió obtener una visión más amplia de las tareas a llevar a cabo posteriormente en campo y gabinete.

Se delineó y elaboró el plano satelital y geológico del área de estudio utilizando el software ArcGis 10.5.

Finalmente, se determinaron los instrumentos necesarios y se estableció la metodología a seguir para llevar a cabo el estudio.

### **3.2.2. Etapa de Campo (In Situ)**

Se realizó el reconocimiento de la Formación Celendín en el área de estudio, identificando estructuras sedimentarias, litología y contenido fósil. Se midieron el rumbo y buzamiento de los estratos y se registraron las coordenadas utilizando un GPS en el sistema UTM, con el datum WGS-84.

También se midió el espesor de los estratos de la Formación Celendín, anotando los niveles donde ocurren cambios en sus características (litología, color, facies, textura). Además, se tomaron muestras de rocas y fósiles para su posterior clasificación.

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

Se procesaron los datos recolectados en campo utilizando el software Autocad (2025) para elaborar las columnas estratigráficas y crear los planos temáticos necesarios para las áreas de investigación. Se llevó a cabo el análisis y descripción macroscópica de las muestras de rocas; de la misma manera se realizó una clasificación de los distintos fósiles característicos de la Formación Celendín.

### 3.2.4. METODOLOGÍA

La metodología incluirá una descripción detallada del tipo de investigación empleada en este estudio, abarcando su nivel, diseño, naturaleza y finalidad. Todos estos aspectos están detallados en la Tabla 6:

Tabla 6. Clasificación de los tipos de investigación utilizados en el proyecto de investigación.

<b>Tipos de investigación</b>	
<b>Clasificación</b>	<b>Tipos de investigación</b>
<b>1. Según su objetivo</b>	Aplicada: Es de carácter aplicada, ya que se aplicaron y utilizaron conocimientos y teorías preexistentes para llevar a cabo esta investigación.
<b>2. Según el nivel de profundización del objetivo</b>	Descriptiva, explicativa y correlacional: Para este trabajo de investigación se describieron y explicaron las diferentes características de facies sedimentarias, texturas, estructuras, fósiles y litología de las rocas de la Formación Celendín. Finalmente poder correlacionar estratigráficamente.
<b>3. Según su naturaleza</b>	Cualitativa: La investigación es de naturaleza cualitativa, ya que describe fenómenos complejos en su entorno natural, utilizando principalmente información cualitativa, como las características de las rocas (textura, color, estructura).
<b>4. Según el grado de manipulación de variables</b>	No experimental: Se dice esto ya que se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.
<b>5. Según el periodo</b>	Transversal en el tiempo: El diseño de la investigación es transversal en el tiempo, ya que analizará la correlación litoestratigráfica de la Formación Celendín en un período específico.

Fuente: Modificado de Supo (2016).

### 3.2.4.1. Población de estudio

El afloramiento de la Formación Celendín de aproximadamente 200 m de espesor, situado en el caserío de Maraypata, distrito de Celendín.

### 3.2.4.2. Muestra

La litología, contenido fosilífero, texturas, estructuras y tiempo cronoestratigráfico (m.a.)

### 3.2.4.3. Unidad de análisis

Estratos de la formación Celendín, rocas sedimentarias calizas, margas y arcillitas margosas intercaladas pardo amarillentas con potencial contenido fosilífero. Registro de tiempo cronoestratigráfico.

### 3.2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para la investigación se ha identificado variables independientes y dependientes, las cuales se relacionan directamente como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7. Identificación de las variables de la investigación.

<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
<b>Litología</b>	
<b>Texturas Sedimentarias</b>	Litoestratigrafía
<b>Ambiente Sedimentario</b>	
<b>Tiempo Cronoestratigráfico</b>	
<b>Contenido Fósil</b>	Bioestratigrafía

### 3.2.6. TÉCNICAS

Las técnicas principales empleadas para la elaboración de esta tesis incluyen la recopilación de antecedentes bibliográficos; la planificación de las etapas desarrolladas tanto en campo como en gabinete; la observación, descripción y medición en campo de la Formación Celendín, con el fin de obtener datos que posteriormente serán procesados utilizando el software AutoCAD 2025.

### 3.2.7. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

En esta investigación se emplearon instrumentos y equipos que permitieron la recolección, análisis e interpretación de datos. A continuación, se detallan.

#### **Instrumentos:**

**Plano topográfico y geológico en sistema UTM. Datum WGS-84:** Se obtuvo un plano geológico del Ingemmet, como apoyo durante la realización de las etapas de campo.

**Libreta de campo:** Se anotaron observaciones de carácter geológico.

**Protactor 1/5000:** Para la ubicación de puntos en el plano topográfico durante las etapas de campo.

**Picota:** Para fracturar y extraer muestras frescas de rocas y analizarlas a detalle en gabinete.

**Rayador:** Para determinar la dureza de algunos minerales y rocas basados en la escala de Mohs.

**Lupas de 10x y 20x:** Para reconocer los componentes mineralógicos y microfósiles de las rocas.

**Ácido clorhídrico:** Para determinar la presencia de rocas carbonatadas.

**Lápices de colores:** Para realizar el cartografiado geológico.

**Formatos:** Para la realización de columnas estratigráficas en campo.

**Fichas de campo:** Para la clasificación de rocas.

**Flexómetro de 5m.** Para medir la estratificación y levantamiento de las columnas litoestratigráficas.

**Wincha de 50m.:** Para la medición de distancias mayores a 5m, durante el levantamiento de columnas litoestratigráficas.

**Bolsas para muestras:** Para la recolección de muestras de roca, fósiles, etc.

**Equipos:**

**Brújula tipo brunton:** Para medir rumbos y buzamientos de los estratos y otras estructuras.

**GPS garmin:** Para la ubicación mediante coordenadas UTM. en el plano topográfico, previa configuración en el DATUM WGS-84 zona 17S.

**Cámara fotográfica digital 48MP:** Para obtener fotografías de los procedimientos realizados en campo las cuales formaran parte del informe final.

**Laptop:** Para la elaboración de tesis se utilizó el Microsoft Office y para la elaboración de planos y columnas, el software ArcGis 10.5.

### 3.3. GEOLOGÍA

#### 3.3.1. GEOLOGÍA LOCAL

##### 3.3.1.1. FORMACIÓN CAJAMARCA

En el área de estudio de Maraypata, la Formación Cajamarca presenta una secuencia calcárea del Cretácico Superior de notable distinción estratigráfica. Esta unidad alcanza un espesor estimado entre 600 y 700 metros y se compone predominantemente de calizas Mudstone caracterizadas por su naturaleza sólida y compacta. Intercalaciones delgadas de arcillita margosa y margas, con tonalidades similares a las calizas dominantes que se identifican de manera esporádica dentro de la secuencia. Un rasgo estratigráfico distintivo lo constituye la escasez de contenido fósil en dicha Formación.



Fotografía 1. Observamos el afloramiento de la Fm. Cajamarca en la zona de investigación, Maraypata.

### 3.3.1.2. FORMACIÓN CELENDÍN

En la zona de investigación, la Formación Celendín se caracteriza litológicamente por una composición de arcillita margosa, margas, con intercalaciones de calizas finas (Mudstone, Wackestone y packstone). Estas rocas presentan tonalidades claras que varían entre amarillentas y cremosas, y se distinguen por su contenido fosilífero. Se encuentra principalmente en el núcleo de sinclinales, donde se estima un espesor aproximado de  $\pm 200$  metros, corroborado mediante observaciones y mediciones directamente en campo. Esta formación es extraordinariamente abundante en fósiles, destacándose por la presencia de cefalópodos (Buchicera y Ammonites), bivalvos (Nicaisolopha, Plicatula, Exogira y Tellina), gasterópodos (Turritelas) y equinoideos (Mecaster).

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	FORMACIÓN
UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS	ERA	PERIODO	ÉPOCA	EDAD	
Millones de Años					
	CENOZOICO	PALEÓGENO	Paleoceno	Thanetiano	Formación Chota
				Selandiano	
	MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	Daniano	
66.0				Maastrichtiano	
72.1 $\pm$ 0.2				Campaniano	Formación Celendín
83.6 $\pm$ 0.2				Senoniano	
86.3 $\pm$ 0.5				Santoniano	
89.8 $\pm$ 0.3	Coniaciano				
93.9			Turoniano	Formación Cajamarca	

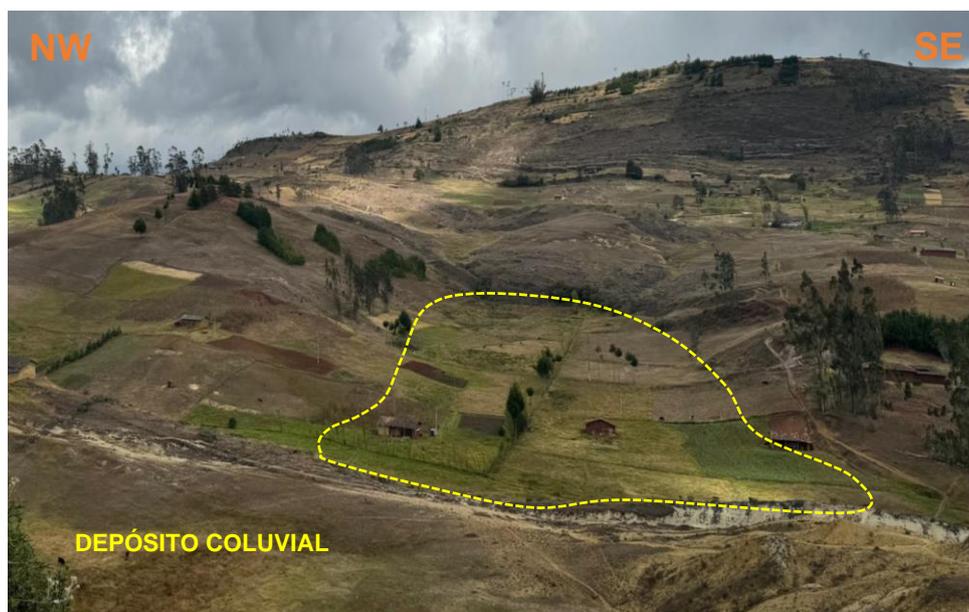
Figura 33. Ubicación cronoestratigráfica de la Fm. Celendín.  
Fuente: Tomado de Tafur, (2016).



Fotografía 2. Observamos el afloramiento de la Fm. Celendín en la zona de investigación, Maraypata.

### 3.3.1.3. DEPÓSITO COLUVIAL

Este tipo de depósito es de origen gravitacional y pluvial, compuesto principalmente por materiales finos como arcillas y limos, que se acumulan gradualmente en zonas de baja pendiente debido a procesos de escurrimiento difuso, reptación del suelo y lavado superficial provocado por lluvias.



Fotografía 3. Depósito coluvial presente en la Fm. Celendín en la zona de estudio Maraypata.

## 3.4. MARCO LITOBIOESTRATIGRÁFICO

Para el estudio litobioestratigráfico de la Formación Celendín se ha realizado el análisis de dicha Formación en general en la zona de estudio Maraypata, al lado derecho del sinclinal con respecto al N. Utilizando información recopilada en campo sobre el tipo de roca, el espesor de los estratos, la presencia de fósiles, así como las texturas y estructuras sedimentarias para la elaboración de la columna litobioestratigráfica.

### 3.4.1. UNIDADES LITOESTRAGRÁFICAS

En el área de investigación se pueden observar rocas sedimentarias, cuyas edades comprenden del Coniaciano al Santoniano inferior (Reyes, 1980). Este ítem tiene como finalidad describir las unidades litoestratigráficas por ende desarrollar una comprensión regional, la cual se abordará más adelante en un contexto local.

A continuación, se analizarán la Formación Celendín litoestratigráficamente.

### Estación 1.

Contacto de la formación Cajamarca conformada por grandes bloques de rocas calizas clasificadas como Mudstone y packstone y la Formación Celendín conformada en el piso por arcillita margosa.

Tabla 8. Coordenadas del contacto litoestratigráfico entre la Fm. Cajamarca y Fm. Celendín.

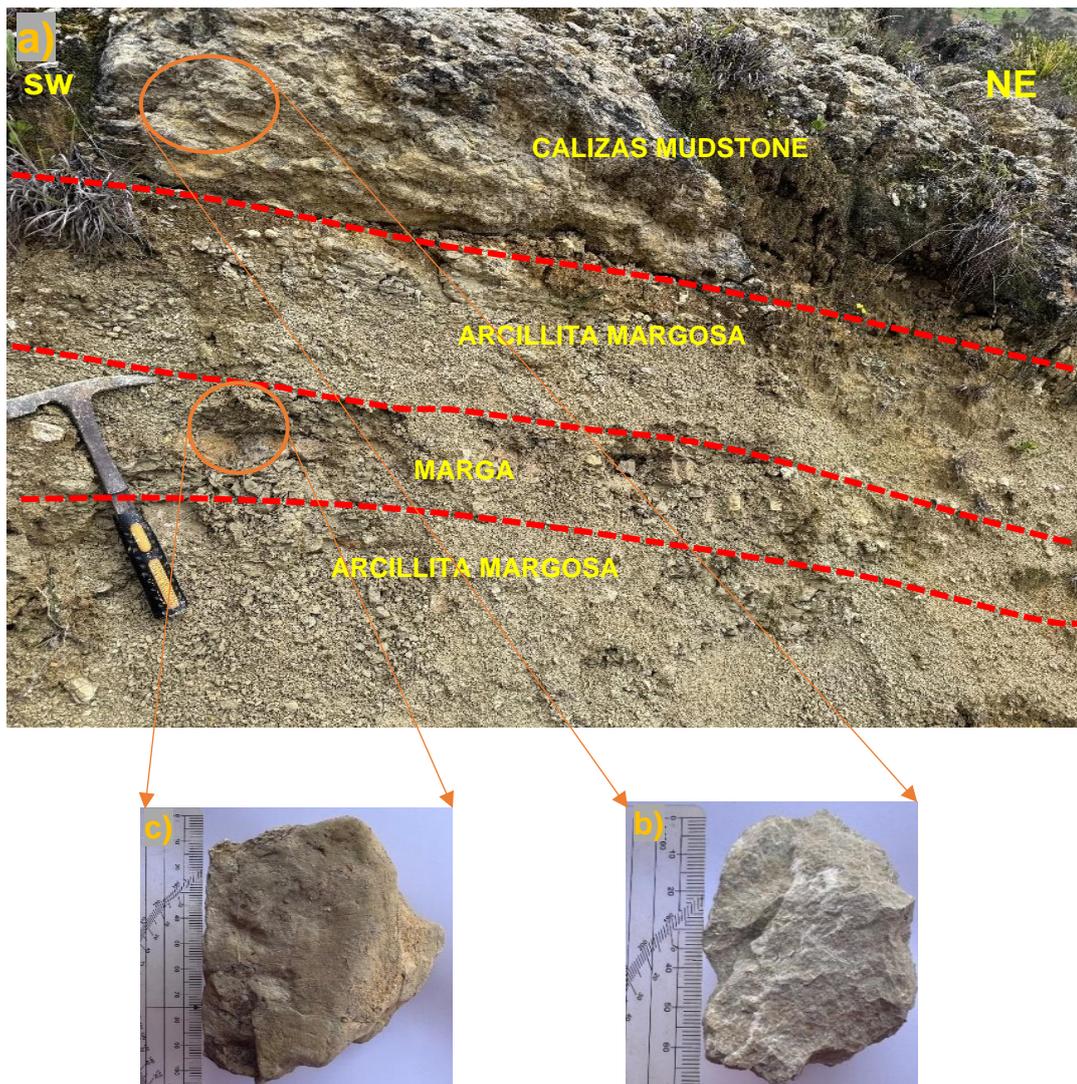
Este	Norte	Cota
808950	9241450	2869



Fotografía 4. Contacto de la Fm. Cajamarca y Fm. Celendín en la zona de estudio Maraypata.

## Estación 2.

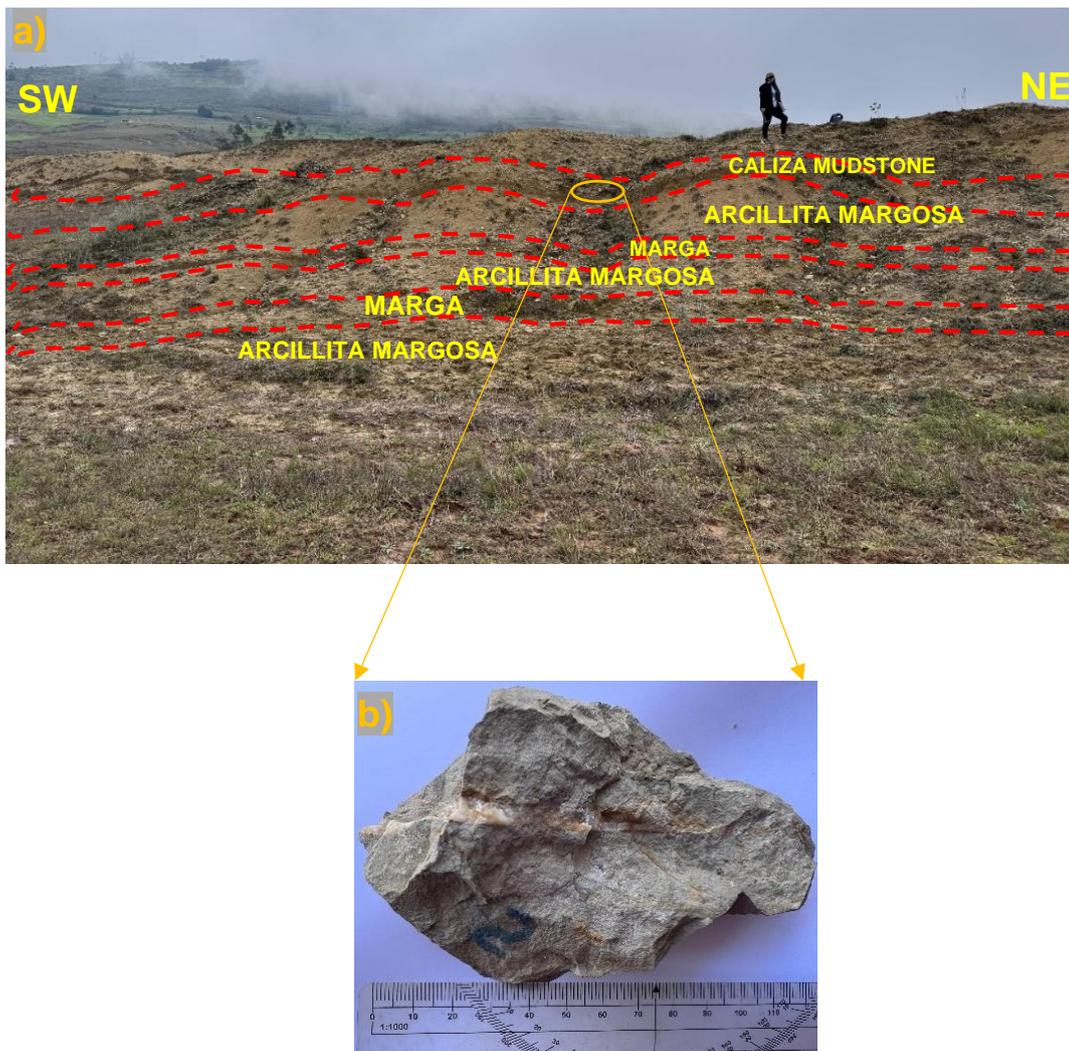
Litológicamente en este punto que es la parte inferior de la Formación Celendín hay presencia de intercalaciones de arcillita margosa, margas y calizas mudstone de color gris amarillentas. Teniendo un espesor de 21.3 m, con coordenadas: Este: 808979 Norte: 9241480 Cota: 2867.



Fotografía 5. a) Se aprecia la intercalación de arcillita margosa, marga, limolita, caliza. b) Representación del tipo de roca caliza Mudstone y c) representación del tipo de roca marga encontradas en zona de estudio Maraypata.

### Estación 3.

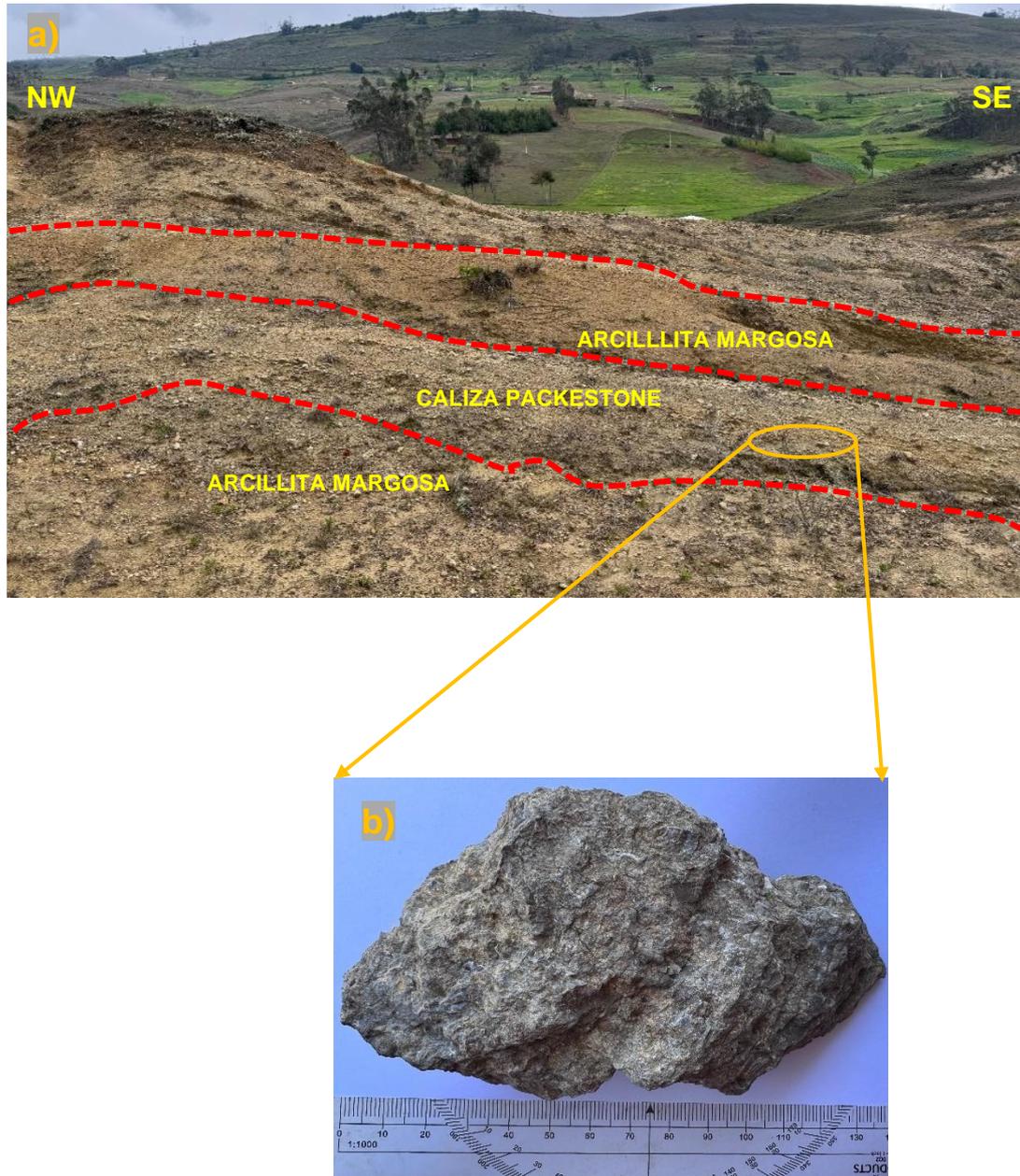
Esta unidad litoestratigráfica consta de una secuencia intercalada de arcillita margosa, marga y caliza mudstone con presencia de sedimentos de limo y arcilla, con un espesor de 24 a 30 m. Con coordenadas Este: 808991 Norte: 9241510 Cota: 2861.



Fotografía 6. a) Se observa la presencia de intercalación de arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa, caliza con presencia de limo y arcilla. b) Representación del tipo de roca caliza mudstone, en la zona de investigación.

#### Estación 4.

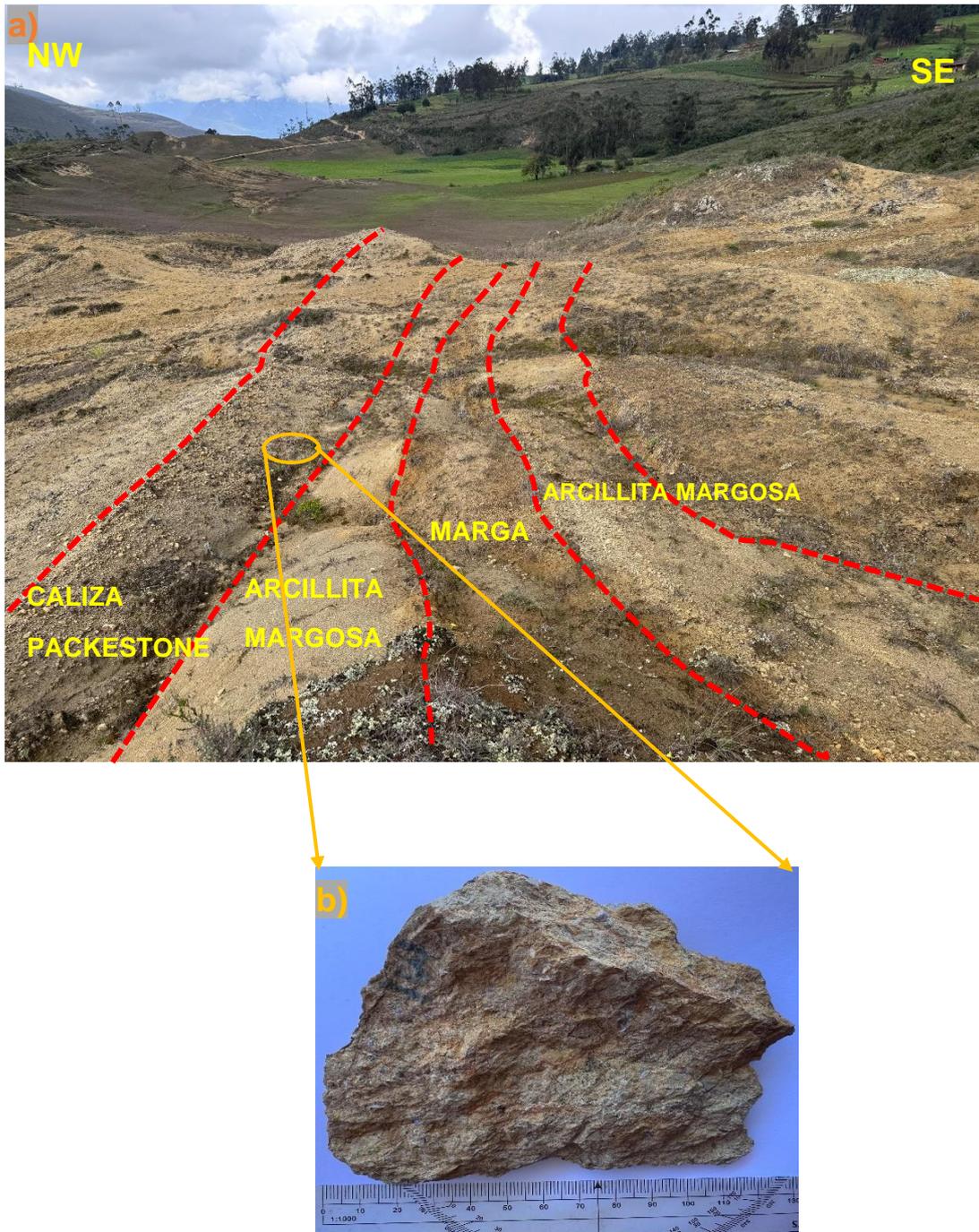
Esta unidad litoestratigráfica se caracteriza por una amplia intercalación de arcillita margosa y caliza Packestone con presencia de limos. Con coordenadas Este: 809037 Norte: 9241510 Cota: 2559.



Fotografía 7. a) Observamos intercalación de arcillita margosa, caliza Packestone, arcillita margosa. b) Representación de tipo de roca caliza Packestone.

## Estación 5.

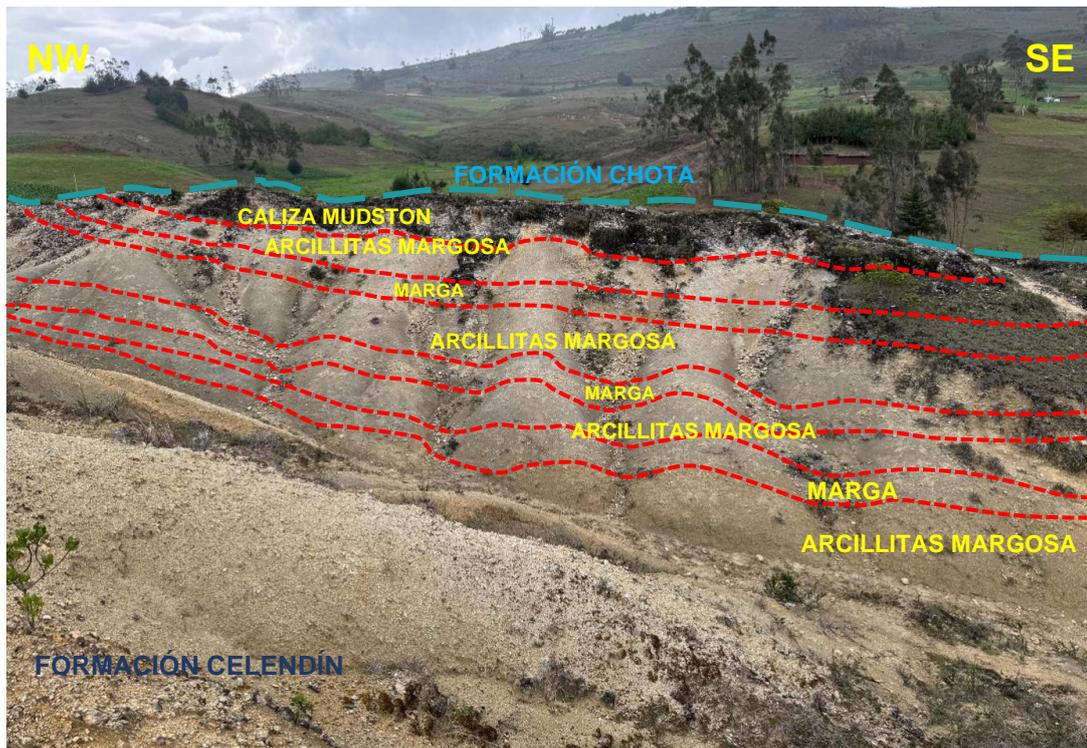
Esta estación se distingue por una notable alternancia de arcillita margosa, marga y caliza Packstone gris amarillenta con abundante sedimentos limo y arcillas. Con coordenadas Este: 809066 Norte: 9241520 Cota: 2859.



Fotografía 8. a) Se observa intercalación de arcillita margosa, marga, arcillitas margosa y caliza Packstone con presencia de abundantes sedimentos de arcilla. b) Representación de tipo de roca caliza Packstone.

## Estación 6.

En esta estación nos encontramos en el techo de la Formación Celendín; en el contacto con la Formación Chota. Se caracteriza por la presencia de intercalación de limolitas, marga y finalmente caliza. con espesor de 5 a 9 m. Con Coordenadas Este: 809091 Norte: 9241480 Cota: 2854.



Fotografía 9. Se observa el contacto de la Fm. Celendín y la Fm. Chota. Presencia de intercalación de arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa, marga, arcillita margosa y caliza mudstone presente en la zona de investigación Maraypata.

### 3.4.2. ANÁLISIS PALEONTOLÓGICO

La paleontología contribuirá a la identificación del ambiente de formación de estos restos fósiles, y su análisis es crucial para la datación y correlación estratigráfica, permitiendo así una mejor comprensión de la historia geológica.

Los restos fósiles encontrados en la zona de afloramiento de la Formación Celendín, situado en el caserío de Maraypata, está compuesta en la mayoría por cephalópodos, gasterópodos y equinoideos, como se mostrará a continuación. Los cuales pertenecen al Dominio Eukaryota, Phylum Mollusca y al Reyno Animalia; como se detalla en la tabla N° 9. Se pueden observar muestras recolectadas en campo a lo largo del afloramiento, se nota que son fósiles que han tenido desarrollo óptimo, lo que ha dado lugar a su maduración y crecimiento adecuado.

Tabla 9. Taxonomía de los restos encontrados

<b>TAXONOMIA</b>				
<b>Dominio</b>	Eukaryota			
<b>Reino</b>	Animalia			
<b>Phylum</b>	Mollusca		Equinodermos	
<b>Clase</b>	Bivalvia	Cephalópoda	Gasterópoda	Echinoidea
<b>Género</b>	Nicaiolopha	Buchiceras	Turritella	Mecaster
	Plicatula	Ammonites		
	Exogyra			
	Tellina			

## Buchiceras Bilobatum

Es un fósil clave en la datación estratigráfica del Cretácico, permitiendo a los investigadores correlacionar diferentes formaciones geológicas y comprender la evolución de los ammonites. El fósil presenta una concha en espiral que se caracteriza por su forma bilobulada, consistente en dos lóbulos prominentes que son un rasgo distintivo de esta especie. La superficie del ammonite puede mostrar ornamentaciones complejas, incluyendo estrías o costillas que pueden ayudar a identificar el entorno en el que se formó. Este tipo de fósil puede variar en tamaño, pero típicamente se encuentra en longitudes que oscilan entre unos pocos centímetros hasta varios decímetros, está compuesta principalmente de carbonato de calcio, que es típico en los fósiles de ammonites, y puede presentar un proceso de mineralización que afecte su preservación. Este fósil se encuentra generalmente con ambientes marinos, típicamente encontrados en sedimentos de aguas cálidas y poco profundas.

Tabla 10. Descripción de la muestra de fósil N° 01 Ammonite – Buchiceras bilobatum encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 01</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809184	9241551	2842
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICAS</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Mollusca	
	<b>Clase:</b>	Cephalopoda	
	<b>Orden:</b>	Ammonoidea	
<b>Familia:</b>	Parapuzosia		
<b>Genero:</b>	Buchiceras		
<b>Especie:</b>	Buchiceras bilobatum		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado visualmente en campo, regularmente definido, encontrado en calizas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	2 cm	
	<b>Largo:</b>	10 cm	
	<b>Ancho:</b>	7 cm	

## Buchiceras (Roemeroceras)

Este fósil es clave para la datación estratigráfica del Cretácico, proporcionando información valiosa sobre la biodiversidad de esa época y ayudando a correlacionar diversas formaciones geológicas, como la Formación Celendín. Presenta una forma de concha espiral, típicamente en una disposición bilobulada o con características de lobulación que son distintivas de este género. La superficie de la concha es ornamentada con patrones lineales o estrías, que pueden proporcionar información sobre el ambiente de crecimiento y las condiciones en las que se desarrolló, está constituido en su mayor parte por carbonato de calcio, un componente típico de los ammonites, y es posible que haya estado expuesto a procesos de mineralización o sedimentación que influyan en su conservación. Se considera que habitaban en aguas poco profundas, donde existía una gran diversidad de vida.

Tabla 11. Descripción de la muestra de fósil N° 02 Ammonite – Buchiceras (Roemeroceras) encontrado en limolitas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 02</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809184	9241551	2850
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLOGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
<b>Phylum:</b>	Mollusca		
<b>Clase:</b>	Cephalopoda		
<b>Orden:</b>	Ammonoidea		
<b>Familia:</b>	Acanthoceratoidea		
<b>Genero:</b>	Buchiceras		
<b>Especie:</b>	Buchiceras (Roemeroceras)		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil reconocido mediante observación directa en el terreno, caracterizado de manera habitual, localizado en limolitas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	1.7 cm	
	<b>Largo:</b>	8.8 cm	
	<b>Ancho:</b>	6 cm	

## Nicaisolopha nicasei (Coquand)

Este fósil es significativo para la datación estratigráfica y la interpretación de paleoambientes, ayudando a investigadores a correlacionar estratigráficamente y las condiciones en las que se encontraron durante el período en el que existió en las edades de Coniaciano – Santoniano. Presenta una forma irregular, típica de los bivalvos de la familia Gryphaeidae, caracterizados por su concha asimétrica. La superficie del fósil exhibe estrías y relieves característicos que pueden indicar las condiciones de crecimiento y el ambiente donde se desarrolló.

Tabla 12. Descripción de la muestra de fósil N° 03 *Nicaisolopha nicasei* (Coquand) encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 03</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809199	9241564	2860
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Mollusca	
	<b>Clase:</b>	Bivalvia	
	<b>Orden:</b>	Ostreida	
<b>Familia:</b>	Gryphaeidae		
<b>Genero:</b>	<i>Nicaisolopha</i>		
<b>Especie:</b>	<i>Nicaisolopha nicasei</i> (Coquand)		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en el campo, con características típicas, hallado en calizas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	2 cm	
	<b>Largo:</b>	8.4 cm	
	<b>Ancho:</b>	6.5 cm	

## Mecasterourneli Deshayes

Este fósil es importante para los estudios de datación estratigráfica, correlación y permite a los investigadores reconstruir ambientes marinos pasados. En la edad del Santoniano. Se presenta con un caparazón aplanado y una estructura con simetría radial, que puede mostrar una serie de surcos o estrías en su superficie. La estructura del caparazón está compuesta en gran parte de carbonato de calcio, que es típico en los equinodermos. Mecasterourneli habitaban en sedimentos del fondo oceánico, especialmente en áreas de aguas someras o poco profundas.

Tabla 13. Descripción de la muestra de fósil N° 04 Mecasterourneli Deshayes encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 04</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809234	9241550	2856
	<b>CALASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Echinodermata	
	<b>Clase:</b>	Echinoidea	
	<b>Orden:</b>	Hemiasterida	
<b>Familia:</b>	Hemiasteridae		
<b>Genero:</b>	Mecaster		
<b>Especie:</b>	Mecasterourneli		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil detectado mediante observación directa en el campo, que presenta características habituales, y localizado en las calizas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	1.5 cm	
	<b>Largo:</b>	3 cm	
	<b>Ancho:</b>	3.3 cm	

## Plicatula (Plicatula) ferreyi

Plicatula ferreyi es significativa en la datación estratigráfica, ya que su presencia puede ayudar a reconstruir paleoambientes, correlacionar y proporcionar información sobre la biodiversidad marina en épocas pasadas. Este fósil muestra una concha que es generalmente asimétrica y presenta una dorsal aplanada. La superficie de la concha puede tener costillas y ornamentaciones, lo que ayuda en su identificación. Con una edad perteneciente a Cenoniano. La concha del bivalvo está compuesta en gran parte de carbonato de calcio, que es el principal componente estructural de muchas conchas de moluscos. Estos bivalvos generalmente habitaban en aguas poco profundas, donde hay mayor disponibilidad de luz solar y nutrientes.

Tabla 14. Descripción de la muestra de fósil N° 05 Plicatula (Plicatula) ferreyi encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 05</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809233	9241552	2858
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
<b>Phylum:</b>	Mollusca		
<b>Clase:</b>	Bilvalvia		
<b>Orden:</b>	Pectinoida		
<b>Familia:</b>	Plicatulidae		
<b>Genero:</b>	Plicatula		
<b>Especie:</b>	Plicatula (Plicatula) ferreyi		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en el terreno, que muestra características típicas y se encuentra en las limolitas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	6 mm	
	<b>Largo:</b>	4 cm	
	<b>Ancho:</b>	2.8 cm	

## Ammonites Andii

Es un fósil clave para la datación de formaciones geológicas del Cretácico. Su presencia permite a los investigadores correlacionar capas sedimentarias en diferentes regiones, ayudando a establecer la cronología de los eventos geológicos. Ammonites andii se caracteriza por su concha en espiral, que puede presentar ornamentaciones complejas, como costillas y surcos. La concha del ammonite andii está compuesta principalmente de carbonato de calcio, que puede variar en forma de cristales aragonitos o calcita, dependiendo de las condiciones de formación. Este fósil habitaba en ambientes marinos poco profundos.

Tabla 15. Descripción de la muestra de fósil N° 06 Ammonites Andii encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 06</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809207	924155	2848
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Código:</b>		
	<b>Dominio:</b> Eukaryota		
	<b>Reino:</b> Animalia		
	<b>Phylum:</b> Mollusca		
	<b>Clase:</b> Cephalopoda		
<b>Orden:</b> Ammonoidea			
<b>Familia:</b> Ammonitidae			
<b>Genero:</b> Ammonites			
<b>Especie:</b> Ammonites Andii			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en el terreno, que muestra características típicas y se encuentra en las calizas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	2 cm	
	<b>Largo:</b>	8 cm	
	<b>Ancho:</b>	6.4 cm	

## Mecaster fourneli

Es un fósil importante para la datación estratigráfica, correlación y la reconstrucción de paleoambientes, sirviendo como indicador de las condiciones marinas pasadas para estudios paleontológicos como geológicos. Presenta una forma aplanada y ovalada, con un caparazón duro. La superficie de la concha muestra una textura rugosa con marcas típicas de su familia. La concha de *Mecaster fourneli* está compuesta principalmente de carbonato de calcio, que es el material típico de los erizos de mar. Este fósil se desarrolló en ambientes marinos, típicamente en aguas someras o poco profundas.

Tabla 16. Descripción de la muestra de fósil N° 07 *Mecaster fourneli* encontrado en limolitas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 07</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809195	9241547	2847
	<b>CLASIFICAIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Echinodermata	
<b>Clase:</b>	Echinoidea		
<b>Orden:</b>	Hemiasterida		
<b>Familia:</b>	Hemiasteridae		
<b>Genero:</b>	Mecaster		
<b>Especie:</b>	Mecaster fourneli		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en el terreno, que muestra características típicas y se encuentra en las limolitas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	1.5 cm	
	<b>Largo:</b>	2.8 cm	
	<b>Ancho:</b>	2.5 cm	

## Exogyra (Costagyra) olisiponensis

La especie es significativa para entender la diversidad de bivalvos en el pasado, así como para estudios estratigráficos y de correlación en épocas geológicas específicas. Están datan de la edad de Cenomaniano. La concha de Exogyra (Costagyra) olisiponensis es generalmente aplanada y muestra un patrón de estrías concéntricas. La forma y textura de la concha son características que facilitan su identificación. Está constituida principalmente por carbonato de calcio. Se desarrolla en ambientes marinos de aguas poco profundas.

Tabla 17. Descripción de la muestra de fósil Exogyra (Costagyra) olisiponensis N° 07 encontrado en calizas en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA:</b> 08	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809153	9241541	2854
	<b>CLASIFICAIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Mollusca	
	<b>Clase:</b>	Bivalvia	
	<b>Orden:</b>	Ostreida	
<b>Familia:</b>	Gryphaeidae		
<b>Genero:</b>	Exogyra		
<b>Especie:</b>	Exogyra (Costagyra) olisiponensis		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en campo, que muestra características típicas de una ostrea y se encuentra en calizas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	1.7 cm	
	<b>Largo:</b>	6.8 cm	
	<b>Ancho:</b>	5 cm	

## Tellina sp.

Las especies del género *Tellina* son importantes para estudios de datación estratigráfica y correlaciones. Las conchas de *Tellina* sp. Son alargadas y simétricas, con superficies lisas o decoradas con estrías. La forma y tamaño pueden variar ampliamente entre las diferentes especies del género. Está conformada mayormente por carbonato de calcio, que representa el componente estructural característico de las conchas de numerosos bivalvos. *Tellina* sp. se desarrolla en ambientes marinos, especialmente en zonas costeras y estuarios donde las condiciones son adecuadas para la vida de estos bivalvos.

Tabla 18. Descripción de la muestra de fósil *Tellina* sp. N° 09 encontrado en limolita en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 09</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809110	9241483	2847
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
<b>Phylum:</b>	Mollusca		
<b>Clase:</b>	Bivalvia		
<b>Orden:</b>	Veneroida		
<b>Familia:</b>	Tillinidae		
<b>Genero:</b>	Tellina		
<b>Especie:</b>	Tellina sp.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil reconocido por medio de la observación directa en el campo, que presenta características comunes y se localiza en las limolitas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	7 mm	
	<b>Largo:</b>	3.3 cm	
	<b>Ancho:</b>	2.4 cm	

## Turritella sp.

Las especies del género *Turritella* son útiles en estudios de paleontología y datación estratigráfica. Datan de la edad del Coniaciano. Las conchas de *Turritella* sp. son generalmente alargadas y helicoidales. La forma y el tamaño pueden variar según la especie. La concha de *Turritella* sp. está compuesta principalmente de carbonato de calcio, que es el material estructural típico de muchas conchas de moluscos. Este fósil se encuentra en ambientes marinos, especialmente en aguas someras.

Tabla 19. Descripción de la muestra de fósil *Turritella* sp. N° 10 encontrado en limolita en la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 10</b>	<b>Lugar:</b>	Maraypata - Celendín - Cajamarca	
	<b>Recolectado y analizado por:</b> Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		
	<b>COORDENAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809148	9241498	2849
	<b>CLASIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA</b>		
	<b>Dominio:</b>	Eukaryota	
	<b>Reino:</b>	Animalia	
	<b>Phylum:</b>	Mollusca	
	<b>Clase:</b>	Gasteropoda	
	<b>Orden:</b>	Ptenoglossa	
<b>Familia:</b>	Turritellidae		
<b>Genero:</b>	Turritella		
<b>Especie:</b>	Turritella sp.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		
Fósil identificado a través de la observación directa en campo, que exhibe características típicas y se encuentra en las limolitas de la formación Celendín.	<b>Lateral:</b>	9 mm	
	<b>Largo:</b>	3.2 cm	
	<b>Ancho:</b>	3.4 cm	

### 3.5. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Una estructura sedimentaria es la disposición geométrica de los sedimentos en una roca. En la Formación Celendín, su análisis permite interpretar los procesos de depósito y reconstruir las condiciones ambientales del pasado. A continuación, se procederá a describir las estructuras sedimentarias observadas en campo.

**Superficie de Estratificación Nodular.** Durante nuestro trabajo de campo, se identificaron estructuras sedimentarias en la superficie de tipo nodular en calizas de tonalidades grisáceas. Estas formaciones nodulares son indicativas de procesos de diagénesis y pueden proporcionar información sobre el ambiente de deposición y las condiciones geológicas que prevalecieron en la región.



Fotografía 10. Superficie de estratificación nodular en calizas grisáceas en la Fm. Celendín encontradas en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241670 Este: 809054 Cota: 2843 m.s.n.m.

**Estructura Laminar.** En el transcurso de nuestras observaciones en el campo, se identificaron estructuras sedimentarias de tipo laminar en las limolitas correspondientes a la Formación Celendín.



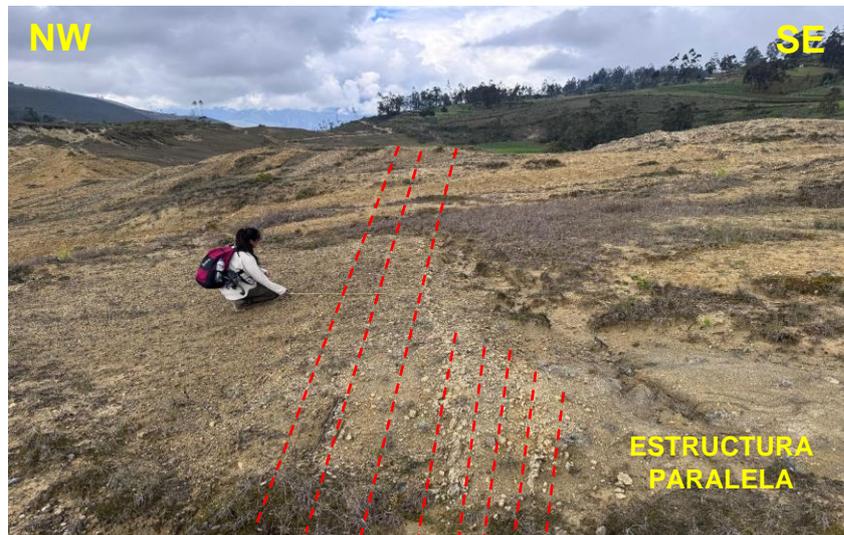
Fotografía 11. Se observa estructura laminar en arcillita margosa de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241555 Este: 809262 Cota: 2862 m.s.n.m.

**Estructura Lenticular.** Se identificaron estructuras sedimentarias de tipo lenticular en las limolitas de la Formación Celendín. Esta estructura se caracteriza por su forma alargada y aplanada, sugieren dinámicas específicas de sedimentación.



Fotografía 12. Se aprecia una estructura lenticular en intercalación de limolitas con calizas gris amarillentas de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Norte: 9241542 Este: 809149 Cota: 2854 m.s.n.n.

**Estructura Paralela.** Durante nuestras salidas a campo, se identificaron estructuras sedimentarias de tipo paralela en la intercalación de arcillita margosa y calizas de la formación Celendín. Estas estructuras paralelas, que se caracterizan por su disposición horizontal o casi horizontal, reflejan procesos de sedimentación que indican un ambiente estable durante su formación.



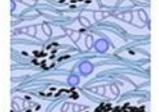
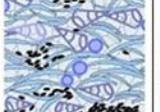
Fotografía 13. Se aprecia la estructura paralela en la intercalación de la arcillita margosa con calizas amarillentas de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata. Coordenadas Este: 809173 Norte: 9241550 Cota: 2862 m.s.n.m.

### 3.6. TEXTURAS SEDIMENTARIAS

Las texturas sedimentarias son características físicas de los sedimentos que se forman durante su deposición, incluyendo aspectos como el tamaño, la forma y la distribución de las partículas. En la Formación Celendín, estas texturas pueden ofrecer información sobre el ambiente de deposición y los procesos geológicos de la zona de investigación. A continuación, se describirán específicamente las texturas sedimentarias que se encontró presentes en esta formación en la zona de estudio.

Tabla 20. Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza Lodosa/microcristalina – Wackestone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<p><b>N° DE MUESTRA: 01</b></p> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	808950	9241450	2856
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Wackestone Lodosa/microcristalina (Matriz-soportado).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK (1962)</b>			
Según FOLK se clasifica como una roca <b>Micrita Fosilífera</b> , 1 -10% de aloquímicos.			

Textura deposicional reconocible						Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación					Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico			
Esqueleto matriz-soportado						
	< 10% granos	> 10% granos				
<b>Textura</b>	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Granuda	Bioconstruida	Cristalina
	Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
						
<b>Ejemplos</b>	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extracústicas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas

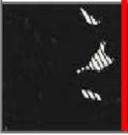
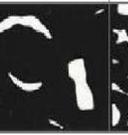
Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomícrita dispersa	Biomícrita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
							
■ Matriz micrítica		▨ Cemento de calcita esparítica					

Tabla 21. Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 02</b> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	808991	9241510	2850
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Mudstone Lodosa/microcristalina (Matriz-soportado).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK (1962)</b>			
Según FOLK se clasifica como una roca Micrita y Dismicrita, 0 – 1 de aloquímicos.			

Textura deposicional reconocible						Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación						
Con barro micrítico				Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado				
	< 10% granos	> 10% granos				
<b>Textura</b>	Lodosa/microcristalina <b>Mudstone</b>	Lodosa/microcristalina <b>Wackestone</b>	Lodosa/microcristalina <b>Packstone</b>	Granuda <b>Grainstone</b>	Bioconstruida <b>Boundstone</b>	Cristalina <b>Cristalina</b>
<b>Ejemplos</b>	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extracústicas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas

Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomicrita dispersa	Biomicrita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
							
■ Matriz micrítica				▨ Cemento de calcita esparítica			

Tabla 22. Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina - Packstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<b>N° DE MUESTRA: 03</b> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809037	9241510	2865
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Packstone Lodosa/microcristalina (Grano-soportado).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK (1962)</b>			
Según FOLK (1962) se clasifica como una roca <b>Biomicrorita Dispersa</b> , 10 – 50% aloquímicos.			

Textura deposicional reconocible						
Componentes originales no unidos durante la sedimentación					Textura deposicional no reconocible	
Con barro micrítico					Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Cristalina
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico			
	< 10% granos	> 10% granos				
<b>Textura</b>	Lodosa/microcristalina Mudstone	Lodosa/microcristalina Wackestone	Lodosa/microcristalina Packstone	Granuda Grainstone	Bioconstruida Boundstone	Cristalina Cristalina
<b>Ejemplos</b>	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extraclásticas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas

Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomicrorita dispersa	Biomicrorita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
							
■ Matriz micrítica		▨ Cemento de calcita esparítica					

Tabla 23. Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/microcristalina - Packstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<p><b>N° DE MUESTRA: 04</b></p> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809066	9241520	2869
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Packstone Lodosa/microcristalina (Grano-soportado).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK (1962)</b>			
Según FOLK se clasifica como una roca Biomicrita Dispersa, 10 – 50% aloquímicos.			

Textura deposicional reconocible								
Componentes originales no unidos durante la sedimentación					Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción		Textura deposicional no reconocible	
Con barro micrítico					Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Bioconstruida		Cristalina
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado		Granuda				
	< 10% granos	> 10% granos						
<b>Textura</b>	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Granuda	Bioconstruida	Cristalina		
	Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina		
<b>Ejemplos</b>	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extracústicas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas		

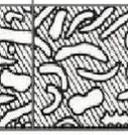
Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomicrita dispersa	Biomicrita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
							
■ Matriz micrítica		▨ Cemento de calcita esparítica					

Tabla 24. Clasificación textural según Dunham y Folk de la muestra obtenida en campo de caliza lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<p><b>N° DE MUESTRA: 05</b></p> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	809091	9241480	2866
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Mudstone Lodosa/microcristalina (Matriz-soportado).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK (1962)</b>			
Según FOLK se clasifica como una roca Micrita y Dismicrita, 0 – 1 de aloquímicos.			

Textura deposicional reconocible						
Componentes originales no unidos durante la sedimentación						Textura deposicional no reconocible
Con barro micrítico				Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado				
	< 10% granos	> 10% granos				
<b>Textura</b>	Lodosa/microcristalina Mudstone	Lodosa/microcristalina Wackestone	Lodosa/microcristalina Packstone	Granuda Grainstone	Bioconstruida Boundstone	Cristalina Cristalina
<b>Ejemplos</b>	Calizas lodosa, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extraclásticas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas

Más de 2/3 de matriz micrítica				Esparita y micrita en proporciones similares	Más de 2/3 de cemento esparítico		
0 - 1% de aloquímicos	1 - 10% de aloquímicos	10 - 50% de aloquímicos	Más del 50% de aloquímicos		Escasa selección	Buena selección	Redondeados y erosionados
Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomicrita dispersa	Biomicrita enpaquetada	Bioesparita escasamente lavada	Bioesparita mal seleccionada	Bioesparita bien seleccionada	Bioesparita redondeada
							
■ Matriz micrítica		▨ Cemento de calcita esparítica					

Tabla 25. Clasificación textural según Dunham y Correns, de la muestra obtenida en campo de marga, lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<p><b>N° DE MUESTRA: 06</b></p> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	808979	9241480	2863
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Mudstone Lodosa/microcristalina (Matriz-soportado).		
<b>SEGÚN CORRENS (1949)</b>			
Según CORRENS esta roca se clasifica como Marga.			

Textura deposicional reconocible						Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación					Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Granuda		Bioconstruida
Esqueleto matriz-soportado						
	< 10% granos	> 10% granos				
Textura	Lodosa/microcristalina Mudstone	Lodosa/microcristalina Wackestone	Lodosa/microcristalina Packstone	Granuda Grainstone	Bioconstruida Boundstone	Cristalina Cristalina
Ejemplos	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extraclásticas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas

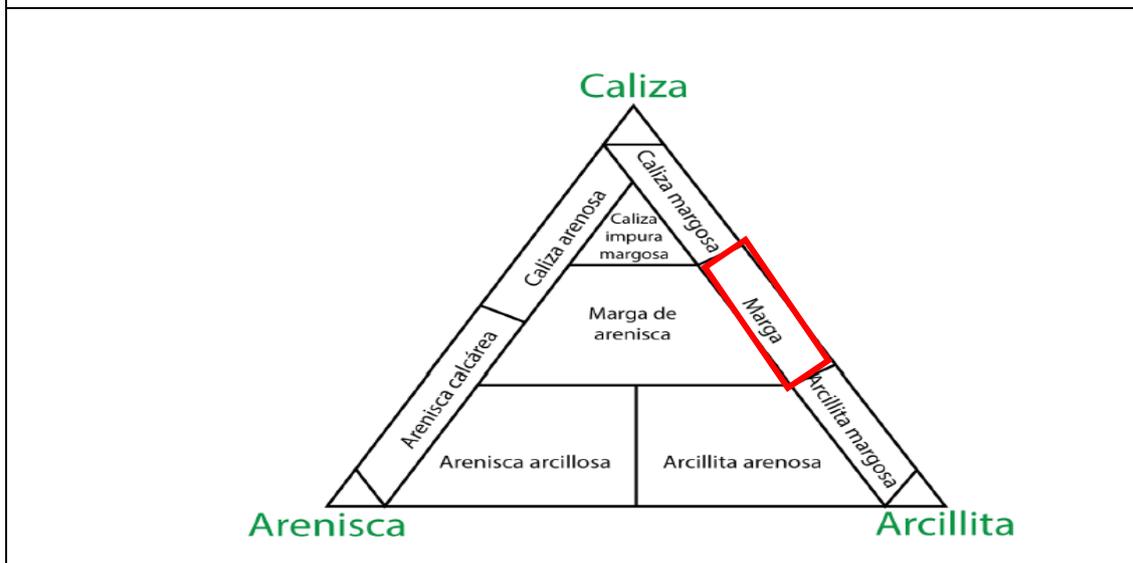
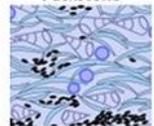
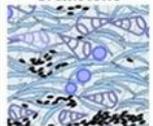
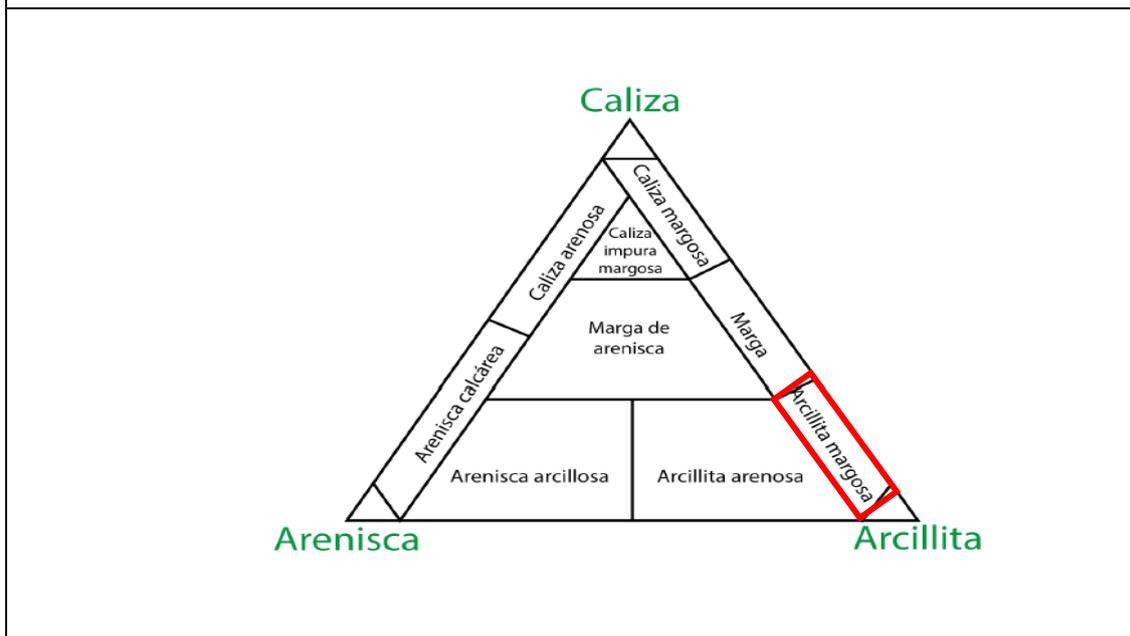


Tabla 26. Clasificación textural según Dunham y Correns, de la muestra obtenida en campo de arcillita margosa, lodosa/ microcristalina - Mudstone de la Fm. Celendín en la zona de investigación Maraypata.

<p><b>N° DE MUESTRA: 07</b></p> 	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
	808950	9241490	2855
	<b>CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHAM (1962)</b>		
	Texturalmente se clasifica como Mudstone Lodosa/microcristalina (Matriz-soportado).		
<b>SEGÚN CORRENS, (1949)</b>			
Según CORRENS esta roca se clasifica como Arcillita margosa.			

Textura deposicional reconocible						
Componentes originales no unidos durante la sedimentación						
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Textura deposicional no reconocible	
Esqueleto matriz-soportado						
	< 10% granos	> 10% granos				
Textura	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Lodosa/microcristalina	Granuda	Bioconstruida	Cristalina
	Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
						
Ejemplos	Calizas lodosas, fangosas, calizas y dolomías micríticas			Calizas oolíticas, bioclásticas, intra y extraclásticas	Calizas algales (estromatolitos) Calizas arrecifales	Calizas y dolomías cristalinas o esparíticas



### **3.7. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **3.7.1. ELABORCIÓN DE COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA**

La columna estratigráfica correspondiente a la Formación Celendín, presentada en el anexo C-1, ha sido elaborada con base en los espesores medidos de los distintos estratos que la componen, teniendo en cuenta tres miembros: miembro inferior, miembro medio y miembro superior de la unidad estratigráfica. Durante el trabajo de campo se realizó un registro detallado de los espesores litológicos, así como las características sedimentológicas incluyendo las texturas y estructuras observadas. Es importante destacar que a lo largo de toda el área de estudio se identificó una notable diversidad de fósiles, los cuales fueron documentados en su contexto estratigráfico respectivo. Esta información ha permitido caracterizar de manera integral los aspectos estratigráficos y paleontológicos de la Formación Celendín en el área de investigación.

#### **3.7.2. CORRELACIÓN LITO ESTRATIGRÁFICA**

Para realizar la correlación estratigráfica, se han utilizado las columnas estratigráficas de Tafur (2016) correspondientes al Sector Cerro Chuco y de Garay (2017) del Sector Teresacongá. A partir de este análisis, se ha logrado establecer que los tres sectores presentan correlaciones en cinco facies distintas. Esta correlación es fundamental para comprender la continuidad geológica y los cambios ambientales a lo largo de estos sectores, permitiendo así una interpretación más precisa de los procesos sedimentarios que han influido en la formación de estas unidades. Los detalles de estas secuencias y su representación se encuentran en el anexo CR-3.

Para llevar a cabo la correlación litoestratigráfica de la Formación Celendín en las áreas de Celendín (Maraypata), Celendín (Teresacongá) y Otuzco (Sector Cerro Chuco), se aplicó el Sistema Gráfico de Correlación propuesto por Shaw (1994).

## **Facie 1**

La base de la Formación Celendín, observada en los sectores de Maraypata, Cerro Chuco y Teresacongá, está constituida por una intercalación de calizas del tipo wackestone y arcillita margosa, caracterizadas por una secuencia uniforme. Esta litología no solo revela un ambiente de deposición estable, sino que también presenta un contenido significativo de gasterópodos. Esta asociación de calizas y arcillita margosa indica condiciones marinas someras.

## **Facie 2**

Consiste en una secuencia inversa creciente de una intercalación de margas con arcillita margosas caracterizada por la presencia de diversas estructuras sedimentarias como lenticulares. con contenido de bivalvos y amonites.

## **Facie 3**

Esta secuencia se caracteriza por la presencia de Intercalación de calizas wackestone, caliza packstone con arcillita margosa de secuencia inversa con contenido de bivalvos y amonites, presenta una superficie nodular.

## **Facie 4**

En esta secuencia se aprecia una intercalación significativa de margas con arcillita margosa de secuencia uniforme con contenido de equinodermos con una estructura sedimentaria lenticular.

## **Facie 5**

Presenta una secuencia uniforme de bancos potentes de Calizas mudstone con contenido de equinodermos con un espesor de 10 m aproximadamente.

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN**

Según Cruzado y Crisólogo, (2009) la Formación Celendín está constituida por margas y lutitas color gris azulado y amarillo rojizo, en capas cuyo grosor en la base varía entre 2 y 6 metros, alcanzando hasta 8 metros, en la parte superior. Presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas en capas delgadas, asimismo calizas areniscosas color gris amarillento, sobre todo en la parte superior. Su grosor aproximado es de 300 metros. En la Litoestratigrafía de la Formación Celendín, localizada en el distrito de Celendín, se ha reconocido un afloramiento rocoso significativo en la zona de Maraypata, siendo un afloramiento muy destacado, la cual está compuesta por rocas carbonatadas como calizas mudstone, calizas wackestone, calizas packstone y rocas intermedias como margas y arcillita margosa de color gris blanquecino a amarillentas. Con estructuras como superficies de estratificación nodular, laminar y estructura paralela. Presentando un espesor de  $\pm 246$  metros, lo que lo convierte en el sitio ideal para levantar la columna litoestratigráfica de la Formación Celendín.

La Formación Celendín según Tafur (2016) en su tesis nos dice no lo clasificó por miembros que hay existencia de una predeposición de estratos calcáreos margosos, los cuales en una posdeposición fueron remplazados por niveles arcillosos, formándose así estratos lutaceos y margosos, por sus estructuras de grietas de desecación y por su predeposición de calizas margosas, arcillitas margosas, margas y calizas mudstone, wackestone y packstone se forma en un ambiente marino somero y de acuerdo a los ammonites el tiempo cronoestratigráfico corresponde al Coniaciano  $\pm 89$  m.a. y Santoniano  $\pm 86$  m.a. (fossilífero), y Garay (2017) en su tesis tampoco lo clasifica en miembros, sino en 5 secuencias de litofacies de arcillitas margosas, margas, calizas margosas y caliza mudstone, wackestone y packstone, concluyendo que la sedimentación de las rocas de la Formación Celendín se realiza en un ambiente somero.

La Litoestratigrafía en la zona de investigación se clasificó en tres miembros: el miembro inferior se caracteriza por la intercalación de margas con arcillita margosa e intercalación de calizas con arcillita margosa, secuencia inversa, un registro fósil de bivalvos de especie *Tellina* sp. y *Plicatula Ferreyi* y gasterópodos de la especie *Turritella* sp. estructura laminar y textura wackstone; el miembro medio se caracteriza por intercalación de calizas con arcillita margosa y marga, secuencia inversa, contenido de fósiles ammonites de la especie *Buchiceras Bilobatum* y *Ammonites Andii* y bivalvos de la especie *Exogyra Olisiponensis* estructuras lenticular, laminar y nodular, textura wackstone a packestone,; el miembro superior se caracteriza por intercalación de margas con arcillita margosa y caliza, con secuencia inversa, con contenido fósiles de equinodermos de la especie *Mecaster Fourneli*. estructura lenticular, textura mudstone a wackstone.

#### **4.2. BIOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN**

En el área de investigación se identificaron diversos fósiles, incluyendo cefalópodos, gasterópodos y equinodermos, lo cual refleja una biodiversidad significativa dentro de la Formación Celendín. No obstante, según lo señalado por Reyes (1980), la Formación Celendín deberían encontrarse lamelibranquios característicos de dicha Formación, Sin embargo, dicha observación no coincide con los hallazgos obtenidos en el presente trabajo, ya que no se identificaron este tipo de fósiles en el área de investigación, esta diferencia podría darse debido a variaciones en los procesos de sedimentación. Los restos recuperados corresponden al período de transición marina entre el Cenomaniano y el Santoniano. El proceso de fosilización en la Formación Celendín generalmente ocurre en un ambiente marino sedimentario de poca profundidad.

### **4.3. CORRELACIÓN LITO ESTRATIGRAFICA**

Los resultados litoestratigráficos obtenidos, descritos previamente en el capítulo de presentación de resultados nos permitió realizar una correlación litoestratigráfica con columnas estratigráficas propuestas por Tafur (2016) correspondientes al Sector Chuco y de Garay (2017) del sector Teresaconga, a partir de este análisis correlacional se ha llegado a determinar que los tres sectores se correlacionan en 5 facies, tal como fueron descritas. Ver anexo CR-3

Tafur (2016) propone una columna estratigráfica correspondiente al Sector Cerro Chuco. La cual se presenta en el anexo C-2 y Garay (2017) propone una columna estratigráfica correspondiente del sector Teresaconga se presenta en el anexo C-3. Dichas columnas se han utilizado para establecer una correlación estratigráfica con la columna que se ha elaborado en el presente estudio, correspondiente a la zona de investigación, por separado con cada una (ver anexos CR-1 Y CR-2), tomando como referencia la columna litoestratigráfica de la zona de investigación por ser la que tiene mayor espesor. Esta comparación permitió identificar facies equivalentes entre zonas, fortaleciendo la interpretación estratigráfica regional. se aplicó el Sistema Gráfico de Correlación propuesto por Shaw (1994). Ambas correlaciones corresponden al tipo C, donde la columna Y presenta un espesor mayor en comparación con la columna X (ver anexos CR-1 Y CR-2). Se establece que todos los puntos de intersección situados sobre o cerca de la línea de correlación se consideran isócronas en ambas columnas (de cada correlación). Además, se ha observado variación en los espesores de los estratos, lo que sugiere que la tasa de sedimentación ha sido diferente en estas áreas, probablemente debido a la distancia entre las mismas. En consecuencia, las columnas litoestratigráficas de Maraypata - Cerro Chuco y Maraypata – Teresaconga son correlacionables (ver anexo CR-3).

#### **4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

De las variables determinadas y analizadas los factores influyentes en las características lito-bioestratigráficas de la Formación Celendín en el caserío de Maraypata perteneciente al Cretácico superior, entre las edades del Coniaciano y Santoniano está influenciada por cambios climáticos en la región y por los aportes provenientes de la cuenca. Esto ha determinado que, en ciertos períodos, se introduzca una mayor cantidad de material terrígeno en la cuenca, mientras que en otros momentos se registre un incremento en la concentración de iones ( $\text{CO}_3 - \text{Ca}$ ). Lo cual ha influenciado en el proceso de fosilización con reemplazamiento de carbonato de calcio, originado así los diferentes fósiles como cefalópodos, gasterópodos y equinodermos expuestos en la zona de investigación. Además, los procesos tectónicos y climáticos a nivel global han provocado variaciones en el nivel relativo del mar, lo que ha permitido, en ciertos momentos, la depositación de calizas de textura mudstone, wackestone y packstone (rocas carbonatadas) en estratos de mayor espesor. En otros intervalos de tiempo, se ha observado la acumulación de arcillita margosa y margas, con lo que se afirma la hipótesis inicialmente planteada.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

La litobioestratigrafía de la Formación Celendín en 6 estaciones estratigráficas, se identificó como facies en rocas sedimentarias de caliza, arcillita margosa y margas; caracterizados por la notable presencia de fósiles como cephalópodos, gasterópodos y equinoideos, siendo indicadores que se formó en un ambiente somero de poca profundidad.

La unidad litobioestratigráfica de la Formación Celendín, se distingue en tres miembros inferior, medio y superior; miembro inferior se caracteriza por la secuencia inversa, estructura laminar y textura wackstone, intercalación de margas con arcillita margosa y contenido de fósiles de bivalvos y gasterópodos; el miembro medio se caracteriza por la secuencia inversa, estructuras lenticular, laminar y nodular, textura wackstone a packestone, intercalación de calizas con arcillita margosa con contenido de fósiles ammonites y bivalvos de la especie; el miembro superior se caracteriza por la secuencia inversa, estructura lenticular, textura mudstone a wackstone, intercalación de margas con arcillita margosa, con contenido fósiles de equinodermos.

La columna lito-bioestratigráfica de la Formación Celendín tiene un espesor de  $\pm$  246 metros, el miembro inferior tiene un espesor de 65.32 metros; el miembro medio un espesor de 86,82 metros y el miembro superior un espesor de 94,49 metros.

De los fósiles encontrados, los ammonites son característico en las tres columnas correlacionadas, se concluye que su tiempo cronoestratigráfico de la Formación Celendín, corresponde al Coniaciano y Santoniano.

Se llevó a cabo la correlación litoestratigráfica de la Formación Celendín en las áreas de Maraypata; Cerro Chuco, Tafur (2016) y Teresacongá, Garay (2017), empleando el Sistema Gráfico de Shaw. Siendo correlacionables en las tres zonas de estudio.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a futuros investigadores de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica que realicen estudios micropaleontológicos, para reconocer restos fósiles con mayor exactitud de su edad. Consecuentemente esto permitirá recopilar datos esenciales que beneficiaran a investigaciones posteriores.

Los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica elaboren investigaciones de correlaciones estratigráficas a nivel regional de la Formación Celendín, con el fin de lograr un registro más detallado del tiempo geológico.

Se recomienda realizar estudios de análisis de cuencas sedimentarias para comprender la evolución tectónica y deposicional del ambiente. Estos análisis permitirán obtener información sobre los procesos geológicos que han influido en la génesis y las características de la Formación Celendín.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. 2010. Sedimentología, del Proceso Físico de la Cuenca Sedimentaria. España.
- Bogs, S. 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. New Jersey, USA: Editorial Prentice Hall.
- Chacaltana, C. 2018. La carta bioestratigráfica nacional: Fundamentos y Aplicaciones. Lima.
- Corrales, I., Rosell, J., Sánchez, L., Natonio, J., & Vilas, L. 1977. Estratigrafía. Madrid.
- Correns, C. 1949. Einführung in die Mineralogie. Berlín .
- Cruzado, G., & Crisólogo, M. 2009. Estudio de Geología. Cajamarca.
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico . Lima.
- Gallego, D. 2007. Acumulación y preservación de materia orgánica en sedimentos marinos, Implicaciones en el ciclo del carbono y nutrientes. España.
- Garay, H. 2017. Estratigrafía Secuencial de la Formación Celendín en el Distrito de Celendín-Cajamarca. Cajamarca.
- Garrido, A. 2010. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina Argentina: nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. Buenos Aires.
- Herrera, E. 2012. Estudio estratigráfico del cretáceo superior en los alrededores de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.

- INGEMMET. 2016. Proyecto GR40B: Informe Lito-bioestratigráfico de la Cuanca Sedimentaria Occidental del Sur del Perú entre 13° S y 15° S: Avances Preliminares. Lima.
- Julca, V. 2022. Caracterización Lito-Bioestratigráfica de a Formación Pariatambo en el Caserío de Crahuanga del Distrito de Baños del Inca. Cajamarca.
- Limarino, C., Scarlatta, C., Ciccioioli, P., Miyno, S., Bello, F., & Césari, S. 2023. Revisión de la Formación La Veteada en su estratotipo La Rioja, Argentina: edad, estratigrafía y significado paleoambiental. Buenos Aires, Argentina : Andean Geology.
- Linneo, C. 1758. Systema naturæ: per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Estocolmo - Suecia.
- Maquerhua, R., & Ccoa, A. 2019. Estudio Litoestratigrafico de la Formación Arcurquina en Callimuro para Determinar las Secuencia de Rocas Gneradoras Dist. Layo - Prov. Canas, Dpto. Cusco. Cusco.
- Mendoza, M. 2021. Correlación Litoestraigráfica de la Formación Yumagual en las Zonas de Matara, San Marcos y Otuzco. Cajamarca.
- Molina, J. 2022. Estratigrafía y Tiempo geológico, Aspectos Fundamnetales. España.
- Murcia, J. 2020. Inventario Ecológico del Mar Menor. Obtenido de Inventario Ecológico del Mar Menor: <https://canalmarmenor.carm.es/inventario-ecologico/>
- Navarrete, E. 2014. Apuntes de Estratigrafía y Sedimetación. Guayaquil - Ecuador.
- Nichols, G. 2009. Sedimentology and Stratigraphy Vol. Segunda Edición. Oxford, Inglaterra: Editorial Garsington Road.

Patarroyo, G., & Alarcón, C. 2021. Reconocimiento Geológico de la Formación Luna en el sector de Matanza Oeste del Macizo Santander Colombia. Colombia.

Poire, D., Perez, L., Iribarne, M., Callot, P., Quevedo, C., & Vergani, G. 2018. Sedimentología, Paleoecología y Estratigrafía Secuencial de la Formación Chonta, Cretácico, en el Perfil Ocopa-Río Pangá, ceunca de Ene, Departamento de Junín Perú. Junín.

Reguant, S., & Ortiz, R. 2001. Guía Estratigráfica Internacional. Barcelona.

Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima : Instituto MInero y Metalúrgico.

SERPAT. s.f.. Museo de Historia Natural de Valparaíso. Obtenido de Museo de Historia Natural de Valparaíso:  
<https://www.mhmv.gob.cl/multimedia/amonites-fosiles-macrocephalus-sp>

Tafur, A. 2016. Estratigrafía Secuencial de la Formación Celendín, Distrito Otuzco Cajamarca. Cajamarca.

Vera, J. 1994. Estratigrafía, Principios y Métodos. Madrid.

## NEXOS

### PLANOS

P – 01 Plano de ubicación y accesibilidad

P – 02 Plano satelital

P – 03 Plano geológico

### COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

C – 01 Columna lito-bioestratigráfica de Maraypata

C – 02 Columna litoestratigráfica de Teresacongá Garay (2017)

C – 03 Columna litoestratigráfica de Cerro Chuco Tafur (2016)

### CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

CR – 01 Correlación litoestratigráfica de Maraypata Y Cerro Chuco - sistema gráfico de Shaw

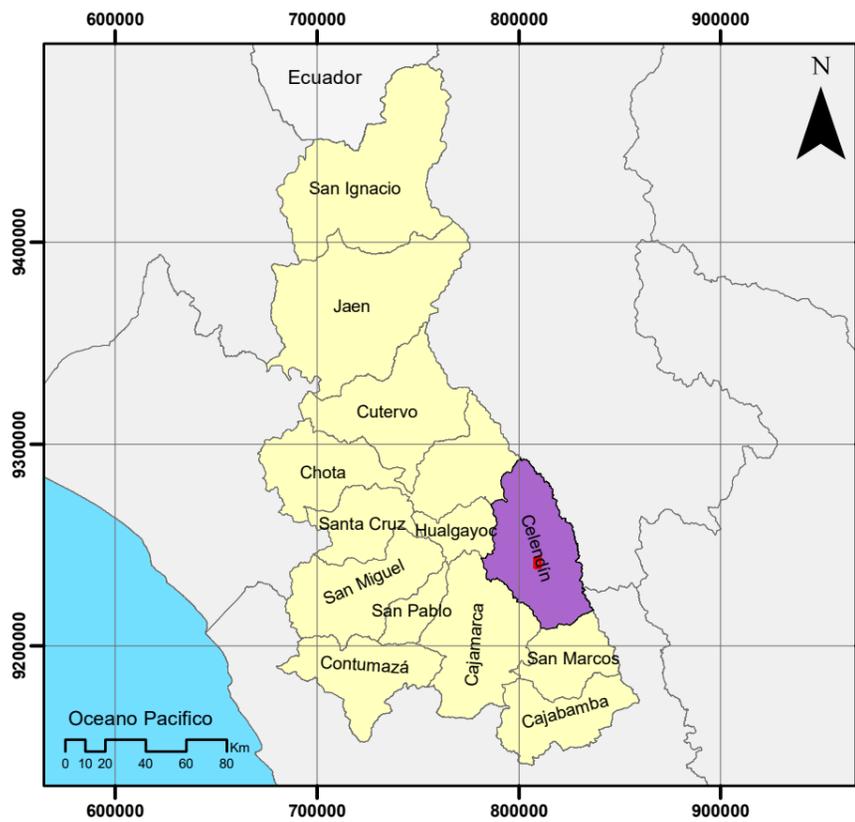
CR – 02 Correlación litoestratigráfica de Maraypata Y Teresacongá - sistema gráfico de Shaw

CR – 03 Correlación litoestratigráfica de Maraypata, Teresacongá y Cerro Chuco - sistema gráfico de Shaw

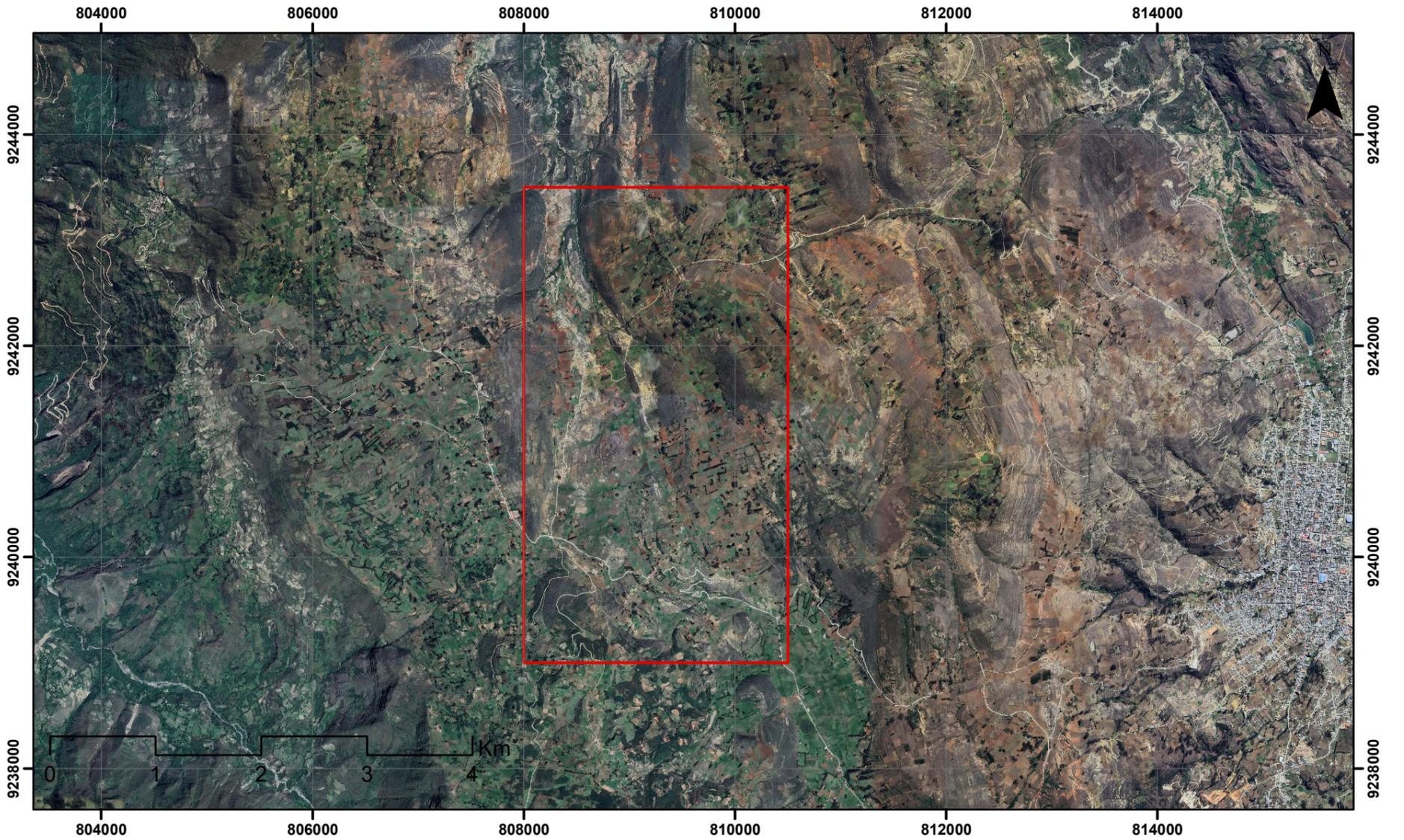
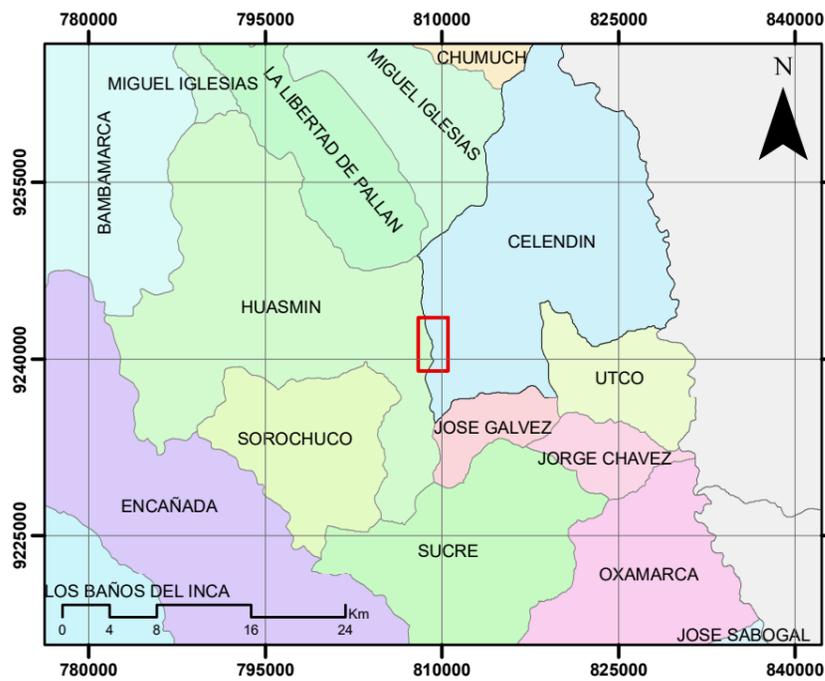
# DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



# PROVINCIA DE CELENDÍN



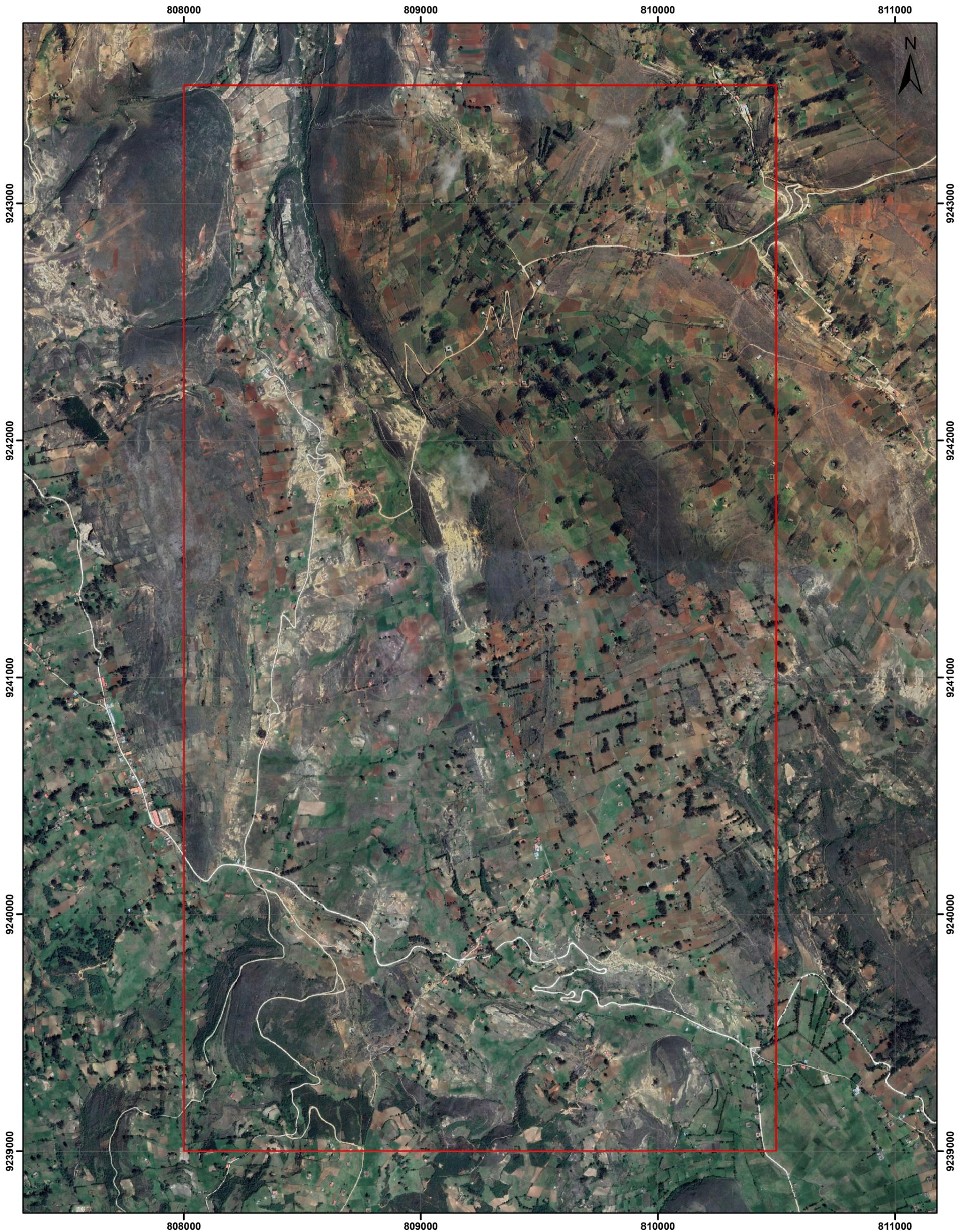
# DISTRITO DE CELENDÍN



**LEYENDA**

Zona de investigación

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	Tesis: "CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN "	
	<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>	Datum: WGS-84 17S Escala: 1/50000 Mapa N°:
Tesista: Bach. Karla Marivy Mejía Mejía		<b>P-01</b>
Asesor: Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani		Fecha: Enero, 2025



**LEYENDA**

 Zona de investigación

**ESCALA GRÁFICA**



**COORDENADAS UTM-WGS84-17S**

Vértice	Este	Norte
1	810500	9243500
2	810500	9239000
3	808000	9239000
4	808000	9243500



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

Tesis:

"CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN"

**PLANO SATELITAL**

Datum: WGS-84 17S

Mapa N°:

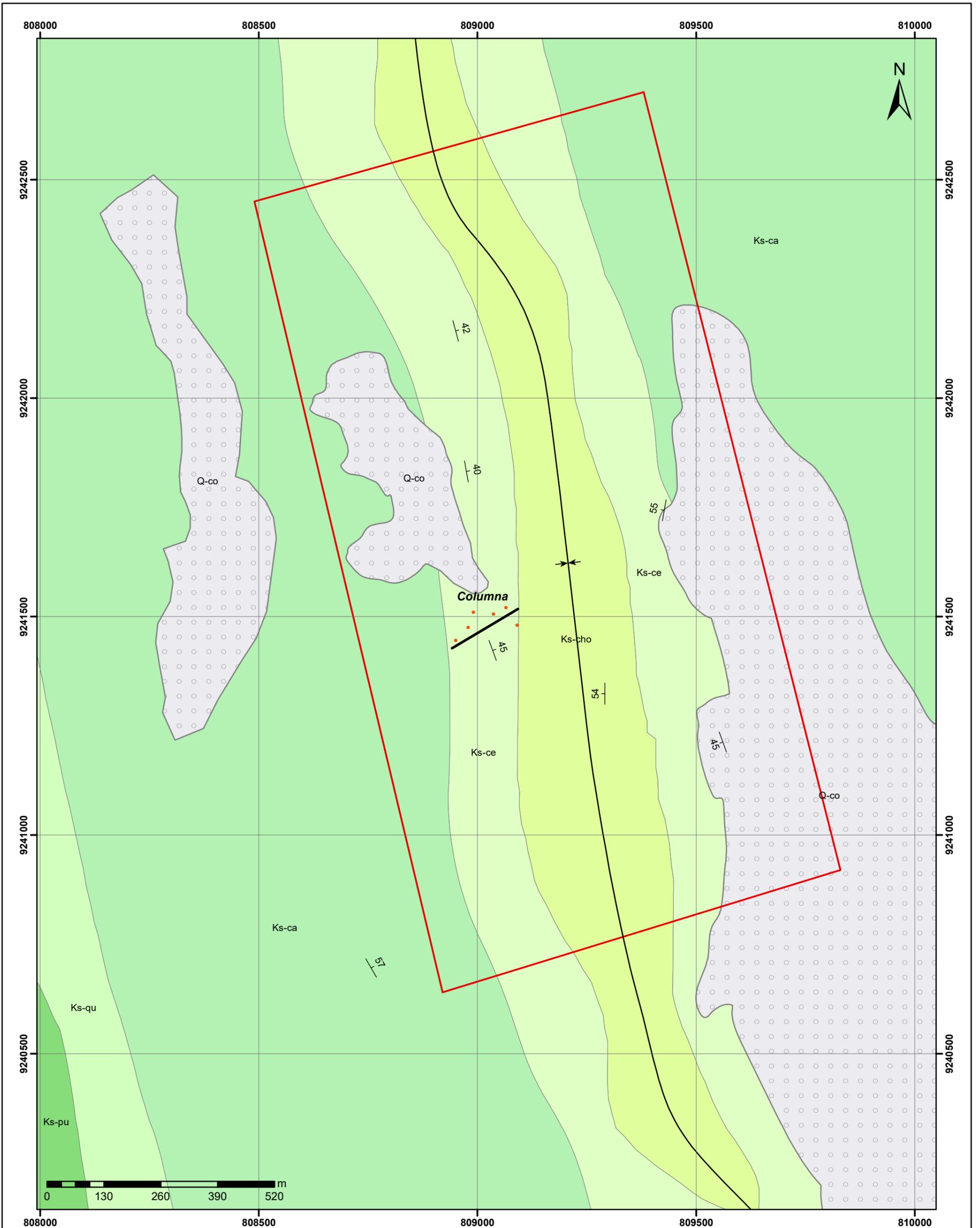
Tesista: Bach. Karla Marivy Mejía Mejía

Escala: 1/15000

**P-02**

Asesor: Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani

Fecha: Enero, 2025



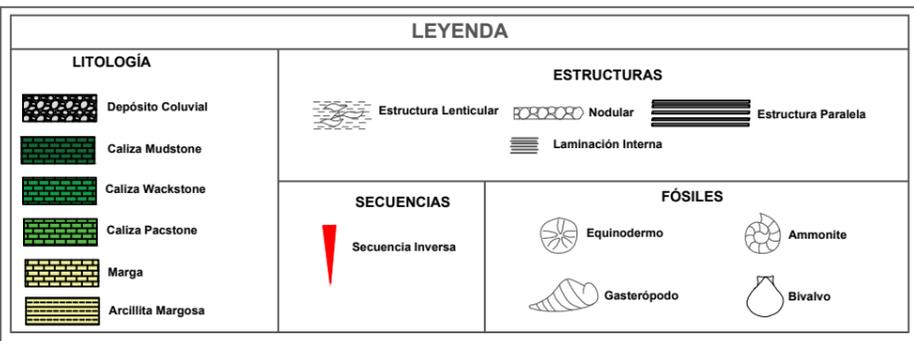
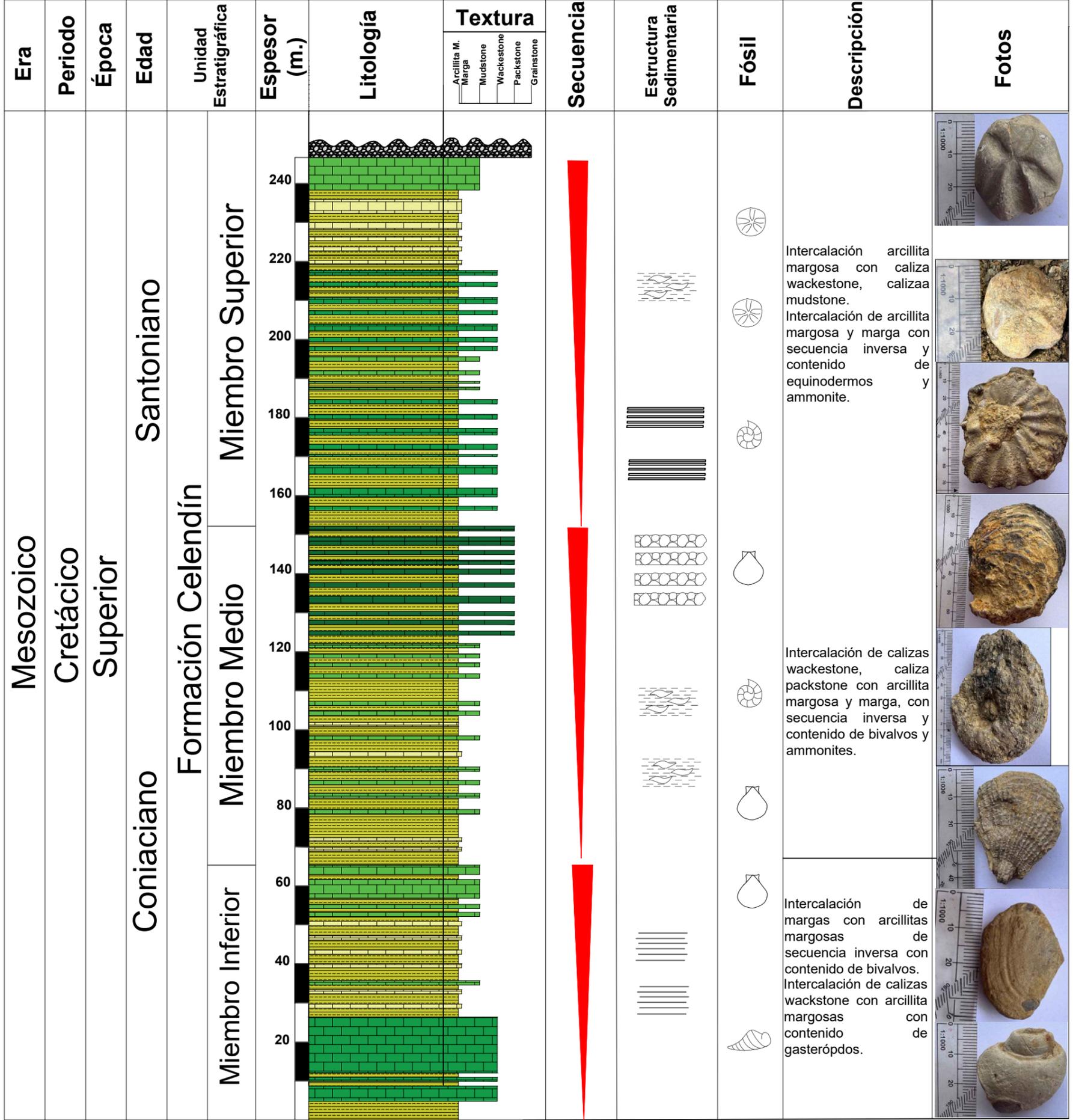
**LEYENDA**

- Puntos de control
- ▭ Zona de investigación
- Buzamiento
- ↔ Sinclinal

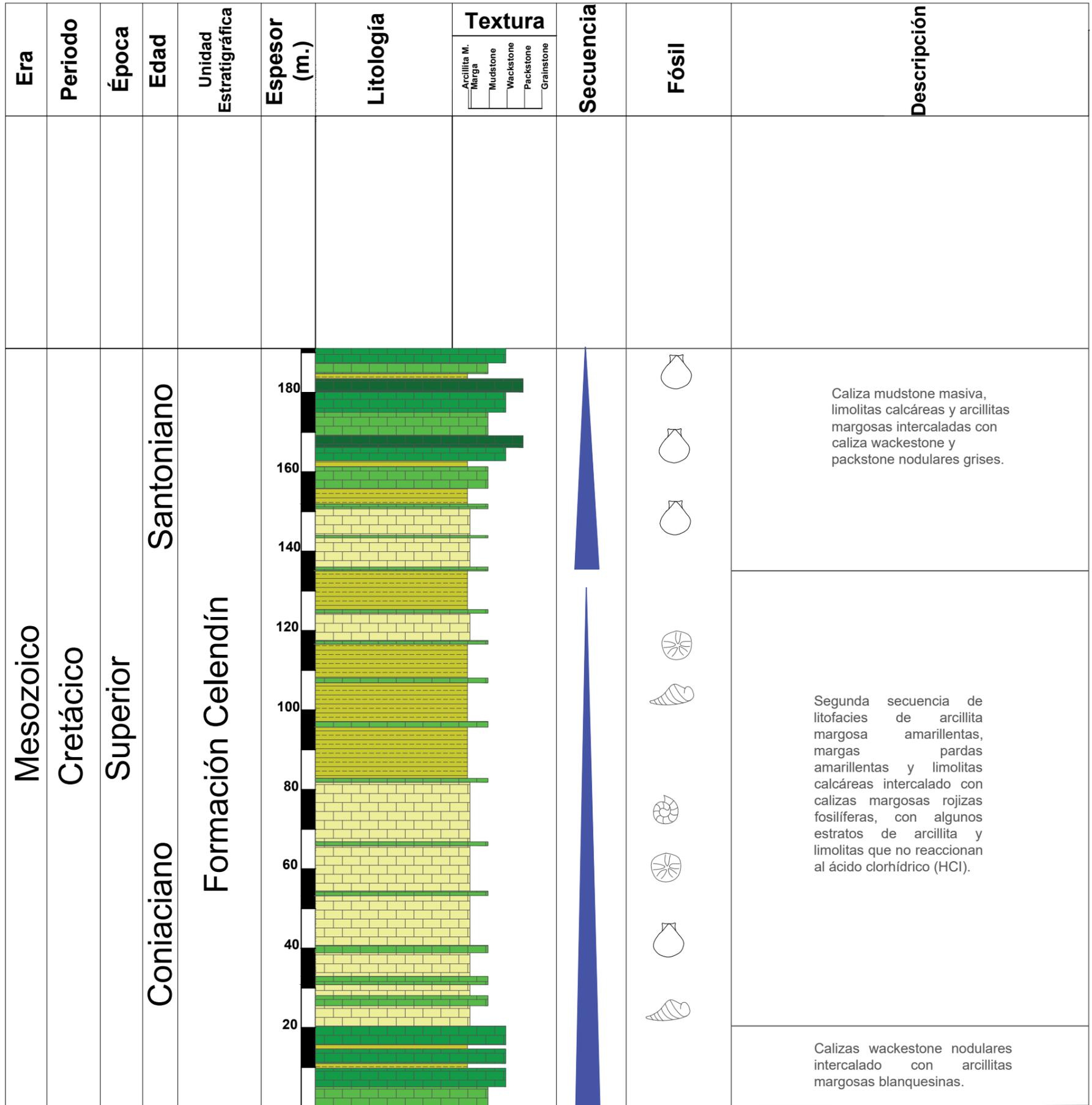
**LITOLOGÍA**

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Ks-cho: Fm. Chota	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> Ks-ca: Fm. Cajamarca
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> Q-co: Cuaternario Coluvial	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: mediumgreen; border: 1px solid black;"></span> Ks-qu: Grupo Quilquiñán
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> Ks-ce: Fm. Celendín	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkgreen; border: 1px solid black;"></span> Ks-pu: Fm. Pullucana

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	Tesis: "CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN"	
<b>PLANO GEOLÓGICO</b>	Datum: WGS-84 17S	Mapa N°:
Tesista: Bach. Karla Marivy Mejía Mejía	Escala: 1/8000	P-03
Asesor: Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani	Fecha: Junio, 2025	



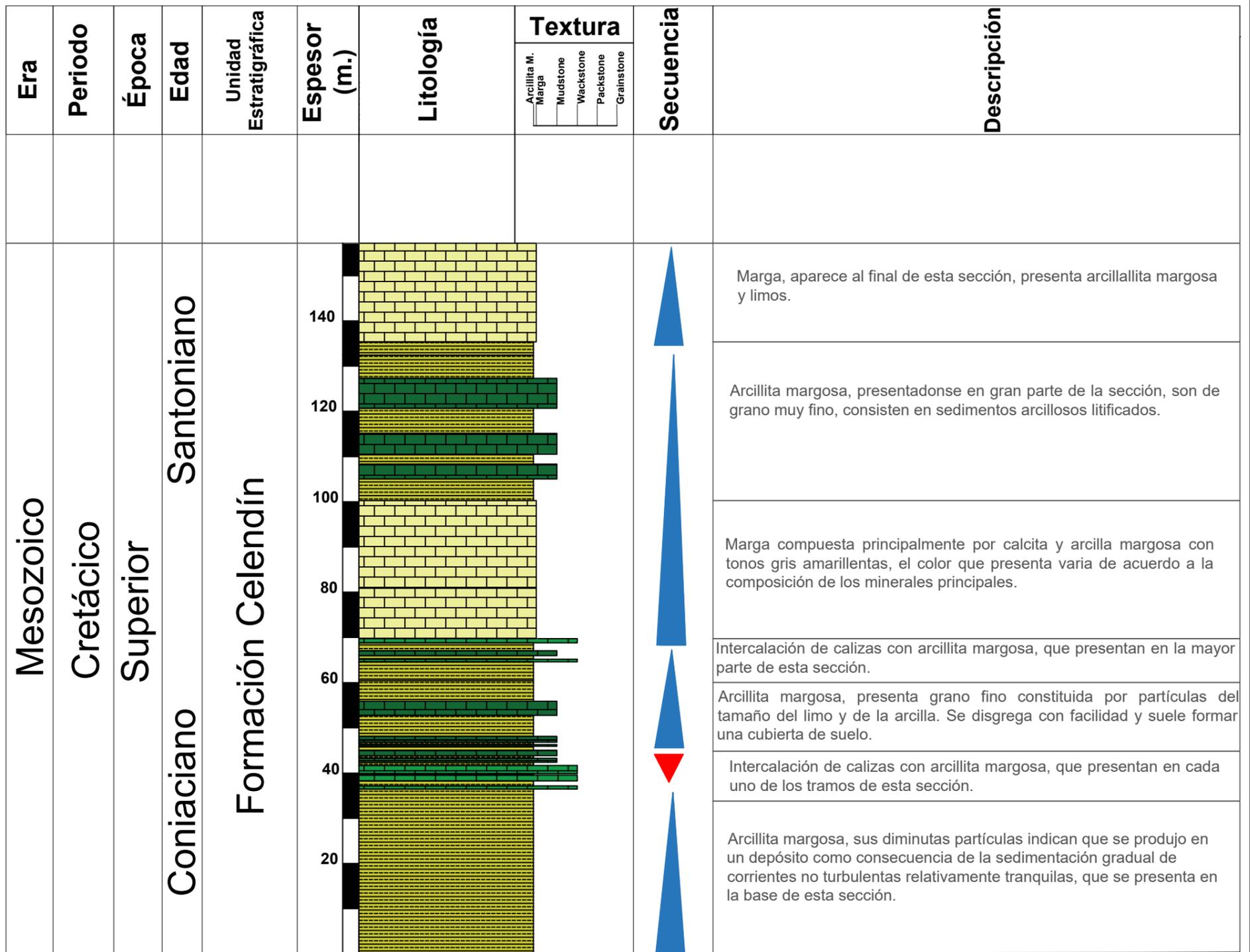
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN	
	<b>COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - MARAYPATA</b>	
Tesista: Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA	Escala: 1:1000	<b>PLANO</b> <b>C-1</b>
Asesor: Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	Fecha: Enero 2025	



Fuente: Tomado de Garay, (2017).



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		<b>PLANO</b> <b>C-2</b>
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN			<b>COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - TERESACONGA</b>
Tesista: Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA	Escala: 1:1000	Asesor: Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	

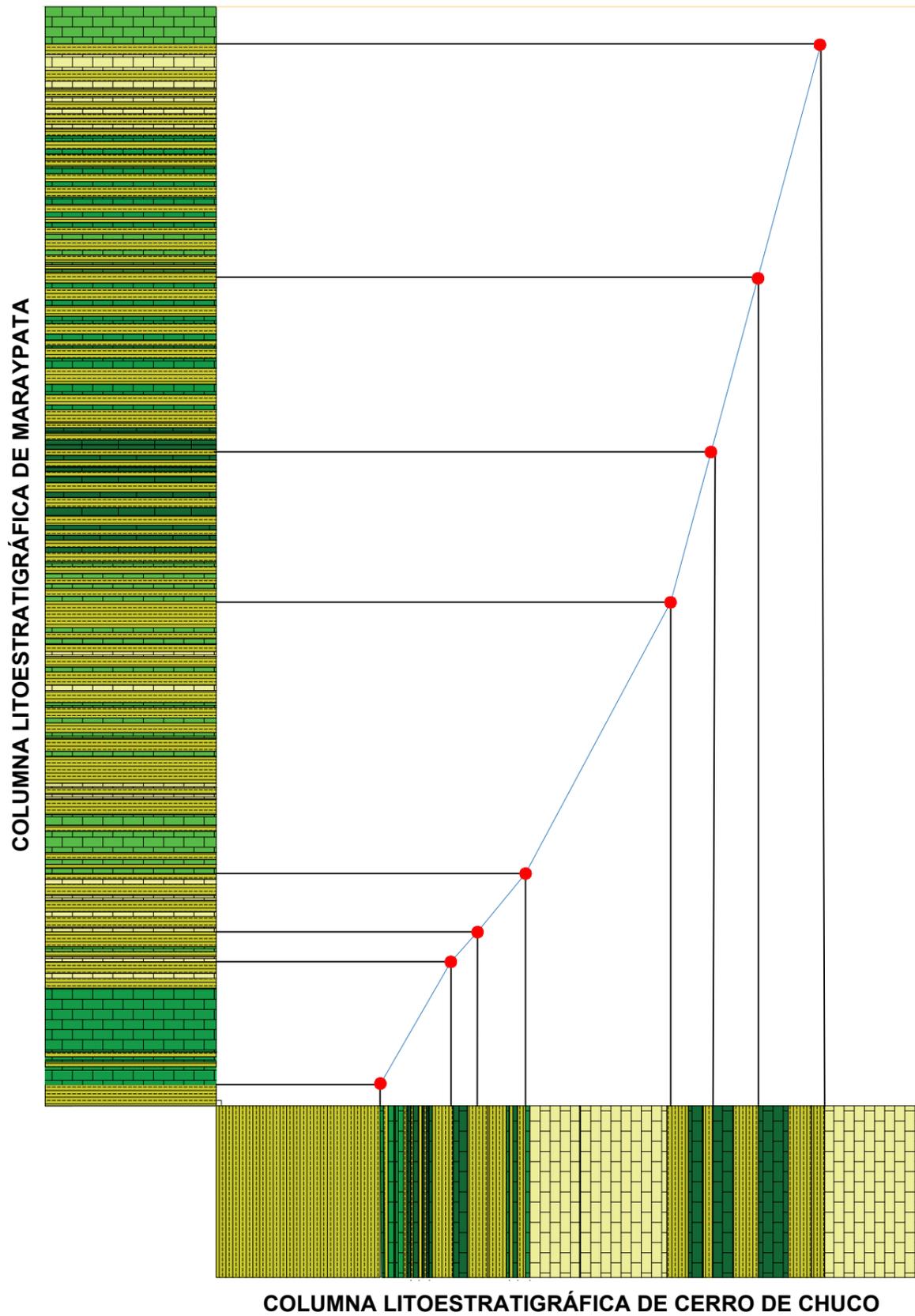


Fuente: Tomado de Tafur, (2016).

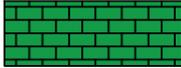
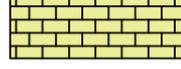


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		<b>PLANO</b> <b>C-3</b>
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
	CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN		
	<b>COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - CERRO CHUCO</b>		
Tesista:	Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA	Escala:	1:1000
Asesor:	Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	Fecha:	Enero 2025

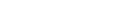
# CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE MARAYPATA Y CERRO CHUCO - SISTEMA GRÁFICO DE SHAW

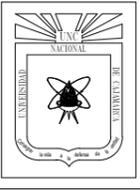


**LITOLÓGÍA**

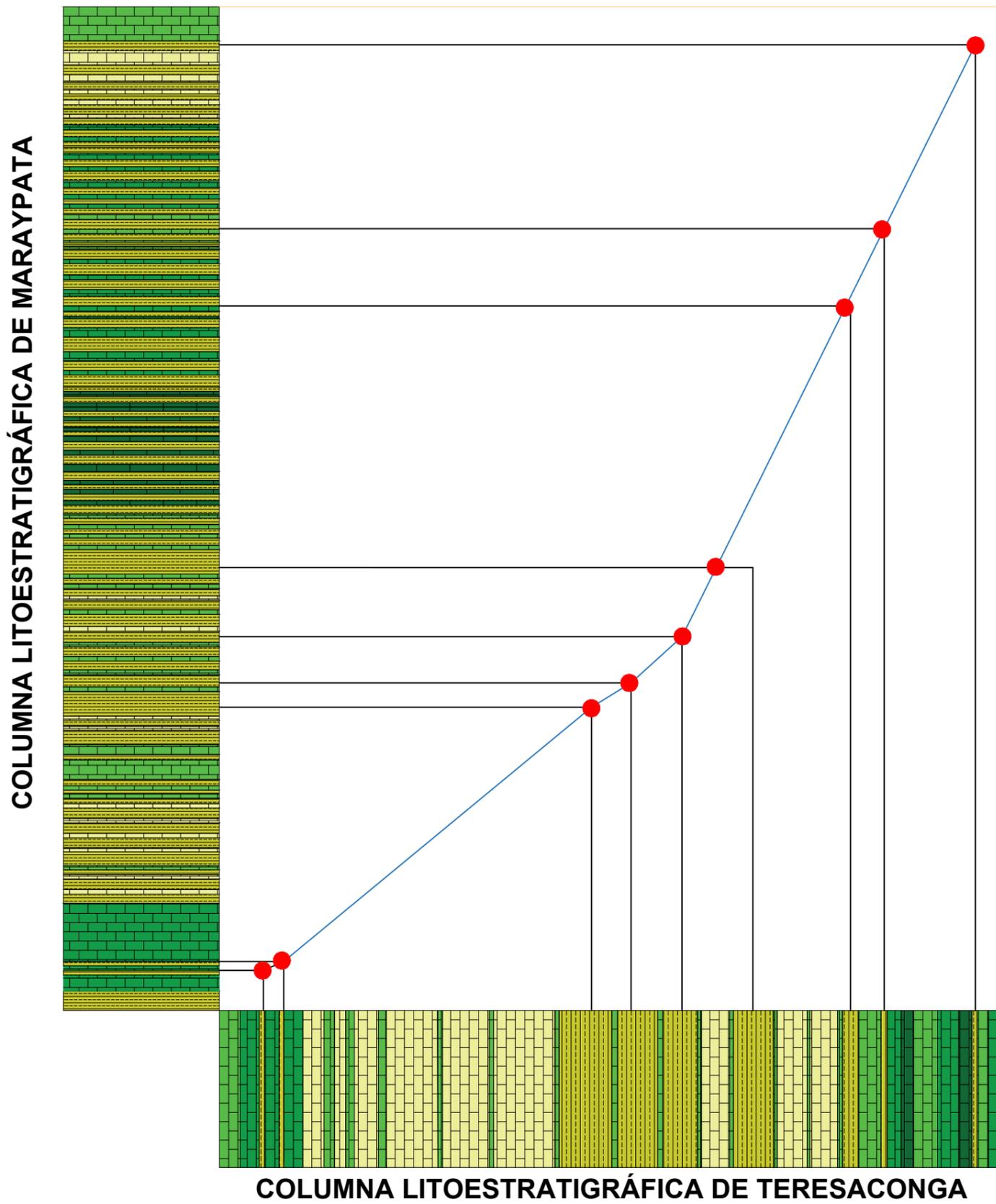
	<b>Caliza Mudstone</b>
	<b>Caliza Wackstone</b>
	<b>Caliza Pacstone</b>
	<b>Marga</b>
	<b>Arcillita Margosa</b>

**SIMBOLOGÍA**

	<b>Línea de Correlación</b>
	<b>Línea de Contacto</b>
	<b>Puntos de Intersección</b>

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
CARACTERIZACIÓN LITO-BIOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN		<b>PLANO</b> <b>CR-1</b>
Tesista: <b>Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA</b>	Escala: <b>1:1000</b>	
Asesor: <b>Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI</b>	Fecha: <b>Enero 2025</b>	

# CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE MARAYPATA Y TERESACONGA- SISTEMA GRÁFICO DE SHAW



LITOLOGÍA	
	Caliza Mudstone
	Caliza Wackstone
	Caliza Pacstone
	Marga
	Arcillita Margosa

SIMBOLOGÍA	
	Línea de Correlación
	Línea de Contacto
	Puntos de Intersección

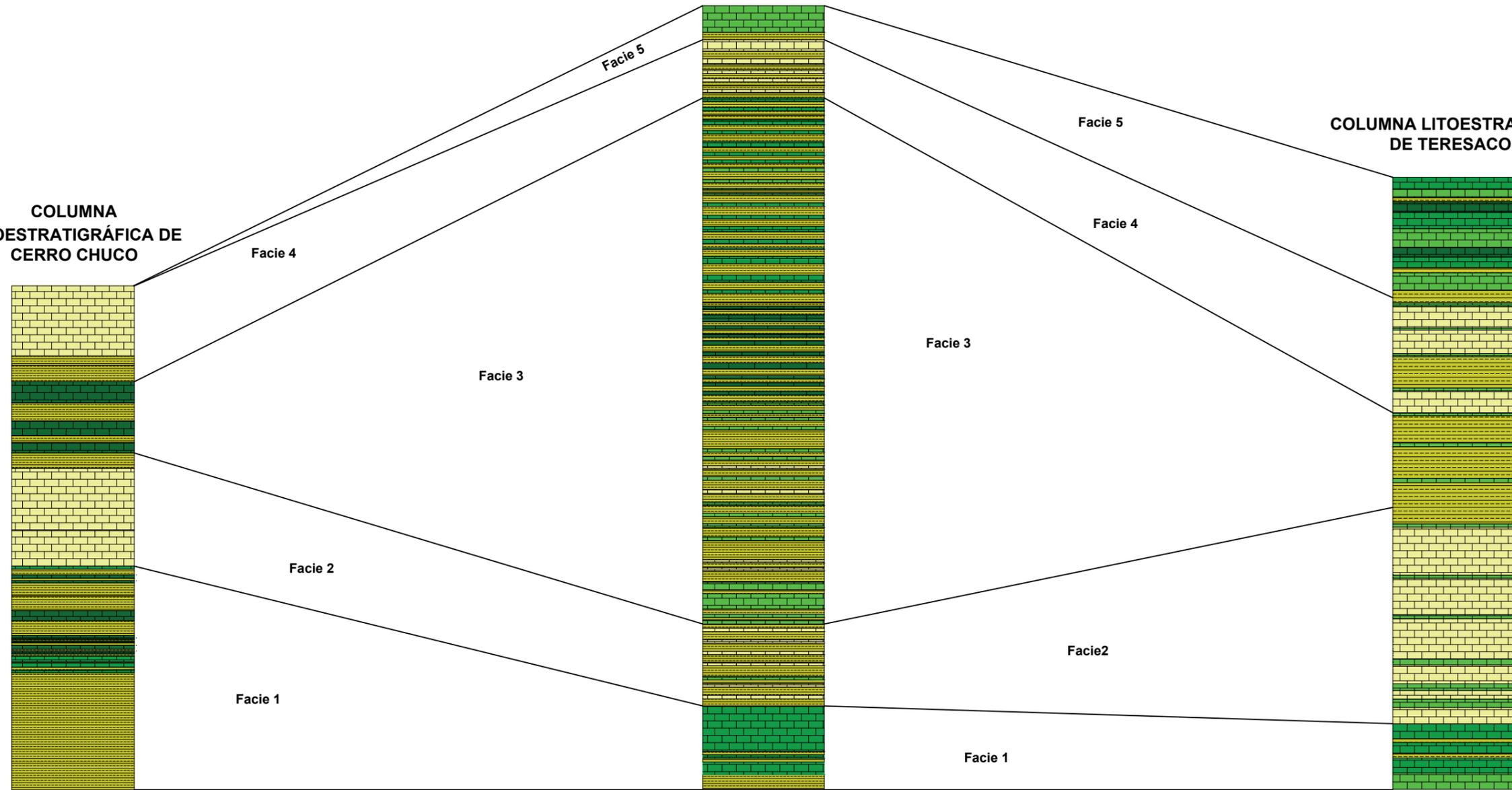
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
	CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN <b>CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE MARAYPATA Y TERESACONGA</b>
Tesista: <b>Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA</b> Asesor: <b>Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI</b>	Escala: <b>1:1000</b> Fecha: <b>Enero 2025</b>
<b>PLANO</b> <span style="font-size: 2em;"><b>CR-2</b></span>	

# CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN

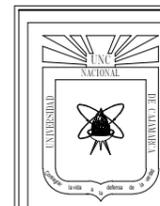
## COLUMNA LITO ESTRATIGRÁFICA DE MARAYPATA

## COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DE CERRO CHUCO

## COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DE TERESACONGA



LEYENDA			
<b>LITOLOGÍA</b>		<b>ESTRUCTURAS</b>	
Caliza Mudstone	Estructura Lenticular	Nodular	Estructura Paralela
Caliza Wackstone		Laminación Interna	
Caliza Pacstone	<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>FÓSILES</b>	
Marga	Línea de Correlación	Equinodermo	Amonite
Arcillita Margosa		Gasterópodo	Bivalvo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN  
CELENDÍN EN EL CASERÍO DE MARAYPATA EN EL DISTRITO DE CELENDÍN

CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CELENDÍN

Tesista: Bach. KARLA MARIVY MEJÍA MEJÍA

Escala: 1:1100

Asesor: Dr. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Fecha: Enero 2025

PLANO  
**CR-3**