

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



**TESIS**

**LITO – BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA  
FORMACIÓN QUILQUIÑAN – MUJARRUM EN EL DISTRITO DE  
CHETILLA – CAJAMARCA 2023**

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

**Autor:**

**Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel**

**Asesor:**

**Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón**

**Cajamarca – Perú**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Ledgard Jhoel Sanchez Chávez,  
2. DNI : 70212813  
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

1. Título de Trabajo de Investigación: LITO – BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN – MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA – CAJAMARCA 2023.

2. Fecha de evaluación : 26 de agosto 2024

3. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)

4. Porcentaje de Informe de Similitud : 7%

5. Código Documento : Oid: 3117:375969560

6. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 02 de setiembre 2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani

DNI : 29243825



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258601 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 02/09/2024 19:08:08-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme tener una buena experiencia universitaria; agradezco al pilar de mi vida, mi mamá, por darme la oportunidad de realizar una carrera universitaria, gracias a la universidad por convertirme en un profesional competitivo y a mis docentes que estuvieron en todo el proceso de aprendizaje; que gracias a sus enseñanzas ahora puedo contribuir con conocimiento a futuras generaciones; del mismo modo agradezco al Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani por su apoyo incondicional en todo el proceso para mi obtención de grado.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a mi mamá, Liliana Jurlissa Chávez Chávez por su apoyo incondicional, por darme la oportunidad de ser un profesional y creer en mí a pesar de tantas dificultades que surgieron durante el desarrollo de mi formación académica, es mi motivación para poder superarme cada día, es la fuerza que me ayuda a superar todos los obstáculos.

Para Richard Alexander, tío y padre en mi formación personal, quien se dedicó a motivarme para nunca rendirme. Así mismo, para Rocio Arroyo, tía y aquella persona que siempre supo que decir y como apoyarme en circunstancias adversas.

Solo deseo agradecer a ellos, que siempre estuvieron conmigo para guiarme por un camino adecuado.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1.1. A nivel internacional .....	4
2.1.2. A nivel nacional .....	4
2.1.3. A nivel local .....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
Columna estratigráfica .....	6
Principio de la horizontalidad de los estratos.....	7
Principio de superposición de los estratos.....	7
Principio de Uniformismo o Actualismo .....	8
Principio de la Sucesión Faunística o de Correlación .....	8
Principio de la Simultaneidad de Eventos.....	9
Estratificación y Laminación .....	9
Estratigrafía .....	10
Sedimentología.....	10
Ciclo de sedimentación .....	10
Facies Sedimentarias .....	11

	Pág.
Rocas Carbonatadas .....	11
Bioestratigrafía .....	11
Estratigrafía Secuencial.....	11
Litofacies, Biofacies.....	12
Estructuras Sedimentarias .....	12
Superficies de Estratificación.....	12
Tipos De Estratificación.....	13
Geometría De Los Estratos .....	13
Secuencias de Bouma.....	13
Asociación De Estratos .....	14
Medidas De La Estratificación.....	15
Escala de Wentworth.....	15
Técnicas de Medición.....	16
Factores de la Fosilización.....	16
Proceso de Fosilización.....	16
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>21</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Ubicación de la investigación .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.1. Geográfica .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2. Política .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.3. Accesibilidad .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. PROCEDIMIENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>ETAPA PRELIMINAR.....</b>	<b>23</b>
<b>ETAPA DE CAMPO .....</b>	<b>23</b>
<b>ETAPA DE GABINETE.....</b>	<b>23</b>

	Pág.
3.2.1. METODOLOGÍA .....	24
3.2.1.1. Metodología .....	24
3.2.1.2. Población de estudio.....	24
3.2.1.3. Muestra.....	24
3.2.1.4. Unidad de análisis.....	25
3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	25
3.2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ....	25
3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	25
3.3. MARCO ESTRATIGRÁFICO.....	26
3.3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	26
3.3.2. GRUPO QUILQUIÑAN.....	27
3.3.2.1. FORMACIÓN COÑOR.....	27
3.3.2.2. FORMACIÓN ROMIRÓN.....	29
3.3.3. FORMACIÓN MUJARRUM.....	30
3.3.4. SEDIMENTOLOGÍA.....	32
3.3.5. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS .....	38
3.3.6. LITOLOGÍA.....	41
3.1.1. ESTRATIGRAFÍA.....	44
3.1.2. ANÁLISIS PALEONTOLÓGICO.....	48
CAPÍTULO IV.....	52
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
4.1. BIOESTRATIGRAFÍA DE LA GRUPO QUILQUIÑAN .....	52
4.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS.....	52
4.3. AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN.....	53
4.4. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	53
CAPÍTULO V.....	54

	Pág.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. CONCLUSIONES .....	54
5.2. RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	60
ANEXOS DE MUESTAS.....	60
FICHAS DE CLASIFICACIÓN DE ROCAS .....	60
ANEXOS PARA ELABORACIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.....	80

Figura 1. Estratos horizontales y paralelos a la superficie de depósito Imagen: Horizontalidad y/o continuidad lateral de los estratos. ....	7
Figura 2. Bloque diagrama sobre el principio de superposición de estratos: Sucesión de estratos los más antiguos se superponen a los más jóvenes .....	8
Figura 3. Bloque diagrama que indica el Principio de Sucesión Faunística, las capas que tienen el mismo contenido fósil son de la misma edad, aunque su litología difiera.....	9
Figura 4. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación. Para un estrato concreto se marcan: el techo, el muro, el espesor, los posibles ordenamientos internos y la medida de su posición espacial (dirección y buzamiento) .....	10
Figura 5. Superficies de Estratificación.....	12
Figura 6. Secuencia Elemental o de Bouma .....	14
Figura 7. Tipos de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. En donde a, b y c corresponden a tres tipos litológicos.....	14
Figura 8. Diagrama de la medición de espesores por medio del bastón de Jacob .....	15
Figura 9. Proceso de fosilización.....	17
Figura 10. Roca con textura bioclástica.....	18
Figura 11. Inconformidad .....	19
Figura 12. Disconformidad.....	19
Figura 13. Cuadro de fósiles guía .....	20
Figura 14. Ubicación satelital de la zona de investigación con respecto al Distrito de Chetilla .....	21
Figura 15. Ubicación política del Distrito de Chetilla .....	22
Figura 16. Accesibilidad a la zona.....	23
Figura 17. Segmento estratigráfico de la Formación Coñor .....	28
Figura 18. Segmento estratigráfico de la Formación Romirón.....	30
Figura 19. Segmento estratigráfico de la Formación Mujarrum.....	31
Figura 20. Datos de columna estratigráfica de rocas y estructuras obtenidas en campo .....	41
Figura 21. Columna Estratigráfica de Cajamarca .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cuadro granulométrico de Udden Wentworth.....	15
Tabla 2. Ubicación Geográfica de la zona de Chetilla .....	21
Tabla 3. Accesibilidad - Tipo de Carretera.....	22
Tabla 4. Método de investigación.....	24
Tabla 5. Definición de Variables .....	25
Tabla 6. Formación Mujarrun y Grupo Quilquiñan Indivisos.....	32
Tabla 7. Estructuras sedimentarias .....	38
Tabla 8. Ubicación estratigráfica de la Grupo Quilquiñan - Formación Mujarrum .....	44
Tabla 9. Taxonomía de los restos encontrados .....	48
Tabla 10. Secuencia estratigráfica del afloramiento de la Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan.....	78
Tabla 11. Datos para la elaboración de la primera columna estratigráfica (Litología) .....	80
Tabla 12. Datos para la elaboración de la primera columna estratigráfica (Estructuras) ....	82
Tabla 13. Datos para la elaboración de la segunda columna estratigráfica (Litología).....	84
Tabla 14. Datos para la elaboración de la segunda columna estratigráfica (Estructuras) ...	85
Tabla 15. Datos para la elaboración de la tercera columna estratigráfica (Litología).....	87
Tabla 16. Datos para la elaboración de la tercera columna estratigráfica (Estructuras).....	89

<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</b>	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Grupo Quilquiñan.....	27
Fotografía 2. Formación Coñor .....	27
Fotografía 3. Formación Romirón .....	29
Fotografía 4. Formación Mujarrum .....	31
Fotografía 5. Falla de cizalla sinestral .....	33
Fotografía 6. Fallamiento tipo traslacional en el área de investigación.....	33
Fotografía 7. Afloramiento del Grupo Quilquiñan en un Depósito Cuaternario.....	34
Fotografía 8. Afloramiento del Grupo Quilquiñan .....	35
Fotografía 9. Afloramiento de pliegue de estrato erosionado y cubierto.....	35
Fotografía 10. Contacto del depósito cuaternario y el Grupo Quilquiñan.....	36
Fotografía 11. Toma de azimut y buzamiento de estrato.....	36
Fotografía 12. Contacto entre el Grupo Quilquiñan y el Depósito Cuaternario .....	37
Fotografía 13. Techo del Grupo Quilquiñan.....	37
Fotografía 14. Estratificación perteneciente al afloramiento, la cual se encuentra casi perpendicular al horizonte .....	38
Fotografía 15. Estratigrafía de estructura paralela a gran escala .....	39
Fotografía 16. Estratificación paralela.....	39
Fotografía 17. Estructuras Lapiaces.....	40
Fotografía 18. Estratificación paralela (rojo) y estratificación sesgada (amarillo).....	40
Fotografía 19. Roca caliza alterada.....	41
Fotografía 20. Roca caliza, con efervescencia al Ácido Clorhídrico.....	42
Fotografía 21. Aragonito.....	42
Fotografía 22. Roca Caliza meteorizada.....	43
Fotografía 23. Roca caliza fresca, libre de meteorización. ....	43
Fotografía 24. Estratificación paralela con cierto grado de meteorización. ....	45
Fotografía 25. Roca caliza meteorizada con presencia venillas de calcita .....	45
Fotografía 26. Estratigrafía del afloramiento del Grupo Quilquiñan.....	46
Fotografía 27. Roca caliza nodular .....	46
Fotografía 28. Estratificación paralela y sesgada de la Formación Mujarrum .....	47
Fotografía 29. Roca caliza clara sin presencia de venillas de calcita .....	47
Fotografía 30. Contacto de la Formación Romirón y Formación Coñor.....	48
Fotografía 31. Punto de encuentro de biozona de Lamelibranquios.....	49
Fotografía 32. Microfosiles de Lamelibranquios.....	50

Fotografía 33. Microfósiles de cefalópodos, apreciables con lupa (20x) .....	50
Fotografía 34. Restos de microfósiles en biozonas de lamelibranquios.....	51

## **ÍNDICE DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS**

**Pág.**

Columna N° 1: Columna Estratigráfica A-1.....	91
Columna N° 2: Columna Estratigráfica A-2.....	92
Columna N° 3: Columna Estratigráfica B-1.....	93
Columna N° 4: Columna Estratigráfica B-2.....	94
Columna N° 5: Columna Estratigráfica C-1.....	95
Columna N° 6: Columna Estratigráfica C-2.....	96
Columna N° 7: Columna Estratigráfica General.....	97

## **ÍNDICE DE PLANOS**

**Pág.**

Plano N° 1: Plano de ubicación.....	98
Plano N° 2: Plano satelital.....	99
Plano N° 3: Plano topográfico.....	100
Plano N° 4: Plano geológico.....	101
Plano N° 5: Plano Actualización.....	102
Plano N° 6: Plano de Actualización Geológica.....	103

## LISTA DE ABREVIATURAS

Fm	: Formación
Km	: Kilómetros
m	: Metros
min	: Minutos
cm	: Centímetros
m s. n. m.	: Metros sobre el nivel del mar
S	: Sur
N	: Norte
W	: Oeste
E	: Este
NO	: Noroeste
SO	: Suroeste
NW	: Noreste
SW	: Sureste
Ks – qm	: Formación Quilquiñan – Mujarrum
Ks – ca	: Formación Cajamarca
Ks – yu	: Formación Yumagual
Qh – al	: Cuaternario Aluvial
Az.	: Azimut
Bz.	: Buzamiento
Dr.	: Doctor
Bach	: Bachiller
WGS-84	: World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 84)
GPS	: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
et al;	: Otros autores adicionales
Pág.	: Páginas
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú
N°	: Número

## RESUMEN

Con la investigación se realiza la caracterización lito- bioestratigráfica de la Formación Quilquiñan Mujarrum de la secuencia estratigráfica del Cretácico superior, tiene afloramientos en el tramo perteneciente a la carretera del Centro Poblado Chamis hacia el Distrito de Chetilla. La Formación aflora a dos kilómetros con dirección Norte; la Formación está constituida en una secuencia de calizas grisáceas, nodulares con intercalación de margas y arcillolitas. Su espesor aproximado es de 500 metros e infrayace concordantemente a la Formación Yumagual y suprayace con la misma relación a la Formación Cajamarca. Para lo cual vamos a realizar la Caracterización Bioestratigráfica Secuencial de la Formación Quilquiñan Mujarrum. Las técnicas para el procedimiento, será la recolección de datos, análisis documental, la observación, y la medición en campo de las rocas y fósiles que afloren. Para ello se empleará tres etapas: la primera de gabinete, donde se recolectará las referencias bibliográficas, la segunda etapa de campo, donde se hará la toma de datos y la final de gabinete, que consiste en el procesamiento de datos. En este afloramiento se logró apreciar presencia de fósiles, pero se observa estratificación sesgada con presencia óxidos de hierro y manganeso, pertenece a la era Cretácico superior, entre el Cenomaniano medio hasta el Turoniano inferior.

**Palabras clave:** Caracterización bioestratigráfica, Texturas, Estructuras, Tipo de Secuencias, Fósiles, Formación, Estratigrafía.

## ABSTRACT

With the research, the lithostratigraphic characterization of the Quilquiñan Mujarrum Formation of the stratigraphic sequence of the Upper Cretaceous is carried out, it has outcrops in the section belonging to the road from the Chamis Town Center to the Chetilla District. The formation outcrops two kilometers to the north; the formation is made up of a sequence of grayish, nodular limestones with intercalation of marls and shales. Its approximate thickness is 500 meters and underlies concordantly to the Yumagual Formation and overlies with the same relation to the Cajamarca Formation. For which we will perform the Sequential Biostratigraphy Characterization of the Quilquiñan Mujarrum Formation. The techniques for the procedure will be data collection, documentary analysis, observation, and field measurement of the rocks and fossils that outcrop. For this purpose, three stages will be used: the first one of cabinet, where the bibliographic references will be collected, the second stage of field, where the data will be taken and the final stage of cabinet, which consists of data processing. In this outcrop the presence of fossils was appreciated, but biased stratification is observed with presence of iron and manganese oxides, it belongs to the upper Cretaceous era, between the middle Cenomanian to the lower Turonian.

**Key words:** Biostratigraphy characterization, Textures, Structures, Type of Sequences, Fossils, Formation, Stratigraphic.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La región Cajamarca, conformada por diferentes Formaciones Geológicas que históricamente pertenecen a la era geológica que inicia en el Precámbrico hasta el Cenozoico, y constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios; donde las características Sedimentológicas y Estratigráficas de las diversas Formaciones Cretácicas, están relacionadas con los ambientes de sedimentación, tipos de estratos y restos Paleontológicos.

El proyecto de investigación abarca al Distrito de Chetilla, donde aflora la Grupo Quilquiñan de la secuencia estratigráfica del Cretácico superior, la está constituida en una secuencia de calizas grisáceas, nodulares con intercalación de margas y arcillolitas.

Por el cual se analizaran sus estructuras, texturas y tipo de secuencia las cuales modifican la topografía, ya que la información geológica en la zona es escasa, por lo que es necesario realizar una caracterización estratigráfica detallada, tomando datos de campo pertenecientes a la formación de estudio para hacer la respectiva interpretación estratigráfica utilizando diversos softwares como ArcGIS 10.7, AutoCAD 2017, Strater 10, para realizar la digitación estratigráfica secuencial y sirva como base para estudios estratigráficos posteriores y así ampliar el conocimiento en el estudio de secuencias estratigráficas en el ambiente marino.

De acuerdo con la formulación: ¿Cuáles son las características lito- bioestratigráficas de los afloramientos de la Formación Quilquiñan – Mujarrum en el Distrito de Chetilla - Cajamarca 2023?

El presente, aborda una zona de escasa información perteneciente del ambiente marino por lo cual se realizará la caracterización estratigráfica a detalle del afloramiento de la Formación Quilquiñan – Mujarrum en el Distrito de Chetilla, tomando como base la identificación de sus características geológicas; y así, poder realizar la columna

estratigráfica detallada para posteriores correlaciones necesarias y así mismo para futuras investigaciones en el área de investigación.

Con la hipótesis, el afloramiento de rocas carbonatadas ubicadas en el distrito de Chetilla, perteneciente al Cretácico superior, está constituida por rocas calizas negras, grisáceas; lutitas grises y margas amarillentas. Este afloramiento consta y persevera la presencia de restos fósiles en biozonas y estructuras sedimentarias que indican un ambiente marino epicontinental.

El presente trabajo de investigación ayudará como base para futuros trabajos lito bioestratigráficas de la Grupo Quilquiñan en el Distrito de Chetilla cuyo objetivo es brindar mayor conocimiento sobre esta formación. Esta investigación, estudia, describe y obtiene datos de las características lito bioestratigráficas a detalle del Distrito de Chetilla. Las cuáles serán interpretados mediante el análisis secuencial y bioestratigráfico, dando como resultado la elaboración de la columna estratigráfica.

Se plantea como objetivo general, caracterizar la lito- bioestratigrafía del Grupo Quilquiñam y Formación Mujarrum en el Distrito de Chetilla. Asu vez, se determina elaborar la columna estratigráfica, identificar las estructuras y texturas existentes en el afloramiento y describir las unidades bio estratigráficas.

La investigación está constituida de acuerdo con el esquema de grados y títulos por cinco capítulos, que a continuación se describe cada uno de ellos.

Capítulo I, donde se encuentra la definición de la problemática existente de la zona de investigación centrándose en el reconocimiento lito bioestratigráfico.

Capítulo II, donde se tiene los antecedentes internacionales, nacionales y locales los cuales tendremos en cuenta para constatar el marco teórico, así mismo las bases teóricas de la estratigrafía, paleontología y sedimentología.

Capítulo III, corresponde a materiales y métodos donde se detallan los procedimientos, que servirán para describir la zona de investigación, determinando una metodología de investigación adecuada para la zona.

Capítulo IV, corresponde al Análisis y discusión de resultados, en el cual se explica y se discute los resultados en función a los Capítulos II y III.

Capítulo V, se da a conocer las Conclusiones y Recomendaciones donde cada objetivo tiene sus respectivas conclusiones alcanzadas en la investigación; así mismo se presenta referencias bibliográficas y anexos en la investigación al final de tesis.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

Guerrero (2022), en la tesis “Bioestratigrafía y paleoecología de dinoflagelos del Cretácico Superior en Zonas Tropicales” plantea elaborar un marco cronoestratigráfico detallado mediante la creación de una secuencia estadística de bioeventos fosiles durante el Cretácico, donde sus principales resultados demuestran la secuencia final propuesta de bioeventos permite el reconocimiento de la mayoría de las etapas en los estratos tropicales del Cretácico Superior.

Navarro (2015), record of “Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub- equatorial Pacific”. Menciona que la estratigrafía secuencial es la rama de la estratigrafía que intenta subdividir el registro sedimentario en unidades genéticamente vinculadas y limitadas por superficies con significado Cronoestratigráfico en el norte del Perú y Europa. dando la siguiente conclusión, el Aptiano superior y el Albiano inferior tuvo un cambio importante de sedimentación siliciclástica a carbonatos.

##### **2.1.2. A nivel nacional**

Lagos; et al. (2007), en el XII Congreso Peruano de Geología, presentaron el trabajo de investigación acerca de Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca, trabajo que trata sobre el comportamiento de la Cuenca Occidental, en el proceso de relleno sedimentario desde el Barriasiano- Valanginiano (Cretácico Inferior) hasta el Santoniano – Campaniano (Cretácico Superior).

León; et al. (2008), en el documento publicado por el INGEMMET, titulado Estratigrafía, Sedimentología y Evaluación Tectónica de la Cuenca de Pisco Oriental, donde se identificó cuatro eventos compresivos: Cretácico Tardío – Paleoceno, Eoceno Medio, Mioceno Tardío

y Plioceno Medio; y dos episodios extensionales durante el Eoceno Medio y el Plioceno Tardío; obtiene de los estudios de campo, medición de secciones estratigráficas y sedimentológicas, cartografiado geológico, construcción de secciones estructurales y estudios de micro paleontología.

Valdivia (2021), Caracterización Estratigráfica de la Formación Chulec y su asociación en los eventos transgresivos en la cuenca Cajamarca, Provincia de Tembladera, 2021; nos da a conocer la caracterización litoestratigráfica de la Formación Chulec en Tembladera, así como la identificación de fósiles pertenecientes a la Formación.

Chávez. (2010), Geología Regional, presenta el estudio regional del departamento de Cajamarca, en donde se busca dar a conocer la litología de la Formación Chulec, el espesor con el que este consta y la coloración presente.

Valdez. (2013), Potencialidades, limitantes institucionales y comunales para la gestión social del agua, microcuenca san lucas- distrito de Cajamarca, 2009-2010; nos da a conocer la precipitación y vegetación de la microcuenca San Lucas, más detalladamente menciona también a la zona del Centro Poblado Chamis.

### **2.1.3. A nivel local**

Mirton (2009), en el estudio de Geología. Actualizó el estudio geológico para el Gobierno Regional de Cajamarca dando a conocer las características litológicas de cada Formación presente en la localidad. Se determina la geología de la Formación Chulec en Cajamarca, así como la mención de las biozonas existentes en dicha formación.

Torres (2014), en su tesis titulada “Estudio bioestratigráfico de la Formación Chulec en la zona de Puyllucana - Santa Úrsula”, brinda las características del medio ambiente marino en el cual se desarrollaron las diferentes secuencias estratigráficas y faunísticas, detallando un registro paleontológico en esta Formación. Determina un control bioestratigráfico mediante cuadros estadísticos para las secuencias faunísticas presentes en la dispersión bioestratigráfica de la Formación Chulec.

Mendoza (2021), en su tesis “Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco”, se describieron facies sedimentarias como calizas o calizas nodulares intercaladas con margas, calizas o calizas nodulares intercaladas con arcillitas y arcillitas intercaladas con margas; así también se describió la textura de las rocas y el tipo de secuencia sedimentaria de cada una de estas facies.

Caja (2017), en su tesis “Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual comprendida en los sectores de Ronquillo, Puyllucana y la Encañada, 2017, Según el sistema de litocorrelación por el método de Shaw las tres zonas se corresponden, aunque presentando ciertas características propias tales como su espesor y la tasa de sedimentación.

Julca (2022) en Caracterización lito-bioestratigráfica de la Formación Pariatambo en el Caserío de Carahuanga del Distrito de Baños del Inca, logra el análisis descriptivo de manera local, en donde distinguió tres unidades litoestratigráficas: Miembro Inferior, Miembro Medio y Miembro Superior. Así como las litofacies de Calizas bituminosas, arcillitas bituminosas, Margas, Calizas margosas y sílicea y biofacies: Amonites Oxitropidoceras sp., Ammonites y bivalvos con lo que realiza una comparación con la columna estratigráfica

Balcazar (2019) en Sedimentología y estratigrafía de la Formación Carhuaz en el Distrito de la Encañada, nos detalla el estudio sobre determinar las características sedimentológicas y estratigráficas de la Formación Carhuaz, para lo cual se realizó un análisis y descripción de los estratos, identificando secuencias, facies y estructuras sedimentarias. Indicando también La sedimentación que dio origen a esta unidad es completamente detrítica, presentando un dominio de arcillolitas y limolitas en la base, característica de las zonas profundas de los lagos en los que la sedimentación es producto de procesos de decantación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **Columna estratigráfica**

Según Vera J. (1994) El termino estratigrafía proviene del latín stratum y del griego graphia y que alude etimológicamente a ciencia que trata de la descripción de las rocas estratificadas. Pero se sabe que esta ciencia abarca más que una descripción de rocas estratificadas se apoya de otras ciencias e interpreta ambientes sedimentarios de las rocas estratificadas. Un concepto de la década de los 60 de estratigrafía dio Weller, la rama de la Geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias y estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratigráficas de rocas.

### **Principio de la horizontalidad de los estratos.**

Emitido por Steno, determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral. Los estudios recientes sobre la geometría de los estratos tanto en el campo como, especialmente, por técnicas del subsuelo permiten conocer excepciones a este principio en la que los estratos se disponen paralelos a las superficies de depósito, pero no necesariamente horizontales, sino con una ligera inclinación original. La aplicación de este principio ha llevado a la idea actual que considera como isócronas a las superficies de estratificación (Steno, 1968)

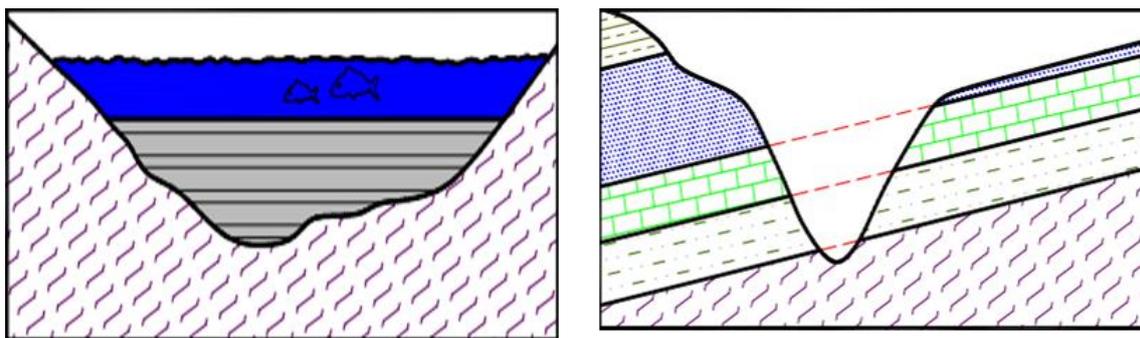


Figura 1. Estratos horizontales y paralelos a la superficie de depósito Imagen: Horizontalidad y/o continuidad lateral de los estratos.

Fuente: Tomado de Arche & López Gómez, 2010

### **Principio de superposición de los estratos.**

Planteado por primera vez por Steno y desarrollado por Lehmann establece que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. El principio es básico para la ordenación temporal de los estratos (o conjuntos de estratos) subhorizontales y se puede aplicar a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos. Existen algunas excepciones donde no se cumple el principio, siempre ligadas a discontinuidades que impliquen etapas de erosión de materiales previos, de manera que los sedimentos nuevos se depositen en cavidades excavadas en el seno de los otros. En la actualidad, este principio se usa con frecuencia, aunque apoyándose además en el uso de criterios de polaridad vertical, y constituye la base del levantamiento de secciones estratigráficas, técnica por otra parte fundamental en todo estudio estratigráfico (Vera J., 1994)

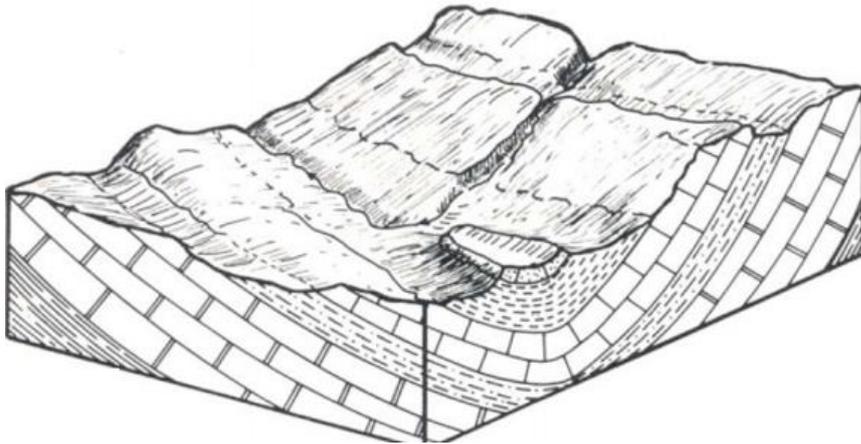


Figura 2. Bloque diagrama sobre el principio de superposición de estratos: Sucesión de estratos los más antiguos se superponen a los más jóvenes

Fuente: Tomado de Vera J., 1994

### **Principio de Uniformismo o Actualismo**

Emitido por Hutton y desarrollado más ampliamente por Lyell, dice que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo). El desarrollo de la teoría originaria lleva a su correcta aplicación como método de trabajo con algunas ligeras correcciones. Una primera es considerar que los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, además en ellos hay un factor no repetible como es los organismos que han ido cambiando de manera lineal (no cíclica) de acuerdo con las pautas establecidas en la teoría de la evolución (Hooligan, 2015).

### **Principio de la Sucesión Faunística o de Correlación**

Emitido por Smith, y desarrollado por Cuvier, constituye la base de la datación relativa de los materiales estratificados. Consiste en admitir que en cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o por formación), los organismos que vivieron, y que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles. Este principio permite establecer correlaciones (comparaciones en el tiempo) entre materiales de una misma edad de contextos geográficos muy distantes ya que muchos de los organismos tenían una extensión horizontal prácticamente mundial (Vera J., 1994)

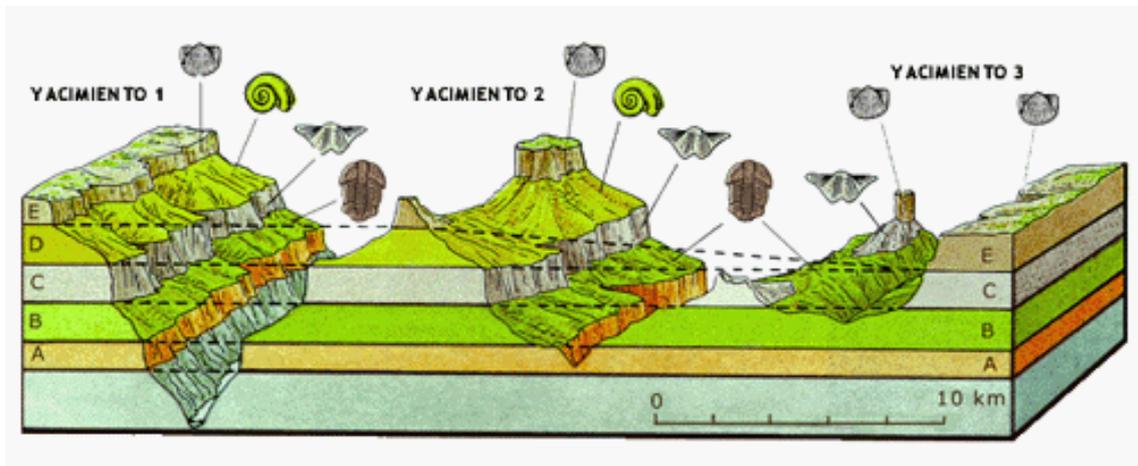


Figura 3. Bloque diagrama que indica el Principio de Sucesión Faunística, las capas que tienen el mismo contenido fósil son de la misma edad, aunque su litología difiera

Fuente: Tomado de Castro, 2013

### **Principio de la Simultaneidad de Eventos**

Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes. Estos eventos (p.ej. cambios climáticos, cambios del nivel de mar, cambios en el campo magnético terrestre, grandes terremotos, explosiones de volcanes, etc.) pueden quedar reflejados en los estratos de muy diferentes localidades y constituyen un excelente criterio de correlación, a veces a escala mundial (Montes, 2002).

### **Estratificación y Laminación**

Mientras que los primeros conceptos se refieren a los niveles de capas diferenciables en las rocas, los segundos se refieren al hecho de presentar dicho dispositivo o al propio dispositivo (Macarro, 2014).

La estratificación será, por tanto, la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el término estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación). La laminación se puede definir como “la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato, y ha sido frecuentemente considerada como una estructura de ordenamiento interno dentro de los estratos, distinguiéndose dos tipos fundamentales: laminación paralela y laminación

cruzada, aunque existen otros tipos minoritarios (ondulada y contorsionada). (Macarro, 2014)

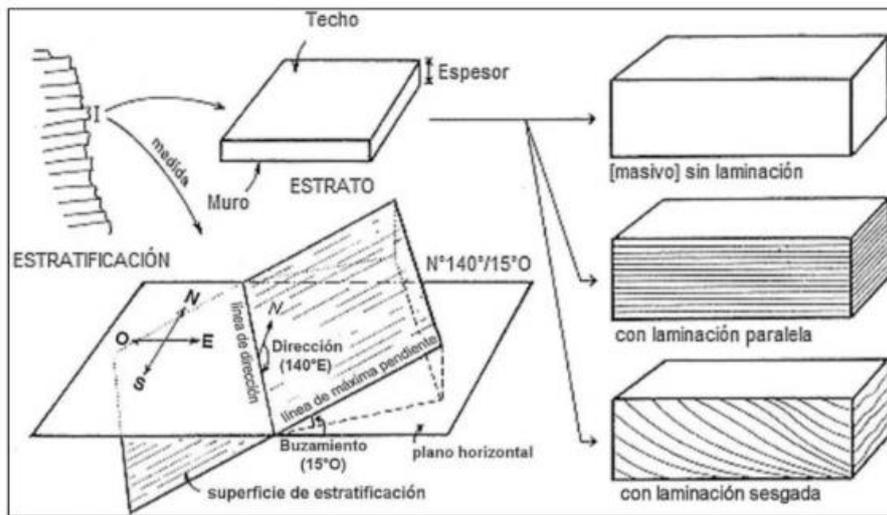


Figura 4. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación. Para un estrato concreto se marcan: el techo, el muro, el espesor, los posibles ordenamientos internos y la medida de su posición espacial (dirección y buzamiento)

Fuente: Tomado de Agueda, 2004

### **Estratigrafía**

Permite la reconstrucción de los eventos geológicos, por tanto, la historia geológica de nuestro planeta. Gracias a ella, es posible establecer relaciones de tiempo y continuidad; logrando correlacionar depósitos en lugares geográficamente distantes. (Barragán et al, 2010)

### **Sedimentología**

La Sedimentología moderna surge cuando el estudio de los procesos sedimentarios actuales demostró que los productos resultantes (facies) eran característicos de cada uno de ellos y que estos productos variaban de acuerdo con las variaciones de los parámetros fundamentales de los primeros: velocidad de las corrientes, sentido de estas, salinidad del agua, etcétera. (Arche, 2010)

### **Ciclo de sedimentación**

Consiste en el estudio e interpretación de las texturas, estructuras sedimentarias, fósiles y asociaciones litológicas de rocas sedimentarias a escala de afloramiento, sección de pozo o pequeño segmento de una cuenca en análisis de facies (Miall, 2016)

## **Facies Sedimentarias**

El termino facies se utilizó para denominar a la suma total de aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica; El reconocimiento de las facies constituye la herramienta básica del estudio estratigráfico y sedimentológico. Para distinguir los tipos según sus propiedades se usan términos restrictivos (litofacies y biofacies) o de la escala de observación (microfacies). (Vera J., 1994)

## **Rocas Carbonatadas**

Según la clasificación de Dunham (1962), se distingue dos tipos generales de carbonatos (rocas y sedimentos carbonatados); los que presentan textura depositacional reconocible, y de textura cristalina (no es posible reconocer su textura depositacional). Dunham no hace referencia al tamaño de los granos ni al tipo de estos, sin embargo, esta clasificación es de fácil utilización en el terreno. (Dunham, 1962)

## **Bioestratigrafía**

Esta ciencia debe ocuparse, total o parcialmente de cubrir los siguientes puntos: El estudio de los caracteres petrográficos del contenido fósil en los estratos donde se detallan la textura de contenido fósil, estructuras biogénicas; el estudio de la influencia activa y/o pasiva de los organismos de sus restos o productos en los procesos de formación de los estratos; el estudio de los caracteres secuenciales de las series estratigráficas, deducidos del contenido paleontológico y la deducción del ambiente sedimentario por el contenido paleontológico. (GARCÍA, 2014)

El concepto de Bioestratigrafía se basa en el principio de que los organismos han experimentado cambios sucesivos a través del tiempo geológico. Por lo tanto, cualquier unidad de los estratos se puede fechar y se caracteriza por su contenido fósil. Es decir, sobre la base de su contenido fósil, cualquier unidad estratigráfica puede ser diferenciada de unidades estratigráficamente más jóvenes y mayores. (GARCÍA, 2014)

## **Estratigrafía Secuencial.**

La estratigrafía secuencial es el estudio de las relaciones entre las rocas sedimentarias de un conjunto de estratos ligados genéticamente y limitado este conjunto por superficies de erosión (Posamentier, 1988).

## Litofacies, Biofacies

El término litofacies se usa para aludir exclusivamente a los aspectos litológicos de un conjunto de estratos. El término biofacies es el complementario ya que se refiere a los aspectos paleontológicos y a las condiciones biológicas reinantes durante la depositación (Vera J., 1994)

## Estructuras Sedimentarias

Las estructuras sedimentarias dependen más de las relaciones existentes entre los agregados sedimentarios que de las relaciones que hay entre los granos, y que regulan la textura (Vera J., 1994)

## Superficies de Estratificación

Las superficies de estratificación pueden ser netas o difusas las superficies netas en unos casos separan materiales con la misma litología encima y debajo, mientras que en otros casos separan estratos con diferente litología. Desde un tipo de vista geométrico se pueden diferenciar, con cierta facilidad, un primer tipo son las superficies planas y el segundo las superficies irregulares que muestran un carácter erosivo (Agueda, 2004).



Figura 5. Superficies de Estratificación

Fuente: Tomado de Agueda, 2004

## **Tipos De Estratificación**

Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Hooligan, 2015).

### **Geometría De Los Estratos**

Considerando los estratos individualmente se puede establecer una clasificación de tipos geométricos a partir de la geometría del techo y del muro (Hooligan, 2015).

1. Estratos tabulares: Cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí (Hooligan, 2015).
2. 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 (Hooligan, 2015).
3. Estratos acanalados: Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal (Hooligan, 2015).
4. Estratos en forma de cuña: Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor (Hooligan, 2015).
5. Estratos lenticulares: Son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa (Hooligan, 2015).
6. Estratos ondulados: Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes de olas (Hooligan, 2015).

### **Secuencias de Bouma**

Son las sucesiones de capas o estratos, que muestran una evolución vertical en el sentido del crecimiento o decrecimiento del espesor de los bancos o tamaños de grano (Macarro, 2014).

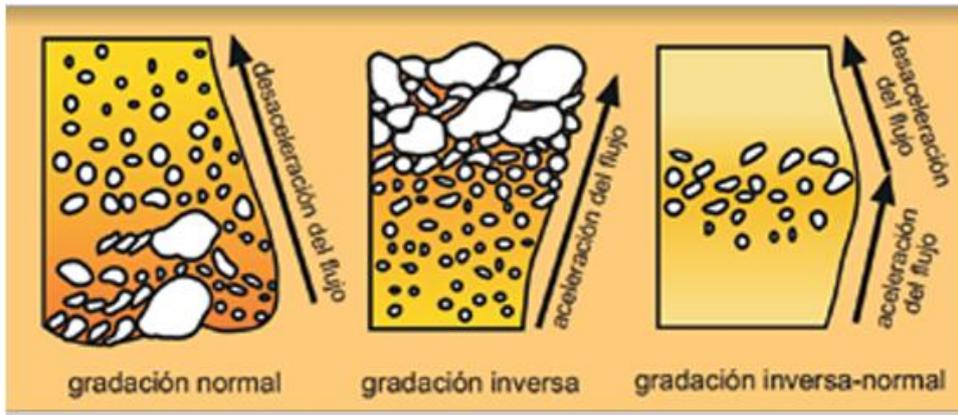


Figura 6. Secuencia Elemental o de Bouma

Fuente: Tomado de Ponce; et al., 2018

### Asociación De Estratos

Cuando se analizan conjuntos de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios que en su mayoría representan diferentes tipos genético. Como criterio fundamental y como primer aspecto a considerar es la ordenación de espesores de los estratos individuales en los conjuntos de estratos sucesivos (Macarro, 2014).

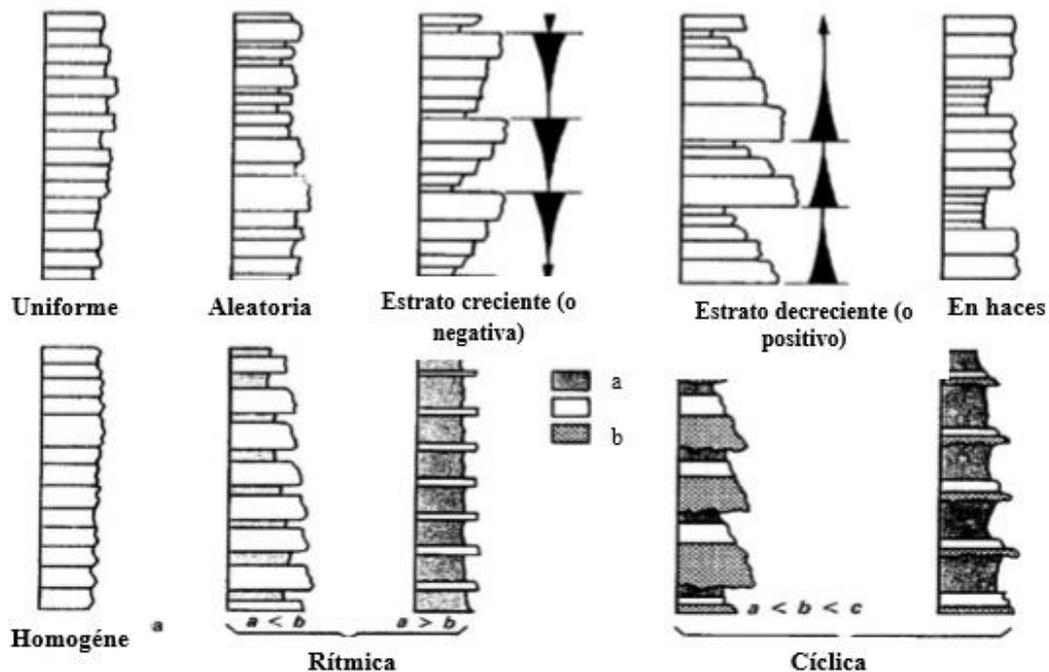


Figura 7. Tipos de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. En donde a, b y c corresponden a tres tipos litológicos

Fuente: Tomado de Vera J., 1994

## Medidas De La Estratificación

A continuación, se presentan dos métodos con los cuales se puede medir el espesor de los estratos, de esta manera se realiza el levantamiento de columnas estratigráficas (Montes, 2002).

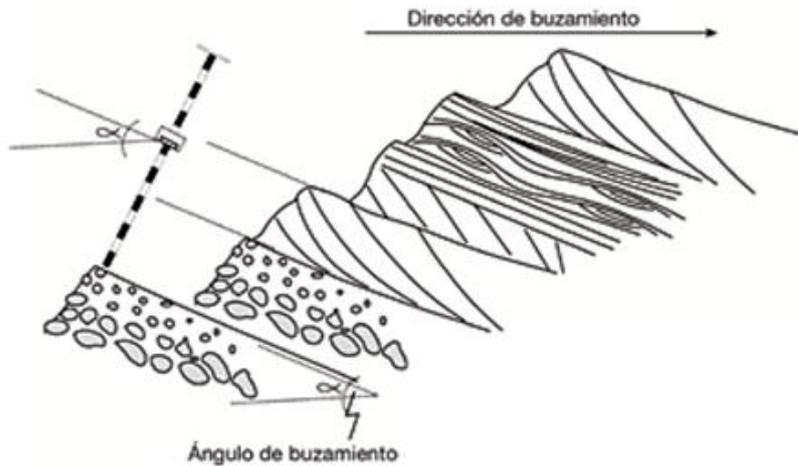


Figura 8. Diagrama de la medición de espesores por medio del bastón de Jacob

Fuente: Tomado de Ponce; et al., 2018

## Escala de Wentworth

Esta escala fue adoptada internacionalmente para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias (Macarro, 2014).

Tabla 1. Cuadro granulométrico de Udden Wentworth.

CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS		
Tamaño de clasto (mm)	Clastos sedimentario	
256	GRAVAS	Bloque
16		Grava
4		Guijarro
2		Granos
1	ARENA	Arena muy gruesa
0.5		Arena gruesa
0.25		Arena media
0.125		Arena fina
0.032	LIMOS	Arena muy fina
0.004		Limo
		Arcillita

Fuente: Adaptado de INGEMMET (2016)

## **Técnicas de Medición**

Para la determinación del espesor de los estratos, se tiene en cuenta distancia entre los planos de estratificación limitantes, es la medida perpendicular a la dirección de estratos, en este caso se determinó por:

Medición Directa: es el caso más sencillo, una capa horizontal expuesta en una pendiente vertical, el espesor puede obtenerse sosteniendo un flexómetro (Montes, 2002).

## **Factores de la Fosilización.**

Los factores que se mencionan a continuación contribuyen a la calidad del registro fósil, haciendo que sea bastante restringido. (Gama, 2005)

1. El ambiente: No todos los ambientes, aun siendo sedimentarios, son propicios para la fosilización. (Gama, 2005)
2. La destrucción biológica: Antes y después de ser enterrados, los restos pueden haber sido sometidos a destrucción biológica por bacterias, hongos u organismos carroñeros a los que sirven de alimento. (Gama, 2005)
3. La destrucción mecánica: El transporte de los restos provoca su destrucción mecánica, desde la desarticulación de los elementos esqueléticos hasta la rotura o abrasión por corrientes por agua o aire. (Gama, 2005)
4. La destrucción química: Aún después de fosilizados los restos pueden ser destruidos por disolución, dependiendo de la composición del agua que pase por corrientes o por filtración. (Gama, 2005)
5. El modo de vida: Se conservan con mayor probabilidad los organismos que viven en un ambiente sedimentario (mar o lago) y los que viven enterrados o fijos al fondo de estos lugares. (Gama, 2005)

## **Proceso de Fosilización.**

La fosilización según Schopf (1975) es el conjunto de cambios químicos y físicos que dan como resultado la preservación de restos que pertenecieron a algún organismo viviente. Inmediatamente después de la muerte de un organismo se inicia la descomposición de sus partes blandas por seres vivos carroñeros como buitres, zorros y, principalmente, por la influencia de bacterias, hongos y de la oxidación. Esto ocasiona la destrucción de dichas

partes y genera gases y líquidos durante el proceso. Aunque esto ocurre aun cuando el organismo se encuentra sepultado, si éste es cubierto por sedimentos rápidamente tiene mayor posibilidad de fosilizarse. (Gama, 2005)

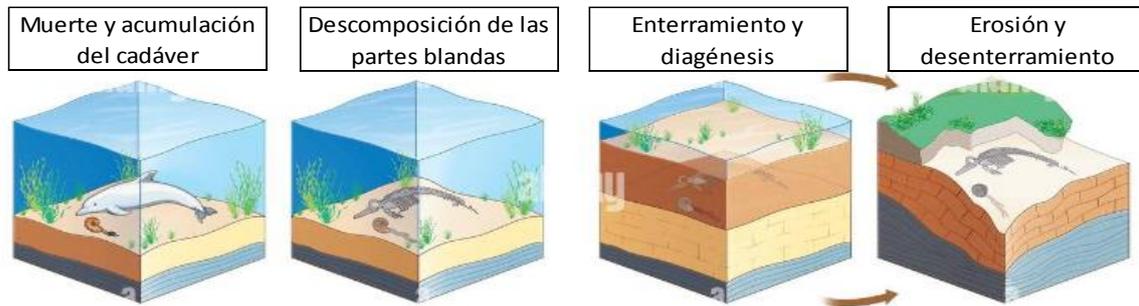


Figura 9. Proceso de fosilización

Fuente: Adaptado de Gama, 2005

### 2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS

**Litología:** Estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante. (Macarro, 2014)

**Tipos de estratificación:** Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Vera J., 1994).

**Estructuras Sedimentarias:** Representan las características más destacadas de un sedimento, las estructuras sedimentarias dependen más de las relaciones existentes entre los agregados sedimentarios que de las relaciones que hay entre los granos, y que regulan la textura. (Bardales, 2014)

**Texturas Sedimentarias:** Las rocas sedimentarias pueden presentar textura clástica o textura cristalina, dependiendo de su génesis concreta. Existen rocas sedimentarias que incluyen en su composición una fracción importante de restos de organismos, tales como bivalvos, gasterópodos, corales, diatomeas. En estos casos, la textura se denomina bioclástica (Macarro, 2014).

- Textura Clástica: Textura constituida por fragmentos (clastos) de minerales y/o rocas englobadas por un material aglomerante que actúa de nexo.
- Textura Bioclástica: Textura constituida por la acumulación de restos de organismos (conchas de bivalvos, gasterópodos, crinoides, entre otros). (Macarro, 2014).



Figura 10. Roca con textura bioclástica

Fuente: Tomado de Macarro, 2014

**Contactos Estratigráficos:** Las diferentes unidades litológicas están separadas unas de otras por contactos, que son superficies planas o irregulares que separan diferentes tipos de roca. Los estratos superpuestos verticalmente son conformables o inconformables, dependiendo de la continuidad en la depositación. Los estratos conformables se caracterizan por secuencias de sedimentación no afectadas tectónicamente que son generalmente depositadas en orden paralelo, en las cuales los estratos se forman uno encima del otro por depositación más o menos continua bajo las mismas condiciones generales. Un hiato se define como el intervalo total de tiempo geológico representado por los estratos perdidos en una posición específica a lo largo de la superficie estratigráfica (Montes, 2002).

- Contacto abrupto: Ocurre debido a cambios repentinos de litología. Muchos, contactos abruptos coinciden con planos de estratificación depositacional primaria que se formaron debido a cambios en las condiciones locales de depositación.
- Contactos intercalados: Son contactos gradacionales en los cuales ocurre interestratificación de rocas de una litología particular, en otra. Mientras los estratos de un tipo de roca aumentan sucesivamente su espesor en una dirección, los otros se adelgazan.

- Inconformidad: Los sedimentos más jóvenes reposan sobre la superficie de rocas más antiguas vasculadas o plegadas; las rocas más antiguas tienen buzamientos diferentes, comúnmente forman ángulos mayores que los de las rocas más jóvenes.

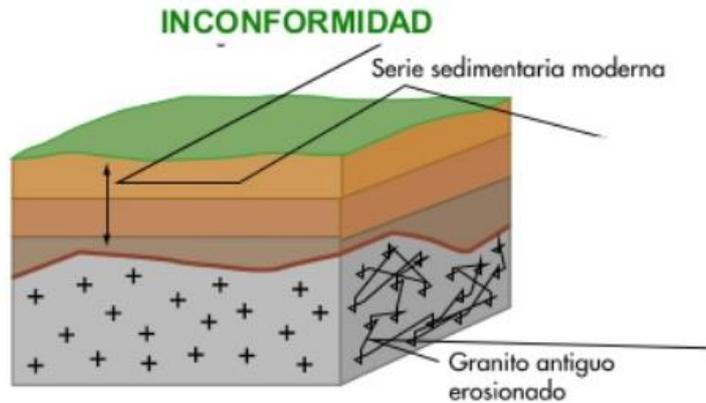


Figura 11. Inconformidad

Fuente: Tomado de Montes, 2002

Disconformidad: Las disconformidades se reconocen por su superficie de erosión, la cual puede tener variaciones de relieve de más de decenas de metros.

Las superficies de disconformidad, al igual que las inconformidades angulares se pueden marcar por zonas de suelo fósil o pueden incluir depósitos de grava (Macarro, 2014).

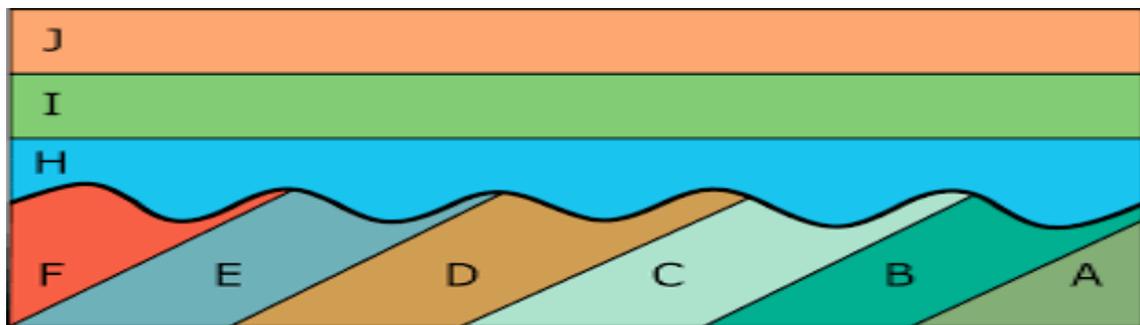


Figura 12. Disconformidad

Fuente: Tomado de Macarro, 2014

**Fósiles guía:** Los fósiles son restos, huellas u otros indicios de organismos que vivieron en épocas geológicas pasadas. (Gama, 2005)

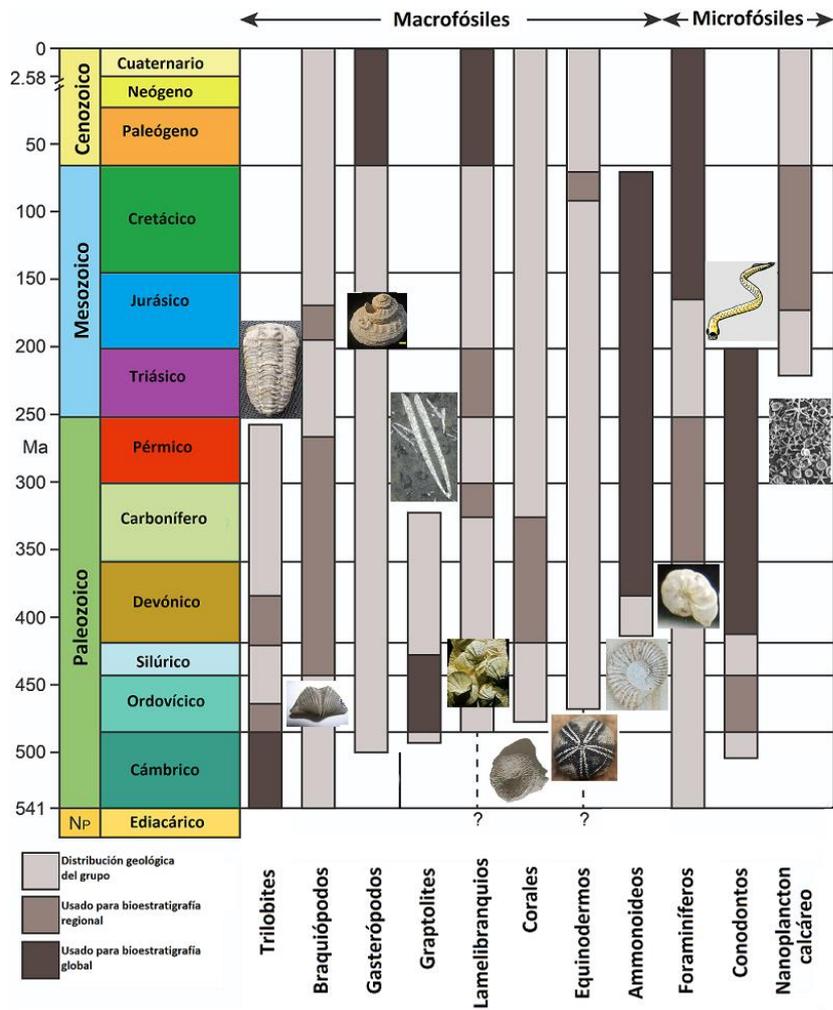


Figura 13. Cuadro de fósiles guía

Fuente: Tomado de Gama, 2005

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Geográfica

La investigación se encuentra geográficamente ubicada en el continente sudamericano, en el país de Perú, en la provincia, departamento y región de Cajamarca, en el Distrito de Chetilla. Delimitada por las coordenadas del sistema UTM y datum WGS- 84.

Tabla 2. Ubicación Geográfica de la zona de Chetilla

<b>COORDENADAS DE LA ZONA LÍMITE</b>		
<b>DATUM WGS- 84 ZONA 17S</b>		
<b>VÉRTICE</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	762472	9213136
2	762472	9210606
3	759333	9210606
4	759333	9213136



Figura 14. Ubicación satelital de la zona de investigación con respecto al Distrito de Chetilla

Fuente: Tomado de Google Maps 2024

### 3.1.2. Política

Políticamente la investigación se ubica en el Distrito de Chetilla, perteneciente de la provincia y departamento de Cajamarca, ubicado a los 2790 m.s.n.m.



Figura 15. Ubicación política del Distrito de Chetilla

### 3.1.3. Accesibilidad

La accesibilidad al área de investigación se encuentra dada por el tipo de carretera asfaltada y trocha con la distancia 24.7 kilómetros (Km) y tiempo 66 minutos (Min) total respectivamente, tal información esta sintetizada en la siguiente tabla. El cual será brindado desde un punto de partida referencial, que está entre la Plaza de Armas hacia el Centro Poblado.

Tabla 3. Accesibilidad - Tipo de Carretera

Tipo de carretera	Distancia (Km)	Tiempo (Min)
Asfaltada	2.4	6
Trocha	22.3	56

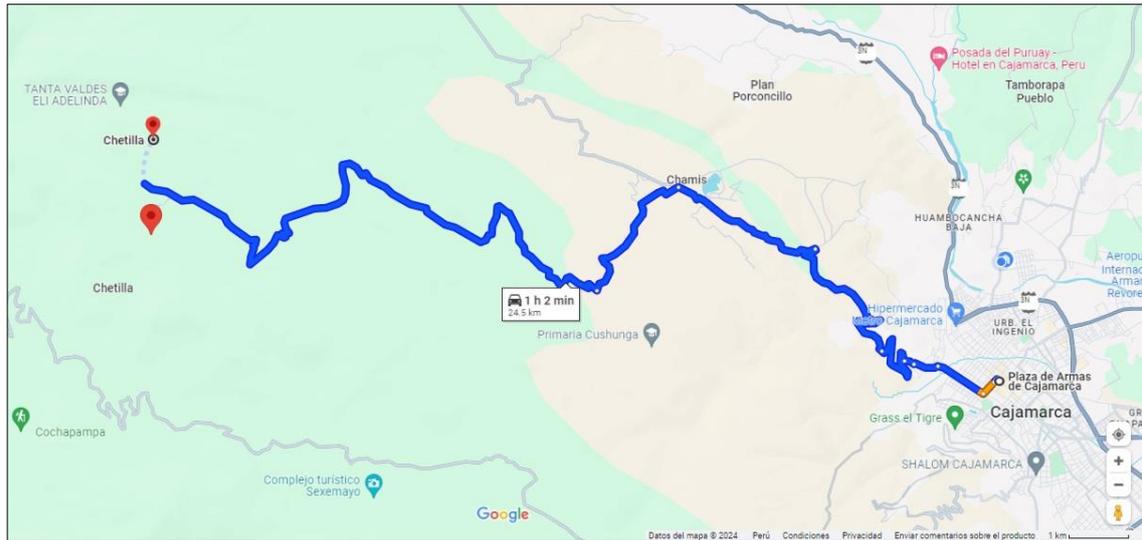


Figura 16. Accesibilidad a la zona.  
 Fuente: Tomado de Google Maps, 2024

### 3.2. PROCEDIMIENTOS

#### ETAPA PRELIMINAR

Está comprendida en el proceso determinativo para realizar la tesis, se prepara el campo informativo para poder desarrollar la problemática de la ausencia informativa de carácter bioestratigráfico de la Formación que se pretende desarrollar.

Esta etapa se desarrolla sin necesidad de salir a campo, es en donde se determina en que campo con exactitud se desarrollará la investigación, para ello es necesario la recolección informativa tanto física como virtual referido al estudio anticipado a la zona.

#### ETAPA DE CAMPO

Consiste en realizar salidas a campo para conocer las características de la Formación; esto comprende, la bioestratigrafía, el tipo de roca, la clasificación de fósiles, el ambiente en donde se desarrolló el evento geológico; todo esta información, será anotado y caracterizado con ayuda de las tablas, plantillas, uso de la brújula, GPS, lupa, picota.

#### ETAPA DE GABINETE

Cuando ya tenemos recolectado la información toda la etapa de campo, se predispone a realizar el procesamiento de datos, donde se realizará los diferentes tipos de planos como son: plano geológico, plano de ubicación, plano satelital; a su vez se detalla y caracteriza el

tipo de roca y fósil encontrado, con ayuda de las plantillas de rocas sedimentarias. Todo esto se realiza con el fin de obtener información verídica para nuevos procesos informativos.

### **3.2.1. METODOLOGÍA**

La investigación consta:

#### **3.2.1.1. Metodología**

Tipo de Investigación: El tipo de investigación es descriptivo–explicativo, porque se describe características estratigráficas y se explica el porqué de ellas.

Nivel de investigación: El nivel de investigación es explicativo, porque se busca explicar las causas que originaron los fenómenos observados.

Diseño de investigación: No experimental porque se observará los fenómenos tal y como ocurre naturalmente. Transversal, debido a que se estudia en un determinado de tiempo.

Método de investigación: Observacional- Inductivo, porque induce de principios explicativos a partir de los fenómenos observados, y después se construye enunciados que los contengan y se refieren a los fenómenos.

Resumido en la siguiente tabla.

Tabla 4. Método de investigación

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>
<b>Nivel</b>	Descriptivo, explicativa
<b>Diseño</b>	No experimental
<b>Naturaleza</b>	Cualitativo y cuantitativo
<b>Finalidad</b>	Aplicada

*Fuente: Tomado de Supo (2016)*

#### **3.2.1.2. Población de estudio**

Afloramiento del Cretácico con un área aproximada de 1500m<sup>2</sup> ubicada en el Distrito de Chetilla.

#### **3.2.1.3. Muestra**

La litología, paleontología y cronoestratigrafía.

#### **3.2.1.4. Unidad de análisis**

La caliza, biozonas, texturas, estructuras sedimentarias, cronoestratigrafía de más o menos setenta millones de años, perteneciente Cretácico.

#### **3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

Para la investigación se han identificado las variables independientes y dependientes las cuales se plasman en la Tabla N°5.

Tabla 5. Definición de Variables

<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
Textura-Estructura	
Ambientes Sedimentarios	Lito- bioestratigrafía
Estratigrafía	

#### **3.2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos serán el análisis, la observación, y la medición en campo de las rocas y fósiles que afloran; mientras que los instrumentos estarán constituidos por ficha de descripción litológica, formato para Rocas Sedimentarias Carbonatadas. Para realizar la investigación, se empleará tres etapas: la primera de gabinete (Pre- campo), donde se recolectará las referencias bibliográficas, la segunda etapa de campo (in situ), donde se hará la toma de datos y la final de gabinete (Post campo), que consiste en el procesamiento de los datos obtenidos en campo.

#### **3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

Lápiz rayador con punta de tungsteno: Para determinar la dureza de la roca

Ácido Clorhídrico diluido al 10%: Determina el contenido de Carbonatos

Libreta de Campo: Se plasman los datos tomados en campo.

Picota: Se emplea en la toma de muestras.

Lupa de 30 aumentos: Para identificar pequeños minerales

Brújula tipo Brunton: Utilizada para medir orientación (rumbos y buzamientos) de los estratos y discontinuidades.

GPS Garmin eTrex 30x: Para la ubicación espacial de las estaciones y puntos de muestreo.

Cámara Fotográfica: Para la toma de fotografías de estaciones y estructuras estratigráficas

Carta Geológica (15g): para la identificación geológica en una escala de 1:10000

Formatos de elaboración de columna estratigráfica: Utilizado para colocar los datos de estratificación y tipos de roca recolectadas en campo.

Lápiz, lapiceros y marcadores: Se utilizará para el cartografiado geológico de la Formación Chulec y anotaciones de datos.

Plano geológico: Para ubicar la Formación geológica de estudio y para tener un alcance de sus límites con otras formaciones.

Siendo el cuadrángulo geológico de Cajamarca (1/100 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

Plano satelital: Imagen satelital extraída del software SASplanet., para ubicar el área y accesibilidad de la zona de estudio.

## **SOPORTE TÉCNICO, PROGRAMAS DE COMPUTADOR UTILIZADOS**

Office 2019 (Word, Excel, Power Point): para la edición, presentación y/o procesamiento de la data recolectada en campo.

ArcGis 10.7: es un conjunto de aplicaciones SIG profesionales, para visualizar, crear, manipular y gestionar información geológica. El cual permitió la realización y elaboración de los diferentes planos temáticos.

Strater 5: para la realización de la columna estratigráfica.

AutoCad 2019: su uso fundamental para la elaboración de las respectivas columnas estratigráficas.

Google Earth, y SASPlanet 16: sus principales usos son para obtener ortofotos, imágenes satelitales con buena resolución.

## **3.3. MARCO ESTRATIGRÁFICO**

### **3.3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

En el área afloran rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas, cuyas edades están comprendidas entre el Neo-Proterozoico al Cuaternario reciente (Chávez, 2010). En este capítulo se describe sobre las unidades litoestratigráficas a fin de obtener una idea regional

de la que más adelante se irá a describir localmente. En siguiente se dará a conocer la Formación Mujarrum y al Grupo Quilquiñam con sus dos respectivas unidades: Formación Coñor y Formación Romirón. (Cacya D. et al., 2021)

### 3.3.2. GRUPO QUILQUIÑAN

Este Grupo estratigráfico se encuentra compuesto por la Formación Coñor y Romirón. (Cacya D. et al., 2021)



Fotografía 1. Grupo Quilquiñan

#### 3.3.2.1. FORMACIÓN COÑOR

Siendo el miembro más reciente del Grupo Quilquiñam, la Formación Coñor suprayace a la Formación Romirón, concordante y paralela; e infrayace a la Formación Cajamarca, con un espesor aproximado de ciento cincuenta metros (150m). Constituido por calizas claras con intercalación de arcillolitas arenosas y margas delgadas; y a su vez, presencia de fósiles bentónicos (Cacya D. et al., 2021). En la zona de investigación, la formación se observa en un contacto inferido como se aprecia en la siguiente fotografía.



Fotografía 2. Formación Coñor

De la misma manera, como se observa en la Fotografía 1, se detalla la Formación Coñor en el siguiente segmento de la Columna estratigráfica donde se observa la intercalación de margas y arcillolitas, junto a caliza clara.

En el afloramiento en campo; se aprecia roca caliza predominante, así como gran contenido de depósitos cuaternarios. La caliza de grano medio a grueso, con zonas de fósiles.

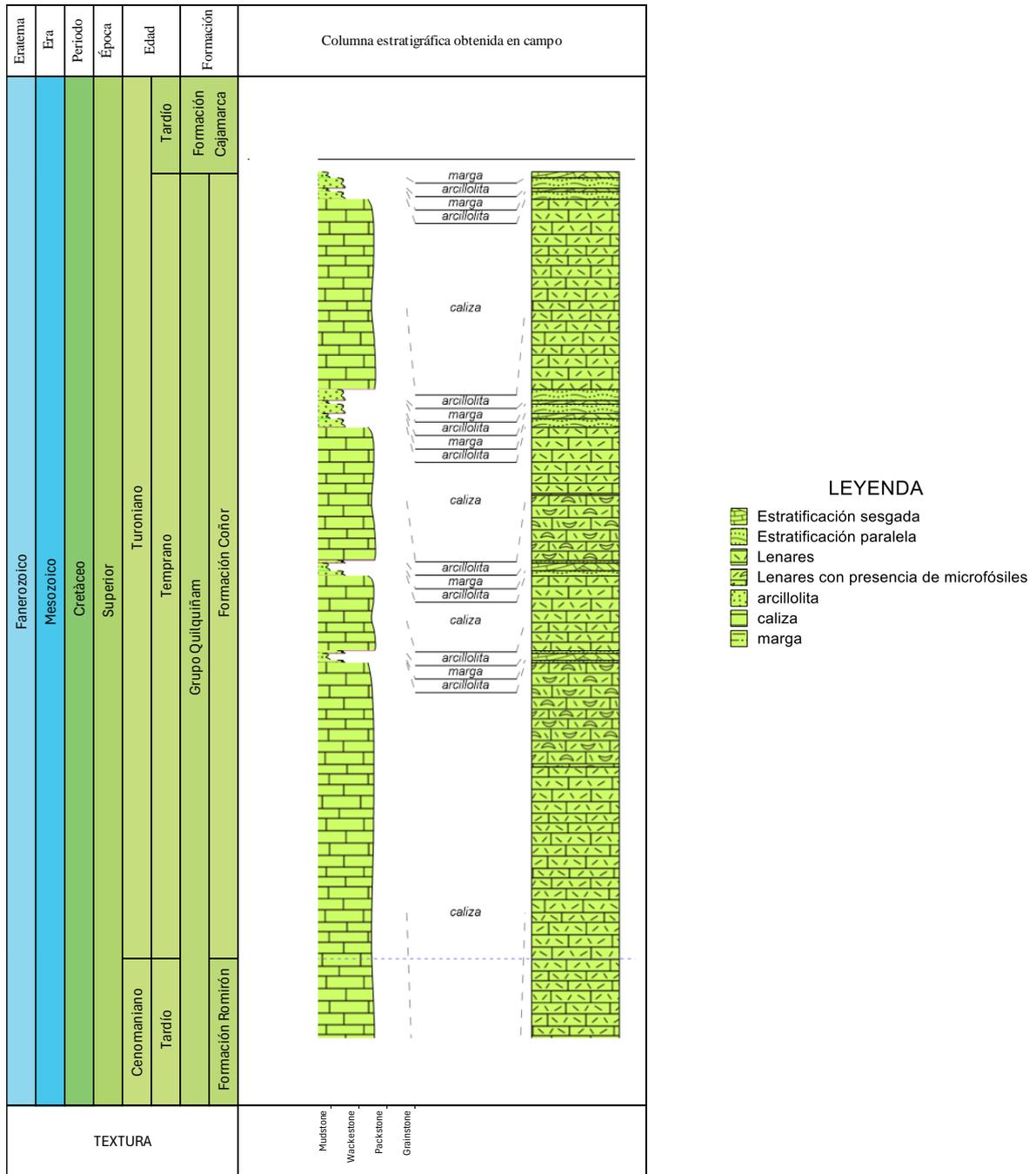


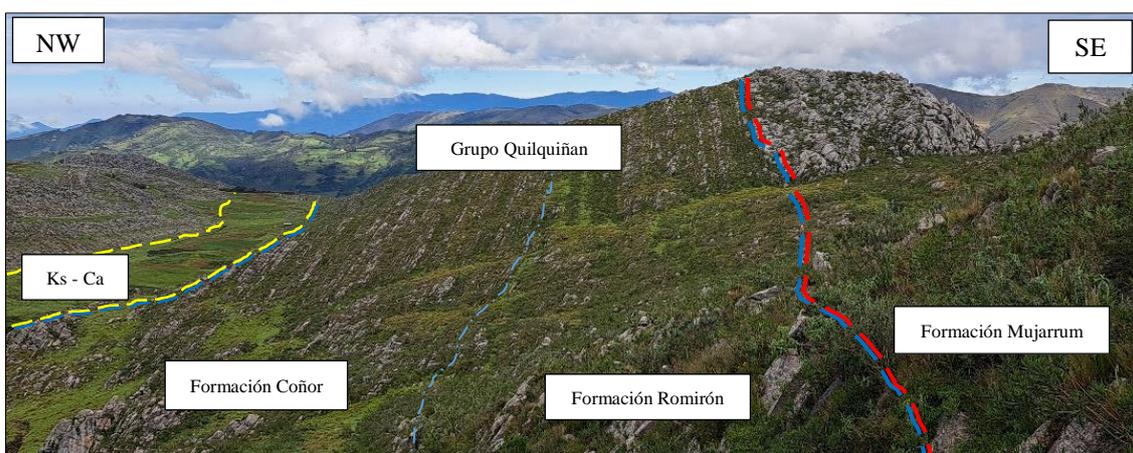
Figura 17. Segmento estratigráfico de la Formación Coñor

Fuente: Adaptación de Cacya D. et al., 2021

### 3.3.2.2. FORMACIÓN ROMIRÓN

Esta formación perteneciente al Grupo Quilquiñan suprayace a la Formación Mujarrum de manera paralela e infrayace a la Formación Coñor, con un espesor aproximado de ciento cincuenta metros (150m). Conformado por calizas nodulares, con margas pardas-amarillentas y presencia de fósiles bivalvos (Cacya D. et al., 2021).

De la misma manera, como se observa en la Fotografía 2, se detalla a la Formación Romirón en el siguiente segmento de la Columna estratigráfica donde se observa las calizas nodulares con textura de granos finos a gruesos de gran compactación y espesor, con escasas zonas de la intercalación de margas y arcillolitas. Los contactos entre formaciones se encuentran inferidos por textura y coloración de la roca.



Fotografía 3. Formación Romirón

Unas de las formas para poder diferenciar las Formaciones involucradas en la zona de investigación, se debió más a la coloración de la caliza, esto porque la existencia de margas amarillentas fue erosionado y cubierto por vegetación. Así mismo se detalla que la Formación Romirón en esta zona de investigación tiene escasa presencia de fósiles bivalvos.

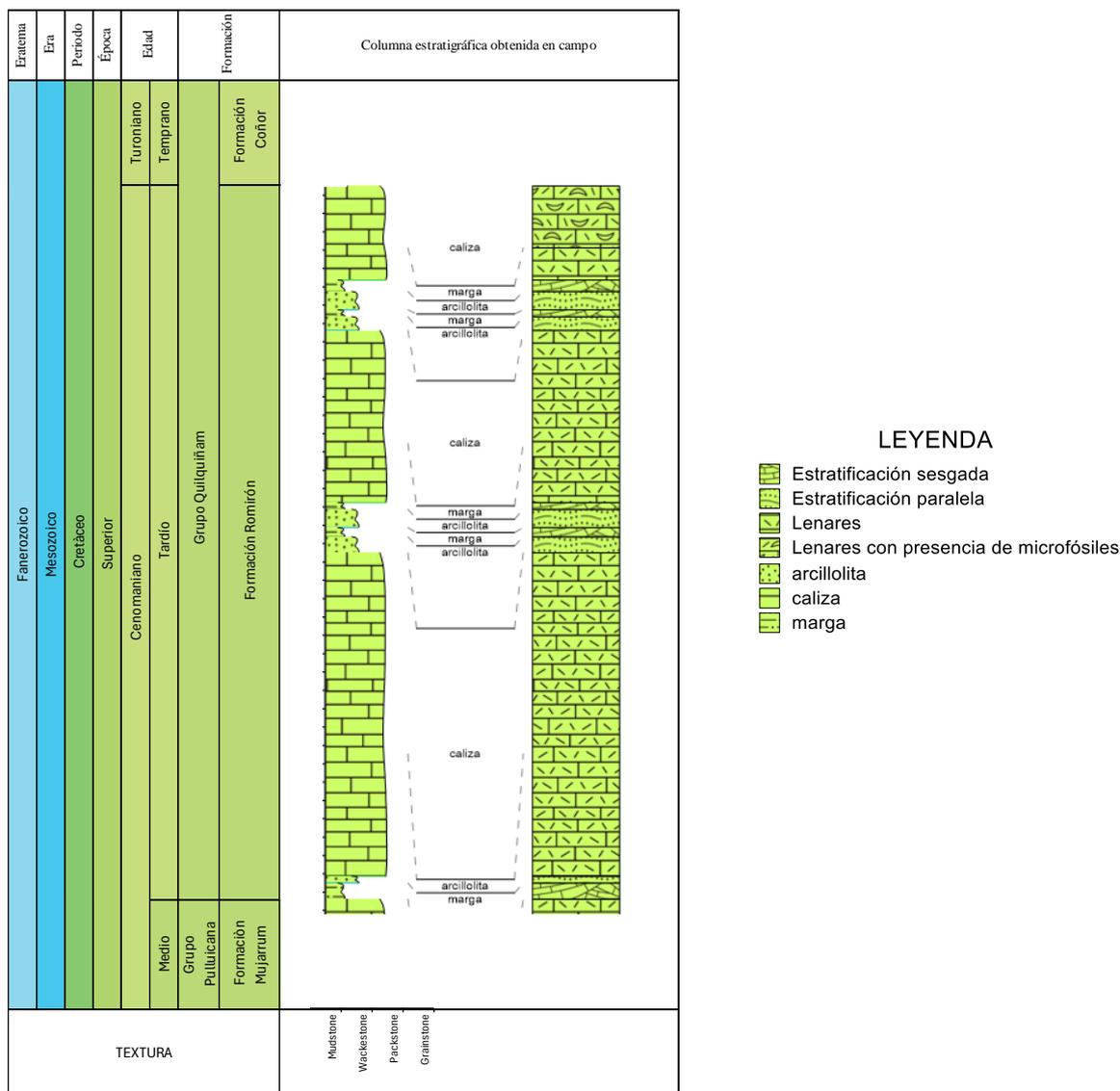


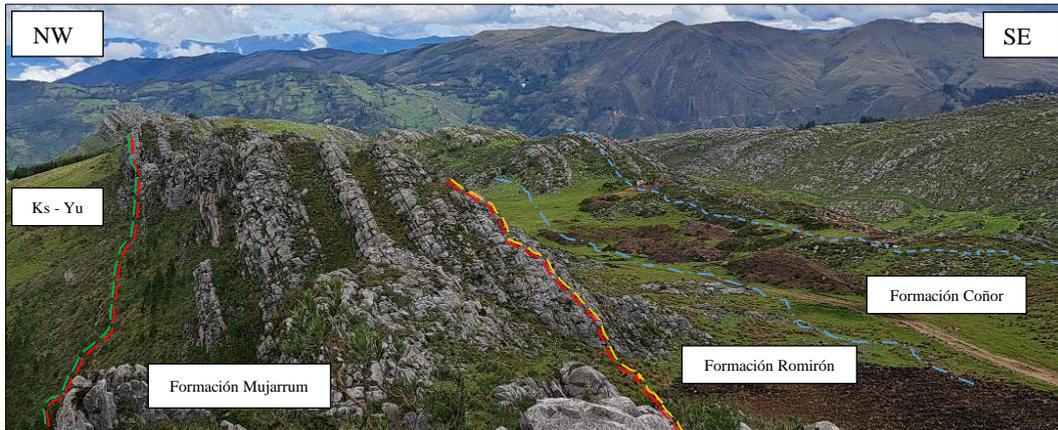
Figura 18. Segmento estratigráfico de la Formación Romirón

Fuente: Adaptación de Cacya D. et al., 2021

### 3.3.3. FORMACIÓN MUJARRUM

Esta formación suprayace a la Formación Yumagual de manera concordante y paralela, e infrayace a la Formación Romirón del Grupo Quilquiñan, con un espesor real aproximado de doscientos metros (200m). Conformado por calizas, seguida de intercalación margas y arcillolitas amarillentas y presencia de fósiles (Cacya D. et al., 2021).

De la misma manera, como se observa en la Fotografía 3, se detalla a la Formación Mujarrum en el siguiente segmento de la Columna estratigráfica donde se observa calizas, con escasas zonas de la intercalación de margas y arcillolitas.



Fotografía 4. Formación Mujarrum

En este segmento estratigráfico se aprecia un resumen de lo que se encuentra en campo, desde estratificación paralela y sesgada en la zona de intercalación de margas y arcillolitas, así como caliza de gran espesor.

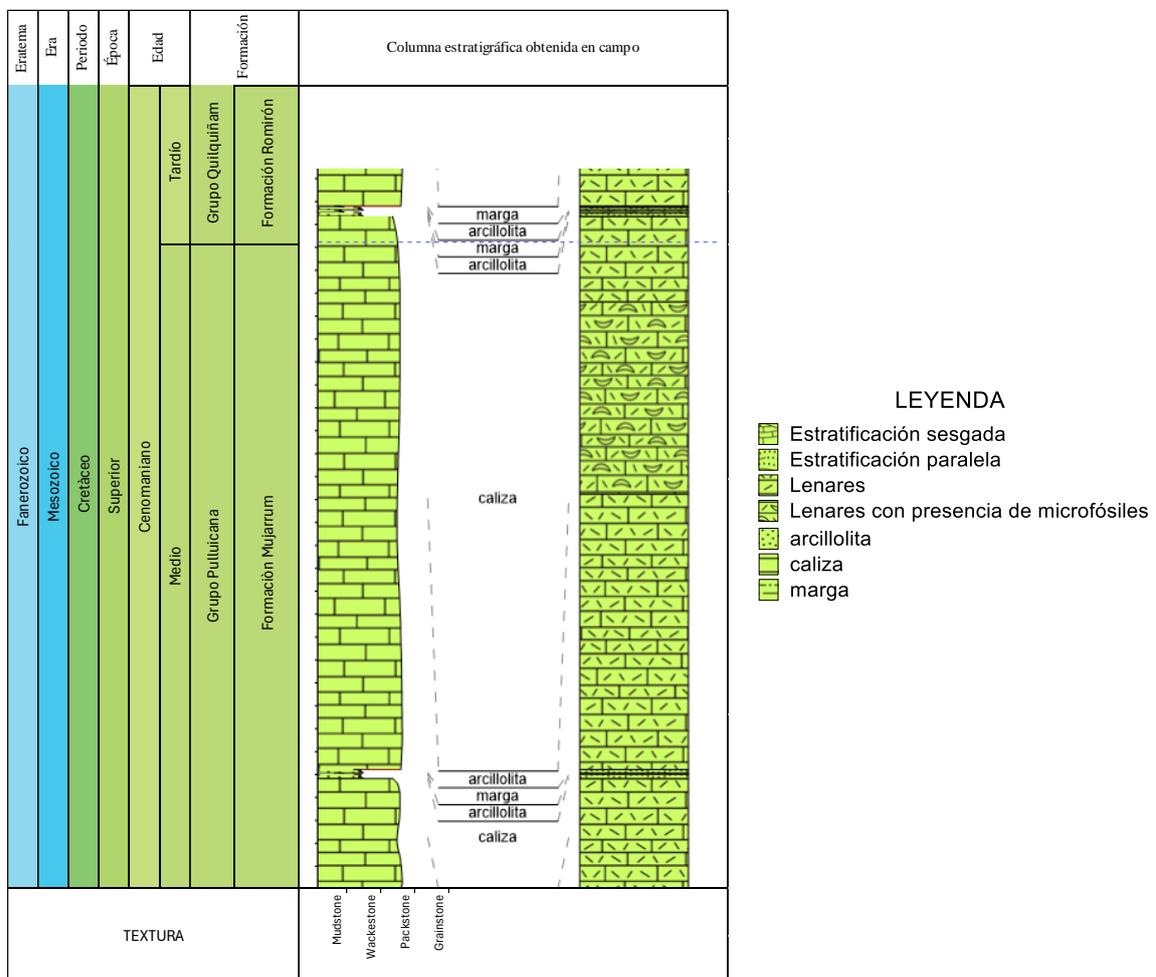


Figura 19. Segmento estratigráfico de la Formación Mujarrum

Fuente: Adaptado de Cacya D. et al., 2021

Teniendo en cuenta la Tabla 6, se detalla a la Formación Mujarrum y al Grupo Quilquiñan indivisos, en la columna cronoestratigráfica, de esta manera se observa de manera más detallada y específica la ubicación exacta de las formaciones a tratar en la presente investigación.

Tabla 6. Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan Indivisos

Eratema	Era	Período	Época	Edad	Formación	Espesor		
Fanerozoico	Mesozoico	Cretácico	Superior	Turoniano	Superior	Formación Cajamarca	600-700	
					Inferior	Grupo Quilquiñan	Coñor	150
				Cenomaniano	Tardío	Grupo Quilquiñan	Romiròn	150
					Medio	Grupo Pulluicana	Formación Mujarrum	200
					Temprano	Grupo Pulluicana	Formación Yumagual	700

Fuente: Adaptación de Cacya D. et al., 2021

### 3.3.4. SEDIMENTOLOGÍA

Estudio de los procesos que: forman, transportan y depositan materiales que se acumulan como sedimento (procesos sedimentarios) en ambientes continentales y marinos.

Cuyos objetivos son:

- Estudio del funcionamiento de los procesos sedimentarios:
- Intemperismo, erosión transporte y cualquier otra forma de producción de sedimentos
- Transporte, depósito y acumulación de sedimentos
- Litificación y diagénesis
- Caracterización de los procesos que ocurren en los diferentes ambientes sedimentarios y su relación con los materiales que producen.

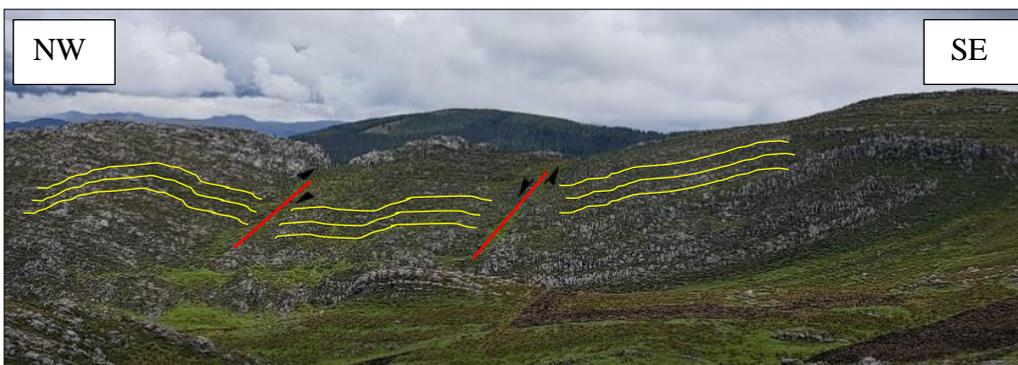
Los procesos sedimentarios en el Distrito de Chetilla son características esenciales del ambiente climático existente, siendo uno de los factores el flujo y sentido de las corrientes. La investigación comprende tres zonas de afloramiento de la formación, donde se aprecia estratos de roca caliza, las cuales tienen diferentes características en color, textura y composición. Las que nos ayudó a caracterizar los miembros estratigráficos estudiados.



Fotografía 5. Falla de cizalla sinestral

Los pliegues de estos estratos se encuentran con fallas de cizalla dextral, así como se aprecia en la Fotografía 5. La distribución de los estratos fue desplazada por la falla alrededor de 5 metros aproximadamente. En el afloramiento se encuentran pequeñas intercalaciones de margas y arcillolitas.

Vista desde un punto estratégico se aprecia el desplazamiento de una porción de la estructura rocosa evidenciando el deslizamiento; siendo este, controlado por dos fallas generando la topografía de la zona de estudio. Este control es evidenciado en la Fotografía 6.



Fotografía 6. Fallamiento tipo traslacional en el área de investigación

Para el segundo afloramiento, ubicado en el centro de la zona de estudio, se observa roca caliza (ver Fotografía 7) en contacto con el depósito cuaternario aluvial; ubicado con, N: 9211992, E: 761398 y Cota: 3701

La presencia de abundante vegetación en el afloramiento da a conocer la existencia de agua en la zona, esto debido a las constantes precipitaciones dando a conocer la razón de la

existencia de lenares (rocas carbonatadas moldeadas por el agua), La estructura rocosa perteneciente al afloramiento de la Formación Mujarrum contiene alto grado de contenido de carbonato de calcio.



Fotografía 7. Afloramiento del Grupo Quilquiñan en un Depósito Cuaternario

Este afloramiento consta con más de 30 metros lineales a lo largo, 15 metros lineales a lo ancho y con un área de 450 m<sup>2</sup> aproximadamente. Adicionalmente encontramos varias familias de fracturas y diaclasas en la roca; se aprecia también intercalaciones de margas y arcillolitas de manera discontinua, provocando hiatos en diversos puntos del afloramiento.

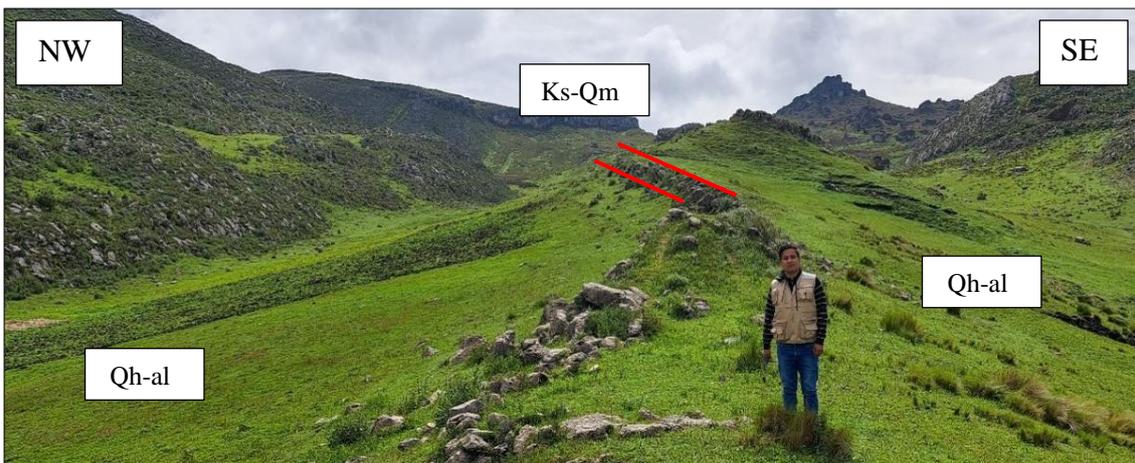
Afloramientos de la Formación Mujarrum en depósitos cuaternarios, con material aluvial que llega a cubrir parcialmente; ubicado con, N: 9212022, E: 761320 y Cota: 3698. Como se aprecia en la Fotografía 8.

El afloramiento que se encuentra delimitado por la elipse de línea negra es de unos ciento cincuenta metros cuadrados (150m<sup>2</sup>). Así mismo se observa el contacto inferido existente entre la Formación Mujarrum y el Depósito Cuaternario, delimitado por una línea de color rojo.



Fotografía 8. Afloramiento del Grupo Quilquiñan

Existen plegamientos del Grupo Quilquiñan aflorando en el valle formado con un buzamiento de  $54^\circ$  NE con un espesor 3 m de espesor real; ubicado en el centro de la zona de investigación, denotado con, N: 9212044, E: 760926, Cota: 3656, Az:  $N298^\circ$  y Bz:  $54^\circ$ NE, como se aprecia en la Fotografía 9. Este plegamiento se encuentra cubierto por depósitos cuaternarios a lo largo de la zona central de la investigación.



Fotografía 9. Afloramiento de pliegue de estrato erosionado y cubierto

Contacto entre el depósito cuaternario y la Formación Mujarrum. En la siguiente fotografía se aprecia el contacto inferido gracias a la vegetación y el terreno descubierto por los moradores de la zona; ubicado con, N: 9212108, E: 760970, Cota: 3645. Se logra apreciar dicho contacto delimitado por una línea de color azul en la Fotografía 10.

En campo, se aprecia que debajo del Depósito Cuaternario, se ubica la Formación Cajamarca.



Fotografía 10. Contacto del depósito cuaternario y el Grupo Quilquiñan

Obtención de azimut, representada por una línea ploma y buzamiento, representada por la línea roja que se encuentra de manera perpendicular al plano de rumbo (Azimut) de las estructuras de rocas calizas encontradas en el afloramiento de la Formación Mujarrum; ubicado con N: 9212107, E: 761092, Cota: 3679, Az: N309° y Bz: 61°NE. Como se aprecia en la Fotografía 11.



Fotografía 11. Toma de azimut y buzamiento de estrato

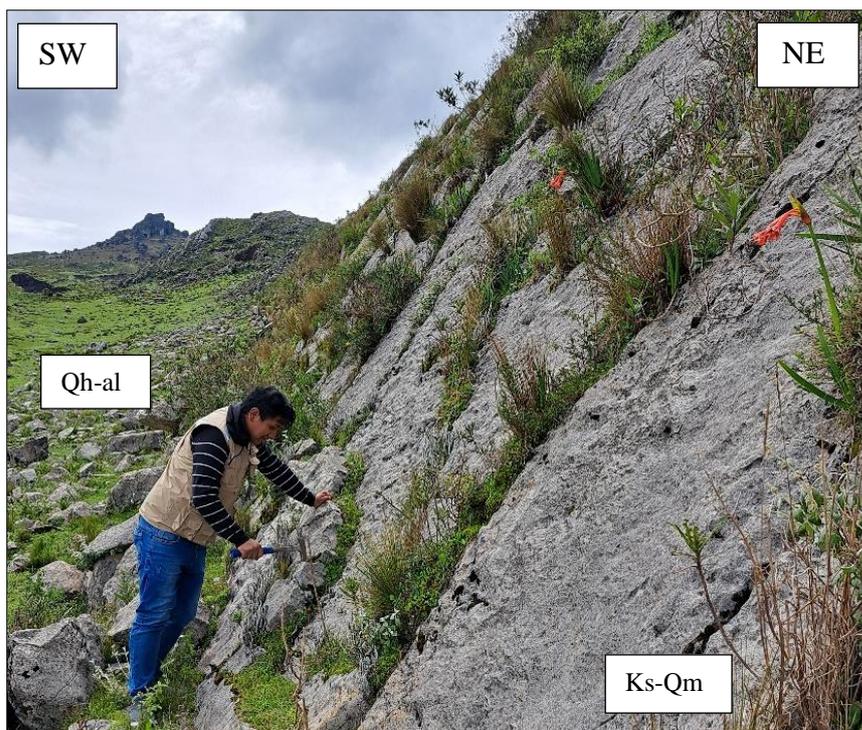
En el techo de la Grupo Quilquiñan se reconoció el contacto de la Formación y el Depósito cuaternario (Fotografía 12) delimitada por una línea azul, debido a que está se encuentra expuesta por erosión de la zona, en contacto con depósitos cuaternarios; ubicado con N: 9211966, E: 760899, Cota: 3650, Az: N302° y Bz: 68°NE.



Fotografía 12. Contacto entre el Grupo Quilquiñan y el Depósito Cuaternario

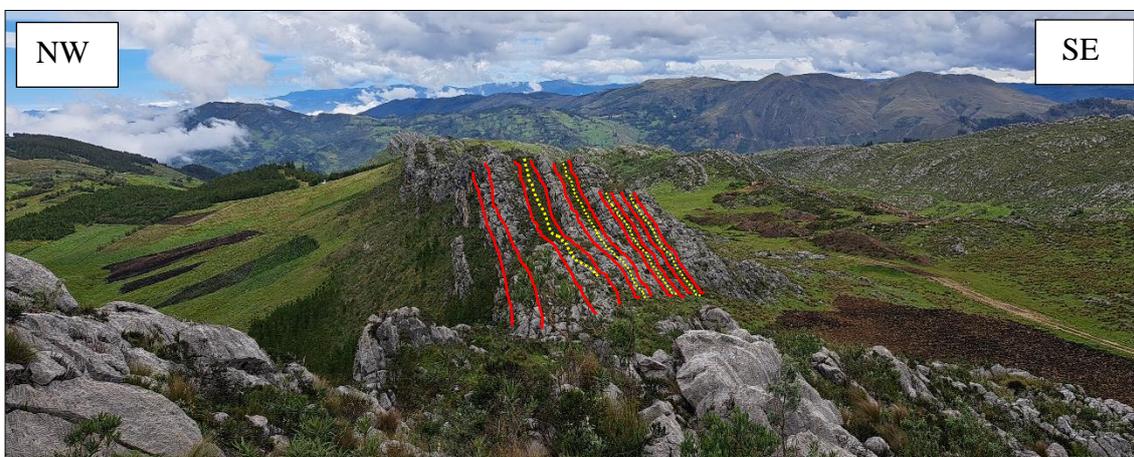
En el centro de la zona de investigación se encuentra el afloramiento de roca caliza con gran dureza; así mismo, esta se encuentra con fracturas y diaclasas recubiertas por material vegetal como se aprecia en la Fotografía 13.

No se llega a apreciar restos fósiles; sin embargo, se nota la fuerte reacción con el ácido clorhídrico, debido a su alto contenido a carbonato de calcio.



Fotografía 13. Techo del Grupo Quilquiñan

En la Fotografía 14, se logra apreciar la estratificación intercalada de caliza y arcillolita a gran escala, siendo esta representación uno de los flancos representativos de la Formación que aflora en la zona de investigación; esto gracias a la dureza rocosa, la cual resistió la erosión ocasionada por los factores climáticos existentes en la zona, prevaleciendo en el tiempo geológico esta estructura.



Fotografía 14. Estratificación perteneciente al afloramiento, la cual se encuentra casi perpendicular al horizonte

### 3.3.5. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Una estructura sedimentaria es la organización geométrica de los elementos con respecto a las texturas de sedimentos que se ubican dentro de la roca.

Tabla 7. Estructuras sedimentarias

<b>PRE- SEDIMENTARIAS</b>	<b>SIN-SEDIMENTARIAS</b>	<b>POST- SEDIMENTARIAS</b>
	Estratificación paralela	
No presentan este tipo de estructuras.	Estratificación sesgada o cruzada	Lenares
	Estratificación intercalada	

En las siguientes fotografías se observan relleno de material faunístico, esto gracias al Deposito Cuaternario, presencia de agua y la intrusión de las raíces de las plantas, así como se aprecia estructuras post - sedimentarias como los lenares, estructuras que predominan en toda la superficie de la zona de investigación

La estratificación paralela es predominante en la zona de investigación en gran escala, en la zona donde se aprecia al Grupo Quilquiñan, esta estratificación se aprecia en la Fotografía 15 marcada por líneas de color amarillo.



Fotografía 15. Estratigrafía de estructura paralela a gran escala

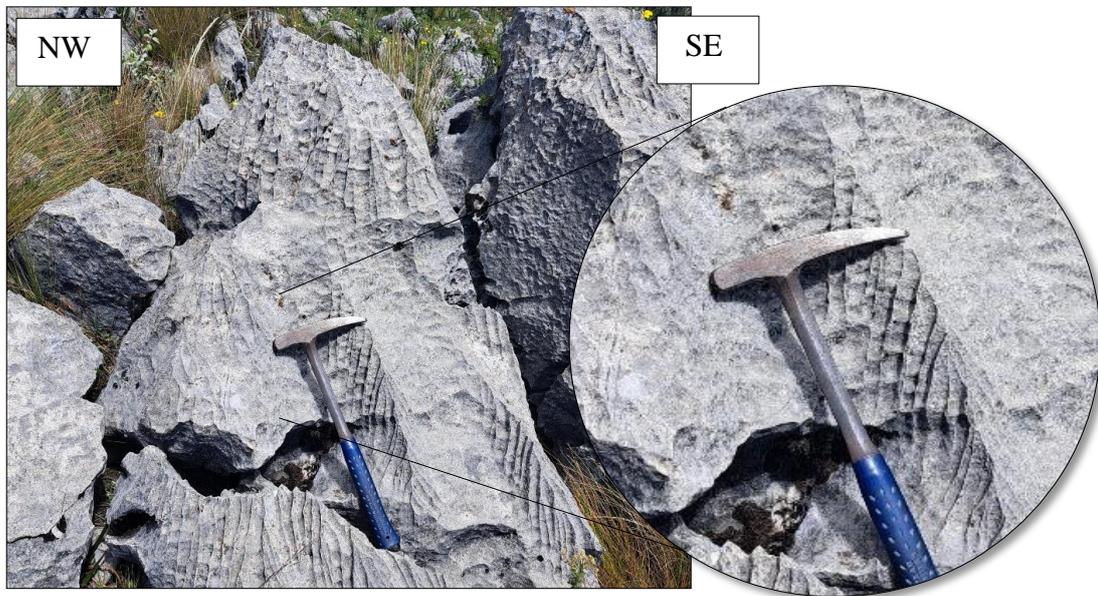
También se tiene la estratificación paralela en pequeña escala, ubicada en N: 9212107, E: 761092, Cota: 3679, Az: N313° y Bz: 65°NE, detallado por líneas en color rojo.

Los datos obtenidos de la estratificación son pertenecientes a roca caliza, con pequeñas intercalaciones de margas y arcillolitas; la superficie de la zona de investigación está constituida por roca y vegetación. Como se aprecia en la Fotografía 16.



Fotografía 16. Estratificación paralela

También encontramos estructuras post- sedimentarias, como son el caso de los lapiaces, estructuras que son creadas por el modelado de la roca caliza producido por las constantes precipitaciones existentes en la zona. La Fotografía 17, con la siguiente información: N: 9211698, E:761224, Cota: 3736, Az: N288° y Bz: 64°NE.



Fotografía 17. Estructuras Lapiaces

Se presentan diversas estructuras de estratificación paralela e intercalada (roca caliza con intercalación de margas y arcillolitas), así como estratificación cruzada (en la intercalación de margas y arcillolitas), a pequeña escala.



Fotografía 18. Estratificación paralela (rojo) y estratificación sesgada (amarillo).

Así como se presenta en la Fotografía 18, de donde se obtuvo la información del espesor real existente, para poder desarrollar las diversas columnas estratigráficas como se aprecia en la sección de la Figura 20.

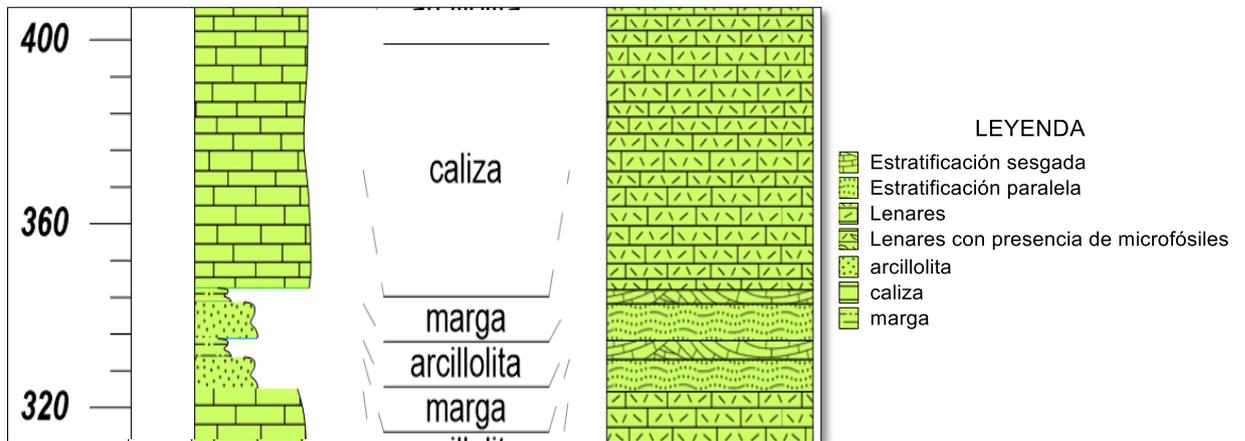
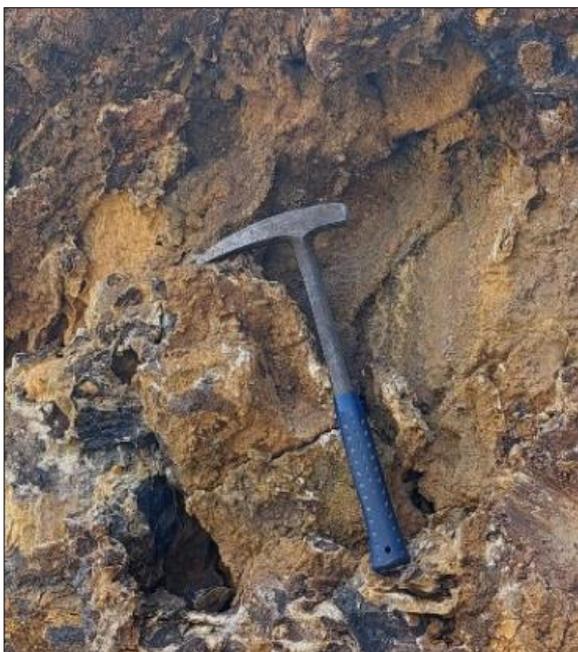


Figura 20. Datos de columna estratigráfica de rocas y estructuras obtenidas en campo

### 3.3.6. LITOLOGÍA

En el centro de la zona de investigación, se realizaron cortes a los estratos del afloramiento, dando a conocer material rocoso altamente meteorizado, al ser su componente rocoso la caliza, la roca tiende a tener efervescencia y tener un color anaranjado, al tener muestras de dicha zona se aprecia la reacción al ácido clorhídrico. Encontrándose en las siguientes coordenadas N: 9211726, E: 761137, Cota: 3736, Az: N301° y Bz: 60°NE.



Fotografía 19. Roca caliza alterada

A lo largo de la zona de investigación se encuentra la roca caliza aflorando, algunas de ellas fuertemente intemperizadas. Después de obtener muestras de mano para realizar el reconocimiento se determina el alto contenido de carbonato de calcio sin tener en cuenta el nivel de intemperismo. Así como se muestra en la Fotografía 20.



Fotografía 20. Roca caliza, con efervescencia al Ácido Clorhídrico

La muestra de aragonito es una estructura que contiene cristales bien formados en forma masiva, tiende a tener alto grado de efervescencia al contacto con el Ácido Clorhídrico, así como se corrobora en la Fotografía 20.



Fotografía 21. Aragonito

Roca Caliza meteorizada que contiene venillas de calcita, con textura no clástica; donde se aprecia que la zona fresca, tiene alto grado de efervescencia al contacto con el ácido

clorhídrico; la zona que tiene meteorización también contiene efervescencia, pero con menor grado de reacción.



Fotografía 22. Roca Caliza meteorizada

Así mismo se presenta en la Fotografía 22, a la muestra de mano de roca caliza con superficie fresca, con alto grado de reacción al ácido clorhídrico, esto debido a su composición. En la misma se encuentran venillas de calcitas, en algunos casos con espesores no mayores a cuatro milímetros (4mm) y en su gran mayoría con espesores de un milímetro (1mm).



Fotografía 23. Roca caliza fresca, libre de meteorización.

### 3.1.1. ESTRATIGRAFÍA

Estudio de las rocas como cuerpos de extensión tridimensional para: determinar su extensión y secuencia; y como consecuencia determinar así, el orden y temporalidad de los eventos de la historia terrestre, en la zona de investigación se presentan con total predominancia la roca caliza con breves intercalaciones de arcillolitas. Así mismo suprayace depósitos cuaternarios (depósitos más recientes) el cual cubre casi en su totalidad a la Formación Cajamarca.

Tabla 8. Ubicación estratigráfica de la Grupo Quilquiñam - Formación Mujarrum

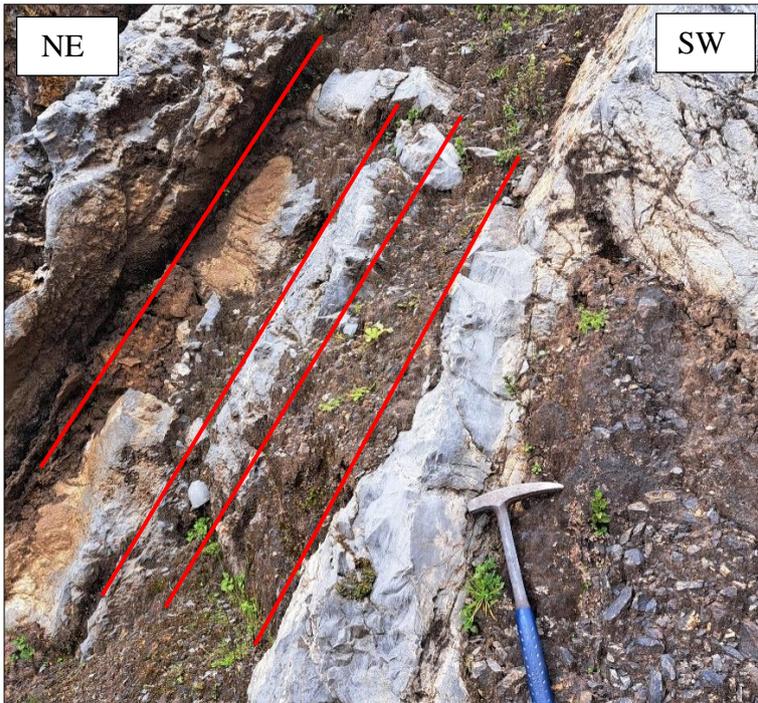
Eratema	Era	Período	Época	Piso / Edad	Formación	Espesor	Edad (Ma)	
Fanerozoico	Mesozoico	Cretácico	Superior	Senoniano	Santoniano	Formación Celendín	200	86.3 ±0.5
					Coniaciano			89.8 ±0.3
				Turoniano	Superior	Formación Cajamarca	600-700	93.9
					Inferior			
				Cenomaniano	Tardío	Grupo Quilquiñam	Coñor	150
							Romiròn	150
			Medio		Fm Mujarrum		200	
				Temprano	Grupo Pulluicana	Fm Yumagual	700	100.5
			Albiano	Tardío		Grupo Crisnejas	Fm Pariatambo	
				Temprano	Fm Chulec		200-250	
					Formación Inca	150	~ 113.0	
			Aptiano	Tardío	Formación Farrat	500	~ 121.4	

Fuente: Adaptación de Cacya D. et al., 2021

Se presenta en la zona de estudio, estratos con un azimut promedio de 290° y rumbo de 69°. Sin embargo, se detallarán en cada fotografía el azimut y buzamiento respetivamente.

En la Fotografía 24 observamos estratificación paralela compuesta por caliza, seguidos por la intercalación de margas y arcillolitas amarillentas, lo cual nos indica que esta zona tiene características correspondientes a la Formación Mujarrum.

Además de material del depósito cuaternario; también se muestra cambios de la roca debido a la interacción con las precipitaciones en las siguientes coordenadas; N: 9211768, E: 761036, Cota: 3745, Az: N307° y Bz: 64°NE.



Fotografía 24. Estratificación paralela con cierto grado de meteorización.

Muestra de roca caliza extraída de la zona, la cual tiene presencia de arcillolitas y margas amarillentas, características idóneas de la Formación Mujarrum. La roca tiene alto grado de efervescencia al contacto del ácido clorhídrico.

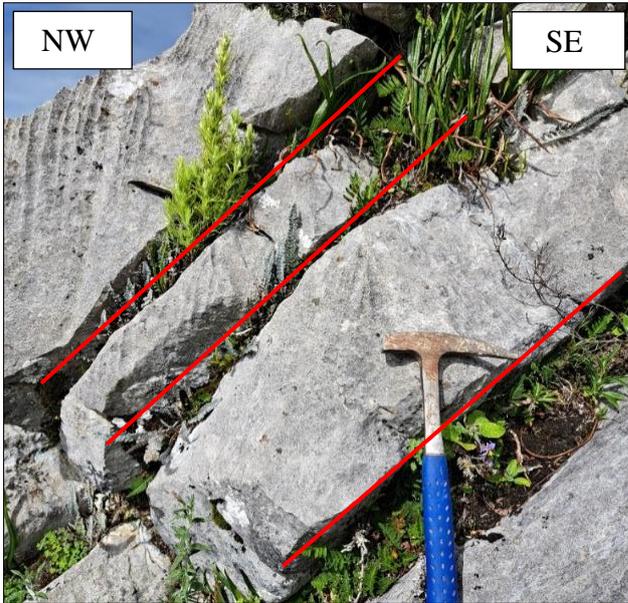
Se extrajo una muestra de mano como se aprecia en la siguiente fotografía para poder caracterizar a detalle la composición de esta. Como se muestra en la Fotografía 25.



Fotografía 25. Roca caliza meteorizada con presencia venillas de calcita

Continuado con la secuencia estratigráfica se encuentra la caracterización de roca caliza nodular en la base de la Formación Romirón, pero con ausencia de las margas amarillentas., el cual suprayace a la Formación Mujarrum, en la Fotografía 26 apreciamos la continuidad

de paralelismo de la roca caliza de gran compactibilidad que, por efectos del agua y la temperatura, ha hecho posible el crecimiento de vegetación. N: 9212035, E: 761427, Cota: 3115, Az: N313° y Bz: 65°NE.



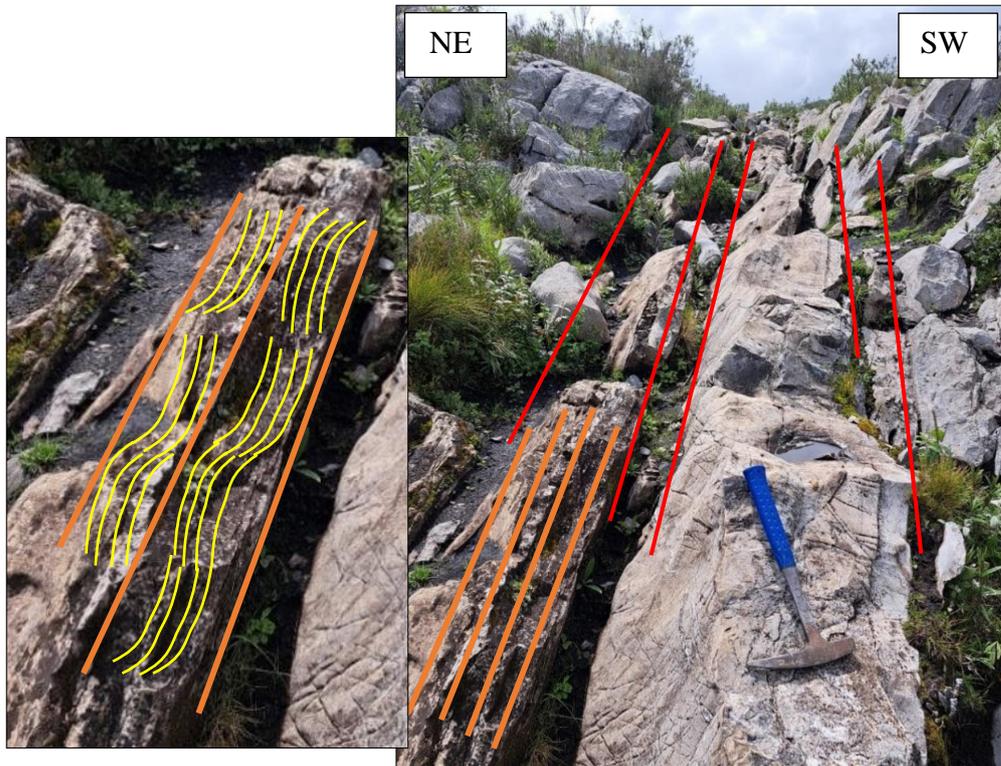
Fotografía 26. Estratigrafía del afloramiento del Grupo Quilquiñan

Muestra de roca caliza nodular, perteneciente de la Formación Romirón debido a sus características mostradas en campo, las cuales son la presencia de pequeños nódulos, identificados por tener aros circundantes a un punto central compuesto por calcita. Sin embargo, se tiene una muestra de roca de caliza con venillas delgadas de calcita y con granulometría de medio a grueso, como se aprecia en la Fotografía 27.



Fotografía 27. Roca caliza nodular

Se observan estratos de caliza con estratificación paralela representadas en líneas de color rojo y en la Fotografía 28, también se observa estratificación sesgada en líneas de color amarilla y anaranjada; en N: 9211960, E: 760896, Cota: 3652, Az: N294° y Bz: 67°NE.



Fotografía 28. Estratificación paralela y sesgada de la Formación Mujarrum

Así mismo se aprecia la continuidad estratigráfica de la Formación Romirón y la Formación Coñor (Grupo Quilquiñan). Donde se aprecia roca caliza gris oscuro compacta sin margas amarillentas y roca caliza clara, sin presencia de fósiles. (Fotografía 29).



Fotografía 29. Roca caliza clara sin presencia de venillas de calcita



Fotografía 30. Contacto de la Formación Romirón y Formación Coñor

### 3.1.2. ANÁLISIS PALEONTOLÓGICO

La paleontología ayudara a identificar el ambiente de formación donde se desarrollaron estos restos fósiles.

Los restos fósiles en la zona que aflora la Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan, en el Distrito de Chetilla está constituido por pequeñas biozonas, como se aprecian a continuación. Se detallan en la Formación Coñor, Romiròn y Mujarrum fósiles como amonites, lamelibranquios y gasterópodos (Cacya D. et al., 2021); siendo los antes mencionados pertenecientes al Filo Mollusca y Reino Animalia, como se puede detallar en la Tabla 9. Es posible apreciar muestras de biozonas de estos microfósiles con ayuda de una lupa (20x), en tres zonas específicas a lo largo del afloramiento, sin embargo, se evidencia también que estos fósiles han tenido poco desarrollo para poder madurar y crecer adecuadamente.

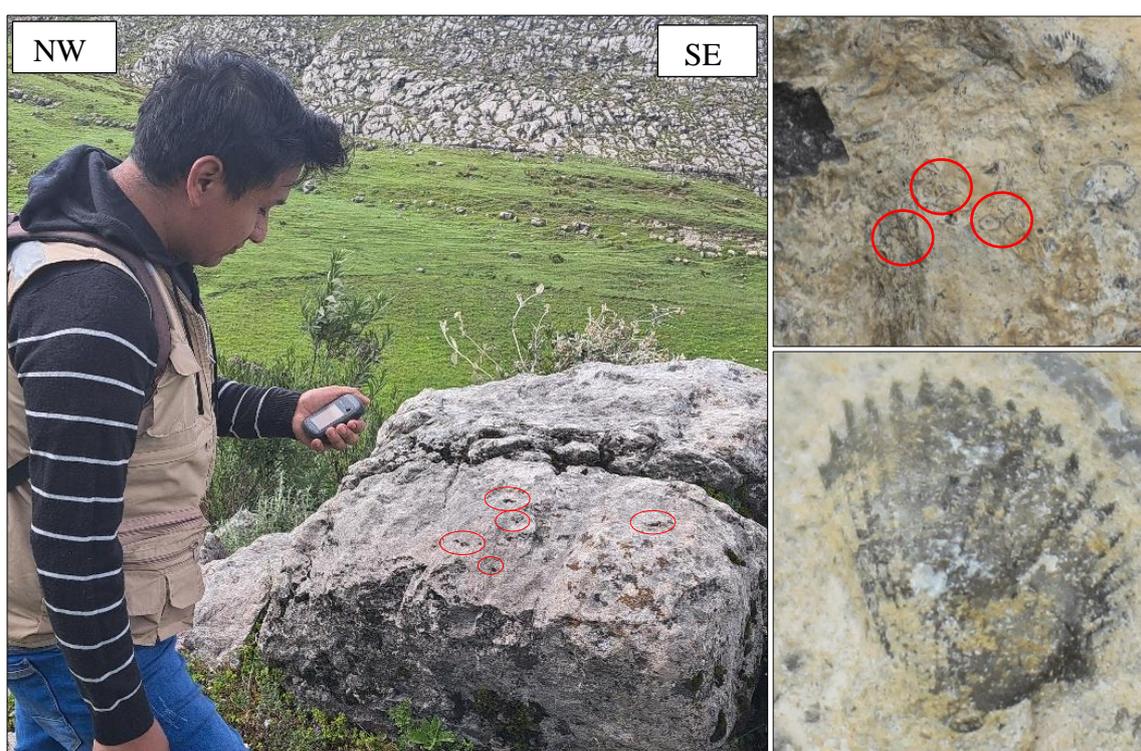
Tabla 9. Taxonomía de los restos encontrados

Taxonomía		
<b>Reino</b>	Animalia	
<b>Filo</b>	Mollusca	
<b>Clase</b>	Bivalvia	Cephalopoda
<b>Género</b>	Lamelibranchios	Ammonoidea

Fuente: Adaptación de Aguirre, 2019

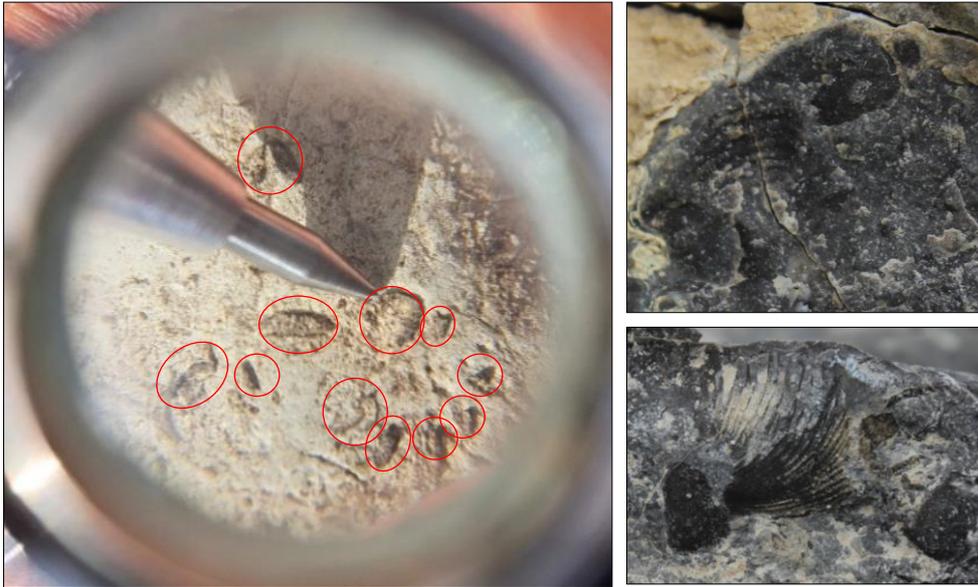
El registro fósil de las Formaciones menciona la existencia de fósiles como el género lamelibranquio; sin embargo, en la zona de investigación nos limita a pequeños sectores que contienen restos de biozonas de microfósiles de lamelibranquios apreciables con una lupa de veinte aumentos (20x).

La siguiente fotografía 31 ubicada al noreste de la carretera, con coordenadas N: 9212543, E: 761422 y Cota: 3642; donde aflora roca caliza con características nodulares y venillas de calcita, esta información nos da a conocer la pertenencia a la Formación Romirón del Grupo Quilquiñan; siendo este afloramiento uno de los lugares donde se tiene la presencia de fósiles lamelibranquios de Clase Bivalva, correspondiente a la Filo Mollusca.



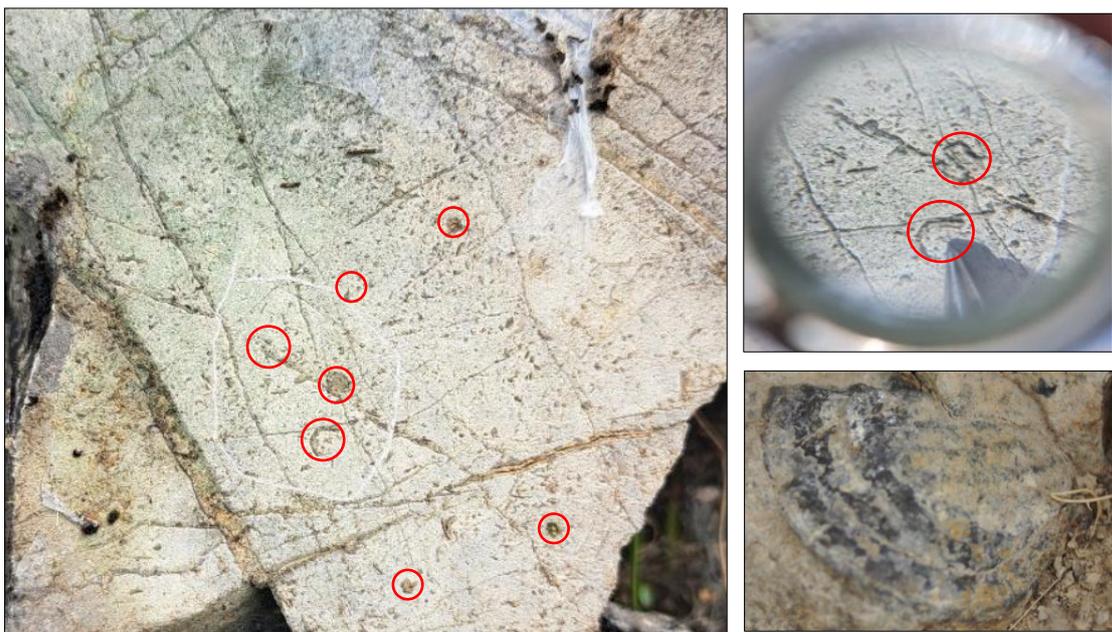
Fotografía 31. Punto de encuentro de biozona de Lamelibranquios

La zona de investigación nos limita a pequeños sectores que contienen restos de biozonas de microfósiles de lamelibranquias apreciables con una lupa de veinte aumentos (20x). Ubicado en, N: 9212132, E: 761047 y Cota: 3671 como se puede apreciar en la Fotografía 32. Así mismo, se aprecia la charla anodonta en la superficie, siendo esta la que se apunta con el rayador; a la izquierda se observa una de las valvas formadas con un espesor aproximado de 2mm.



Fotografía 32. Microfósiles de Lamelibranquios

Los cefalópodos presentes en la zona de investigación tienen un tamaño pequeño dejando los restos de las cámaras sifonales de forma alargada, subcilíndrica y sinuosa, esto nos da a conocer que la vida marina no fue larga, pero si fue abundante como se llega a observar en la Fotografía 33; ya que, si hubiese existido las condiciones adecuadas para la actividad marina los fósiles hubieran desarrollado ornamenta y mayor tamaño.



Fotografía 33. Microfósiles de cefalópodos, apreciables con lupa (20x)

En el siguiente punto de hallazgo fosilífero, se continúa apreciando biozonas de pequeños lamelibranchios donde el espesor de las valvas expuestas no supera los 2mm. Las cuales

son observadas a través de la lupa con 20 aumentos (20x); así mismo se aprecia diminutos bivalvos con 30 aumentos (30x). Ubicados en, N: 9212322, E: 761054 y Cota: 3656. En el aumento se observa



Fotografía 34. Restos de microfósiles en biozonas de lamelibranquios.

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1. BIOESTRATIGRAFÍA DEL GRUPO QUILQUIÑAN**

En la zona de investigación se encontró biozonas de lamelibranquios en la Formación Romiròn y biozonas de cefalópodos en la Formación Coñor; sin embargo, no se muestra en el afloramiento de la Formación Mujarrum. El hallazgo de las biozonas no es en la extensión de los afloramientos, más por el contrario, se encuentran de manera puntuales en el Noreste de la zona. Los restos fósiles encontrados pertenecen a pistas, caminos fosilizados dejados por fósiles (biozonas). Dichas biozonas (lamelibranquios y cefalópodos) pertenecientes al periodo de transición marina (Cenomaniano Medio – Turoniano Temprano); el tamaño de los fósiles da a conocer que la vida en ese ambiente fue de corto tiempo, pues no existió un mejor desarrollo de su composición, ya sea en tamaño u ornamenta.

#### **4.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS.**

El Grupo Quilquiñan cuenta en estratos compuestos de caliza con intercalación de margas y arcillolitas; y la Formación Mujarrum, compuesta por caliza con arcillolitas amarillentas. Sin embargo, en los afloramientos existentes en el Distrito de Chetilla se encuentra ausente la intercalación de margas y arcillolitas, esto debido a la erosión. Con una gran extensión de lapiaces a lo largo de la extensión topográfica, roca caliza cuenta con alto grado de concentración de carbonatos de calcio. Esto debido a la presencia de fósiles en las Formaciones que pertenecen al Grupo Quilquiñan.

En los ambientes donde aflora la Formación Romiròn se logra apreciar la intercalación de margas y arcillolitas de menor espesor, siendo estas de 25 a 40 centímetros de espesor real; pero, en la Formación Coñor y Mujarrum la presencia de caliza (lapiaz) es predominante y cuenta con altos porcentajes de precipitación, fuertes corrientes de vientos y vegetación altamente inmersa en la topografía de la zona. Esto hace posible que en el Distrito de Chetilla la Formación Mujarrum y Formación Coñor no cuente con afloramiento de intercalación de margas y arcillolitas en la superficie.

#### **4.3. AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN.**

La ubicación estratigráfica corresponde al periodo Cretácico superior, entre los pisos Cenomaniano medio al Turoniano inferior, constituidas de roca caliza (con estratos de 1 a 1.8 metros de espesor), e intercalaciones de margas y arcillolitas (con estratos de 30 a 60 centímetros de espesor). Las constantes precipitaciones forman las grandes extensiones de lapiaces; la génesis de las Formaciones Coñor, Romiròn y Mujarrum en un ambiente marino por registro de microfósiles de lamelibranquios y cefalópodos brindan el alto contenido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) de las calizas.

#### **4.4. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS**

La Formación Mujarrum y el Grupo Quilquiñan, constituida por la Formación Coñor y Romiròn; ubicadas en el Distrito de Chetilla, perteneciente al Cretácico superior, entre las edades del Cenomaniano medio al el Turoniano inferior, constituida por rocas Caliza, con intercalación de arcillolitas y margas; La Formación Mujarrum tiene un espesor de doscientos metros (200m); y el Grupo Quilquiñan con la Formación Coñor y Romiròn, con ciento cincuenta metros (150m) de espesor cada una. La presencia de fósiles en biozonas de lamelibranquios y cefalópodos se encuentran en el Grupo Quilquiñan.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

La predominancia de microorganismos, como los microfósiles de lamelibranquios, sugiere condiciones favorables para la vida marina en el pasado. Aunque estos fósiles son pequeños y carecen de ornamentación significativa, su abundancia indica que hubo un período prolífico de actividad marina. La ausencia de formas más desarrolladas podría indicar cambios ambientales o limitaciones locales que influenciaron la evolución de estas especies.

Las características lito-bioestratigrafía del Grupo Quilquiñan en el Distrito de Chetilla, tienen presencia de biozonas compuestas por lamelibranquios y cefalópodos, roca caliza e intercalación de margas y arcillolitas.

La litología del Grupo Quilquiñan es constituida de calizas grises claras a lo largo del afloramiento. Las unidades lito- bioestratigráficas dan a conocer que la vida biológica marina no duro mucho tiempo, debido a la existencia de biozonas de tamaño microscópico y sin presencia de ornamentación desarrollada, lo cual reafirma que no tuvo mucha duración, pero si fue abundante por el alto contenido de carbonato de calcio en las calizas; así también, la presencia de estructuras exógenas, estratificación paralela, sesgada.

El ambiente de la Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan en el Distrito de Chetilla que corresponde al Cretácico superior, entre las edades del Cenomaniano tardío al Turoniano temprano.

#### **5.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a futuros tesisistas y alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica realizar estudios de laboratorio, como son el caso de secciones pulidas para identificar restos fósiles con una mayor precisión, ya que con esto se podrá contribuir con la recolección de datos necesarios para futuros investigadores. Elaborar estudios de análisis de cuencas sedimentarias para conocer la evolución tectónica y depositacional del ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, E. S. (29 de marzo de 2019). *Periodo Cretácico: características principales*. Obtenido de <https://www.unprofesor.com/ciencias-sociales/periodo-cretacico-caracteristicas-principales-3247.html>
- Arche, A., & López Gómez, J. (2010). *Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, Madrid.
- Balcázar, R. A. (2019). Sedimentología y estratigrafía de la Formación Carhuaz en el Distrito de la Encañada. *Tesis Profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Desktop/SEDIMENTOLOG%20Y%20ESTRATIGRAF%20DE%20LA%20FORMACI%20N%20CARHU%20EN%20EL%20DISTRITO%20DE%20LA%20ENCA%20ADA.pdf>
- Bardales, B. (2014). Análisis estructural de las secuencias cretáceas de Los Baños del Inca y alrededores, Cajamarca - Perú. *Para optar el Título Profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de [https://docplayer.es/storage/76/73235498/1677022320/ge9g55tVzbZnwOsgCju\\_pg/73235498.pdf](https://docplayer.es/storage/76/73235498/1677022320/ge9g55tVzbZnwOsgCju_pg/73235498.pdf)
- Barragán, R., Campos, E., Ferrusquía, I., López, I., & Tolson, G. (2010). *Boletín 117 - Código estratigráfico norteamericano*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/bol117.pdf>
- Benavides, V. (1956). *Geología de la Región de Cajamarca*.
- Caceres, D., Lezameta, P., & Merlo, R. y. (2013). *Estudio fotogeológico de la zona Chamis*. Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/342835783/Estudio-Fotogeologico-de-Chamis>
- Cacya, L., Choquehuanca, S., Chumpitaz, M., Gómez, E., & Soaña, J. (2021). Geología del cuadrángulo de Bolívar (hojas 15h1, 15h2, 15h3, 15h4). *Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional*. INGEMMET, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3298?locale=es>

- Caja, N. (2017). Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual comprendida en los sectores de Ronquillo, Puyllucana y la Encañada, 2017. *Tesis profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2127/TESIS%20PROFESIONAL%20OFICIAL%202017-NCCR%20\\_SP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2127/TESIS%20PROFESIONAL%20OFICIAL%202017-NCCR%20_SP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carrasco, C. H. (2019). *Caracterización petrológica del volcánico Huambos en las zonas de Tual y Porcón Bajo*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3466>
- Cerdán, J. I., Jara, G., Merlo, R., & Izquierdo, T. J. (2013). *Exploración geotécnica en el caserío de Chamis*. Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/132859807/EXPLORACION-GEOTECNICA-EN-EL-CASERIO-DE-CHAMIS>
- Chávez, M. J. (2010). *CAPITULO II: Geología regional*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Biblioteca central de la UNMSM. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/aliaga\\_chm/Geo\\_regio.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/aliaga_chm/Geo_regio.pdf)
- D. Miall, A. (2016). *Stratigraphy: A Modern Synthesis*. University of Toronto, Canadá. doi:10.1007/978-3-319-24304-7
- De Renzi, M., Martinell, J., & Reguant, S. (1975). Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología. *Acta Geológica Hispánica*. Geología Hispánica, España. Obtenido de [https://eprints.ucm.es/21130/1/023\\_88\\_Bioestratigrafia\\_Desarrollo\\_historico.pdf](https://eprints.ucm.es/21130/1/023_88_Bioestratigrafia_Desarrollo_historico.pdf)
- Dunham, R. (1962). *Clasificación de rocas carbonatadas según textura depositacional*. Estados Unidos.
- Estela, J. J. (2017). *Caracterización petrológica de la Formación Porculla (Grupo Calipuy), Cumbemayo, Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de [file:///C:/Users/hp/Desktop/CARACTERIZACION%20PETROLOGICA%20DE%20LA%20FORMACION%20PORCULLA%20\(GRUPO%20CALIPUY\),%20CUMBEMAYO,%20CAJAMARCA.pdf](file:///C:/Users/hp/Desktop/CARACTERIZACION%20PETROLOGICA%20DE%20LA%20FORMACION%20PORCULLA%20(GRUPO%20CALIPUY),%20CUMBEMAYO,%20CAJAMARCA.pdf)

- Fernández. (2010). *Tesis “Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores”*. Cajamarca.
- Gama, P. (2005). *Principios de Paleontología*. Bogotá.
- García, P. L. (2014). *Estudio bioestratigráfico de la Formación Chulec en la zona de Puyllucana • Santa Úrsula*. Tesis Profesional, Cajamarca. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/123/T%20551%20T693%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales, W. E. (2021). Caracterización estratigráfica de la Formación Chúlec y su asociación en los eventos transgresivos en la cuenca Cajamarca, Provincia de Tumbes, 2021. *Investigación para obtener Título*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29486>
- Guerrero, L. A. (2022). Bioestratigrafía y paleoecología de dinoflagelos del Cretácico Superior en zonas tropicales. *Tesis para doctorado en Ciencias*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Mexico. Obtenido de [https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3725/1/Tesis\\_Luis\\_Andr%C3%A9s\\_Guerrero\\_Murcia\\_07%20junio%202022\\_BIB.pdf](https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3725/1/Tesis_Luis_Andr%C3%A9s_Guerrero_Murcia_07%20junio%202022_BIB.pdf)
- Hooligan, A. L. (18 de Marzo de 2015). *Teoría del Uniformismo*. Obtenido de <http://teoriadebiologiaii.blogspot.pe/>
- Julca, V. (2022). Caracterización lito-bioestratigráfica de la Formación Pariatambo en el Caserío de Carahuanga del Distrito de Baños del Inca. *Tesis Profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcgleclefindmkaj/https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4788/TESIS%20PROFESIONAL-VIDAL%20JULCA%20S%C3%81NCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- L. Torres, A. G.-C. (2004). *Petrología metamórfica*. España: Universidad de Granada. Obtenido de [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1949/1/T026\\_71232204\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1949/1/T026_71232204_T.pdf)

- Lagos M; Sánchez J; Quispe Z. y Palacios O. (2007). de “Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca” .
- León, W., Aleman, A., Rosell, W., Torres, V., & De la Cruz, O. (2008). Estratigrafía, Sedimentología y Evolución Tectónica de la Cuenca Pisco Oriental. *Boletín N° 27 Serie D*. INGEMMET, Lima. Obtenido de [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/341/71/D027-Boletin-Estratigrafia...evolucion\\_tectonica...cuenca\\_Pisco\\_oriental.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/341/71/D027-Boletin-Estratigrafia...evolucion_tectonica...cuenca_Pisco_oriental.pdf)
- Lombard. (1956). *Sédimentologie et Recherche des Gisements Sédimentaires Marins de Phosphate*. Estados Unidos.
- Macarro, B. F. (2014). *Texturas Rocas Sedimentarias*. Salamanca.
- Mendoza, M. (2021). Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco. *Titulo profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Montes, A. B. (2002). *Principios de Estratigrafía*. Medellín.
- Navarro. (2015). *Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific*.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy* (Vol. 2nd ed.). (G. Nichols, Ed.) UK: 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, UK. Obtenido de <https://raregeologybooks.files.wordpress.com/2014/09/sedimentology-and-stratigraphy-by-gary-nichols.pdf>
- Posamentier. (1988). *Estratigrafía Secuencial de Sistemas Deltaicos en Cuencas*. Estados Unidos.
- Reguant, S. (2014). *Los conceptos de facies en Estratigrafía*. España: Acta Geologica Hispanica. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Desktop/74696-Text%20de%20l'article-97948-1-10-20080110.pdf>
- Requelme, J. H. (2021). Caracterización estructural del sinclinal de Ilullapuquio y su relación en la intrusión del pórfido Colpayoc, Cajamarca. *Titulo profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

- Rodriguez, M. E. (2009). *Estudio de geología*. Cajamarca: Gobierno Regional de Cajamarca. Recuperado el 2 de Septiembre de 2019, de <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>
- Steno. (1968). *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Dinamarca.
- Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis*. Lima: BIOESTADISTICO EIRL. Obtenido de <https://asesoresenturismoperu.files.wordpress.com/2016/03/107-josc3a9-supoc3b3mo-empezar-una-tesis.pdf>
- Valdez, O. R. (2013). *Potencialidades, limitantes institucionales y comunales para la gestión social del agua, microcuenca San Lucas- Distrito de Cajamarca, 2009-2010*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2045/TESIS%20MAESTRIA%20CHOL%C3%81N%20VALDEZ%20OSCAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, J. W. (2017). *Estratigrafía del volcánico huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Eencañada – Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1410/Resumen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, J. A. (1994). “Estratigrafía. Principios y métodos”. *Publicación de estratigrafía*. Universidad de Granada, Madrid, España. Obtenido de [https://www.academia.edu/16710884/Estratigrafia\\_Principios\\_y\\_Metodos\\_Vera\\_Torres](https://www.academia.edu/16710884/Estratigrafia_Principios_y_Metodos_Vera_Torres)
- Vera, H. E. (2017). *Estratigrafía secuencial de la formación Celendín en el Distrito de Celendín – Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Desktop/TESIS%20PROFESIONAL%20100%20%25.pdf>

## ANEXOS

### ANEXOS DE MUESTRAS

#### FICHAS DE CLASIFICACIÓN DE ROCAS

---

#### CALIZA

---

La roca caliza tipo Packstone con alta alteración debido a la meteorización existente por la infiltración hídrica. Se observa óxidos y presencia de pequeños cristales de calcita

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211726
	Este	761137
	Cota	3736

---

#### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

##### Superficie Fresca:

#### COLOR

Color de gris a plomo

---

##### Superficie Intemperizada:

Colores naranjas, rojizos, negruzcos y amarillentos

---

#### COMPOSICIÓN

Compuesta óxidos de hierro, como son el caso de jarosita, hematita y cristalización

---

#### TEXTURA

No Clástica

---

#### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA

---

En la muestra se observa caliza tipo Wackestone con una venilla de calcita. Adicionalmente la muestra tiene alto grado de efervescencia al contacto con solución de Ácido Clorhídrico.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211768
	Este	761036
	Cota	3745

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a ploma

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Marrón, naranja, amarillento

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por caliza, así como óxidos de hierro.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Se aprecia roca caliza tipo Mudstone con meteorización; donde se aprecia que la zona fresca, tiene alto grado de efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211768
	Este	761036
	Cota	3745

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

<b>COLOR</b>	Superficie Fresca:
	Color Gris a ploma
	Superficie Intemperizada:
	Color Marrón, naranja, amarillento

---

<b>COMPOSICIÓN</b>	Compuesta por caliza, u óxidos de hierro.
--------------------	---

---

<b>TEXTURA</b>	No Clástica
----------------	-------------

---

### FOTOGRAFÍA

---



---

## LENAR

---

En la presente muestra se observa un lenar, la forma que adquiere es gracias al modelamiento de la roca caliza en contacto con agua.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211698
	Este	761224
	Cota	3733

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR**

Color Gris

---

#### Superficie Intemperizada:

Color de gris a plomo cremoso

---

<b>COMPOSICIÓN</b>	Compuesta por texturas en forma de lenares y un alto grado de Intemperismo
--------------------	--

---

<b>TEXTURA</b>	No Clásica
----------------	------------

---

### FOTOGRAFÍA



---

## ARAGONITO

---

Se observa en la muestra contenido de cristales bien formados de aragonito en forma masiva, con alto grado de efervescencia al contacto con el Ácido Clorhídrico.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211787
	Este	761943
	Cota	3796

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

<b>COLOR</b>	<b>Superficie Fresca:</b>
	Color blanco, crema y naranja
	<b>Superficie Intemperizada:</b>
	Color Marrón claro

---

<b>COMPOSICIÓN</b>	Compuesta por calcita en estado masivo y en cristales formados.
--------------------	---

---

<b>TEXTURA</b>	No Clástica
----------------	-------------

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza tipo Wackestone, con presencia de finas y delgadas líneas compuestas por calcita; y alto grado de efervescencia al ácido clorhídrico.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211793
	Este	761749
	Cota	3468

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color gris claro

---

#### Superficie Intemperizada:

Color gris oscuro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por venillas de calcita.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza Wackestone, de grano medio a grueso y cristales masivos de calcita (elipse negra)

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211667
	Este	761882
	Cota	3536

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

**Superficie Fresca:**

**COLOR**

Color gris oscuro

---

**Superficie Intemperizada:**

Color gris

---

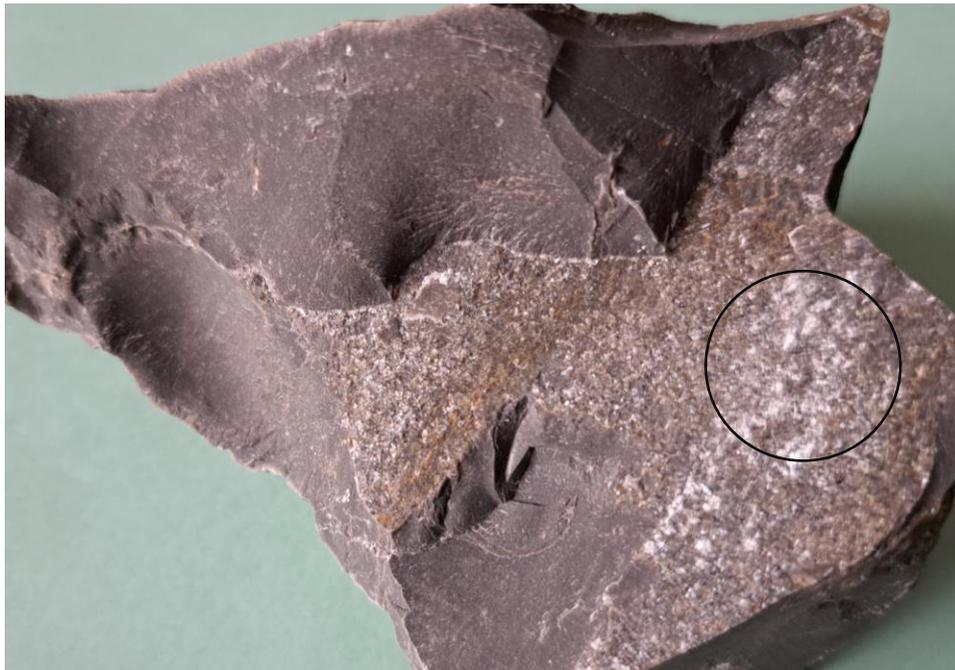
**COMPOSICIÓN**      Compuesta por calcita en estado masivo y cristales formados.

---

**TEXTURA**      No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza de grano fino, sin venillas de caliza; con alto contenido de carbonato de calcio.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211798
	Este	761739
	Cota	3563

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

**Superficie Fresca:**

**COLOR**

Color gris claro

---

**Superficie Intemperizada:**

Color gris oscuro

---

**COMPOSICIÓN**      Compuesta por granos finos a medios.

---

**TEXTURA**      No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza tipo Mudstone, con grano fino y presencia de pequeñas y delgadas de venillas cálcicas.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211687
	Este	761838
	Cota	3733

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

**Superficie Fresca:**

**COLOR**

Color gris oscuro

---

**Superficie Intemperizada:**

Color Marrón

---

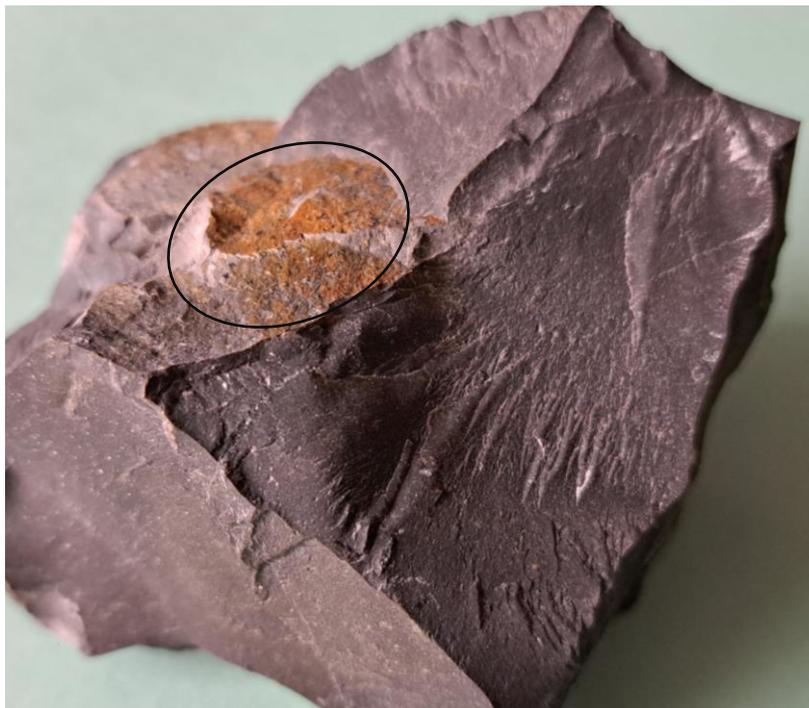
**COMPOSICIÓN**      Compuesta por calcita en estado masivo y en cristales formados.

---

**TEXTURA**            No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza con tamaño de grano de medio a grueso, con presencia de venillas de calcita, tipo Mudstone.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211537
	Este	761489
	Cota	3754

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR**

Color gris oscuro

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Marrón claro

---

**COMPOSICIÓN**

Compuesta por una venilla calcita predominante.

---

**TEXTURA**

No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza tipo Mudstone, con contenido de carbonato de calcio en forma de calcita cristalizada que se observan a simple vista, con reacción al contacto con el ácido clorhídrico.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211849
	Este	761741
	Cota	3708

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

**Superficie Fresca:**

**COLOR** Color plomo y naranja

---

**Superficie Intemperizada:**

Color marrón, naranja, negro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por carbonatos de calcio.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA FOSILÍFERA

---

Se observa roca caliza tipo Wackestone de color gris claro con presencia de microfósiles Lamelibranquios.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212132
	Este	761047
	Cota	3671

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a ploma

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Gris blanquecino – Gris claro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por micro lamelibranquios.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA FOSILÍFERA

---

Se observa roca caliza tipo Wackestone de color gris claro con presencia de microfósiles (Lamelibránquios)

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212154
	Este	761137
	Cota	3668

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a ploma

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Gris blanquecino – Gris claro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por micro lamelibránquios.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA FOSILÍFERA

---

Se observa roca caliza tipo Wackestone de color gris claro con presencia de microfósiles (Cefalópodos)

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212322
	Este	761054
	Cota	3656

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a ploma

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Gris blanquecino – Gris claro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por micro cefalópodos.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA FOSILÍFERA

---

Se observa roca caliza tipo Grainstone de color gris oscuro con presencia de microfósiles (Cefalópodos) en biozonas.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212567
	Este	761574
	Cota	3633

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris oscuro

---

#### Superficie Intemperizada:

Color amarillento

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por biozonas de microfósiles cefalópodos.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

### CALIZA FOSILÍFERA

---

Se observa roca caliza tipo Wackestone de color gris claro con presencia de fósil Lamelibranquio, con un tamaño de 4mm

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212339
	Este	761542
	Cota	3688

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a ploma

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Gris blanquecino – Gris claro

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por fósiles lamelibranquios con la estructura casi completa.

---

**TEXTURA** No Clásica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Esta roca caliza tipo Mudstone no es tan grisácea y se rompe con mayor facilidad, esto debido al Intemperismo de la misma. Venillas delgadas de calcita limitadas por elipses negros.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9211992
	Este	761398
	Cota	3701

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

#### Superficie Fresca:

**COLOR** Color Gris a blanco

---

#### Superficie Intemperizada:

Color Grisáceo

---

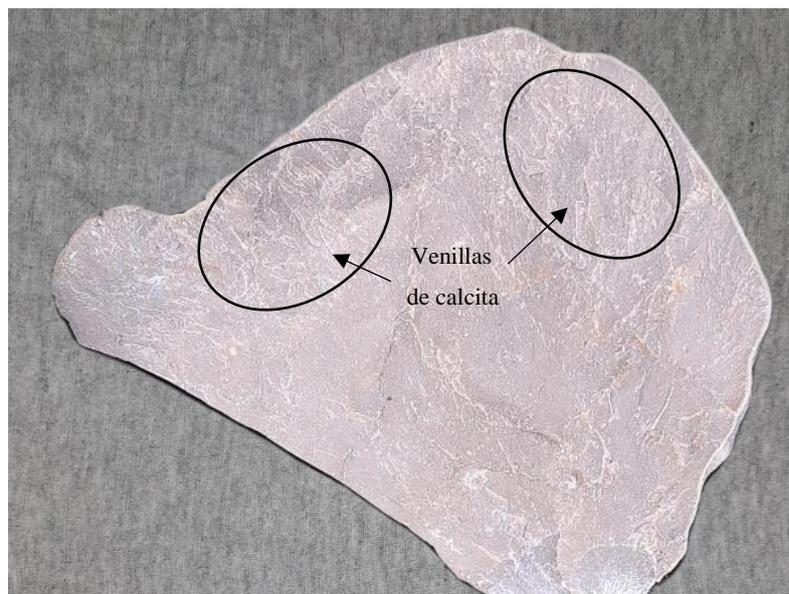
**COMPOSICIÓN** Compuesta por carbonato de calcio y venillas de calcita.

---

**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



---

## CALIZA

---

Roca caliza Packstone alterada con óxidos de hierro, producto de la meteorización existente en la zona, así también se aprecia pequeños cristales de calcita.

---

<b>COORDENADAS</b>	Norte	9212022
	Este	761320
	Cota	3698

---

### DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

---

**Superficie Fresca:**

**COLOR**

Color Plomo

---

**Superficie Intemperizada:**

Color Naranja, negruzco

---

**COMPOSICIÓN** Compuesta por óxidos de hierro y grandes venillas de calcita.

---

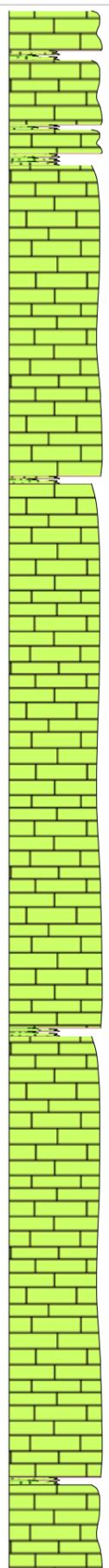
**TEXTURA** No Clástica

---

### FOTOGRAFÍA



Tabla 10. Secuencia estratigráfica del afloramiento de la Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan

Eraena	Era	Periodo	Época	Edad	Formación	Fósiles	Columna estratigráfica	Litología					
Fanerozoico	Mesozoico	Cretáceo	Superior	Turontiano	Superior	Formación Cajamarca			Calizas grices con estratos delgados, laminares de arcillolitas y margas; con estratificación fosilifera ( <i>Coilpoceras newelli</i> )				
					Temprano	Formación Coñor	 		Calizas claras con arcillolitas arenosas y margas delgadas; con abundancia de fósiles de Cefalópodos y Bivalvos.				
				Cenomaniano	Tardío	Formación Romirón			Calizas nodulares, con margas pardas-amarillentas; con abundancia de fósiles de Cefalópodos.				
					Medio	Formación Mujarrum	 		Calizas, seguida intecalación margas y arcillolitas amarillentas; con abundancia presencia de fósiles de Cefalópodos y Bivalvos.				
				Albiano	Temprano	Formación Yumagual			Roca caliza que presenta estratos fosilíferos conformados por Bivalvos.				
					Tardío								
				TEXTURA								Mudstone Wackestone Packstone Grainstone	

Fuente: Adaptación de Cacya D. et al., 2021

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor ( m )	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales Dep. lagunares y glaciares			Arenas, gravas. Limos, arcillas.	
		PLEISTOCENO	Formación Condebamba	150		Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	
		PLIOCENO	Formación Cajabamba	200		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.	
	NEOGENO	MIOCENO	Sup.	Formación Bambamarca	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas. Disc. ang.
			Inf.			Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas rojizas, aglomerados y piroclastos. Dacita	
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Lipuy	Formación Porculla	2100		Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas, areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita
				Formación Llama	600		Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas. Derrames y brechas andesíticas.
		PALEOCENO		Formación Chota	500		Conglomerados con cantos de cuarcita. Disc. ang.
				Formación Celendín	200		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojizas Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Cajamarca	600-700		Calizas gris azuladas, macizas, con delgadas intercalaciones de lutitas y margas.
Grupo Quilquiñán				500		Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo- amarillentas fosilíferas.	
Grupo Pullucana				700		Calizas gris parduscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.	
Formación Pariatambo				150-200		Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.	
Formación Chulec				200-250		Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.	
INFERIOR			Formación Inca	150		Areniscas calcáreas y limolitas ferruginosas.	
			Grupo Goyllarisquiza	Formación Farrat	500		Cuarcitas y areniscas blancas.
			Formación Carhuáz	500		Areniscas rojizas y cuarcitas blancas intercaladas con lutitas grises.	
			Formación Santa	150-100		Lutitas grises y calizas margosas.	
			Formación Chimú	80-600		Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior.	
JURASICO		SUPERIOR	Formación Chicama	500		Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Disc. ang.	
		MEDIO	Formación Oyotún	500		Tobas, brechas y derrames andesíticos. Tonalita/granodiorita	
		INFERIOR	Grupo Pucará	700-800		Calizas gris azuladas, macizas con nódulos silíceos.	
TRIASICO	SUPERIOR	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos. Disc. ang.		
PALEOZOICO	SUP.	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos. Disc. ang.
	INF.	ORDOVICIANO		Formación Salas	?		Filitas pelíticas y tobáceas de colores marrones y negruzcos con algunas cuarcitas hacia la parte superior. Disc. ang.
PROTEROZOICO				Complejo Olmos	?		Esquistos gris verdosos y anfibolitas. Disc. ang.

Figura 21. Columna Estratigráfica de Cajamarca, INGEMMET (2017)

## ANEXOS PARA ELABORACIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

### ✓ Columna estratigráfica - Tramo 1

Tabla 11. Datos para la elaboración de la primera columna estratigráfica (Litología)

CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO						
HOLE ID	FROM	TO	LITOLOGIA	INDENT PORCENTAJE	INDENT KEYWORD	INDENT SCALE
C1	0	14	caliza	40	JAC	10
C1	14	30	caliza	40	JAC	10
C1	30	68	caliza	40	JAC	10
C1	68	101	caliza	40	JAC	10
C1	101	109	arcillolita	20	JAC	10
C1	109	111	marga	10	JAC	10
C1	111	119	arcillolita	20	JAC	10
C1	119	161	caliza	40	JAC	10
C1	161	169	arcillolita	20	JAC	10
C1	169	174	marga	10	JAC	10
C1	174	181	arcillolita	20	JAC	10
C1	181	185	marga	10	JAC	10
C1	185	191	arcillolita	20	JAC	10
C1	191	195	marga	10	JAC	10
C1	195	327	caliza	40	JAC	10
C1	327	502	caliza	40	JAC	10
C1	502	744	caliza	40	JAC	10
C1	744	1054	caliza	40	JAC	10
C1	1054	1310	caliza	40	JAC	10
C1	1310	1313	arcillolita	20	JAC	10
C1	1313	1322	marga	10	JAC	10
C1	1322	1326	arcillolita	20	JAC	10
C1	1326	1364	caliza	40	JAC	10
C1	1364	1372	arcillolita	20	JAC	10
C1	1372	1377	marga	10	JAC	10
C1	1377	1420	caliza	40	JAC	10
C1	1420	1443	caliza	40	JAC	10
C1	1443	1473	caliza	40	JAC	10
C1	1473	1495	caliza	40	JAC	10
C1	1495	1498	arcillolita	20	JAC	10
C1	1498	1500	marga	10	JAC	10
C1	1500	1505	arcillolita	20	JAC	10
C1	1505	1552	caliza	40	JAC	10
C1	1552	1607	caliza	40	JAC	10

<b>CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO</b>						
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>INDENT PORCENTAJE</b>	<b>INDENT KEYWORD</b>	<b>INDENT SCALE</b>
C1	1607	1707	caliza	40	JAC	10
C1	1707	1717	arcillolita	20	JAC	10
C1	1717	1722	marga	10	JAC	10
C1	1722	1731	arcillolita	20	JAC	10
C1	1731	1737	marga	10	JAC	10
C1	1737	1744	arcillolita	20	JAC	10
C1	1744	1821	caliza	40	JAC	10
C1	1821	1905	caliza	40	JAC	10
C1	1905	2068	caliza	40	JAC	10
C1	2068	2194	caliza	40	JAC	10
C1	2194	2300	caliza	40	JAC	10
C1	2300	2315	caliza	40	JAC	10
C1	2315	2318	arcillolita	20	JAC	10
C1	2318	2326	marga	10	JAC	10
C1	2326	2329	arcillolita	20	JAC	10
C1	2329	2345	caliza	40	JAC	10
C1	2345	2383	caliza	40	JAC	10
C1	2383	2416	caliza	40	JAC	10
C1	2416	2422	arcillolita	20	JAC	10
C1	2422	2431	marga	10	JAC	10
C1	2431	2434	arcillolita	20	JAC	10
C1	2434	2476	caliza	40	JAC	10
C1	2476	2510	caliza	40	JAC	10
C1	2510	2558	caliza	40	JAC	10
C1	2558	2589	caliza	40	JAC	10
C1	2589	2599	arcillolita	20	JAC	10
C1	2599	2605	marga	10	JAC	10
C1	2605	2616	arcillolita	20	JAC	10
C1	2616	2620	marga	10	JAC	10
C1	2620	2633	arcillolita	20	JAC	10
C1	2633	2708	caliza	40	JAC	10
C1	2708	2801	caliza	40	JAC	10
C1	2801	2854	caliza	40	JAC	10
C1	2854	2863	arcillolita	20	JAC	10
C1	2863	2867	marga	10	JAC	10
C1	2867	2879	arcillolita	20	JAC	10
C1	2879	2886	marga	10	JAC	10

Tabla 12. Datos para la elaboración de la primera columna estratigráfica (Estructuras)

<b>CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS</b>			
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>
C1	0	14	Lenares
C1	14	30	
C1	30	68	
C1	68	101	
C1	101	109	Estratificación paralela
C1	109	111	Estratificación sesgada
C1	111	119	Estratificación paralela
C1	119	161	Lenares
C1	161	169	Estratificación paralela
C1	169	174	Estratificación sesgada
C1	174	181	Estratificación paralela
C1	181	185	Estratificación sesgada
C1	185	191	Estratificación paralela
C1	191	195	Estratificación sesgada
C1	195	327	Lenares
C1	327	502	
C1	502	744	
C1	744	1054	
C1	1054	1310	
C1	1310	1313	Estratificación paralela
C1	1313	1322	Estratificación sesgada
C1	1322	1326	Estratificación paralela
C1	1326	1364	Lenares
C1	1364	1372	Estratificación paralela
C1	1372	1377	Estratificación sesgada
C1	1377	1420	Lenares
C1	1420	1443	
C1	1443	1473	
C1	1473	1495	
C1	1495	1498	Estratificación paralela
C1	1498	1500	Estratificación sesgada
C1	1500	1505	Estratificación paralela
C1	1505	1552	Lenares
C1	1552	1607	
C1	1607	1707	
C1	1707	1717	Estratificación paralela
C1	1717	1722	Estratificación sesgada
C1	1722	1731	Estratificación paralela
C1	1731	1737	Estratificación sesgada
C1	1737	1744	Estratificación paralela

<b>CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS</b>			
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>
C1	1744	1821	Lenares
C1	1821	1905	
C1	1905	2068	
C1	2068	2194	
C1	2194	2300	Lenares con presencia de microfósiles
C1	2300	2315	
C1	2315	2318	Estratificación paralela
C1	2318	2326	Estratificación sesgada
C1	2326	2329	Estratificación paralela
C1	2329	2345	Lenares
C1	2345	2383	
C1	2383	2416	
C1	2416	2422	
C1	2422	2431	Estratificación sesgada
C1	2431	2434	Estratificación paralela
C1	2434	2476	Lenares con presencia de microfósiles
C1	2476	2510	
C1	2510	2558	Lenares
C1	2558	2589	Lenares
C1	2589	2599	Estratificación paralela
C1	2599	2605	Estratificación sesgada
C1	2605	2616	Estratificación paralela
C1	2616	2620	Estratificación sesgada
C1	2620	2633	Estratificación paralela
C1	2633	2708	Lenares
C1	2708	2801	
C1	2801	2854	
C1	2854	2863	Estratificación paralela
C1	2863	2867	Estratificación sesgada
C1	2867	2879	Estratificación paralela
C1	2879	2886	Estratificación sesgada

✓ **Columna estratigráfica - Tramo 2**

Tabla 13. Datos para la elaboración de la segunda columna estratigráfica (Litología)

<b>CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO</b>						
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>INDENT PORCENTAJE</b>	<b>INDENT KEYWORD</b>	<b>INDENT SCALE</b>
C2	0	32	caliza	40	JAC	10
C2	32	49	caliza	40	JAC	10
C2	49	78	caliza	40	JAC	10
C2	78	86	marga	10	JAC	10
C2	86	99	arcillolita	20	JAC	10
C2	99	121	caliza	40	JAC	10
C2	121	173	caliza	40	JAC	10
C2	173	180	marga	10	JAC	10
C2	180	183	arcillolita	20	JAC	10
C2	183	246	caliza	40	JAC	10
C2	246	258	caliza	40	JAC	10
C2	258	324	caliza	40	JAC	10
C2	324	331	arcillolita	20	JAC	10
C2	331	335	marga	10	JAC	10
C2	335	343	arcillolita	20	JAC	10
C2	343	346	marga	10	JAC	10
C2	346	377	caliza	40	JAC	10
C2	377	421	caliza	40	JAC	10
C2	421	427	arcillolita	20	JAC	10
C2	427	430	marga	10	JAC	10
C2	430	438	arcillolita	20	JAC	10
C2	438	443	marga	10	JAC	10
C2	443	457	caliza	40	JAC	10
C2	457	468	caliza	40	JAC	10
C2	468	484	caliza	40	JAC	10
C2	484	495	arcillolita	20	JAC	10
C2	495	504	marga	10	JAC	10
C2	504	604	caliza	40	JAC	10
C2	604	652	caliza	40	JAC	10
C2	652	662	caliza	40	JAC	10
C2	662	669	arcillolita	20	JAC	10
C2	669	672	marga	10	JAC	10
C2	672	680	arcillolita	20	JAC	10
C2	680	721	caliza	40	JAC	10
C2	721	833	caliza	40	JAC	10
C2	833	887	caliza	40	JAC	10

<b>CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO</b>						
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>INDENT PORCENTAJE</b>	<b>INDENT KEYWORD</b>	<b>INDENT SCALE</b>
C2	887	919	caliza	40	JAC	10
C2	919	926	arcillolita	20	JAC	10
C2	926	930	marga	10	JAC	10
C2	930	938	arcillolita	20	JAC	10
C2	938	971	caliza	40	JAC	10
C2	971	1034	caliza	40	JAC	10
C2	1034	1128	caliza	40	JAC	10
C2	1128	1247	caliza	40	JAC	10
C2	1247	1378	caliza	40	JAC	10
C2	1378	1473	caliza	40	JAC	10
C2	1473	1615	caliza	40	JAC	10
C2	1615	1725	caliza	40	JAC	10

Tabla 14. Datos para la elaboración de la segunda columna estratigráfica (Estructuras)

<b>CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS</b>			
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>
C2	0	32	Lenares
C2	32	49	
C2	49	78	
C2	78	86	Estratificación sesgada
C2	86	99	Estratificación paralela
C2	99	121	Lenares
C2	121	173	
C2	173	180	Estratificación sesgada
C2	180	183	Estratificación paralela
C2	183	246	Lenares
C2	246	258	
C2	258	324	
C2	324	331	Estratificación paralela
C2	331	335	Estratificación sesgada
C2	335	343	Estratificación paralela
C2	343	346	Estratificación sesgada
C2	346	377	Lenares
C2	377	421	Lenares
C2	421	427	Estratificación paralela
C2	427	430	Estratificación sesgada
C2	430	438	Estratificación paralela
C2	438	443	Estratificación sesgada

CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS			
HOLE ID	FROM	TO	ESTRUCTURAS
C2	443	457	Lenares
C2	457	468	Lenares con presencia de microfósiles
C2	468	484	Lenares con presencia de microfósiles
C2	484	495	Estratificación paralela
C2	495	504	Estratificación sesgada
C2	504	604	Lenares
C2	604	652	
C2	652	662	
C2	662	669	Estratificación paralela
C2	669	672	Estratificación sesgada
C2	672	680	Estratificación paralela
C2	680	721	Lenares
C2	721	833	
C2	833	887	
C2	887	919	
C2	919	926	Estratificación paralela
C2	926	930	Estratificación sesgada
C2	930	938	Estratificación paralela
C2	938	971	Lenares
C2	971	1034	
C2	1034	1128	
C2	1128	1247	
C2	1247	1378	
C2	1378	1473	
C2	1473	1615	
C2	1615	1725	

✓ **Columna estratigráfica - Tramo 3**

Tabla 15. Datos para la elaboración de la tercera columna estratigráfica (Litología)

<b>CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO</b>						
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>INDENT PORCENTAJE</b>	<b>INDENT KEYWORD</b>	<b>INDENT SCALE</b>
C3	0	120	caliza	40	JAC	10
C3	120	140	caliza	40	JAC	10
C3	140	168	caliza	40	JAC	10
C3	168	193	caliza	40	JAC	10
C3	193	201	arcillolita	20	JAC	10
C3	201	203	marga	10	JAC	10
C3	203	209	arcillolita	20	JAC	10
C3	209	211	caliza	40	JAC	10
C3	211	409	caliza	40	JAC	10
C3	409	598	caliza	40	JAC	10
C3	598	690	caliza	40	JAC	10
C3	690	790	caliza	40	JAC	10
C3	790	855	caliza	40	JAC	10
C3	855	935	caliza	40	JAC	10
C3	935	1025	caliza	40	JAC	10
C3	1025	1141	caliza	40	JAC	10
C3	1141	1174	caliza	40	JAC	10
C3	1174	1181	arcillolita	20	JAC	10
C3	1181	1185	marga	10	JAC	10
C3	1185	1190	arcillolita	20	JAC	10
C3	1190	1192	marga	10	JAC	10
C3	1192	1234	caliza	40	JAC	10
C3	1234	1268	caliza	40	JAC	10
C3	1268	1400	caliza	40	JAC	10
C3	1400	1575	caliza	40	JAC	10
C3	1575	1817	caliza	40	JAC	10
C3	1817	2127	caliza	40	JAC	10
C3	2127	2383	caliza	40	JAC	10
C3	2383	2390	arcillolita	20	JAC	10
C3	2390	2394	marga	10	JAC	10
C3	2394	2399	arcillolita	20	JAC	10
C3	2399	2437	caliza	40	JAC	10
C3	2437	2450	caliza	40	JAC	10
C3	2450	2493	caliza	40	JAC	10
C3	2493	2525	caliza	40	JAC	10
C3	2525	2544	caliza	40	JAC	10

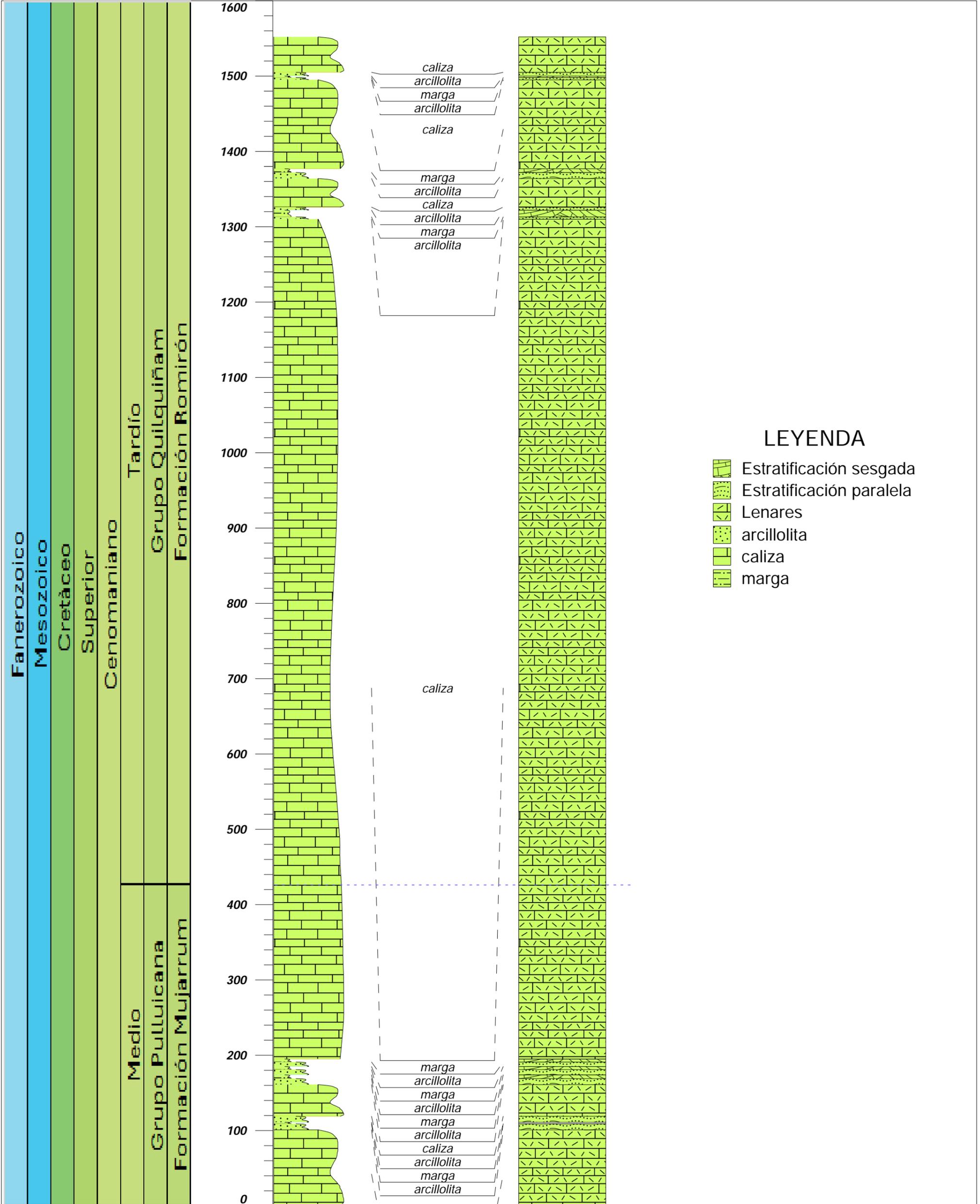
<b>CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DE CAMPO</b>						
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>INDENT PORCENTAJE</b>	<b>INDENT KEYWORD</b>	<b>INDENT SCALE</b>
C3	2544	2577	caliza	40	JAC	10
C3	2577	2640	caliza	40	JAC	10
C3	2640	2734	caliza	40	JAC	10
C3	2734	2853	caliza	40	JAC	10
C3	2853	2984	caliza	40	JAC	10
C3	2984	3079	caliza	40	JAC	10
C3	3079	3086	arcillolita	20	JAC	10
C3	3086	3088	marga	10	JAC	10
C3	3088	3094	arcillolita	20	JAC	10
C3	3094	3097	marga	10	JAC	10
C3	3097	3105	arcillolita	20	JAC	10
C3	3105	3157	caliza	40	JAC	10
C3	3157	3161	arcillolita	20	JAC	10
C3	3161	3164	marga	10	JAC	10
C3	3164	3168	arcillolita	20	JAC	10
C3	3168	3231	caliza	40	JAC	10
C3	3231	3243	caliza	40	JAC	10
C3	3243	3309	caliza	40	JAC	10
C3	3309	3317	arcillolita	20	JAC	10
C3	3317	3321	marga	10	JAC	10
C3	3321	3330	arcillolita	20	JAC	10
C3	3330	3361	caliza	40	JAC	10
C3	3361	3405	caliza	40	JAC	10
C3	3405	3417	caliza	40	JAC	10

Tabla 16. Datos para la elaboración de la tercera columna estratigráfica (Estructuras)

<b>CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS</b>			
<b>HOLE ID</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>
C3	0	120	Lenares
C3	120	140	
C3	140	168	
C3	168	193	
C3	193	201	Estratificación paralela
C3	201	203	Estratificación sesgada
C3	203	209	Estratificación paralela
C3	209	211	Lenares
C3	211	409	
C3	409	598	
C3	598	690	
C3	690	790	Lenares con presencia de microfósiles
C3	790	855	
C3	855	935	
C3	935	1025	
C3	1025	1141	Lenares
C3	1141	1174	Lenares
C3	1174	1181	Estratificación paralela
C3	1181	1185	Estratificación sesgada
C3	1185	1190	Estratificación paralela
C3	1190	1192	Estratificación sesgada
C3	1192	1234	Lenares
C3	1234	1268	
C3	1268	1400	
C3	1400	1575	
C3	1575	1817	
C3	1817	2127	
C3	2127	2383	
C3	2383	2390	Estratificación paralela
C3	2390	2394	Estratificación sesgada
C3	2394	2399	Estratificación paralela
C3	2399	2437	Lenares
C3	2437	2450	
C3	2450	2493	
C3	2493	2525	
C3	2525	2544	
C3	2544	2577	
C3	2577	2640	
C3	2640	2734	Lenares con presencia de microfósiles
C3	2734	2853	Lenares con presencia de microfósiles

<b>CARACTERISTICAS DE ESTRUCTURAS</b>			
<b>HOLE ID</b>	<b>HOLE ID</b>	<b>HOLE ID</b>	<b>HOLE ID</b>
C3	2853	2984	Lenares
C3	2984	3079	Lenares
C3	3079	3086	Estratificación paralela
C3	3086	3088	Estratificación sesgada
C3	3088	3094	Estratificación paralela
C3	3094	3097	Estratificación sesgada
C3	3097	3105	Estratificación paralela
C3	3105	3157	Lenares
C3	3157	3161	Estratificación paralela
C3	3161	3164	Estratificación sesgada
C3	3164	3168	Estratificación paralela
C3	3168	3231	Lenares
C3	3231	3243	
C3	3243	3309	
C3	3309	3317	Estratificación paralela
C3	3317	3321	Estratificación sesgada
C3	3321	3330	Estratificación paralela
C3	3330	3361	Lenares
C3	3361	3405	
C3	3405	3417	

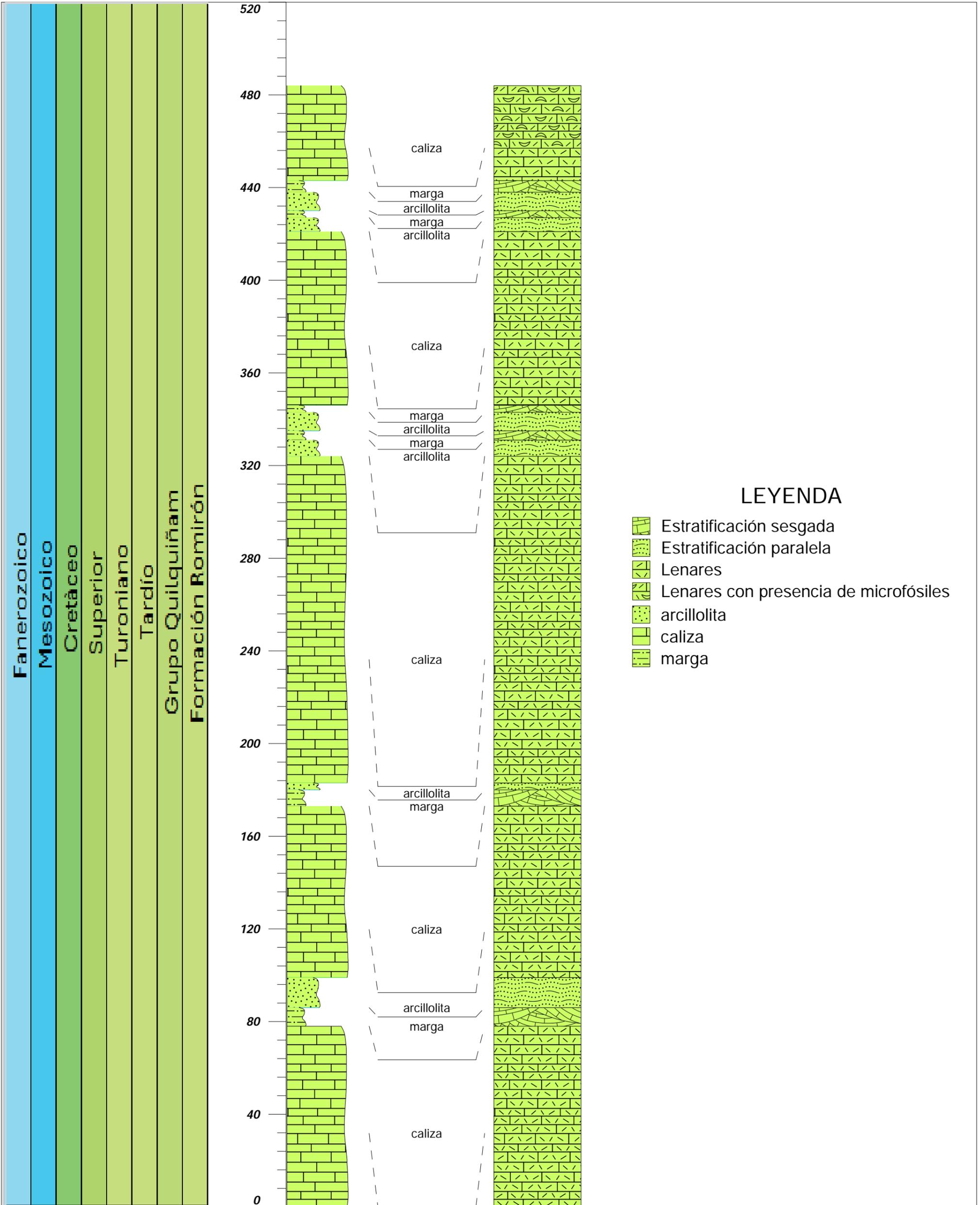
# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 01
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispin Zenón	
CORTE	A - 1	

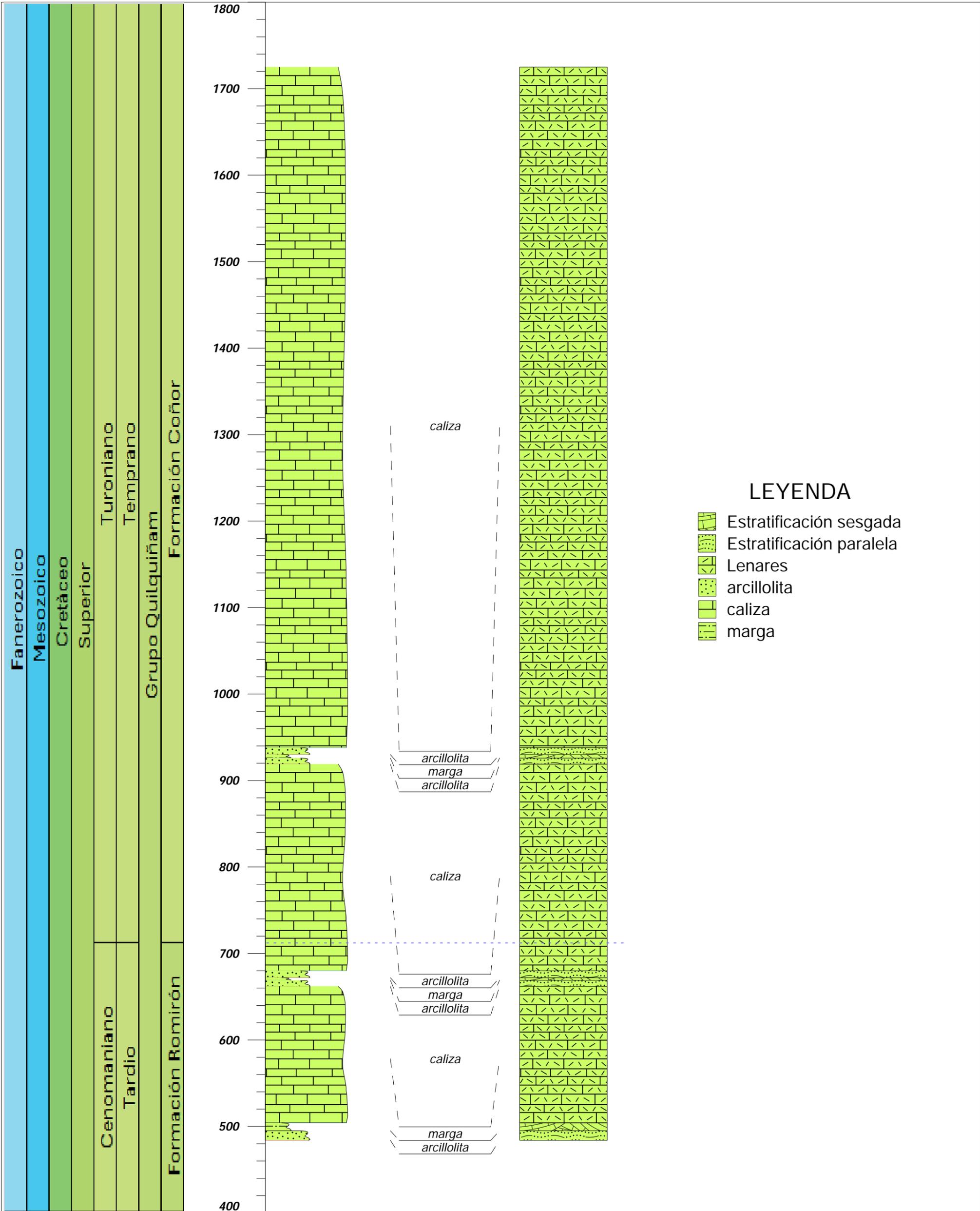


# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



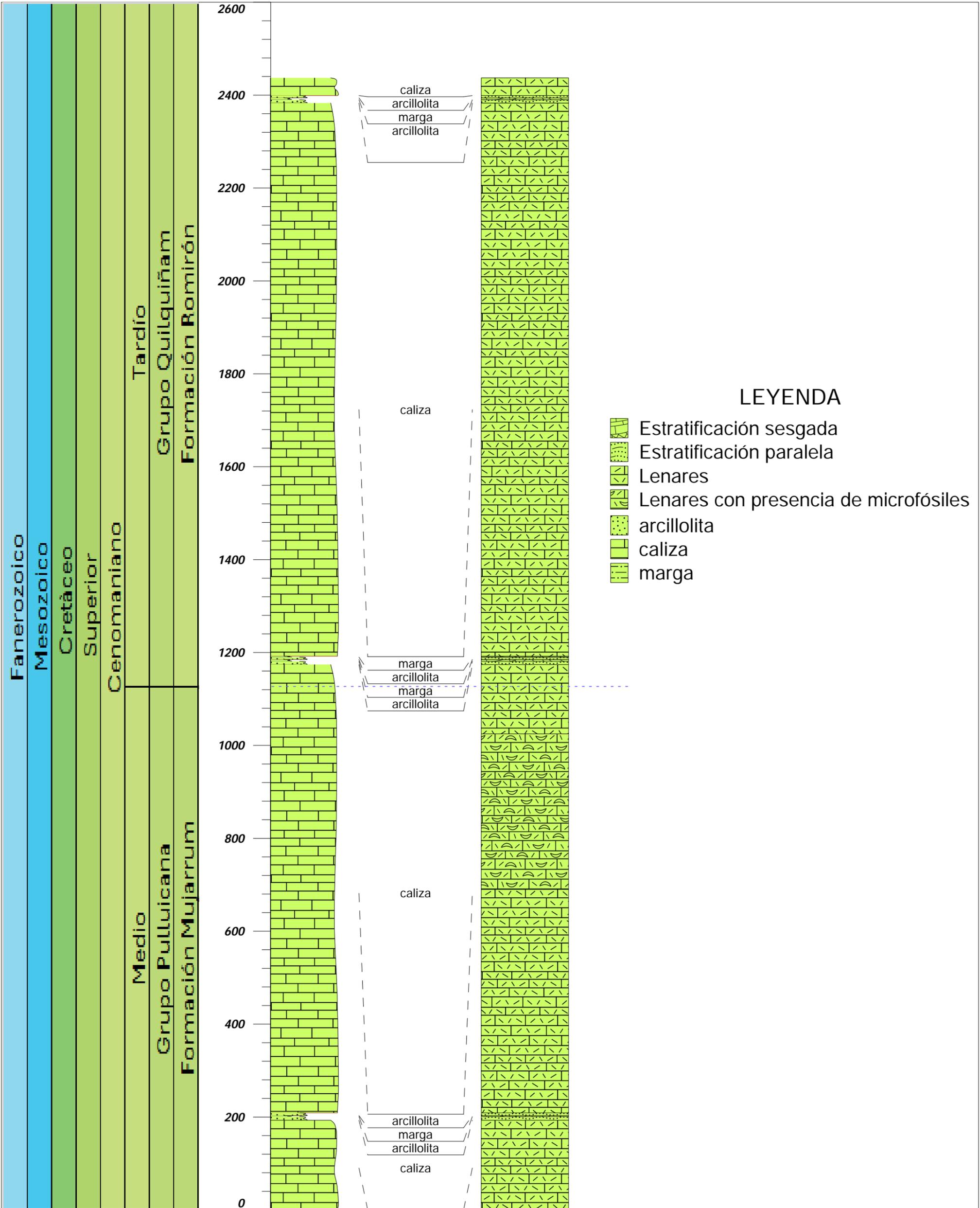
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 03
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispin Zenón	
CORTE	B - 1	

# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 04
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
CORTE	B - 2	

# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

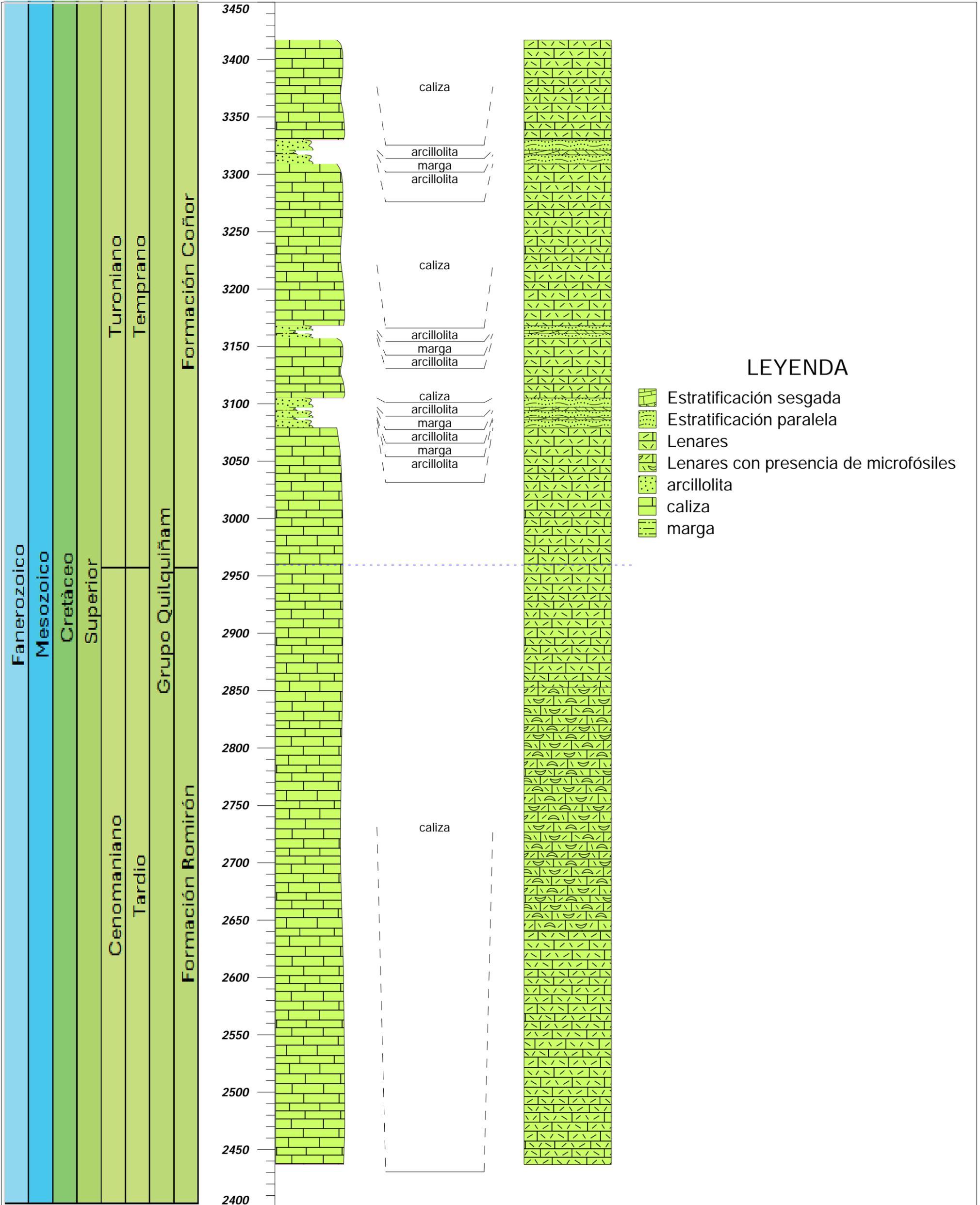


GRADO DE DUREZA  
(Respecto a la erosión)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 05
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
CORTE	C - 1	

# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

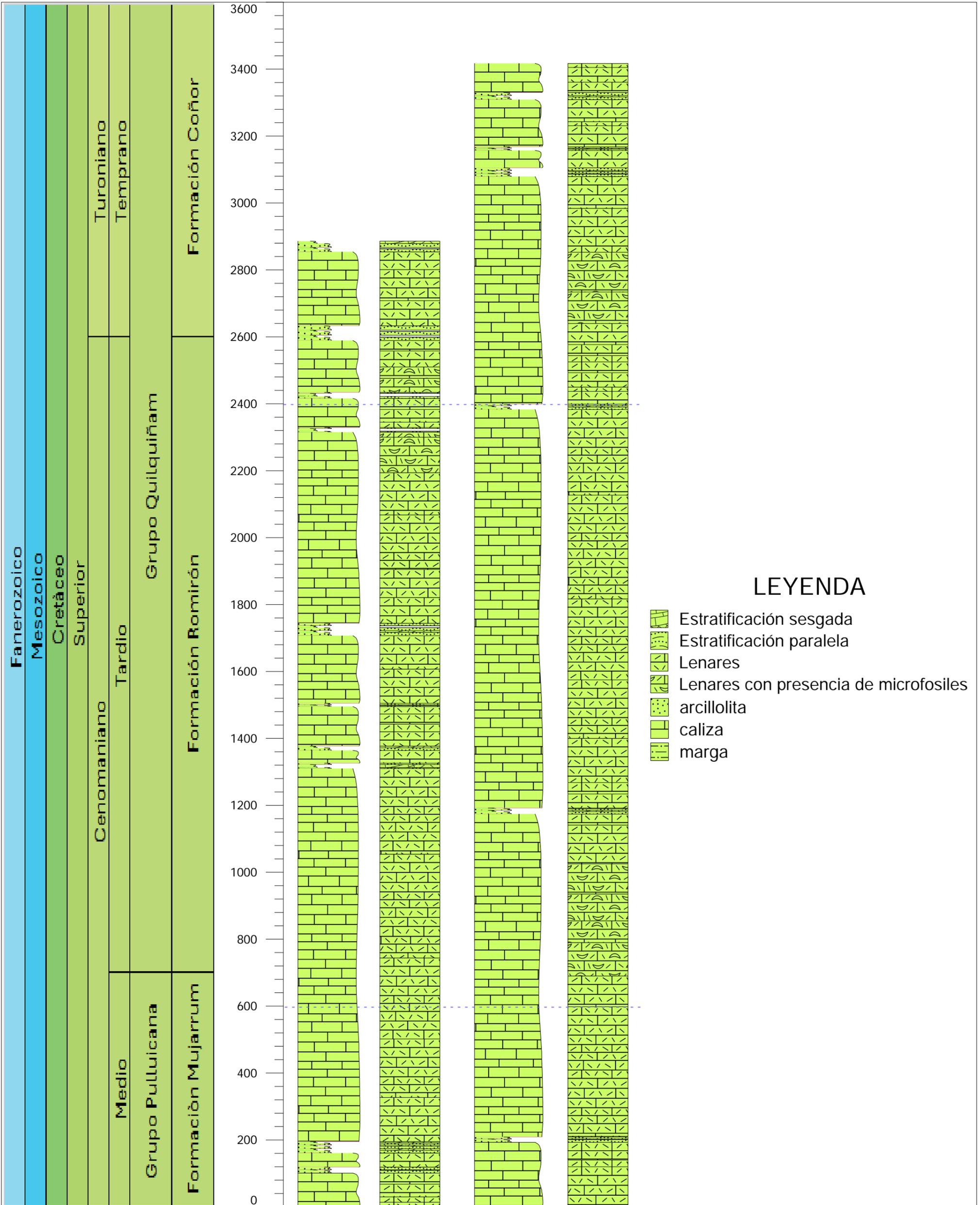


0 50 100  
**GRADO DE DUREZA**  
 (Respecto a la erosión)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 06
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
CORTE	C - 2	

# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



## LEYENDA

- Estratificación sesgada
- Estratificación paralela
- Lenares
- Lenares con presencia de microfósiles
- arcillolita
- caliza
- marga

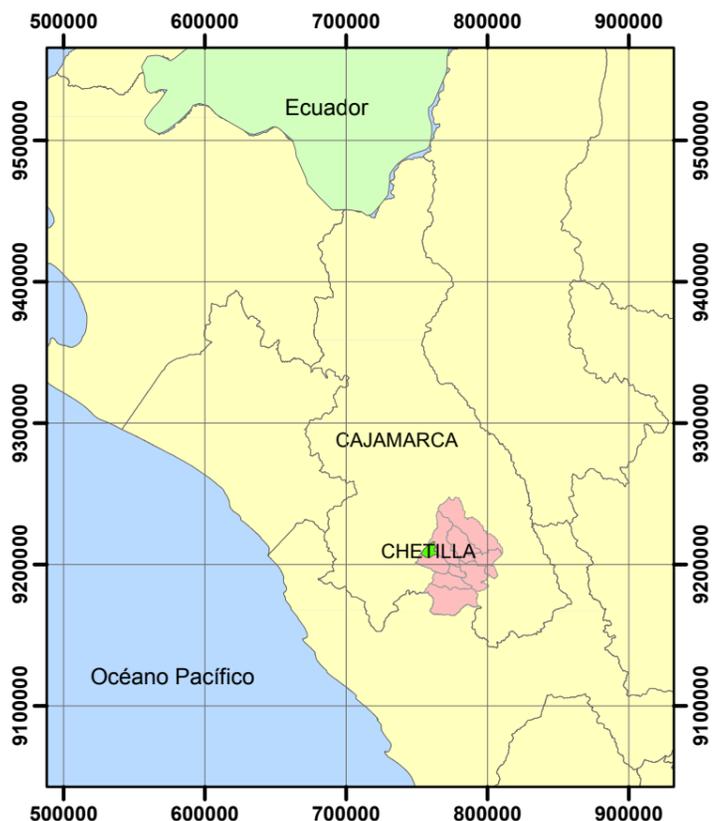


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	COLUMNA N°: 07
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
CORTE	CORRELACIÓN	

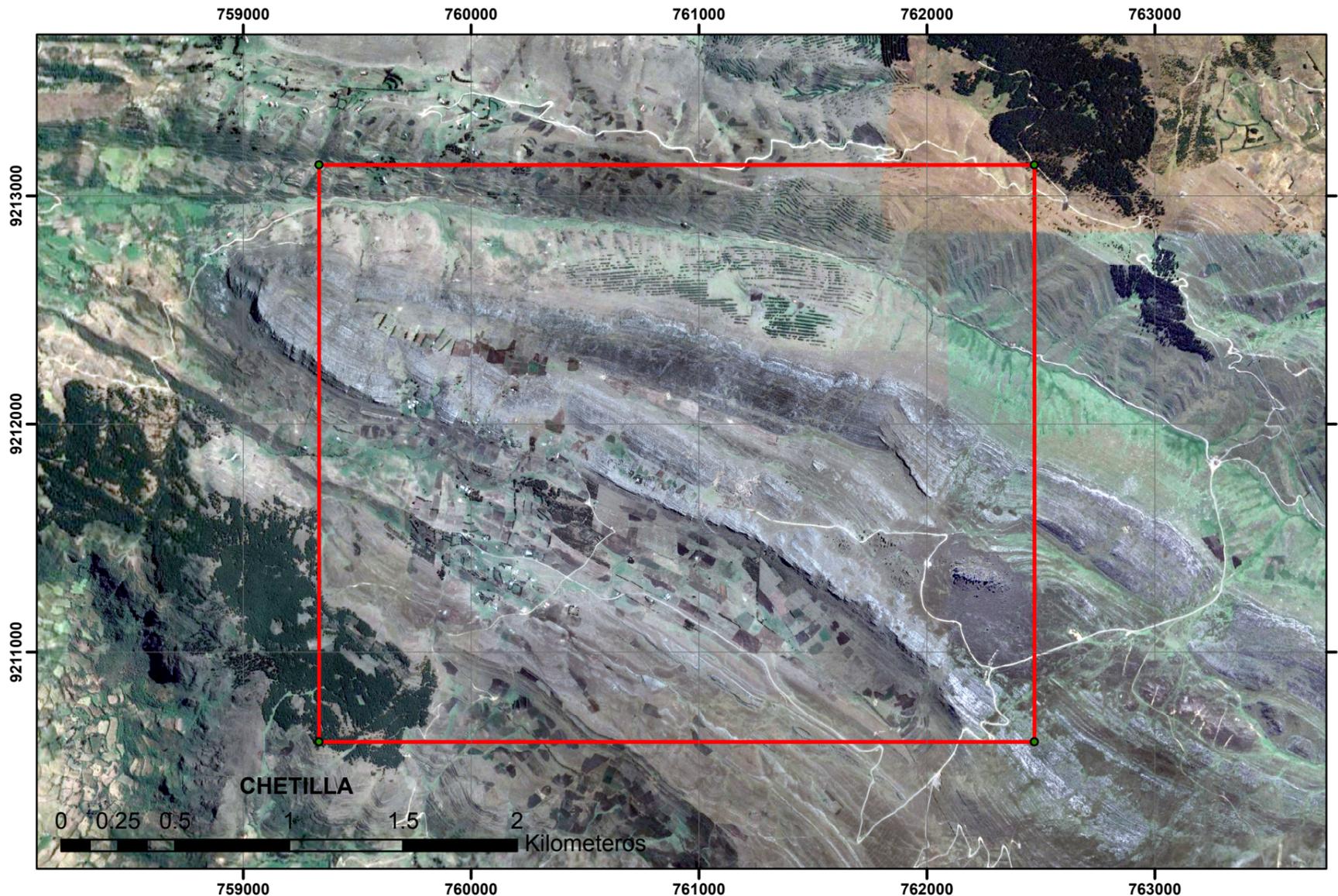
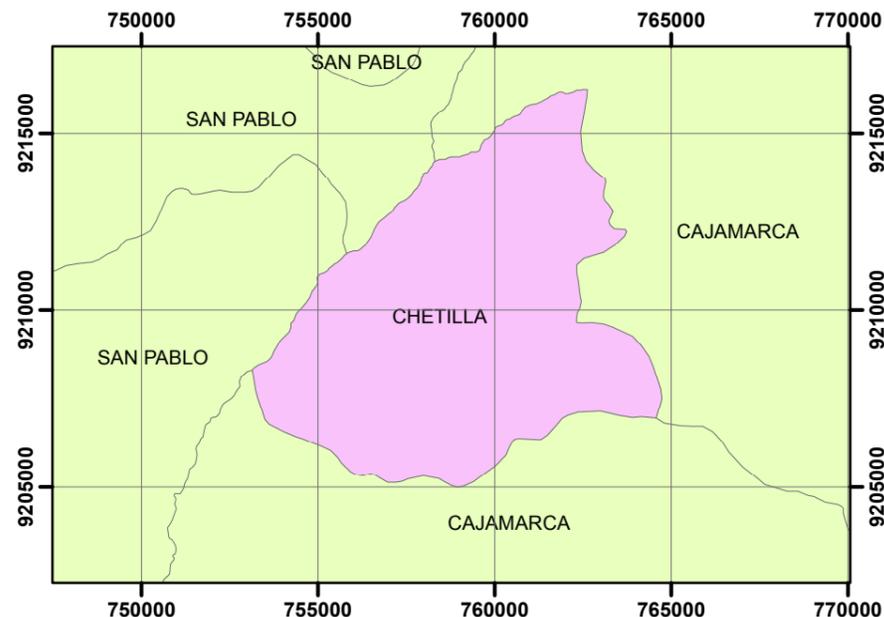
**DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**



**PROVINCIA DE CAJAMARCA**



**DISTRITO DE CHETILLA**

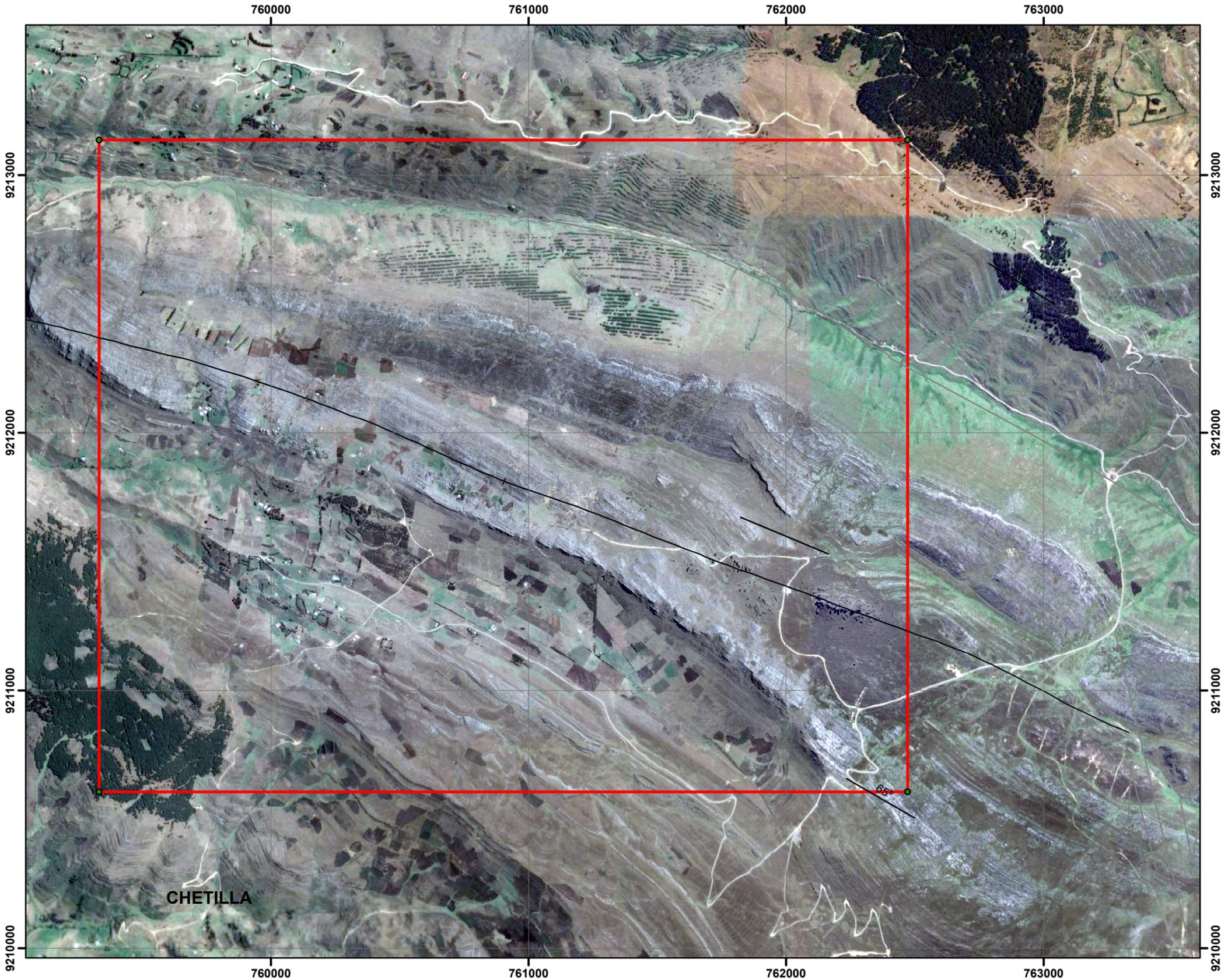


**LEYENDA**

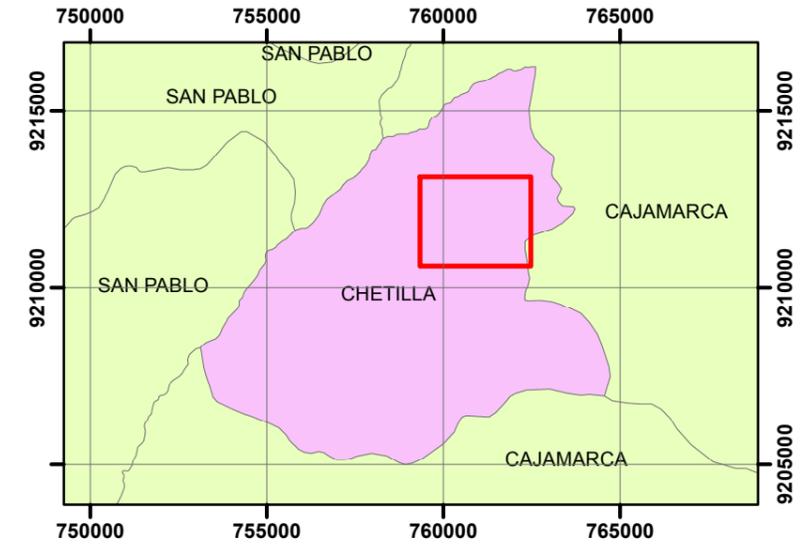
 Zona de investigación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
PLANO	PLANO DE UBICACIÓN	
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	PLANO N°: 01
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
ESCALA	1/20000	

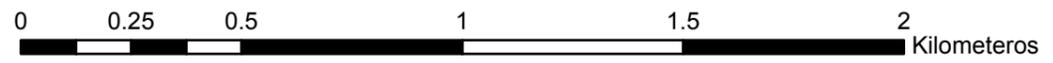


**DISTRITO DE CHETILLA**



**LEYENDA**

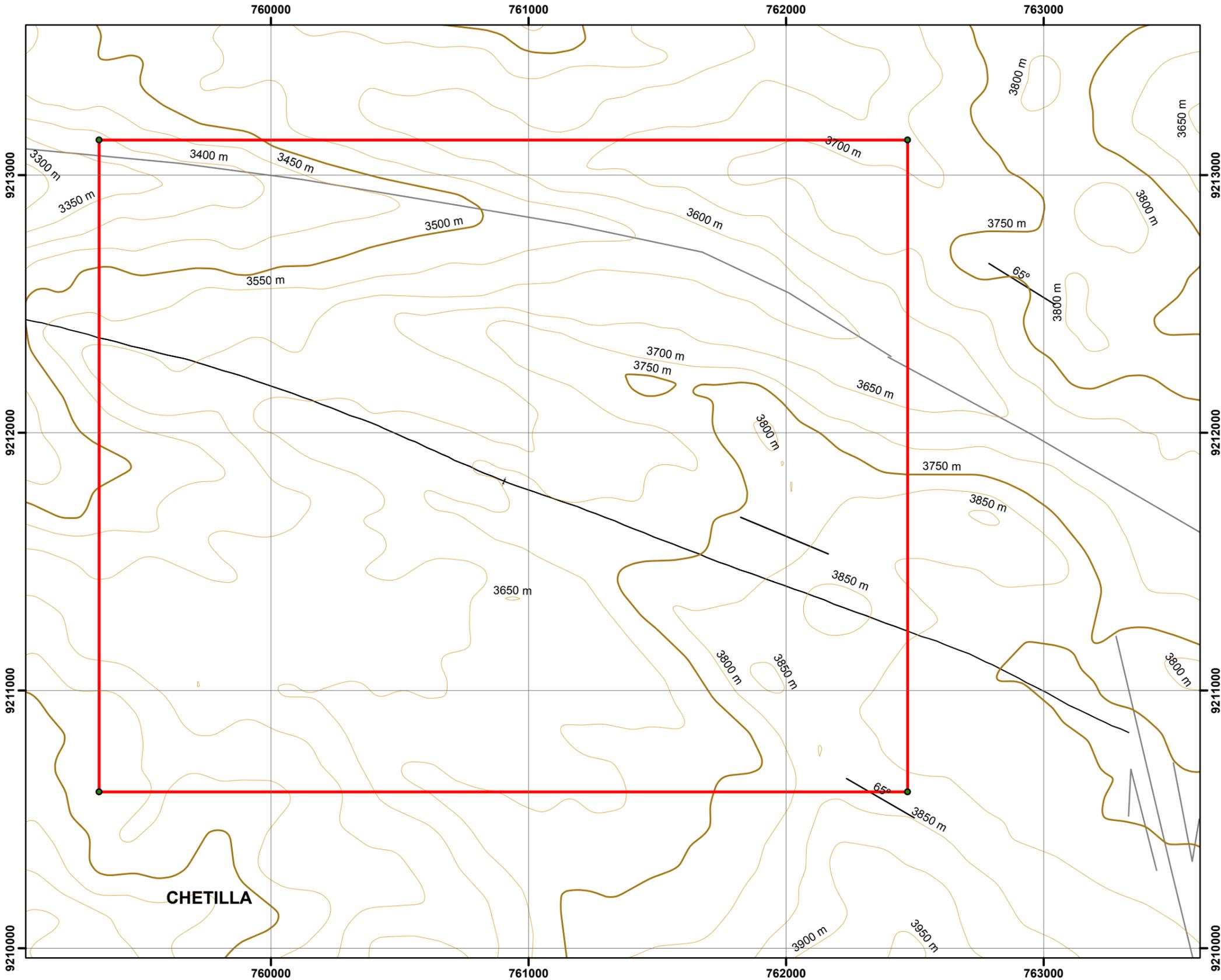
-  Buzamiento
-  Eje de Sinclinal
-  Falla Dextral
-  Zona de investigación



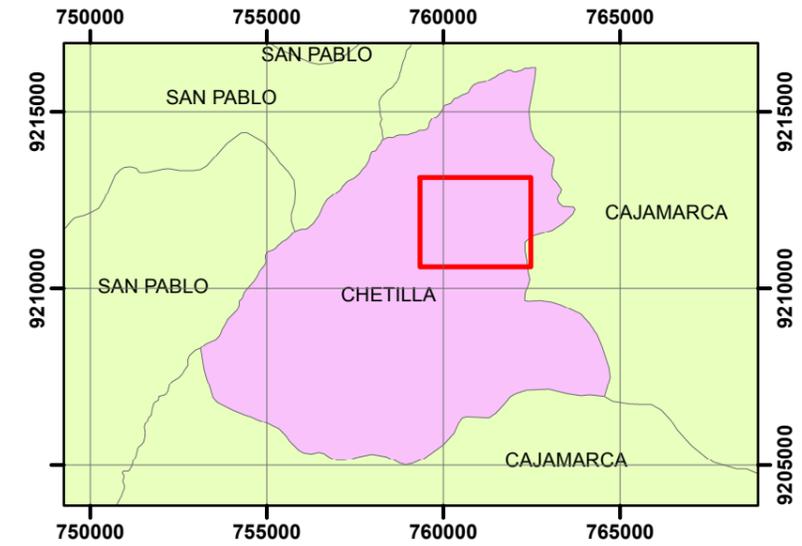
COORDENADAS DE INVESTIGACIÓN		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	9213136	762472
2	9210606	762472
3	9210606	759333
4	9213136	759333



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
PLANO	PLANO SATELITAL	
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	PLANO N°: 02
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
ESCALA	1/20000	

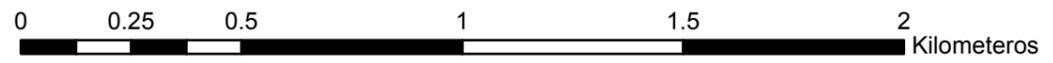


**DISTRITO DE CHETILLA**



**LEYENDA**

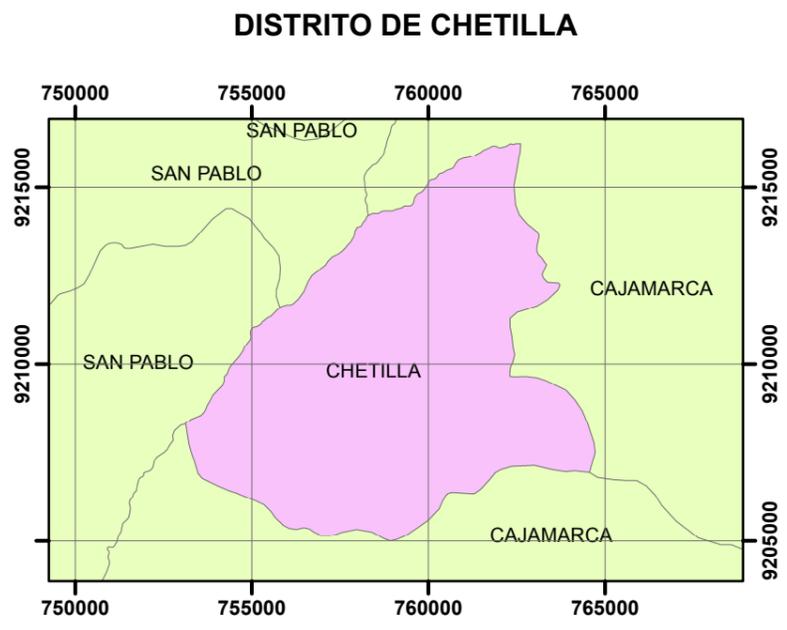
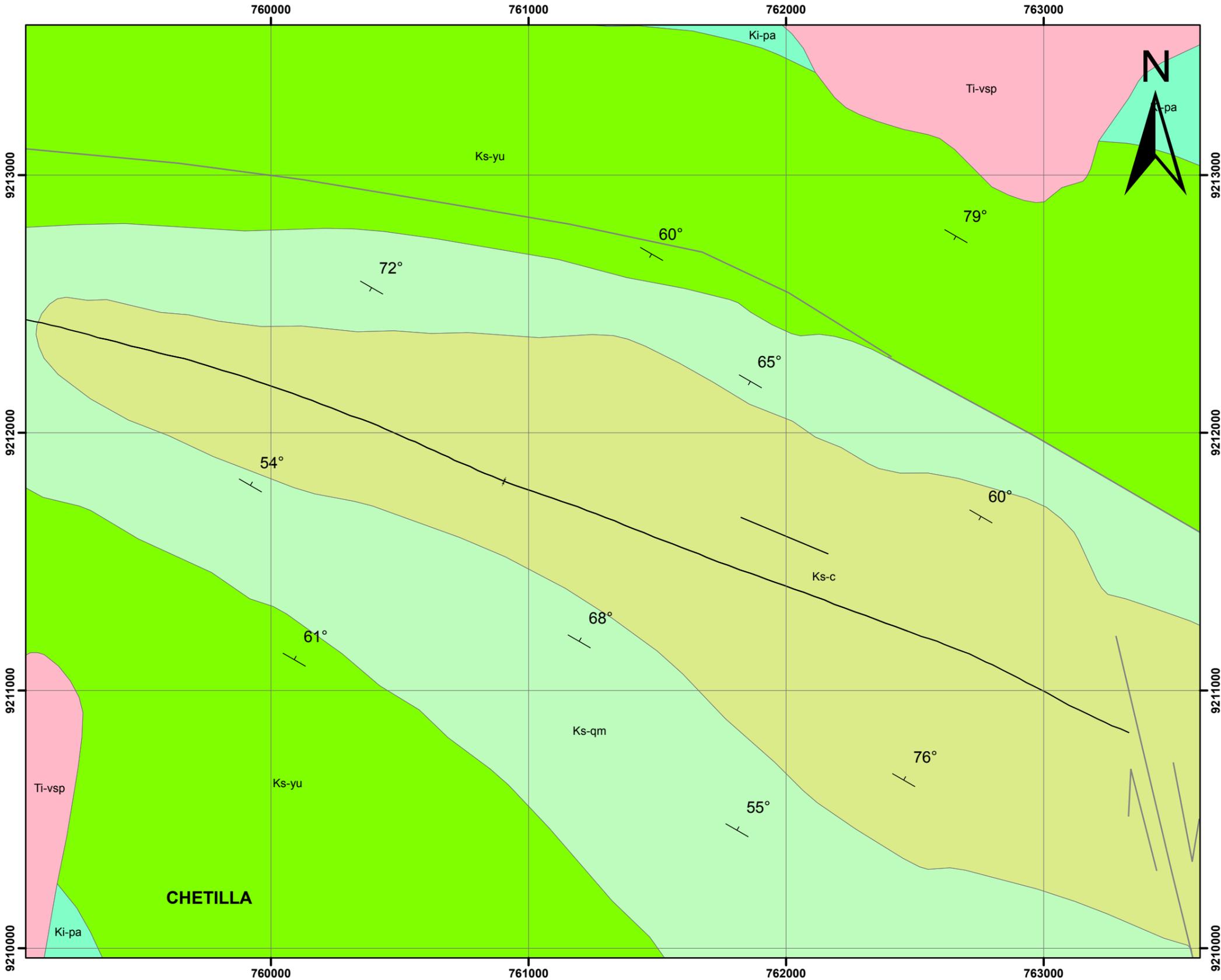
- Zona de investigación
- Curva de nivel - Mayor
- Curva de nivel - Menor
- + Eje de Sinclinal
- Buzamiento
- Falla Dextral



COORDENADAS DE INVESTIGACIÓN		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	9213136	762472
2	9210606	762472
3	9210606	759333
4	9213136	759333



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
PLANO	PLANO TOPOGRÁFICO	
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	PLANO N°: 03
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
ESCALA	1/20000	

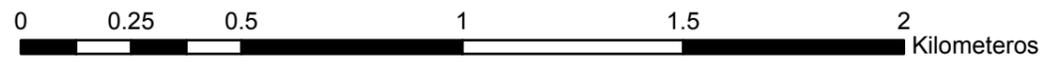


**LEYENDA**

- Zona de investigación
- + Eje de Sinclinal
- Falla Dextral

**Geología**

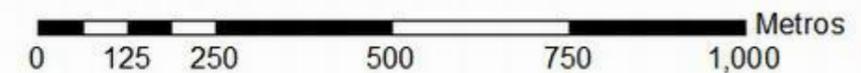
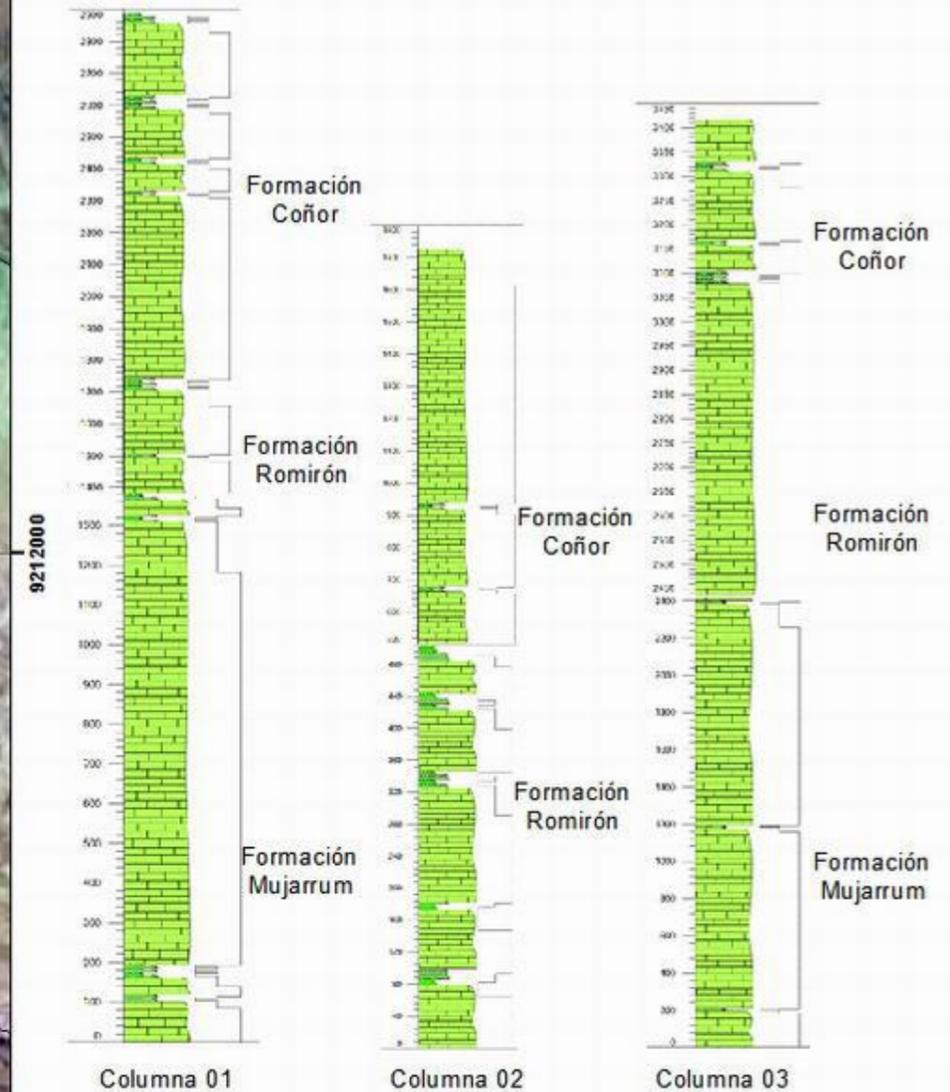
- Ki-chim
- Ki-chu
- Ki-in
- Ki-pa
- Ks-c
- Ks-qm
- Ks-yu
- Ti-vsp



COORDENADAS DE INVESTIGACIÓN		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	9213136	762472
2	9210606	762472
3	9210606	759333
4	9213136	759333



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023		
PLANO	PLANO GEOLOGICO	
TESISTA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel	PLANO N°: 04
ASESOR	Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
ESCALA	1/10 000	

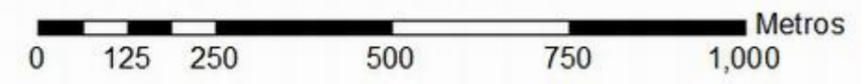
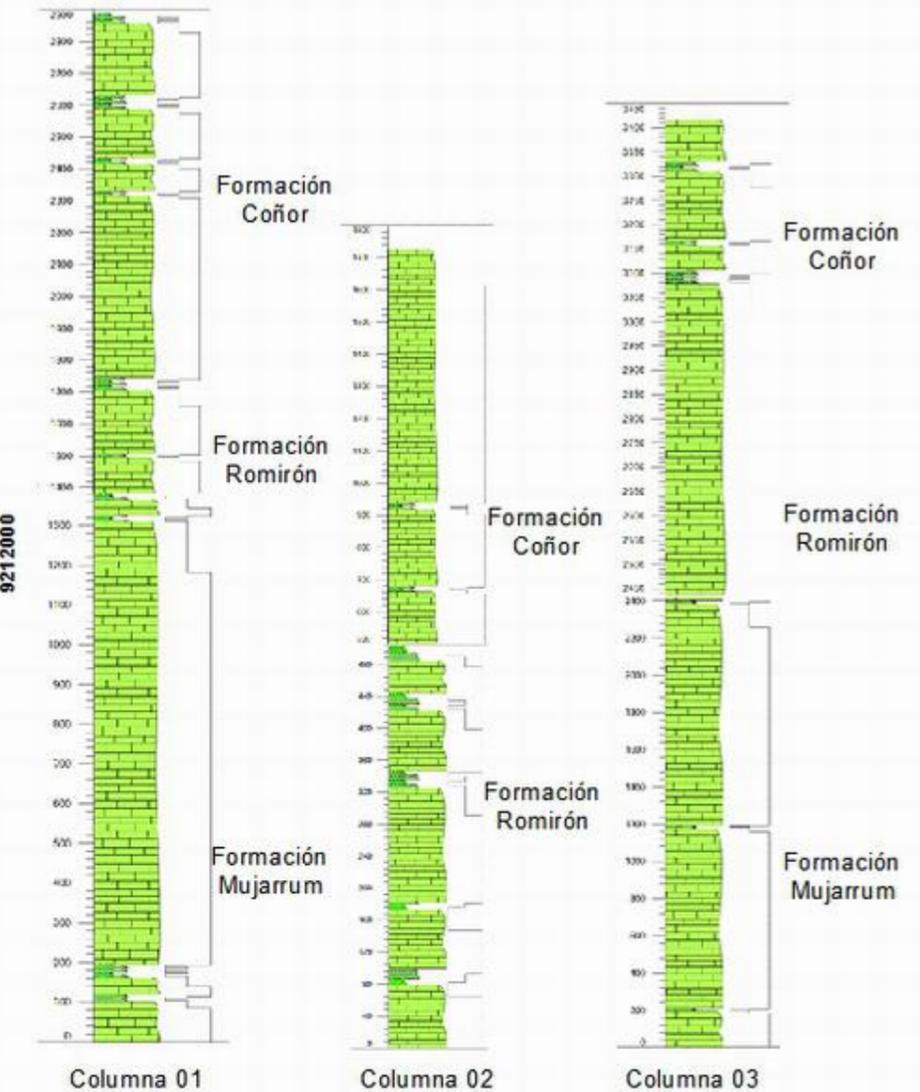
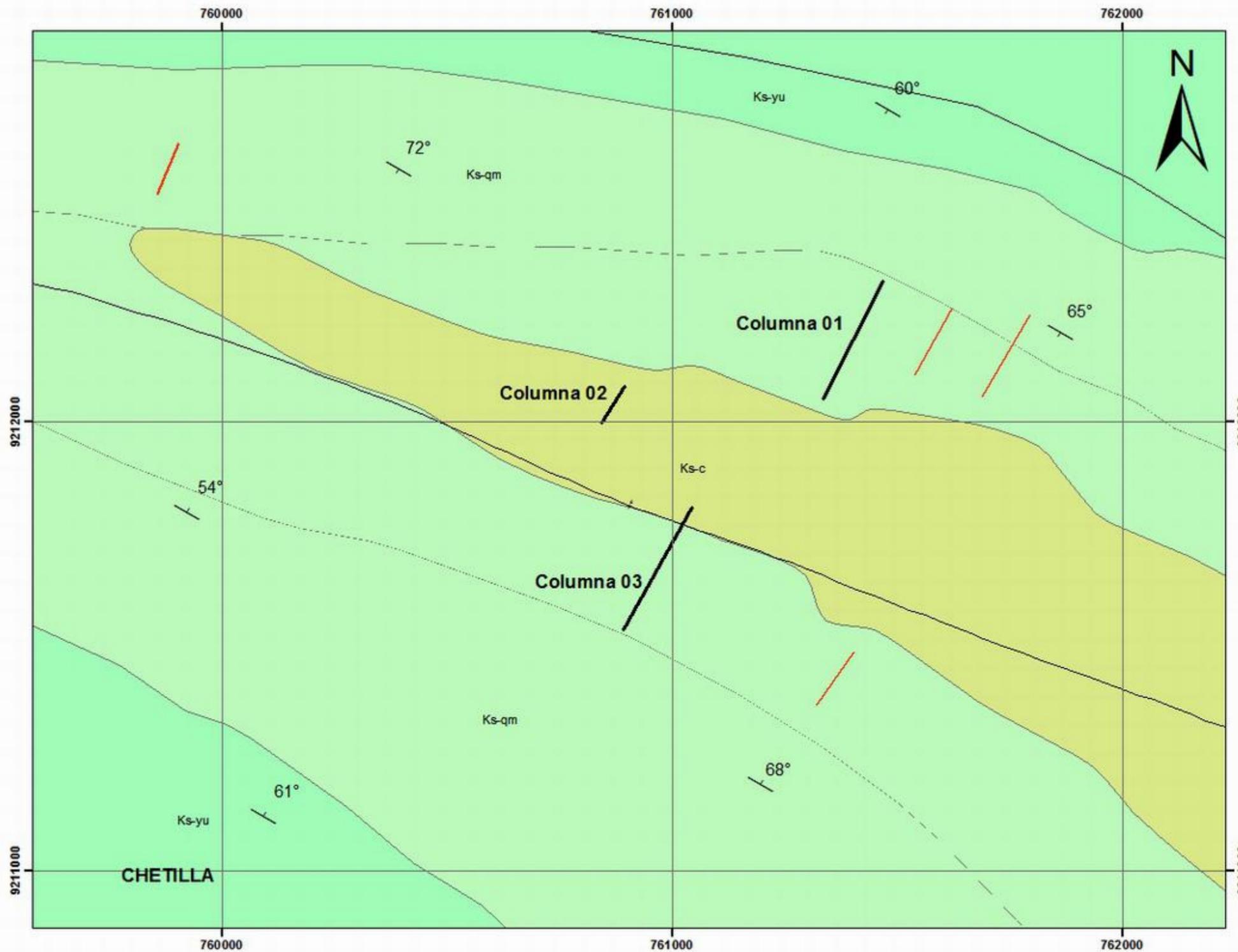


LEYENDA	
	Columnas estratigráficas
	Eje Sinclinal
	Falla Regional
	Falla normal dextral

Coordenadas de las columnas estratigráfica		
Punto	Este	Norte
C1- 1	761427	9212072
C1- 2	761438	9212098
C2- 1	760899	9211966
C2- 2	760893	9211949
C3- 1	760956	9211680
C3- 2	760937	9211651

Acotación  
 Se realizó la actualización geologica de la Formación Quilquiñan - Mujarrum, debido a la erosión de la Formación Cajamarca presente en la zona de investigación. Las fallas locales pertenecen al tipo de Falla de Cizalla o Transformante. Las cuales cortan a los estratos y los dirigen a sus extremos opuestos

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023	
	PLANO	PLANO DE ACTUALIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS REPRESENTATIVAS
	TESISTA ASESOR ESCALA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón 1/10 000
		PLANO N°:05



LEYENDA	
	Columnas estratigráficas
	Eje Sinclinal
	Falla Regional
	Falla normal dextral

Coordenadas de las columnas estratigráfica		
Punto	Este	Norte
C1- 1	761427	9212072
C1- 2	761438	9212098
C2- 1	760899	9211966
C2- 2	760893	9211949
C3- 1	760956	9211680
C3- 2	760937	9211651

Acotación  
 Se realizó la actualización geologica de la Formación Quilquiñan - Mujarrum, debido a la erosión de la Formación Cajamarca presente en la zona de investigación. Las fallas locales pertenecen al tipo de Falla de Cizalla o Transformante. Las cuales cortan a los estratos y los dirigen a sus extremos opuestos

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	LITO- BIOESTRATIGRAFÍA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN QUILQUIÑAN - MUJARRUM EN EL DISTRITO DE CHETILLA - CAJAMARCA 2023	
	PLANO	PLANO DE ACTUALIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS REPRESENTATIVAS
	TESISTA ASESOR ESCALA	Bach. Sanchez Chávez, Ledgard Jhoel Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón 1/10 000
		PLANO N°: 06