



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

“CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CHÚLEC
Y SU ASOCIACIÓN EN LOS EVENTOS TRANSGRESIVOS EN LA
CUENCA CAJAMARCA, PROVINCIA DE TEMBLADERA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

William Enrique Valdivia Gonzales

Asesor:

Ing. Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis queridos padres Esther Gonzales y Luciano Valdivia quienes me han apoyado a llegar a esta instancia de mis estudios; también, por el amor, el apoyo constante en mi vida personal y profesional, demostrándome que, con el esfuerzo y dedicación de hoy, podré lograr mis futuras alegrías y las ganas de continuar aspirando siempre a más, mis familiares y amigos los cuales me dan el apoyo y la inspiración necesaria para crecer con humildad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por todo lo que hizo, hace y hará en mí. A los ingenieros y docentes de la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE – CAJAMARCA, por su ardua labor como guía en mis 5 años de formación profesional; así también, por darme una base geológica sólida y de nivel en mi vida profesional.

A mi asesor el Ing. Mg. MIGUEL RICARDO PORTILLA CASTAÑEDA por guiarme, apoyarme con paciencia y constancia en el desarrollo de este trabajo, ya que no lo hubiese concretado sin su guía. Sus consejos fueron siempre útiles para el desarrollo de la presente tesis.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Hipótesis.....	14
1.4.1. Hipótesis general	14
CAPÍTULO II. MÉTODO	15
2.1. Tipo de investigación	15
2.2. Población de estudio	16
2.3. Muestra.....	16
2.4. Unidad de análisis	16
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
2.6.1. Procedimiento.....	18
2.6.1.1. Etapa de pre campo o gabinete 1	18
2.6.1.2. Etapa de campo	18
2.6.1.3. Etapa post campo o gabinete 2.....	19
CAPÍTULO III. RESULTADOS	20
3.1. Aspectos Generales.....	20

3.1.1. Ubicación Geográfica.....	20
3.1.2. Accesibilidad.....	21
CRONOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHÚLEC	23
EÓNOTEMA	23
ERATEMA	24
SISTEMA.....	25
SERIE 26	
UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA.....	27
3.1.3. Clima.....	27
3.2. Marco Teórico.....	28
3.2.1. Formación Chúlec (Ki-Chu).....	28
3.2.2. Columna estratigráfica:.....	29
3.2.2.1. Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos.	30
3.2.2.2. Principio de superposición de los estratos.....	30
3.2.2.3 Principio de Uniformismo o Actualismo.....	31
3.2.2.4. Principio de la Sucesión Faunística o de Correlación.....	31
3.2.2.5. Principio de la Simultaneidad de Eventos.....	31
3.2.2.6. Estratificación y Laminación.....	32
3.2.2.7. Bioestratigrafía.....	32
3.2.2.8. Litofacies, Biofacies.....	33
3.2.2.9. Estructuras Sedimentarias.....	33
3.2.2.10. Superficies de Estratificación.....	33
3.2.2.11. Tipos De Estratificación.....	33
3.2.2.12. Geometría De Los Estratos.....	33
3.2.2.13. Asociación De Estratos.....	34
3.2.2.14. Secuencias.....	34
3.3. ZONA DE TEMBLADERA	35
3.3.1. Geología.....	42
3.3.2. Estratigrafía.....	43
3.3.3. Paleontología.....	45

3.3.3.1. Clase Cephalopada	45
3.3.3.2. Clase Bivalvia	46
3.3.4. Geología estructural	47
Columna estratigráfica de la zona	51
3.4. Zona de Puyllucana	53
3.4.1. Geología	54
3.4.2. Estratigrafía	56
3.4.3. Paleontología	59
3.4.3.1. Clase Cephalopoda	60
3.4.3.2. Morfología	61
3.4.3.3. Clase Cephalopoda	62
3.4.3.4. Clase Bivalvia	65
3.4.3.5. Formas de vida y hábitats	65
3.4.4. Geología estructural	71
3.4.5. Columna estratigráfica de la zona	74
Primer Columna estratigráfica del centro poblado de Tembladera	75
Primer Columna estratigráfica del centro poblado de Puyllucana	77
Segunda Coluna estratigráfica de Puyllucana. Primer Tramo de los primero ocho metros con veinticinco centímetros (8.25cm)	78
3.5. SISTEMAS DE TRACTOS ALTOS Y BAJOS	83
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	85
DISCUSIÓN	85
CONCLUSIONES	87
Referencias	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	15
Tabla 2.....	21
Tabla 3.....	21
Tabla 4.....	23
Tabla 5.....	23
Tabla 6.....	24
Tabla 7.....	25
Tabla 8.....	25
Tabla 9.....	26
Tabla 10.....	27
Tabla 11.....	29
Tabla 12.....	35
Tabla 13.....	36
Tabla 14.....	37
Tabla 15.....	38
Tabla 16.....	41
Tabla 17.....	45
Tabla 18.....	46
Tabla 19.....	49
Tabla 20.....	52
Tabla 21.....	52
Tabla 22.....	53
Tabla 23.....	54
Tabla 24.....	55
Tabla 25.....	63
Tabla 26.....	68
Tabla 27.....	73
Tabla 28.....	74
Tabla 29.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica, a) Perú en mapa Sudamericano, b) Cajamarca en el mapa del Perú, c) Centro Poblado de Tembladera en el mapa de Cajamarca y d) Centro Poblado de Puyllucana en el departamento de Cajamarca.....	20
Figura 2 Accesibilidad a Tembladera.....	22
Figura 3 Accesibilidad Puyllucana	22
Figura 4 Clima de Tembladera Fuente: SENAMHI (2021)	28
Figura 5 Clima de Puyllucana Fuente: SENAMHI (2021)	28
Figura 6 Sección de la columna estratigráfica de la Formación Chúlec. Fuente: Repositorio UNC (2019).....	29
Figura 7 Contacto entre la formación Chúlec y la formación Pariatambo.....	36
Figura 8 Contacto de la formación Chúlec y la formación Inca Inca donde la diferencia de color nos muestra el cambio litológico y en este caso el contacto entre formaciones geológicas.....	37
Figura 9 Contacto con la formación Chúlec y la formación Inca.....	38
Figura 10 Contacto entre la formación Chúlec (parte superior de la imagen) y la formación Pariatambo (parte inferior de la imagen).	39
Figura 11 Caliza de la formación Chúlec, donde se media el espesor real de la sedimentación medido de forma perpendicular a la estratificación.	40
Figura 12 Toma de datos de Azimut y Buzamiento en campo.....	41
Figura 13 Medición y caracterización de sedimentación de roca lutita.....	42
Figura 14 Intercalación de roca caliza y lutita	43
Figura 15 Intercalación de caliza y calizas nodulares, en la figura se muestran encerrados en elipses de color rojo a una zona donde se observan calizas nodulares.....	44
Figura 16 Deposito coluvial con clastos sub angulosos.....	45
Figura 17 Resto paleontológico de un Cephalopodo - Ammonite	46
Figura 18 Biozona de Bivalvos con no mayor de cinco centímetros de diámetro de cada resto fósil	47
Figura 19 Secuencia de sedimentación de intercalación de calizas potentes y lutitas de menor espesor, con reconocimiento de familia de diaclasas.....	48
Figura 20 Flanco de sinclinal de la formación Chúlec en el centro poblado de Tembladera.....	49
Figura 21 Toma de datos de azimut y buzamiento con ayuda de la Brújula	50
Figura 22 Toma de datos relacionado al espesor real del estrato de caliza obtenido de forma perpendicular a la estratificación.....	51
Figura 23 Contacto de la formación Chúlec (coloración grisácea) y la formación Inca (coloración rojiza) en el centro Poblado de Puyllucana	54
Figura 24 Intercalación de lutitas (4.5m) y margas, con una estratificación compacta.....	55
Figura 25 Intercalación de calizas, lutitas, calizas nodulares (en la zona del flexómetro).....	56
Figura 26 Estratificación paralela de calizas y cruzada de las lutitas.	57
Figura 27 Intercalación de calizas en menor espesor, y secuencia de lutitas con mayor espesor de sedimentación.....	57
Figura 28 Estratificación paralela de calizas de gran espesor	58
Figura 29 Estratificación cruzada entre caliza, lutitas y margas en la zona de las líneas rojas.....	59
Figura 30 Calificación de organismos por hábitat o estilo de vida Fuente: Sam Boggs 2006.	60
Figura 31 Tipos de formas de las conchas de los cefalópodos Fuente: R. Domènech (1996).	62

Figura 32 Resto paleontológico de un cephalopodo de treinta y tres centímetros de diametro....	64
Figura 33 Gran ejemplar Cephalopodo con cuarenta y siete centímetros de diámetro encontrado en el talud del corte de carretera	64
Figura 34 Hábitats de los bivalvos Fuente: R.Domènech (1996).....	65
Figura 35 Morfología general de los bivalvos. Fuente: J. Martinell (1996).....	67
Figura 36 Molde externo de un Fósil de Bivalvo con una medida de nueve centímetros	68
Figura 37 Fósil Bivalvo	69
Figura 38 Fósil bivalvo de cuatro centímetros de largo	70
Figura 39 Biozonas de bivalvos agrupados en familias	71
Figura 40 Estratificación paralela de rocas calizas, obteniendo espesor real.....	72
Figura 41 Toma de datos de azimut y buzamientos en la zona de puyllucana	73
Figura 42 Columna estratigráfica de la zona de Tembladera	75
Figura 43 Columna estratigráfica de la zona de Tembladera	76
Figura 44 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana	77
Figura 45 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana	78
Figura 46 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana.....	79
Figura 47 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana.....	80
Figura 48 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana.....	81
Figura 49 Sistema de Tractos Tembladera	83
Figura 50 Sistema de Tractos Puyllucana	83

RESUMEN

Este proyecto de investigación abarca al Distrito de Tembladera. Se realiza la caracterización litoestratigráfica de la Formación Chúlec, este afloramiento se puede apreciar en un tramo de corte de carretera de la misma localidad. La Formación Chúlec se encuentra aflorando al suroeste de Cajamarca en el distrito de Tembladera, aflora a lo largo de casi toda la provincia, presenta una calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas. Su espesor aproximado es de 200- 250 metros e infrayace concordantemente a la Formación Pariatambo y suprayace con la misma relación a la Formación Inca. Para lo cual vamos a realizar la Caracterización de Facies Estratigráficas de manera Secuencial de la Formación Chúlec. 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 emplearán 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 observan nódulos y estratificación cruzada con presencia óxidos de hierro y manganeso, pertenecen al Albiano que representó una plataforma extensa cubierta por un mar de poca profundidad.

Palabras clave: Caracterización Estratigráfica, transgresión, Formación Chulec, Estratigrafía secuencial

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La ubicación la cuenca Cajamarca en la historia geológica, se conforma al Aptiano medio-tardío, zona característica de un ambiente fosilífero por la constante transición marina continental de las agua, las cuales acarrearón a los cuerpos de los seres vivos pertenecientes a aquella época, formando así las estructuras de intercalaciones entre roca caliza, formada en un ambiente de tractos bajos, por su peso o densidad; y la roca lutita y marga, rocas características de la familia de las areniscas, formadas en un ambiente de tractos alto por ser depositado.

La región de Cajamarca está conformada por diferentes Formaciones Geológicas, las que históricamente pertenecen a la era geológica que va desde el Precámbrico hasta el Cenozoico cuya litología está constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios. 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 Tembladera, donde aflora la Formación Chúlec, ubicada en el Cretácico Inferior, está constituida en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas; consta con un espesor entre doscientos a doscientos cincuenta metros (200- 250m). Los cuales se pueden reconocer en el campo, tanto los límites y características de dicha formación.

Por el cual se analizarán sus estructuras, texturas, fósiles y tipo de secuencia las cuales modifican la topografía, ya que según estudios generales realizados por el INGENMET (2019) , la información geológica sobre ésta formación, es escasa, por lo que es necesario realizar una caracterización lito-estratigráfica detallada, tomando datos de campo

pertenecientes a la formación de estudio para hacer la respectiva interpretación litoestratigráfica utilizando el software AutoCAD juntamente con el ArcGIS 10.3, para luego realizar la columna estratigráfica secuencial y sirva como base para correlaciones estratigráficas posteriores y así ampliar el conocimiento en el estudio de secuencias estratigráficas en el ambiente marino carbonatado.

En Saavedra (2019). Estratigrafía de las formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el caserío de Shaullo Chico del Distrito de Los Baños del Inca menciona el conocimiento de la sedimentología y la estratigrafía es importante, ya que brinda información de la superficie terrestre en tiempos pasados, y gracias a estos conocimientos se pudo realizar una reconstrucción del tipo de ambiente de depositación de los sedimentos, además nos permite interpretar la historia geológica en el pasado y el proceso constructivo por el cual se formaron los estratos a través del análisis de algunas secuencias sedimentológicas.

En Duran (2018). En el Estudio sedimentológico y estratigráfico de la microcuenca Cochamarca - San Marcos, Cajamarca, Perú. Hace mención del departamento de Cajamarca, dando conocer que es un territorio conformado por diferentes formaciones geológicas, las que históricamente pertenecen a la era geológica que va desde el Precámbrico hasta el Cenozoico cuya litología está constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios. Las características Sedimentológicas y Estratigráficas de las diversas Formaciones Cretáceas están relacionadas con los ambientes de sedimentación, tipos de estratos y restos Paleontológicos.

En Vera (2017). En Estratigrafía del volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Encañada – Cajamarca, menciona que la geología está representada por una secuencia carbonatada del Periodo Cretácico, que va desde la Formación Chúlec, hasta la Formación Yumagual, donde el objetivo del estudio fue

determinar las características estratigráficas y complementar el estudio definiendo la descripción macroscópica de la litología

En Garay (2017), en Estratigrafía secuencial de la formación Celendín en el distrito de Celendín – Cajamarca. Señala que la estratigrafía en dicha formación está caracterizada fundamentalmente por contenido de fósiles; además, se conforma por secuencias de eventos de espesor delgado y grueso. A su vez, menciona sobre la sedimentación ocurrida en la plataforma carbonatada.

En Moreno (2019), En su estudio titulado Facies sedimentarias de las Formaciones Carhuaz y Farrat en los sectores de San Cirilo, Callacpuma y Chilete, donde se elaboró columnas lito-estratigráficas de las Formaciones Carhuaz y Farrat en los sectores de San Cirilo, Callacpuma y Chilete, en los alrededores de Cajamarca, que fueron digitalizadas e interpretadas luego en gabinete, con el fin de estudiar las facies sedimentarias de dichas Formaciones e interpretar sus ambientes sedimentarios de formación para su posterior caracterización.

Finalmente, en Torres (2014) Tesis profesional. Estudio bioestratigráfico de la Formación Chúlec en la zona de Puyllucana- Santa Úrsula, donde da a conocer la caracterización fosilífera de la Formación Chúlec.

De este último se realizará la correlación estratigráfica para señalar la posible relación existente entre la formación Chúlec e Tembladera y de Puyllucana.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las características estratigráficas de la Formación Chúlec y su asociación en los eventos transgresivos en la cuenca Cajamarca, provincia de Tembladera, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las características estratigráficas de la Formación Chúlec y su asociación en los eventos transgresivos en la cuenca Cajamarca, provincia de Tembladera, 2021

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar el evento transgresivo de la formación Chúlec en el distrito de Tembladera

Describir las unidades litoestratigráficas.

Interpretar el ambiente sobre el que se desarrolló esta Formación.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las características estratigráficas de la formación Chulec que afloran en la provincia de Tembladera corresponden a un evento transgresivo en la cuenca Cajamarca, con lo cual se daría a conocer la zona de transición marina presente en la cuenca.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada ya que la columna y correlación estratigráfica se pueden usar en futuros proyectos ingenieriles; el alcance de investigación es explicativo, porque se busca explicar las causas que originaron los fenómenos observados; el enfoque de investigación es cuantitativo, porque se busca obtener resultados recolectando datos numéricos de los objetos fenómenos o participantes, que estudia y analiza mediante procedimientos estadísticos; el nivel de investigación es descriptivo y no experimental. Descriptivo, porque se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, y no Experimental porque se busca explicar los procesos longitudinales o evolutivos cuyo proceso analiza cambios a través del tiempo que originaron los fenómenos observados, el corte es transversal ya que el estudio se realizará en un solo periodo de tiempo.

Tabla 1

Método de Investigación

CRITERIO	METODOLOGÍA
Tipo	Aplicada
Alcance	Explicativo
Enfoque	Cuantitativo
Diseño	No experimental de corte transversal

Nota: Cuadro de doble entrada dando a conocer las características metodológicas del proceso de investigación. Fuente: Modificado (Oblitas, 2018)

2.2. Población de estudio

Los afloramientos de la Formación Chúlec, en el Distrito de Tembladera de aproximadamente doscientos cincuenta metros (250 m) de espesor.

2.3. Muestra

Columnas estratigráficas de la Formación Chúlec.

Caracterización de restos fósiles.

2.4. Unidad de análisis

La caliza, biozonas y cronoestratigrafía de aproximadamente setenta millones de años (70 Ma), perteneciente al Albiano.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se ha hecho uso de la observación directa como técnica para la recolección de datos, esta consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular, todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto. El instrumento que se ha usado para la técnica consiste en un cuaderno de campo; donde a través de este se ha establecido un protocolo de observación, donde a simple vista se anotarán todos los fenómenos presentes in situ (características estratigráficas, litología, etc.) la ficha de la columna estratigráfica y el plano geológico han sido otros instrumentos que ayudaron en el fin mencionado.

En segundo plano, se realizó un análisis documental como técnica de recolección de datos, está llevada a través de matrices de consistencia en donde se va clasificando la información de acuerdo con la importancia que pueda tener para el estudio; dentro de esta metodología

se albergan tesis, artículos, revistas científicas, entre otras fuentes para complementar el estudio. A su vez, el uso de material geológico como es el uso de una picota, un flexómetro, ácido clorhídrico, lupa, rayador (lápiz de dureza), protector, entre otros.

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos serán el análisis documental, la observación, y la medición en campo de las rocas y fósiles que afloren mientras que los instrumentos estarán constituidos por fichas y formatos como: ficha para descripción de litología, formato para Rocas Sedimentarias Carbonatadas. Cabe señalar que, para realizar la investigación, se emplearán tres etapas: la primera de gabinete, donde se recolectarán 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.

Particularmente el análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan de explotación de datos. En el que se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos.

La interpretación, a diferencia del análisis, tiene un componente más intelectual y una función explicativa. Su misión es buscar un significado al resultado del análisis mediante su relación con todo aquello que conocemos sobre el problema, de manera que aportamos una significación sociológica a los hallazgos encontrados en el análisis, confirmando, modificando o realizando nuevos aportes a la teoría previa sobre ese problema.

2.6.1. Procedimiento

Para la elaboración de este proyecto, se ejecutaron 3 etapas básicas, las cuales están clasificadas en: etapa de pre campo o gabinete 1, etapa de campo y etapa de post campo o gabinete 2.

2.6.1.1. Etapa de pre campo o gabinete 1

En esta etapa se realizó la revisión, selección y recopilación de información de la base de datos del repositorio de la Universidad Privada del Norte, repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, trabajos realizados por otras universidades del Perú, considerando así a las diferentes tesis como antecedentes y bases teóricas, y el uso de revistas referidas a la caracterización de la estratigrafía, como redalyc.org. Obteniendo información de las características litológicas de las dos zonas de estudio de manera teórica, como es la información del tipo de roca, los restos fósiles, el ambiente de formación y los diferentes eventos existentes que suscitaron en una etapa determinada de la era geológica.

2.6.1.2. Etapa de campo

En la etapa de campo se procedió a la toma de dos muestras de la zona de estudio. Así mismo se pudo saber que las dos muestras tomadas se ubicaron en lugares estratégicos, estudiados con las cualidades necesarias para el afloramiento de la formación Chúlec, obteniendo datos del programa ArcGIS, con ayuda de los shapefiles proporcionados por el INGEMMET (2020), y la técnica realizada para el levantamiento de la columna estratigráfica in situ o de manera directa, para recopilar datos de litología correspondiente, muestras de rocas, mediciones in situ, caracterizaciones de eventos estratigráficos, los cuales nos permitirían clasificar la ubicación respecto a la correlación estratigráfica de la zona de Tembladera y Puyllucana.

2.6.1.3. Etapa post campo o gabinete 2

Terminadas las etapas antes mencionadas se procedió a realizar el trabajo de gabinete que consistió en hacer el procesamiento de los datos obtenidos; cargándose inicialmente a una hoja Excel, para poder organizar los datos y así cargar al programa Strater, programa que nos generaría la columna estratigráfica, ayudándonos a reconocer y plasmar las características de campo en hojas para darlas a conocer cualitativa y cuantitativamente; así mismo, los puntos de cada estación fueron cargadas al ArcGIS donde se analizó e interpretó de tal manera que se dio paso a la redacción del informe final en el programa Word.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Aspectos Generales

3.1.1. Ubicación Geográfica

Se encuentra ubicada al SW de la ciudad de Cajamarca. Políticamente la zona de estudio se encuentra al norte del Perú, en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Contumazá, Distrito de Yonan (Tembladera). La zona de correlación se encuentra al norte del Perú, en el Departamento y Provincia de Cajamarca, Distrito de Los Baños del Inca.

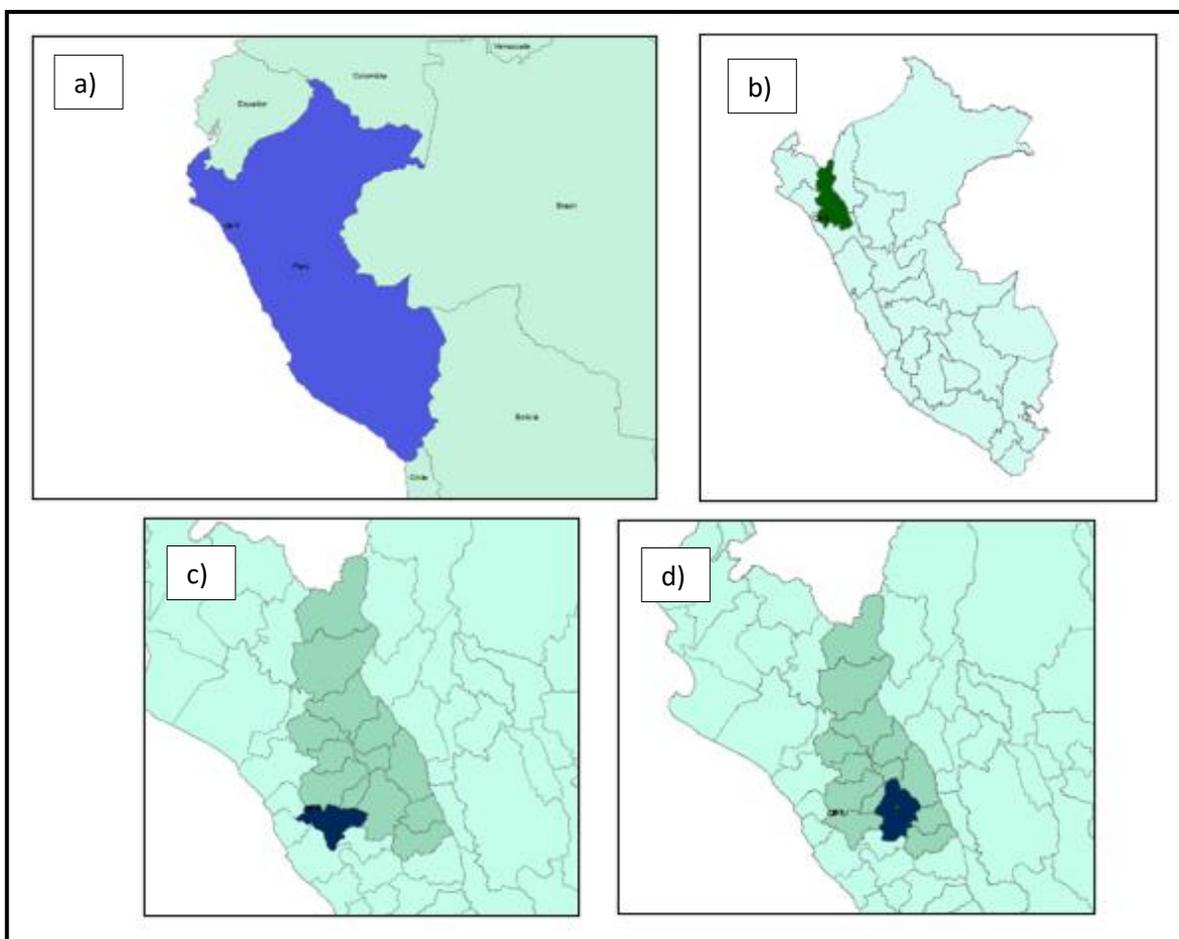


Figura 1 Ubicación geográfica, a) Perú en mapa Sudamericano, b) Cajamarca en el mapa del Perú, c) Centro Poblado de Tembladera en el mapa de Cajamarca y d) Centro Poblado de Puylucana en el departamento de Cajamarca

Coordenadas UTM de la zona de estudio

Tabla 2

Coordenadas de ubicación en Tembladera

Punto	Norte	Este
1	9201921	698857
2	9201921	701479
3	9200756	701479
4	9200756	698857

Nota: Coordenadas UTM de los cuatro vértices de la zona de estudio en Tembladera, ubicado en el cuadrante 15-e. Fuente: Propia

Tabla 3

Coordenadas de ubicación en Puyllucana

Punto	Norte	Este
1	9208535	783560
2	9208535	784674
3	9207767	784674
4	9207767	783560

Nota: Coordenadas UTM de los cuatro vértices de la zona de estudio en Puyllucana, ubicado en el cuadrante 15-f. Fuente: Propia

3.1.2. Accesibilidad

Para acceder a la zona de estudio es de manera sencilla, se utiliza la Av. Independencia hacia la salida a la costa, para dirigirnos hasta el reservorio Gallito Ciego, donde a unos 15 minutos siguiendo la misma carretera se observará la zona de estudio.

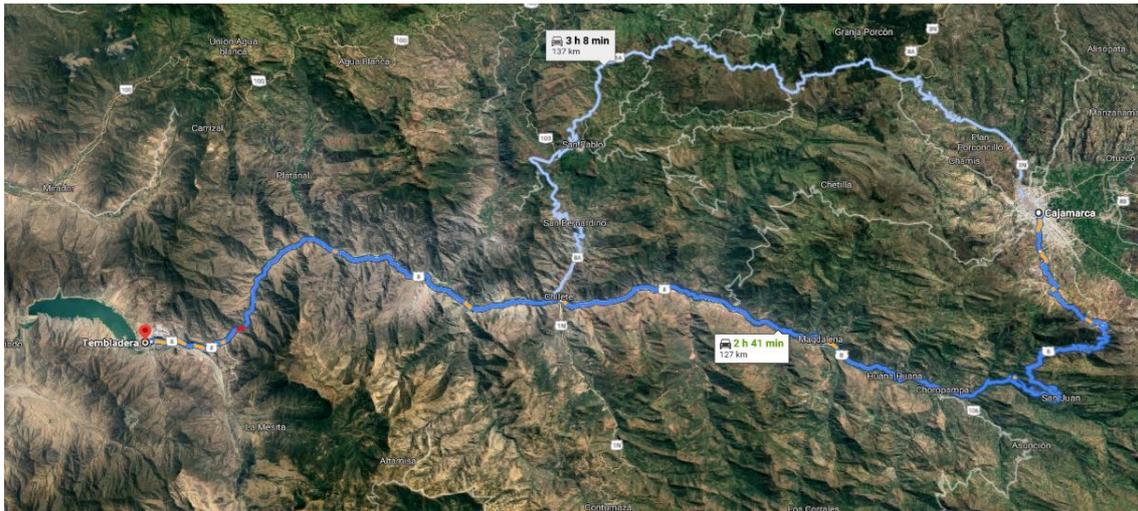


Figura 2 Accesibilidad a Tembladera

Acceso a la zona de investigación para realizar la correlación estratigráfica, se realiza camino a Los Baños del Inca, siguiendo el camino hacia el centro poblado de Puylucana, y finalmente, donde a unos 10 minutos siguiendo la misma carretera se observará la zona de estudio.

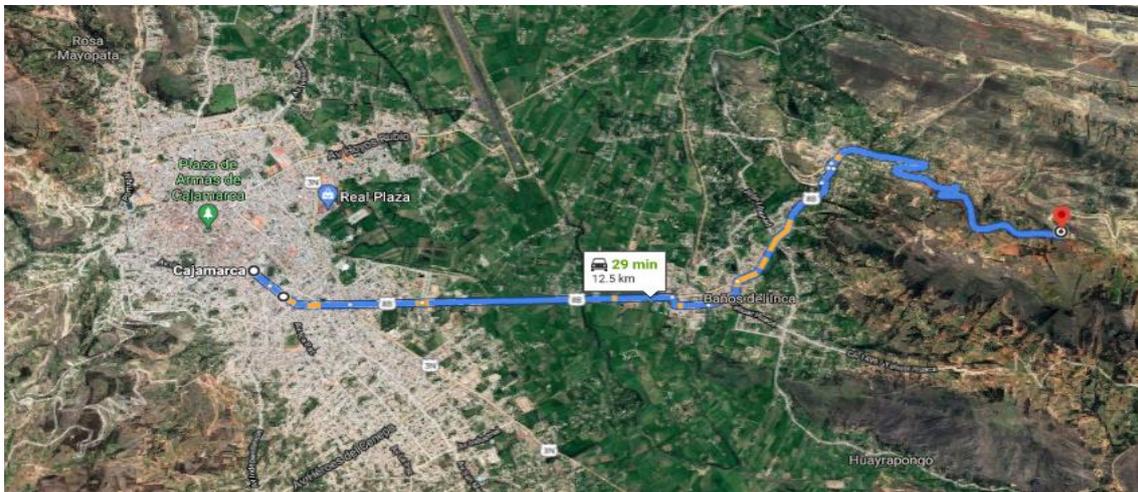


Figura 3 Accesibilidad Puylucana

Para la accesibilidad a la zona de estudio al centro poblado de Tembladera y Puylucana, se empleó tres horas, usando una vía asfaltada desde la salida de Cajamarca hasta la

llegada a Tembladera (zona de estudio) y treinta minutos, transitando por una vía asfaltada desde Cajamarca hasta la zona de estudio de Puyllucana.

Tabla 4

Acceso de zona de investigación en Tembladera

Tramo	Tiempo	Tipo
Cajamarca – Tembladera	2 horas, 45 minutos	Asfaltado
Tembladera – Zona de estudio	15 minutos	Asfaltado

Nota: Descripción de tiempo en minutos y tipo de camino (Trocha o asfalto), hacia la zona de investigación. Fuente: Propia

Tabla 5

Acceso de zona en Puyllucana

Tramo	Tiempo	Tipo
Cajamarca – Los Baños del Inca	10 minutos	Asfaltado
Los baños del Inca– Puyllucana	9 minutos	Asfaltado
Puyllucana – Zona de estudio	10 min	Asfaltado

Nota: Descripción de tiempo en minutos y tipo de camino (Trocha o asfalto), hacia la zona de investigación. Fuente: Propia

CRONOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHÚLEC

EÓNOTEMA

La formación en estudio se encuentra en el EÓN FANEROZOICO, etapa geológica más interesante y de la que se tienen más registros fósiles, Durante este eón ocurrieron hechos que se consideran hitos dentro del estudio de la historia del planeta Tierra. Entre éstos se pueden mencionar: la formación y fragmentación del supercontinente Pangea, origen y extinción de los dinosaurios, florecimiento de una gran variedad de formas de vida (incluyendo al hombre), dos procesos de extinción masivos y glaciaciones. (López, 2018)

En este EÓN, se observan las siguientes eras:

Tabla 6

Fases del Eón Fanerozoico

EÓN FANEROZOICO	ERA CENOZOICO
	ERA MESOZOICO
	ERA PALEOZOICO

Nota: Síntesis de las tres fases del Eón Fanerozoico. Fuente: Adaptación propia

ERATEMA

Era Mesozoica, fue una etapa geológica que se dio desde hace 252 a 66 millones de años, entre las principales características de la era Mesozoica. (Las eras geológicas, 2020)

Podemos destacar que:

1. Esta era comprende la aparición y la desaparición de los dinosaurios, una de las especies animales más dominantes que pudieron existir.
2. Tanto las Gimnospermas (plantas con semillas) como las Angiospermas (plantas con flor) supusieron un gran impacto en las superficies terrestres, y también eran una fuente de alimento para distintos animales y mamíferos.
3. Con respecto al ambiente marino, en esta era había multitud de especies, entre las que resaltan una gran cantidad de moluscos.
4. El final de esta era está marcada por la extinción de los dinosaurios, que -se especula- ocurrió debido al impacto de un meteorito de grandes dimensiones o bien por una intensa actividad volcánica.
5. Además, esta era se caracterizó por la individualización de los continentes y fractura del Pangea.

En esta era se desliga tres sistemas:

Tabla 7

Fases de la Era Mesozoica

	SISTEMA CRETÁCEO
ERA MESOZOICA	SISTEMA JURÁSICO
	SISTEMA TRIÁSICO

Nota: Síntesis de las fases de la Era Mesozoica. Fuente: Adaptación propia

SISTEMA

En el sistema Cretácica, es el periodo donde surge la aparición de las plantas con flor, también conocidas como Angiospermas. (Las eras geológicas, 2020)

Finalmente, es en el Cretácico cuando ocurrió la famosa extinción de los dinosaurios, que fue provocada (según distintas teorías) o bien por la caída de un meteorito o bien por la erupción de volcanes. Esto provocó un cambio climático a un clima generalmente cálido en todo el planeta. Por último, debido a la fragmentación de Pangea, ocurrió una gran subida en el nivel del mar.

En este sistema se aprecia dos grandes épocas:

Tabla 8

Fases del sistema Cretácico

SISTEMA	EPOCA SUPERIOR
CRETÁCICA	EPOCA INFERIOR

Nota: Síntesis de fases del sistema Cretácico. Fuente: Adaptación propia

SERIE

En el cretácico inferior, también llamado Cretácico temprano, es la parte que transcurrió desde hace 145 hasta 100 millones de años en el pasado. Fue una etapa de gran esplendor de los animales, especialmente de los dinosaurios. En estos años es cuando aparecen las primeras aves y las primeras angiospermas con un solo cotiledón. Aun con todo lo más importante de este periodo fue cuando los continentes se separaron unos de otros, aunque no tenían la forma actual. En cuanto a sus subdivisiones, podemos hablar de las siguientes separaciones (Aguirre, 2019):

Tabla 9

Fases del Cretáceo Inferior

CRETÁCICA INFERIOR	Albiense
	Aptiense
	Barremiense
	Hauteriviense
	Valanginiense
	Berriasiense

Nota: Descripción de fases del Cretáceo Inferior. Fuente: Adaptación propia

Y se obtiene las siguientes unidades estratigráficas:

Tabla 10

Unidades Litoestratigráficas del Cretáceo Inferior

	PARIATAMBO	
	CHÚLEC	
	INCA	
CRETÁCICA INFERIOR		FARRAT
	GRUPO	CARHUAZ
	GOYLLARISQUIZGA	SANTA
		CHIMÚ
		TINAJONES

Nota: Descripción de las unidades litoestratigráficas del Cretáceo Inferior. Fuente:

Adaptación propia

UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA

Formación Chúlec

Conformado por estratos delgados de calizas, marga y arcillitas de composición calcárea, presenta gran cantidad de fósiles. Tiene un espesor que varía entre 100 a 250 m. Esta formación suprayace a la Fm. Pariahuanca e infrayace a la Fm. Pariatambo en forma concordante. (VILCA, 2019)

3.1.3. Clima

En Tembladera, los veranos son cortos, cálidos y nublados; los inviernos son largos, cómodos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 29 °C. (Weather Spark, 2021)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día	31 °C	31 °C	30 °C	30 °C	31 °C	30 °C	31 °C	34 °C	34 °C	33 °C	32 °C	31 °C
Noche	24 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	26 °C	25 °C					
Precipitación	376 mm	416 mm	465 mm	344 mm	275 mm	207 mm	152 mm	143 mm	203 mm	219 mm	258 mm	370 mm

Figura 4 Clima de Tembladera Fuente: SENAMHI (2021)

El clima en Los Baños del Inca es cálido y templado. En invierno, hay mucha menos lluvia en Los Baños del Inca que en verano. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Cwb. La temperatura aquí es en promedio 12.8 °C. Precipitaciones aquí promedios 2963 mm. (Weather Spark, 2021)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	12.6	12.6	12.7	12.9	12.9	12.8	13	13.5	13.2	12.7	12.6	12.6
Temperatura mín. (°C)	9.5	9.8	10	9.7	9.3	8.5	8	8.2	8.8	8.9	8.8	9.2
Temperatura máx. (°C)	17.6	17.6	17.7	17.8	17.9	18.1	18.8	19.7	18.9	18.2	18.2	17.8
Precipitación (mm)	385	437	494	322	169	67	35	47	171	293	253	310
Humedad(%)	82%	84%	85%	82%	78%	71%	63%	60%	71%	76%	72%	78%
Días lluviosos (días)	19	19	21	19	16	9	6	7	15	19	15	17
Horas de sol (horas)	6.2	5.8	5.7	6.6	7.4	8.4	8.9	9.1	8.3	7.2	7.4	6.7

Figura 5 Clima de Puyllucana Fuente: SENAMHI (2021)

3.2. Marco Teórico

3.2.1. Formación Chúlec (Ki-Chu)

La formación Chúlec aflora a un costado del corte de carretera en la zona de Tembladera, en las cuales se realizaron el levantamiento de la columna estratigráfica. Se logró caracterizar a estratos de caliza ferruginosa, fases de intercalación de lutitas y margas, estratos de calizas nodulares y biozonas de bivalvos y ammonites. (Lombard, 1956)

Si tomamos en cuenta la secuencia estratigráfica, tenemos noción de lo siguiente:

Tabla 11

Secuencia Estratigráfica de la formación Chúlec

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica
			Pariatambo
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Chúlec
			Inca

Nota: Secuencia Estratigráfica perteneciente a la Formación Chúlec. Fuente: Adaptación propia

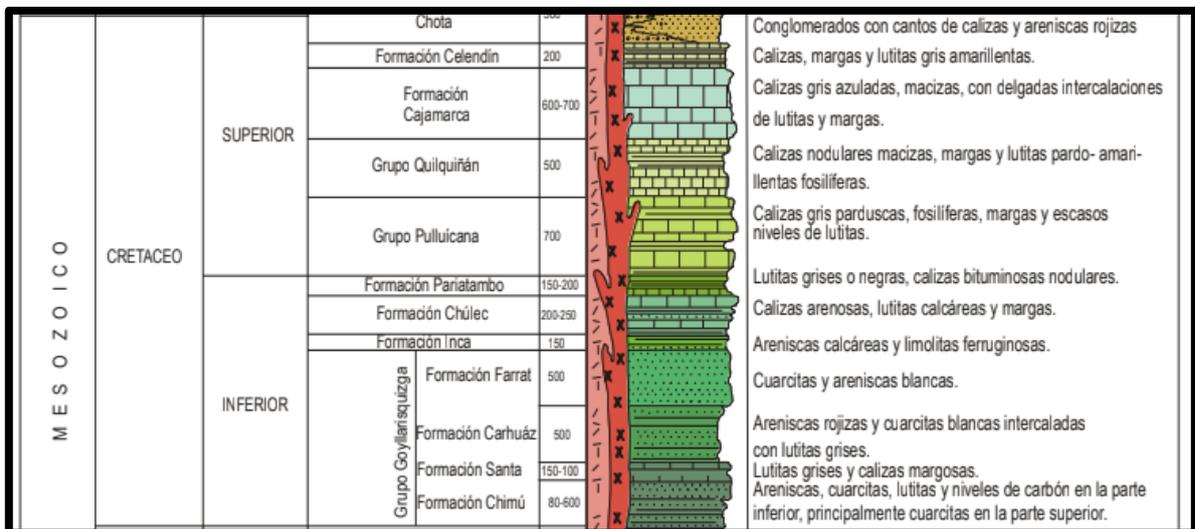


Figura 6 Sección de la columna estratigráfica de la Formación Chúlec. Fuente: Repositorio UNC (2019)

El cuerpo de doctrina de la Estratigrafía se construye a partir de la aplicación de algunos principios fundamentales, cuatro de ellos emitidos en la etapa de historia común con la Geología y el quinto emitido, de manera formal, recientemente.

3.2.2. Columna estratigráfica:

Según Vera (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.

3.2.2.1. Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral 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)

3.2.2.2. 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 Torres, 1994).

3.2.2.3 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).

3.2.2.4. 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, 1994).

3.2.2.5. 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).

3.2.2.6. 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).

3.2.2.7. Bioestratigrafía

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)

3.2.2.8. 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, 1994).

3.2.2.9. 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, 1994).

3.2.2.10. 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).

3.2.2.11. 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).

3.2.2.12. 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).

3.2.2.13. 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).

3.2.2.14. Secuencias

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).

3.3. ZONA DE TEMBLADERA

En la zona de tembladera, para la elaboración de las columnas estratigráficas se realizó en una columna compuesta, donde se apreciaron las cualidades de dicha formación, donde se observan calizas ferruginosas, calizas fosilíferas, lutitas, areniscas y su vez se apreció calizas nodulares, biozonas de amonites. Se tomaron en dos puntos, de los siguientes tramos

Tabla 12

Coordenadas de columna estratigráfica

COORDENADAS DE LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	9201297	699356
2	9201285	699285

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-e. Fuente: Propia

Identificación del contacto geológico entre la Formación Pariatambo compuesta por lutitas y (parte superior de la figura figura N° 4), la Formación Chúlec compuesta por calizas nodulares con textura Mudstone (parte inferior de la figura N° 4) según la clasificación de Dunham 1962.

Tabla 13

Datos de Azimut y Buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	112N	65 SW

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia



Figura 7 Contacto entre la formación Chúlec y la formación Pariatambo

Contacto entre la Formación Chúlec (parte superior de la figura N° 5) y la Formación inca (parte inferior de la figura N° 5) la formación Chúlec conformada por roca caliza y la Formación Inca conformada por areniscas calcáreas.



Figura 8 Contacto de la formación Chúlec y la formación Inca Inca donde la diferencia de color nos muestra el cambio litológico y en este caso el contacto entre formaciones geológicas

En la zona de Tembladera, se realizó una columna compuesta mediante levantamientos de columnas estratigráficas por razones de la ausencia de continuidad de los estratos.

Tabla 14

Coordenadas de la columna estratigráfica

COORDENADAS DE LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	9201389	700128
2	9201410	700081

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-e. Fuente: Propia



Figura 9 Contacto con la formación Chúlec y la formación Inca

Identificación del contacto geológico entre la Formación Pariatambo compuesta por lutitas y la Formación Chúlec compuesta por calizas nodulares con textura Mudstone según la clasificación de Dunham 1962.

Tabla 15

Datos de azimut y buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	139N	56 SW

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia

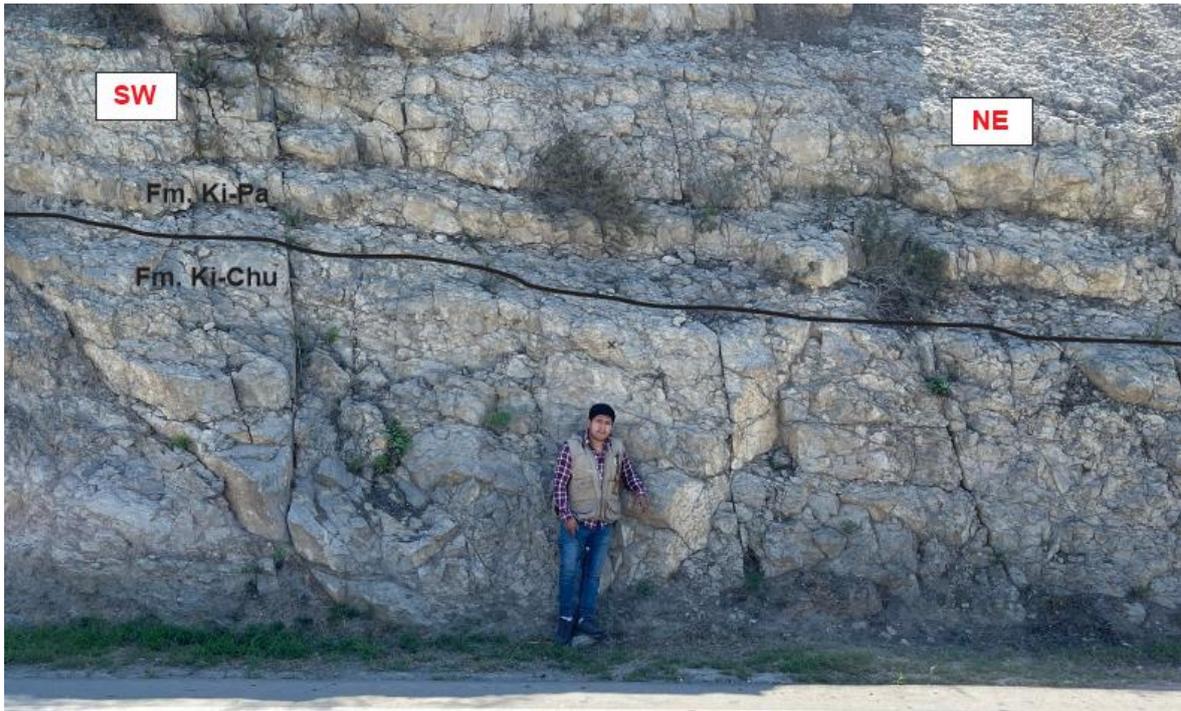


Figura 10 Contacto entre la formación Chúlec (parte superior de la imagen) y la formación Pariatambo (parte inferior de la imagen).

Se observaron las calizas ferruginosas con textura Wackestone según la clasificación de Dunham 1962, de donde se obtuvo el espesor real del estrato medido en campo de forma perpendicular a la estratificación.



Figura 11 Caliza de la formación Chúlec, donde se media el espesor real de la sedimentación medido de forma perpendicular a la estratificación.

En la figura N° 12 que se aprecia a continuación se obtuvo el azimut y buzamiento en el estrato de caliza nodular con presencia de material no consolidado en la superficie del estrato.

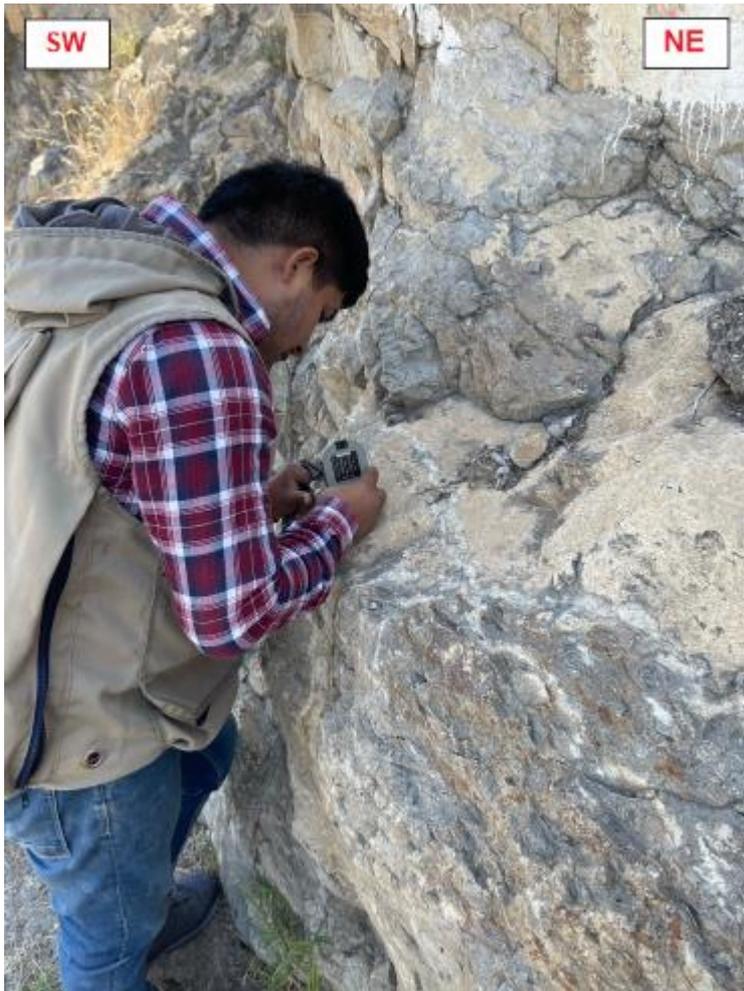


Figura 12 Toma de datos de Azimut y Buzamiento en campo

Tabla 16

Datos de Azimut y Buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	167N	76 SW

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia

3.3.1. Geología

Se logra apreciar la intercalación de caliza con lutitas correspondiente a la formación en estudio, en la figura N° 13 se muestra la medición del estrato de lutitas, el cual consta de nueve centímetros (9 cm).

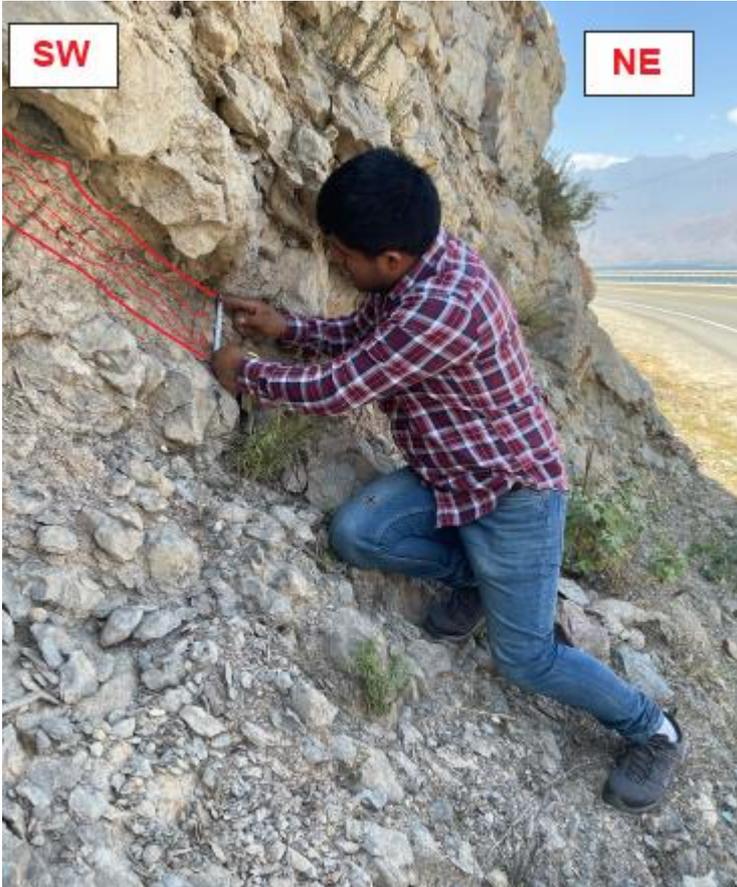


Figura 13 Medición y caracterización de sedimentación de roca lutita.

Intercalación de calizas con lutitas en la Formación Chúlec de la Figura N° 14, donde se aprecia a la lutita rodeada por calizas masivas en la parte superior y calizas nodulares en la parte inferior.

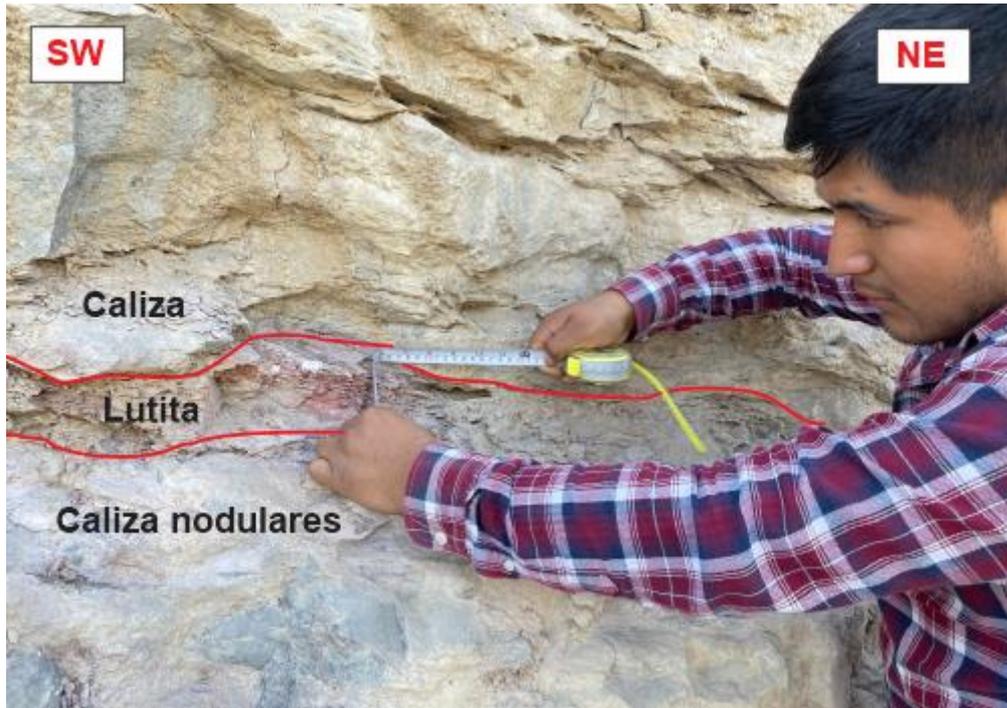


Figura 14 Intercalación de roca caliza y lutita

3.3.2. Estratigrafía

Estrato de calizas nodulares presentes en la Formación Chulec, en la figura N° 12 se observa los nódulos presentes en la caliza marcadas con rojo y en la parte superior de calizas masivas de textura wackestone.



Figura 15 Intercalación de caliza y calizas nodulares, en la figura se muestran encerrados en elipses de color rojo a una zona donde se observan calizas nodulares.

Se observó un depósito coluvial en la Figura N° 16 en la parte central de la zona de estudio formados por la erosión de la parte superior del talud con clastos sub redondeados y sub angulosos de tamaño medio y una matriz de no consolidada.



Figura 16 Deposito coluvial con clastos sub angulosos.

3.3.3. Paleontología

3.3.3.1. Clase Cephalopada

Fósil de cefalópodo, los cefalópodos son representativos de la formación Chulec ya que se pueden encontrar una gran variedad y algunos con buen desarrollo obteniendo algunos especímenes de gran tamaño. (Gama, 2005)

Tabla 17

Caracterización

TIPO	CARACTERÍSTICA
Phylum	Mollusca
Clase	Cephalopada
Subclase	Ammonoidea

Nota: Caracterización del fósil encontrado en la zona de investigación. Fuente: Propia



Figura 17 Resto paleontológico de un Cephalopodo - Ammonite

3.3.3.2. Clase Bivalvia

Esta clase abunda de manera profusa y se los encuentra desde los inicios de la deposición hasta finales de esta misma, en la siguiente figura, se logra apreciar el molde externo de este resto paleontológico. Descripción de familia en el siguiente cuadro:

Tabla 18

Caracterización

TIPO	CARACTERÍSTICA
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Subclase	Lamelibranchios

Nota: Caracterización del fósil encontrado en la zona de investigación. Fuente: Propia

En la siguiente figura, se observa una biozona de bivalvos, con un tamaño mínimo de tres centímetros (3 cm) entre muestra y un tamaño máximo de doce centímetros (12 cm) entre familia.



Figura 18 Biozona de Bivalvos con no mayor de cinco centímetros de diámetro de cada resto fósil

3.3.4. Geología estructural

En la zona de estudio se apreció una posible falla, sin embargo, no se logró apreciar ningún tipo de rotación, ni movimiento en cizalla o transformante; se logró apreciar la continuidad de los mismos estratos antes y después de la pseudo falla, y según el principio de sedimentación se determina que no existe una falla en la zona, sin embargo, podemos decir que es una diaclasa no sistemática.

A su vez se aprecia la familia de diaclasas con perpendicularidad a los estratos.



Figura 19 Secuencia de sedimentación de intercalación de calizas potentes y lutitas de menor espesor, con reconocimiento de familia de diaclasas

Se logra apreciar un flanco del sinclinal, gracias al patrón existente de la estratificación, por la estratificación se pueden apreciar diferentes buzamientos en la estratificación, donde se obtuvieron los siguientes datos: en la parte inferior con un buzamiento de 65° y en la superior de 87° contando con el mismo azimut de 98°N .



Figura 20 Flanco de sinclinal de la formación Chúlec en el centro poblado de Tembladera

En la siguiente figura, se realiza la toma de los datos de azimut y el buzamiento de la estratificación de la Formación Chúlec para una correcta interpretación estructural.

Tabla 19

Datos de azimut y buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	145N	65SW

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia

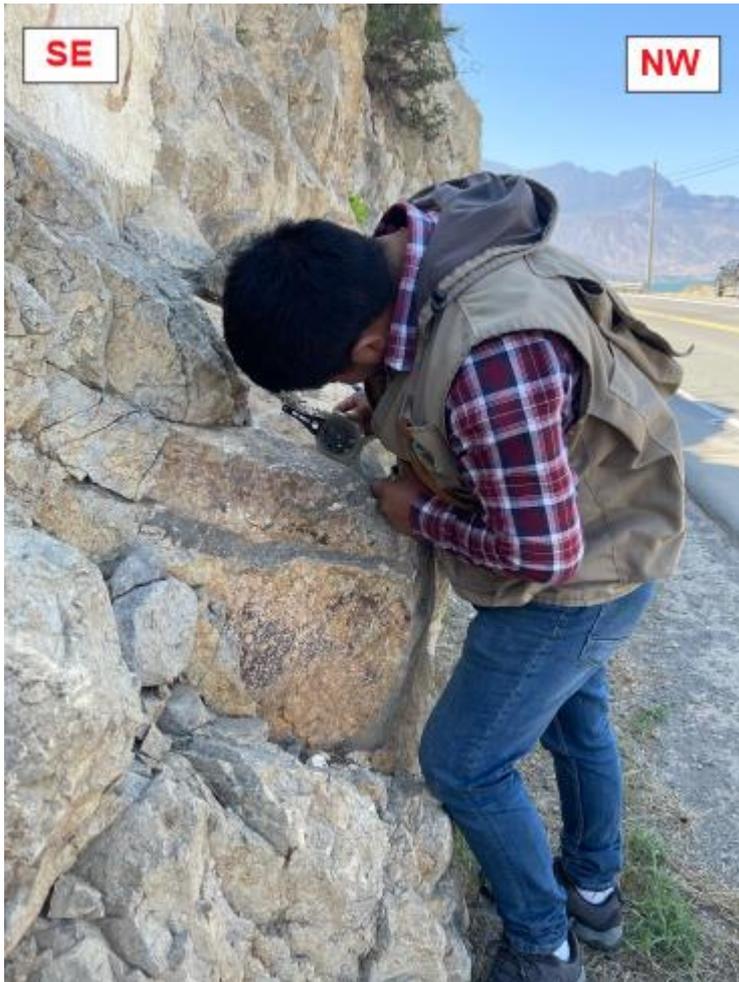


Figura 21 Toma de datos de azimut y buzamiento con ayuda de la Brújula

Espesor real obtenido forma directa obtenida paralelamente a la estratificación de la roca caliza para la elaboración de la columna estratigráfica



Figura 22 Toma de datos relacionado al espesor real del estrato de caliza obtenido de forma perpendicular a la estratificación.

Columna estratigráfica de la zona

Se realizaron dos columnas estratigráficas, con las siguientes coordenadas de punto de inicio y fin, donde se caracterizó la litología y las estructuras sedimentarias con sus dimensiones reales, tomadas en el campo, cuyo cuadro se encuentra en el apartado de anexos.

Tabla 20

Coordenadas de la primera columna estratigráfica de Tembladera

Coordenadas de columna en Tembladera		
Punto	Norte	Este
Inicio	9201285	699356
Fin	9201297	699285

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-e. Fuente: Propia

Tabla 21

Coordenadas de la segunda columna estratigráfica de Tembladera

Coordenadas de columna en Tembladera		
Punto	Norte	Este
Inicio	9201389	700128
Fin	9201410	700081

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-e. Fuente: Propia

3.4. Zona de Puylucana

En la zona de Puylucana, se reconoció el contacto de la formación Inca y la formación Chúlec gracias al cambio drástico de litología, encontrando la caracterización del color ferruginoso de la formación Inca y la presencia de erosión en la caliza de la formación Chúlec.

Las coordenadas del contacto litológico son las siguientes:

Tabla 22

Coordenadas de la columna

COORDENADAS DE LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	9208041	783940
2	9208244	784434

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-f. Fuente: Propia



Figura 23 Contacto de la formación Chúlec (coloración grisácea) y la formación Inca (coloración rojiza) en el centro Poblado de Puyllucana

3.4.1. Geología

Con respecto a la geología de la zona de Puyllucana, la formación Chúlec se muestra en grandes lapsos de caliza compactada, caliza fosilífera, arenisca, lutitas, margas y presencia de restos fósiles. En la siguiente figura apreciamos una zona de intercalación de margas con lutitas, donde se da la toma de datos con la brújula como instrumento de medida.

Tabla 23

Datos de azimut y buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	89N	75SE

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia



Figura 24 Intercalación de lutitas (4.5m) y margas, con una estratificación compacta.

En la siguiente figura apreciamos una zona de intercalación de calizas con lutitas, donde la estratificación se da en forma paralela y se realizó la toma de datos con la brújula como instrumento de medida.

Tabla 24

Datos de azimut y buzamiento obtenidos en campo

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	68N	60SE

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia



Figura 25 Intercalación de calizas, lutitas, calizas nodulares (en la zona del flexómetro)

3.4.2. Estratigrafía

En tanto a la estratigrafía se observó las estructuras de estratificación cruzada, laminar, paralela, así como también se aprecian calizas en caracterización nodular. Se observó la intensa intercalación de caliza con lutitas, que nos da a conocer que la Formación Chúlec pertenece a una zona de formación transicional. (Vera Torres, 1994)

En la siguiente figura podemos apreciar la estratificación paralela de calizas con estratificación cruzada en las lutitas. Con predominancia de las calizas.



Figura 26 Estratificación paralela de calizas y cruzada de las lutitas.

En la siguiente figura podemos apreciar la estratificación paralela de calizas intercaladas con lutitas. Con predominancia de lutitas con estratificación cruzada.



Figura 27 Intercalación de calizas en menor espesor, y secuencia de lutitas con mayor espesor de sedimentación

En la siguiente figura podemos apreciar la estratificación paralela de calizas. Con grandes espesores en sus secuencias sedimentarias.

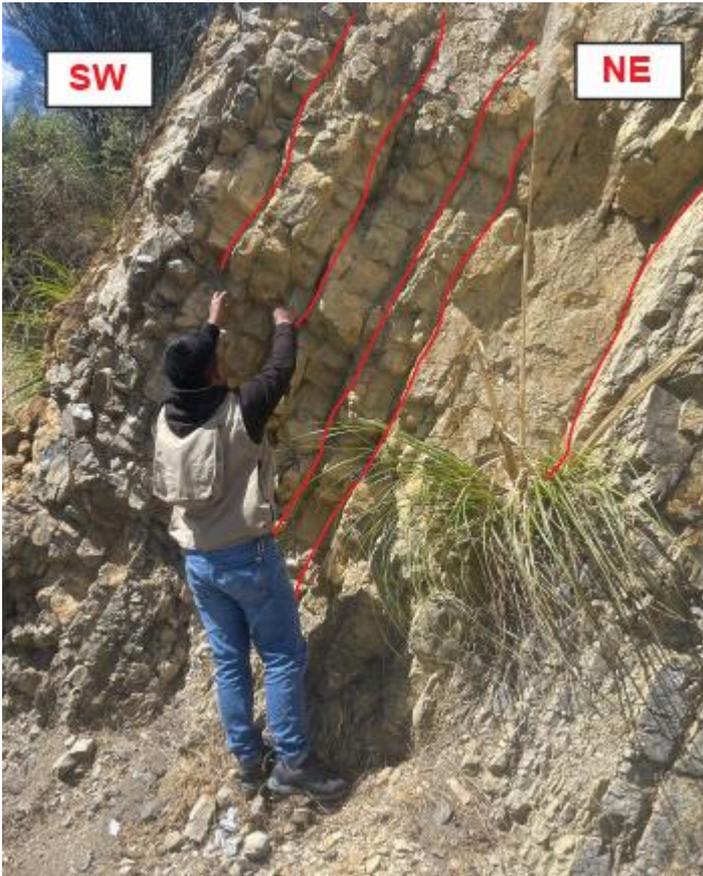


Figura 28 Estratificación paralela de calizas de gran espesor

En la siguiente figura podemos apreciar la estratificación paralela de lutitas, calizas y margas. Con predominancia de lutitas y calizas, con estratificación cruzada en la sedimentación de margas.

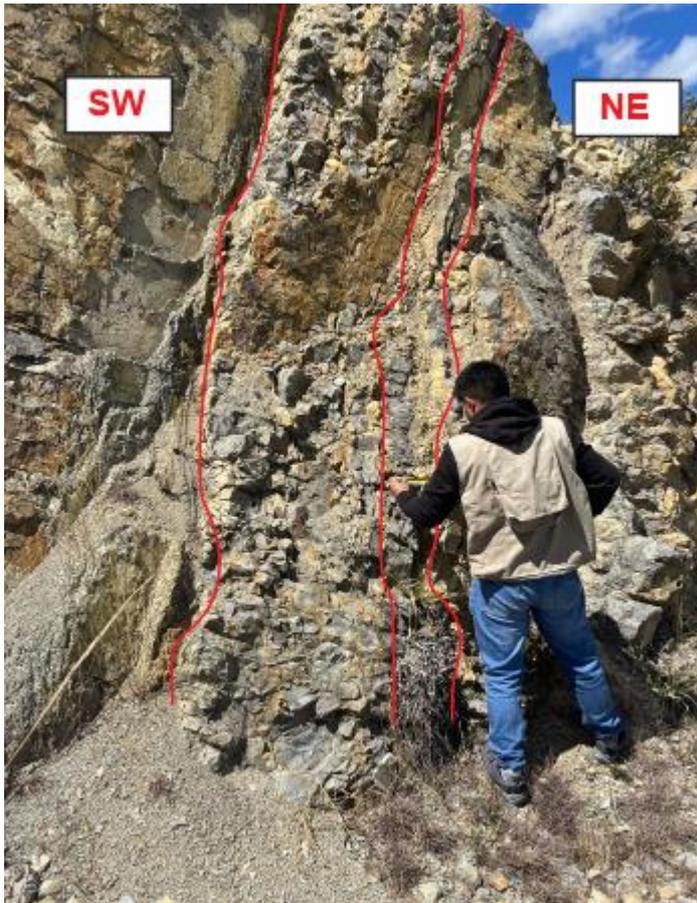


Figura 29 Estratificación cruzada entre caliza, lutitas y margas en la zona de las líneas rojas

3.4.3. Paleontología

Los organismos invertebrados marinos se pueden dividir en tres tipos básicos de acuerdo a su hábitat: Plancton, necton y bentos (en la figura N° 27). El plancton son organismos de tamaño principalmente microscópico que viven suspendidos a profundidades superficiales dentro de la columna de agua y tienen muy débil ó habilidad limitada para dirigir sus propios movimientos; se distribuyen más o menos por la acción de las corrientes y de las olas y pueden ocupar amplias áreas dentro de todos los tipos de ambiente del océano abierto. Debido a que ellos reflejan el hábitat del dominio pelágico y no el ambiente del fondo dentro del cual ellos caen cuando mueren, su presencia en rocas sedimentarias antiguas es de limitado valor en la interpretación ambiental. Los organismos planctónicos son fósiles

excepcionalmente útiles para la zonación y correlación bioestratigráfica debido a su amplia distribución.

Clasificación	Descripción	Ejemplo
Planctónicos	Organismos que viven suspendidos en la columna de agua superior y tienen muy débil o limitada habilidad para dirigir sus propios movimientos	
Fitoplancton	Tienen la habilidad de efectuar la fotosíntesis, producen alimentación primaria o autótrofos	Diatomeas y dinoflagelados
Zooplancton	No efectúan la fotosíntesis, no pueden producir su propia comida (heterótrofos), se alimentan de fitoplancton	Foraminíferos, radiolarios y graptolites
Mero plancton	Gastan solamente su piso juvenil como plancton, posteriormente se vuelven nadadores libres u organismos que habitan el fondo	Larvas de muchos organismos bentónicos y moluscos
Seudo plancton	Organismos distribuidos por las olas y corrientes como resultado del enlace de algas marinas flotantes, madera etc.	Almejas
Bentónicos	Organismos que habitan el fondo, viven sobre o debajo del piso oceánico	
Bentos sésiles	Bentos que se fijan ellos mismos al sustrato (epifauna)	Crinoides, ostras, braquiópodos
Bentos errantes	Bentos que se arrastran o nadan sobre el fondo (epifauna) o que viven en el fondo (in fauna)	Estrellas de mar, camarones, almejas, gusanos
Nectónicos	Organismos capaces de nadar libremente y así moverse largas distancias independientemente de las olas y corrientes	Cefalópodos móviles, peces, escualos, tiburones

Figura 30 Calificación de organismos por hábitat o estilo de vida Fuente: Sam Boggs 2006.

3.4.3.1. Clase Cephalopoda

Los cefalópodos deben el nombre a su característica más notable, que es la posesión de un número variable de brazos o tentáculos alrededor de la cabeza. Se trata de moluscos más especializados y de organización más elevada. Cabe destacar sus ojos, comparables en complejidad a los de los vertebrados. Los cefalópodos aparecieron durante el Cámbrico y tuvieron su máxima importancia en el Paleozoico y Mesozoico. En el registro fósil destacan los ortoceras, los ammonites y los belemnites como representantes más característicos.

Son animales exclusivamente marinos, la mayoría nectónicos y algunos, bentónicos. Se desplazan por expulsión del agua y/o los gases contenidos en la cavidad paleal. Como elemento morfológico de los cefalópodos la concha tiene un papel doble: servir de protección

de las partes blandas y de aparato hidrostático para la flotación, el equilibrio y el desplazamiento dentro del agua.

3.4.3.2. Morfología

Las conchas externas de los cefalópodos son en general delgadas y delicadas. Se cree que los ammonoideos la tenían muy fina y de composición aragonítica. Por este motivo, su preservación ha resultado difícil, por lo que la mayoría de los ammonites se encuentran en forma de moldes, habiendo desaparecido la concha por diagénesis. Típicamente los cefalópodos presentan una concha formada por una única pieza, enrollada o recta y dividida en cámaras, separadas por septos o tabiques, pero conectadas por el sifúnculo (cordón carnoso que constituye una prolongación del manto del animal). La primera cámara es la protoconcha, y corresponde al estado embrionario del cefalópodo. Habitualmente tiene forma globosa. El animal vive en la cámara de habitación (última cámara formada y no dividida). El resto de la concha se denomina fragmocono.

La forma de la concha externa es bastante variada. Figura N° 28 Se habla de ortocono si la concha es recta y de cirtocono si está enrollada.

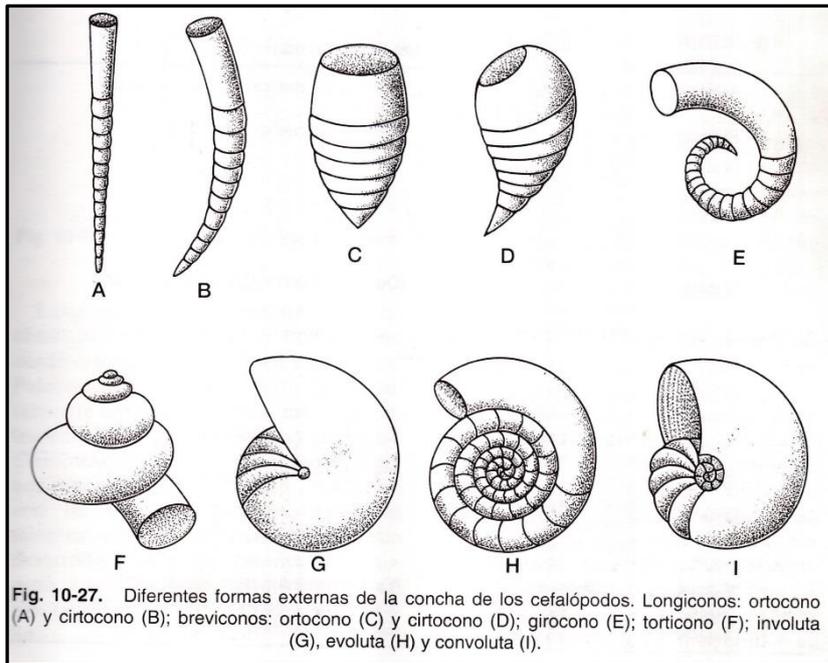


Figura 31 Tipos de formas de las conchas de los cefalópodos Fuente: R. Domènech (1996).

3.4.3.3. Clase Cephalopoda

Siendo esta clase la que más representa a esta Formación podremos observar el gran desarrollo que lograron tener debido a la gran oxigenación de las aguas marinas entre el Albiano inferior y Albiano medio su tamaño pudiendo encontrar especímenes de más de 30 cm de diámetro. Es más probable encontrar fósiles de gran tamaño en la zona de Puyllucana que en la zona de Tembladera debido a la ubicación que tuvo en el momento de su origen siendo la zona de Puyllucana más central a la cuenca.

Esta quizás es sin duda alguna la Clase, a la cual la Formación Chúlec hace gala ya que comprende estadios de desarrollo morfométrico formidables durante este lapso de tiempo que luego no lograrían volver a desarrollar sino hasta tiempo después como es el caso del calamar gigante del Atlántico Norte. Quizás de todos ellos los ammonoideos de gran tamaño son el fósil representativo de la Formación Chúlec. Los cefalópodos aparecen en el estadio

medio de desarrollo de la formación, logrando tamaños gigantes y se extienden hasta los límites de ésta, con la Formación Pariatambo.

Tabla 25

Caracterización

TIPO	CARACTERÍSTICA
Phylum	Mollusca
Clase	Cephalopada
Subclase	Ammonoidea

Nota: Caracterización del fósil encontrado en la zona de investigación. Fuente: Propia

En la siguiente figura se aprecia el molde exterior de un ammonoideo con un tamaño de diez centímetros (10 cm), impregnado en la pared de la zona de estudio.

La concha de estos especímenes no es preservada en su totalidad, pero, en la zona de estudios encontramos estos fósiles bien conservados en forma de moldes externos. Le gran desarrollo de esta especie pudo haberse por la razón evolutiva en contra de los depredadores.

En la siguiente figura, se aprecia este mismo fósil, pero en su estructura incompleta, debido al ser ocultado por otro evento sedimentario de roca caliza, se aprecia que este ejemplar es uno con gran tamaño, de treinta y tres centímetros de diámetro (33 cm).

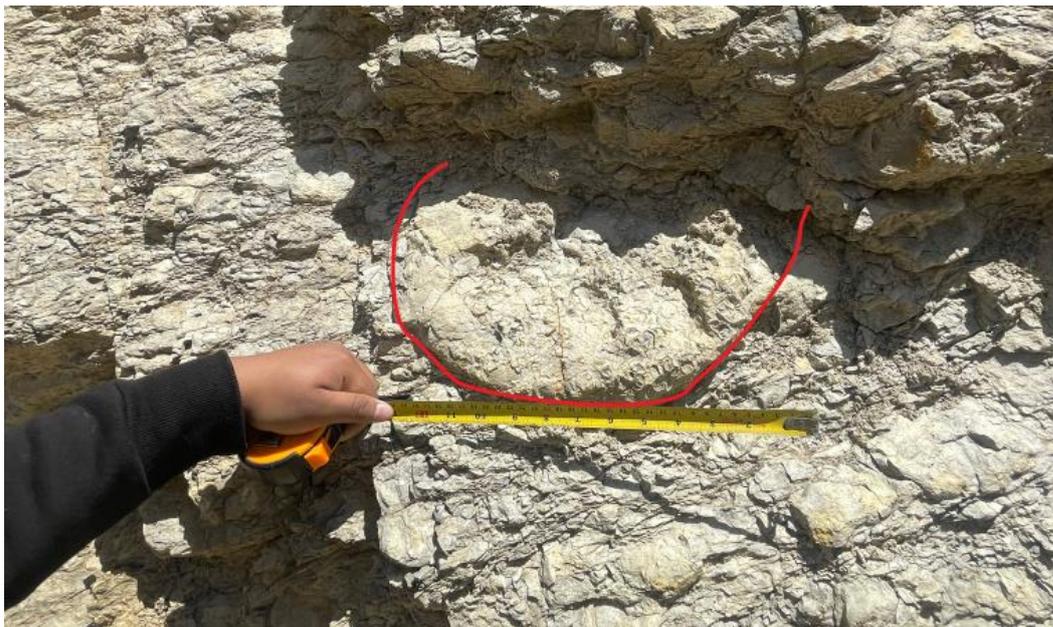


Figura 32 Resto paleontológico de un cefalopodo de treinta y tres centímetros de diámetro
En la figura, se observa un ejemplar en su máximo esplendor, incrustado en roca caliza en
la pared de la formación, con cuarenta y siete centímetros (47 cm) de diámetro.



Figura 33 Gran ejemplar Cephalopodo con cuarenta y siete centímetros de diámetro
encontrado en el talud del corte de carretera

3.4.3.4. Clase Bivalvia

A la clase Bivalvia se la denomina también Lamellibranchia o Pelecypoda, en referencia respectivamente, a la forma de las branquias de la mayoría de los representantes del grupo y al pie con aspecto de hoja de hacha que tienen otros. Sin embargo, la única característica común a todos los individuos de la clase es la posesión de un esqueleto externo carbonatado formado por dos valvas.

Los bivalvos son moluscos que sólo habitan en medios acuáticos. Su cuerpo presenta simetría bilateral, comprimida lateralmente, y una concha bivalvada que cierra por acción de músculos aductores y que en general, es suficientemente grande para albergar el animal entero en su interior.

3.4.3.5. Formas de vida y hábitats

Casi todos los bivalvos habitan en fondos marinos, es decir, son bentónicos. Sus formas de vida se pueden definir según las categorías siguientes, Figura N° 34:

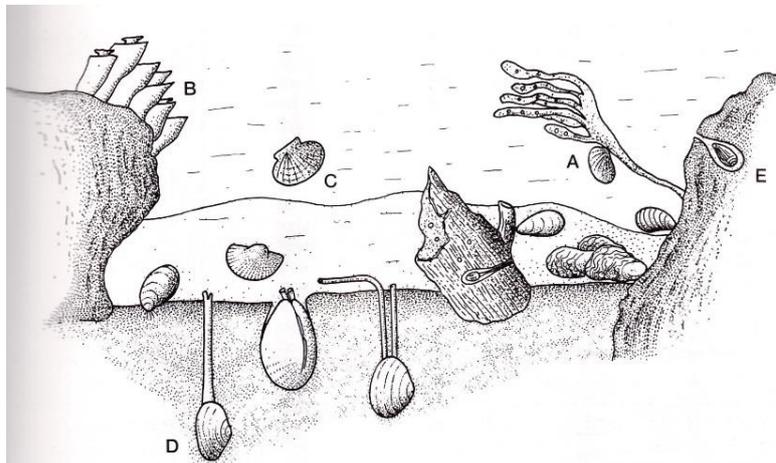


Fig. 10-10. Esquema de un fondo marino, donde se han representado las principales formas de vida de los bivalvos. A) Bisados. B) Cementados. C) Nadadores. D) Excavadores. E) Perforantes.

Figura 34 Hábitats de los bivalvos Fuente: R.Domènech (1996).

- Posición de vida. Epifáunicos (habitan sobre el sustrato), infáunicos (habitan en el interior del sustrato) y semiinfáunicos (viven parcialmente enterrados).
- Forma de locomoción y de fijación. El sustrato puede ser blando o duro. A partir de aquí, los bivalvos se clasifican en grupos ecológicos significativos.
- Tipo de alimentación. Según la alimentación los bivalvos se clasifican en dos grupos principales: suspensívoros (absorben el fitoplacton contenido en el agua) y detritívoros (se alimentan de bacterias y restos orgánicos que recogen de la superficie del sedimento).

La mayoría de los bivalvos corresponden a la categoría de los suspensívoros. Un tercer tipo de alimentación, la carnívora, se presenta en algún grupo muy concreto (p.ej., Cuspidaria). Otros bivalvos reciben energía gracias a la simbiosis con dinoflagelados, como es el caso de Tridacna.

3.4.3.6. Morfología

La concha de los bivalvos Figura N° 35, está formada por tres partes: dos valvas calcáreas (derecha e izquierda) comprimidas lateralmente y un ligamento elástico (formado por conquiolina) que las une dorsalmente. (Lagos M; José Sánchez; Zenón Quispe M. y Oscar Palacios M, 2007)

El conjunto crece por acreción de carbonato cálcico alrededor de los márgenes de las valvas. Este crecimiento se halla sujeto a variaciones, tanto ontogenéticas como filogenéticas. Cada valva está formada a su vez por tres capas: la externa no calcificada (periostraco) y dos internas aragoníticas o calcíticas (ostraco).

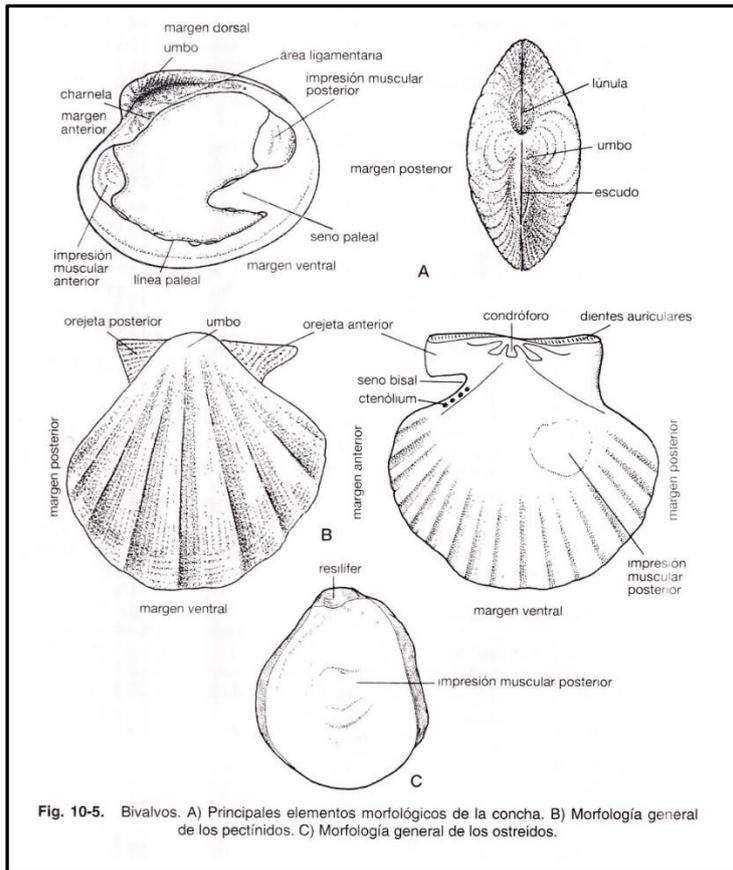


Fig. 10-5. Bivalvos. A) Principales elementos morfológicos de la concha. B) Morfología general de los pectínidos. C) Morfología general de los ostreoides.

Figura 35 Morfología general de los bivalvos. Fuente: J. Martinell (1996).

Los bivalvos son los fósiles que más se encuentran en la Formación Chulec pudiendo encontrarlos desde el piso (contacto con la Formación Inca), hasta el techo (contacto con la Formación Pariatambo) además de la gran concentración de pequeños bivalvos en las biozonas.

Esta clase abunda de manera profusa y se los encuentra desde los inicios de la depositación hasta finales de esta misma, en la siguiente figura, se logra apreciar el molde externo de este resto paleontológico. Descripción de familia en el siguiente cuadro:

Tabla 26

Caracterización

TIPO	CARACTERISTICA
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Subclase	Lamelibranchios

Nota: Caracterización del fósil encontrado en la zona de investigación. Fuente: Propia

En la figura apreciamos el molde exterior de una de las valvas de un Bivalvo fosilizado encontrado en una cara del talud del corte de carretera, con unos nueve centímetros (9 cm) de diámetro.



Figura 36 Molde externo de un Fósil de Bivalvo con una medida de nueve centímetros



Figura 37 Fósil Bivalvo

En la figura apreciamos el molde exterior de la valva de un Bivalvo en una parte del corte de carretera, con unos cuatro centímetros (4 cm) de diámetro, uno de los ejemplares de tamaño medio existentes en la formación. (Vera, 2017)



Figura 38 Fósil bivalvo de cuatro centímetros de largo

Se observó biozonas de restos fósiles, en la siguiente figura se aprecian las biozonas de bivalvos, en una dimensión máxima de dos centímetros (2 cm) por cada fósil, pero casi ocho centímetros (8 cm) por familia.

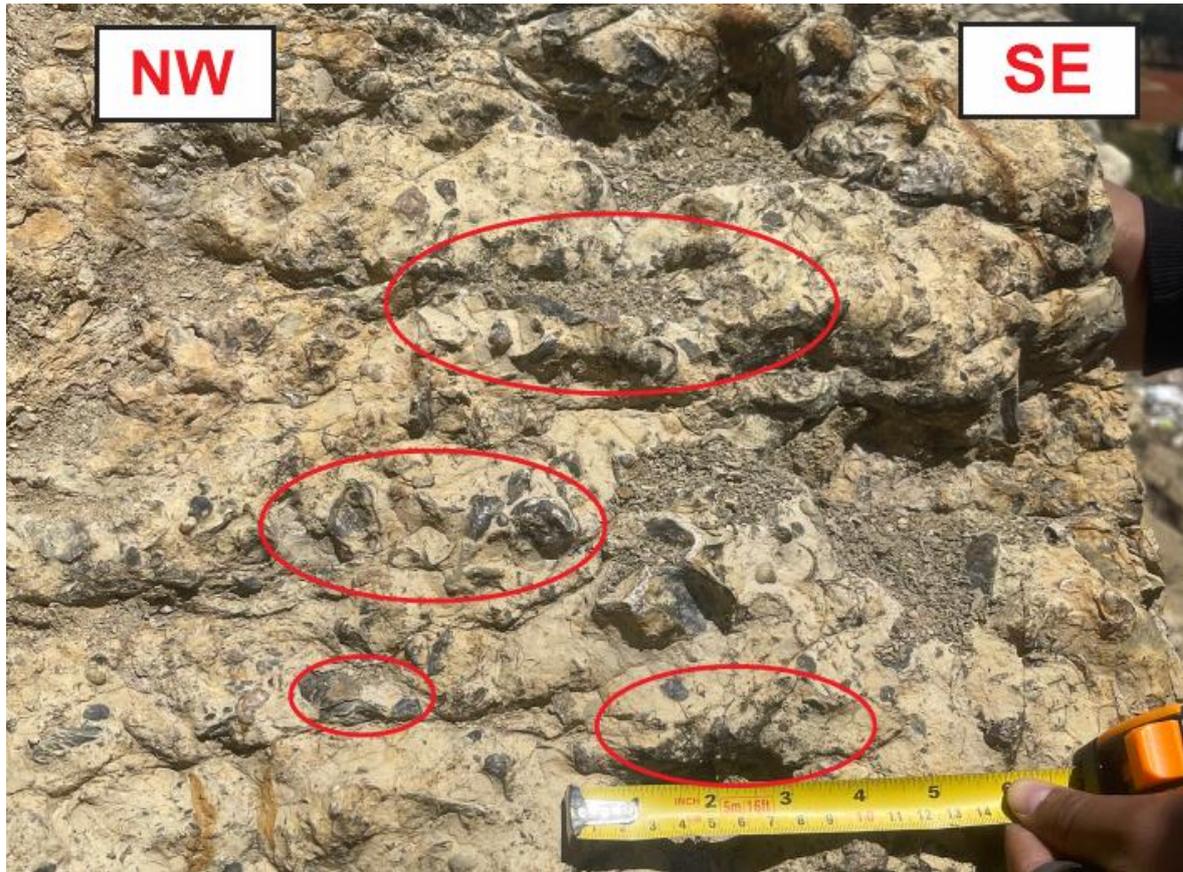


Figura 39 Biozonas de bivalvos agrupados en familias

3.4.4. Geología estructural

Con respecto a este apartado se logra apreciar que la roca existente en esta formación de manera predominante es la roca caliza, con una muy alta dureza y compactación, así mismo, se logra apreciar familias de diaclasas. Los límites de la formación Chúlec con respecto a la formación Inca, están determinados por una cárcava producida por el flujo de un drenaje. Con respecto a la formación Pariatambo, el contacto es casi indetectable por causa de la excesiva erosión y abundante vegetación de la zona. (VILCA, 2019)



Figura 40 Estratificación paralela de rocas calizas, obteniendo espesor real

En la siguiente figura se aprecia el macizo rocoso compuesto por caliza wackestone donde se observa la buena estratificación de donde se obtuvieron las siguientes características con ayuda de una brújula:

Tabla 27

Datos de azimut y buzamiento

TOMA DE DATOS		
PUNTO	MEDIDA EN BRÚJULA	
	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	136N	76SW

Nota: Descripción de Azimut y Buzamiento de los estratos de la zona de investigación.
Fuente: Propia



Figura 41 Toma de datos de azimut y buzamientos en la zona de puyllucana

3.4.5. Columna estratigráfica de la zona

Se realizó una columna compuesta mediante dos columnas estratigráficas, con las siguientes coordenadas de punto de inicio y fin, donde se caracterizó la litología y las estructuras sedimentarias con sus dimensiones reales, tomadas en el campo, cuyo cuadro se encuentra en el apartado de anexos. (Posamentier, 1988)

Tabla 28

Coordenadas de la primera columna estratigráfica de Puylucana

Coordenadas de columna en Puylucana		
Punto	Norte	Este
Inicio	9208233	783801
Fin	9208255	783811

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-f. Fuente: Propia

Tabla 29

Coordenadas de la segunda columna estratigráfica de Puylucana

Coordenadas de columna en Puylucana		
Punto	Norte	Este
Inicio	9208299	783861
Fin	9208319	783907

Nota: Descripción de las coordenadas en sistema UTM, cuadrante 15-f. Fuente: Propia

Primer Columna estratigráfica del centro poblado de Tembladera

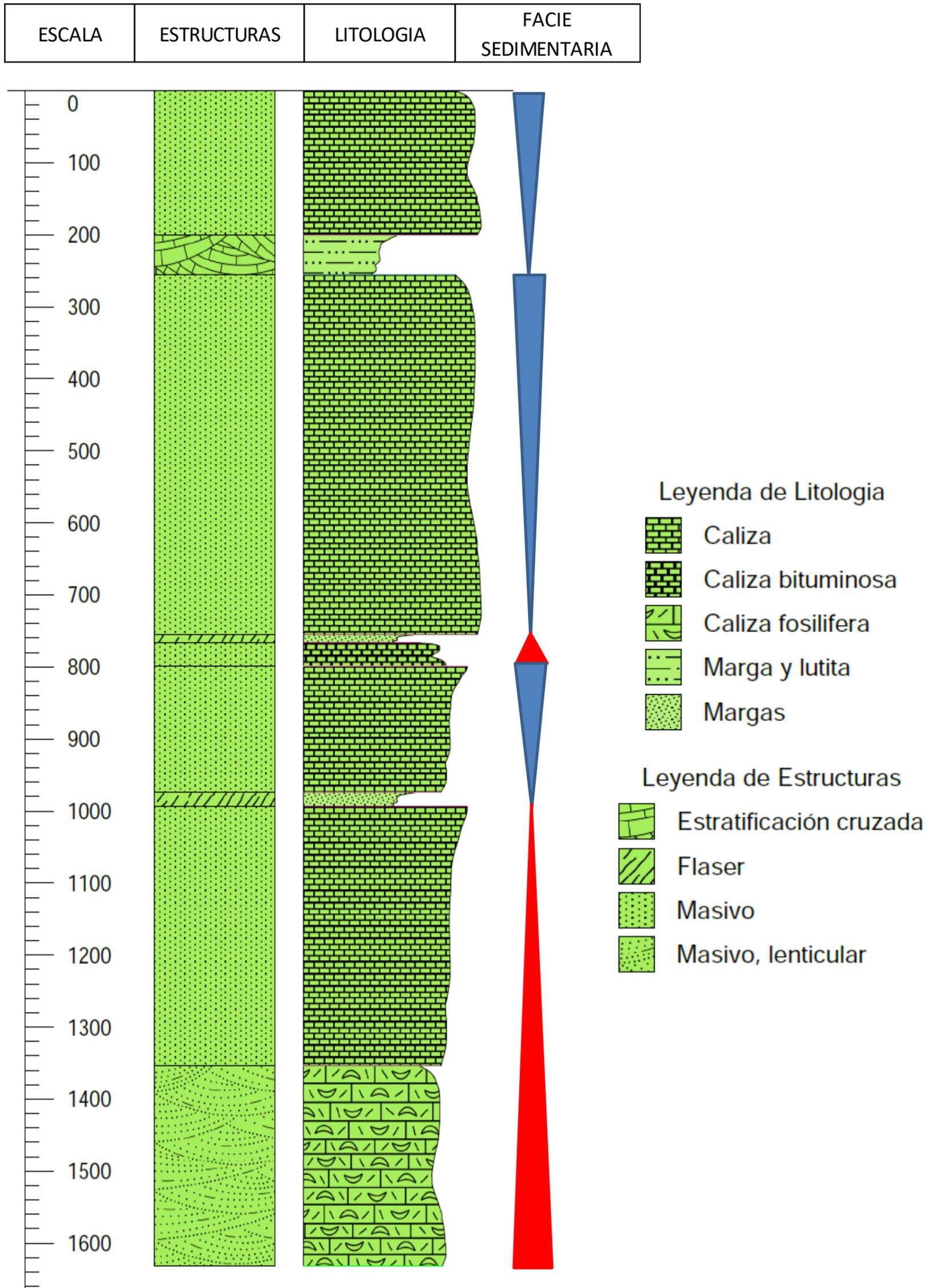


Figura 42 Columna estratigráfica de la zona de Tembladera

Primer Columna estratigráfica del centro poblado de Tembladera

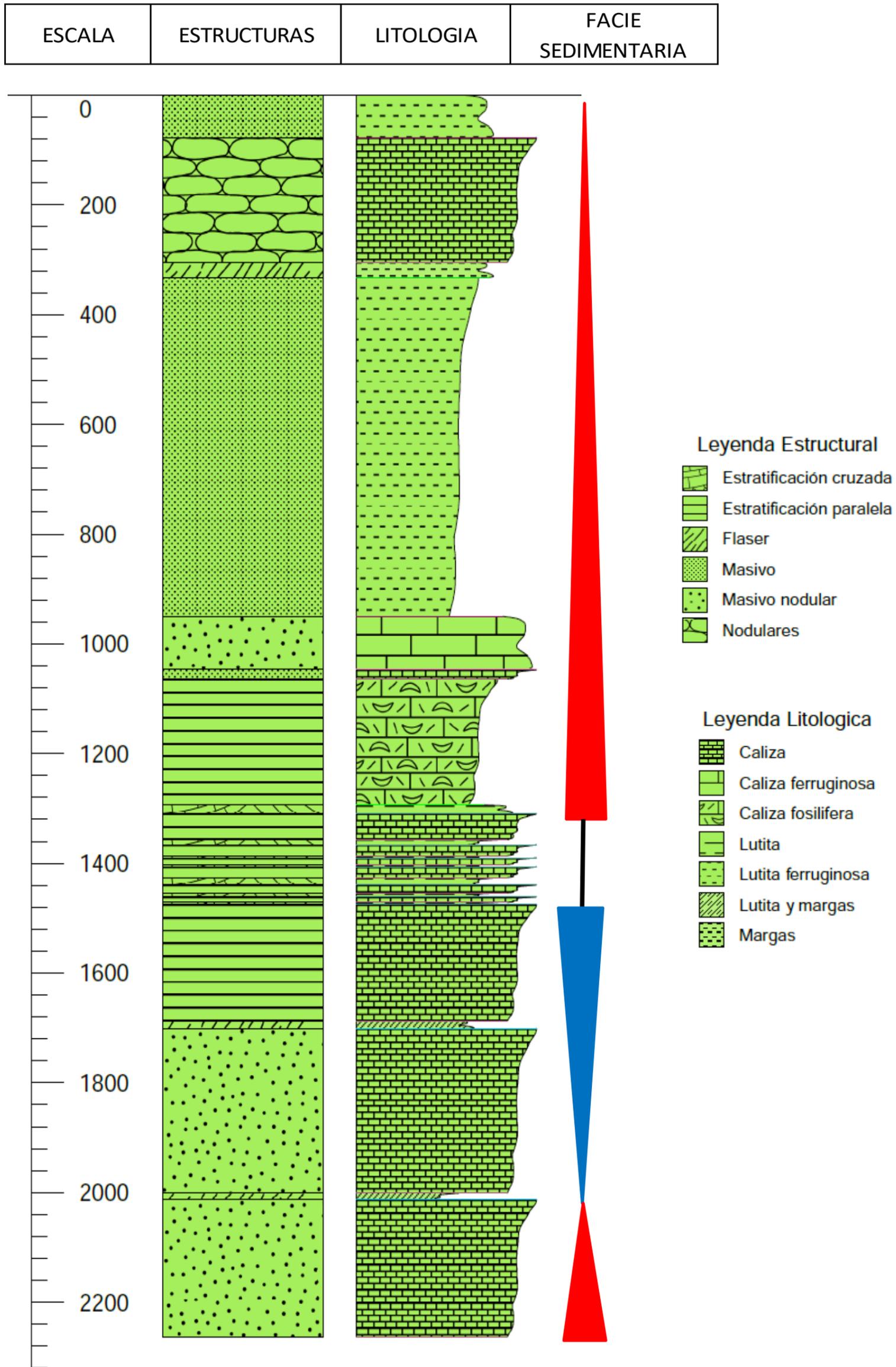


Figura 43 Columna estratigráfica de la zona de Tembladera

Primer Columna estratigráfica del centro poblado de Puylucana

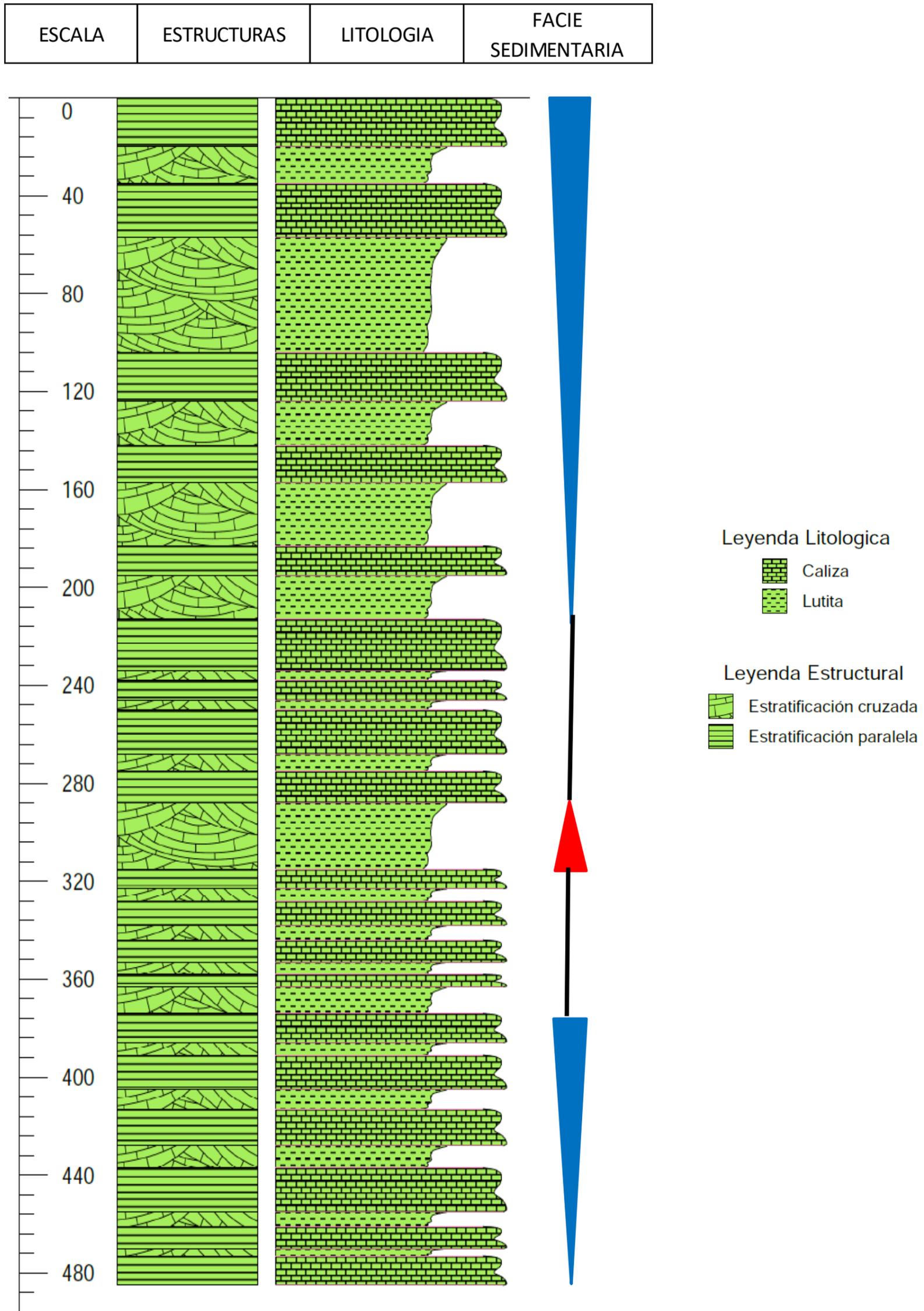


Figura 44 Columna estratigráfica de la zona de Puylucana

Segunda Coluna estratigráfica de Puylucana. Primer Tramo de los primero ocho metros con veinticinco centímetros (8.25cm)

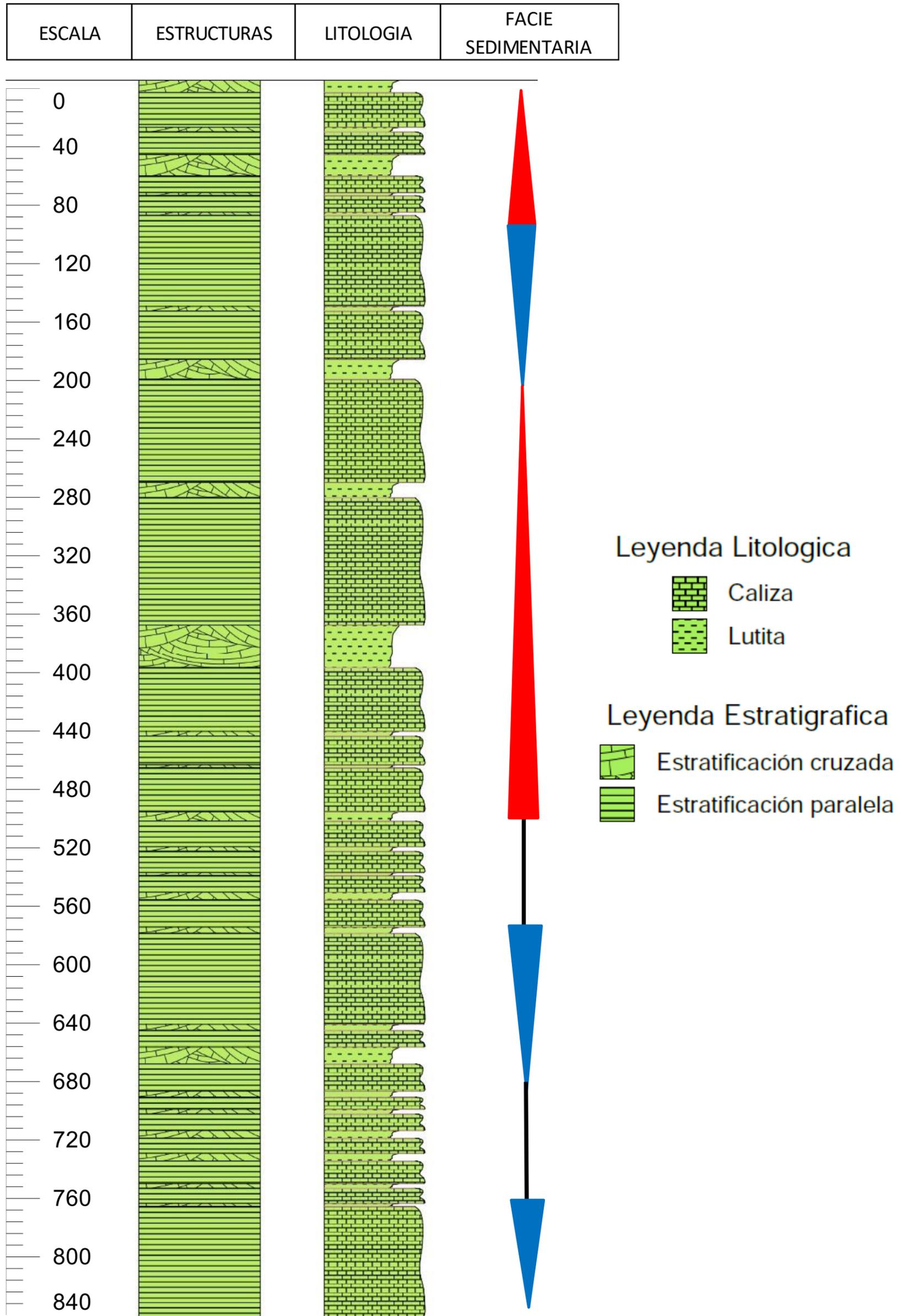


Figura 45 Columna estratigráfica de la zona de Puylucana

Segundo tramo de los ocho metros con veinticinco centímetros (8.25cm), hasta los doce metros con setenta centímetros (12.70cm)

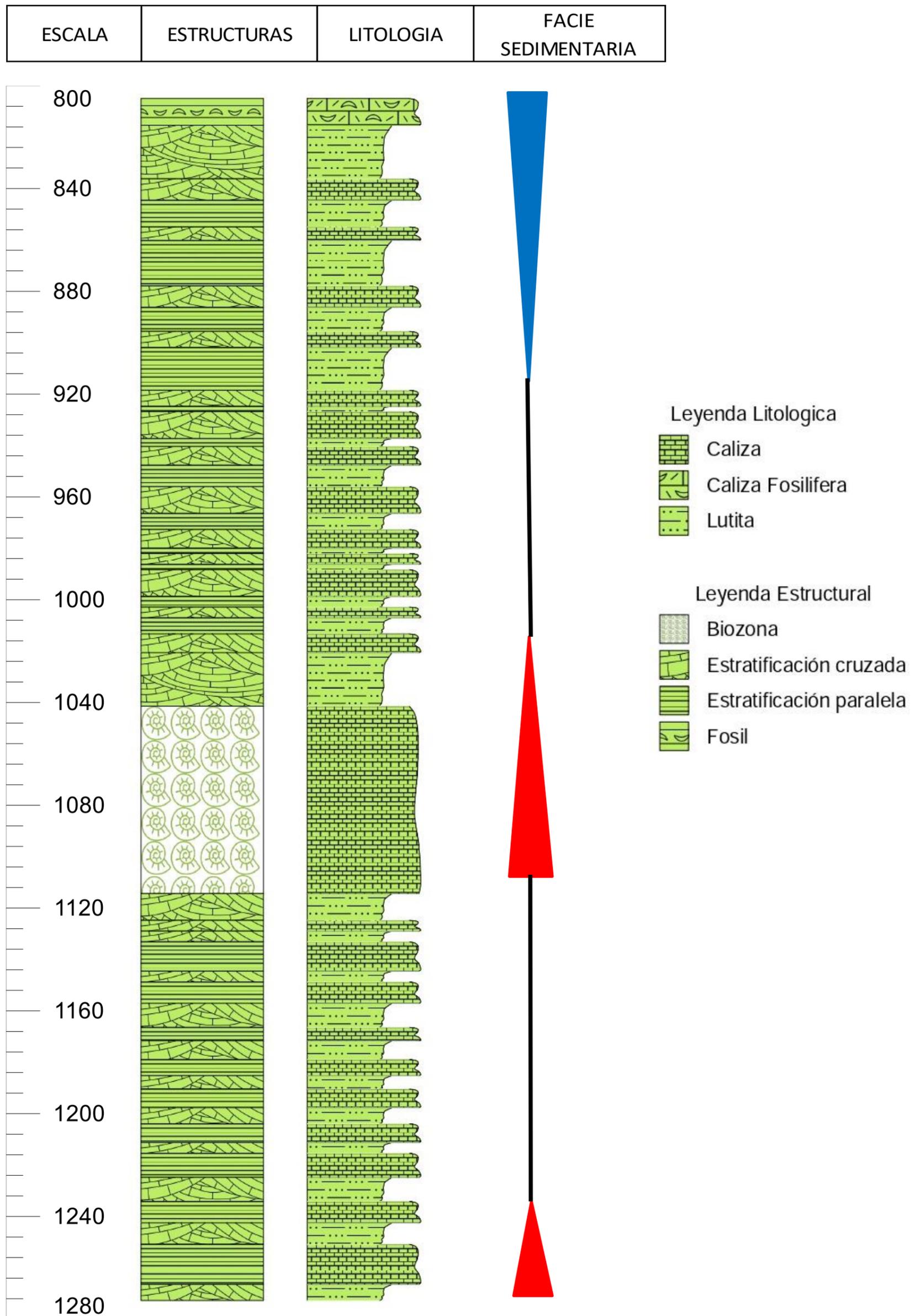


Figura 46 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana

Tercer tramo de los doce metros con setenta centímetros (12.70cm), hasta los veinte metros con noventa y seis centímetros (20.96cm)

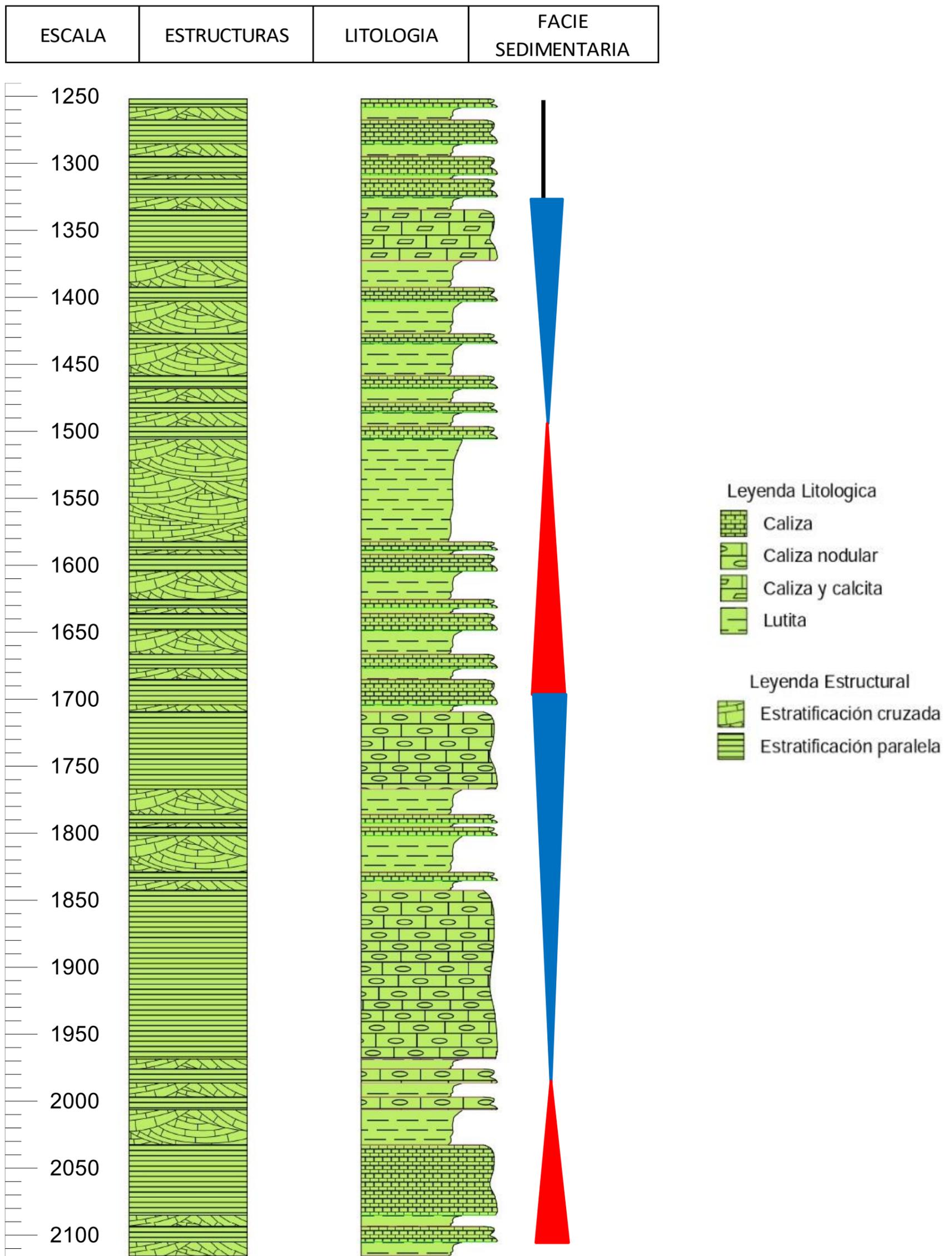


Figura 47 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana

Cuarto tramo de los veinte metros con noventa y seis centímetros (20.96cm), hasta los veintinueve metros con noventa y un centímetros (29.91cm)

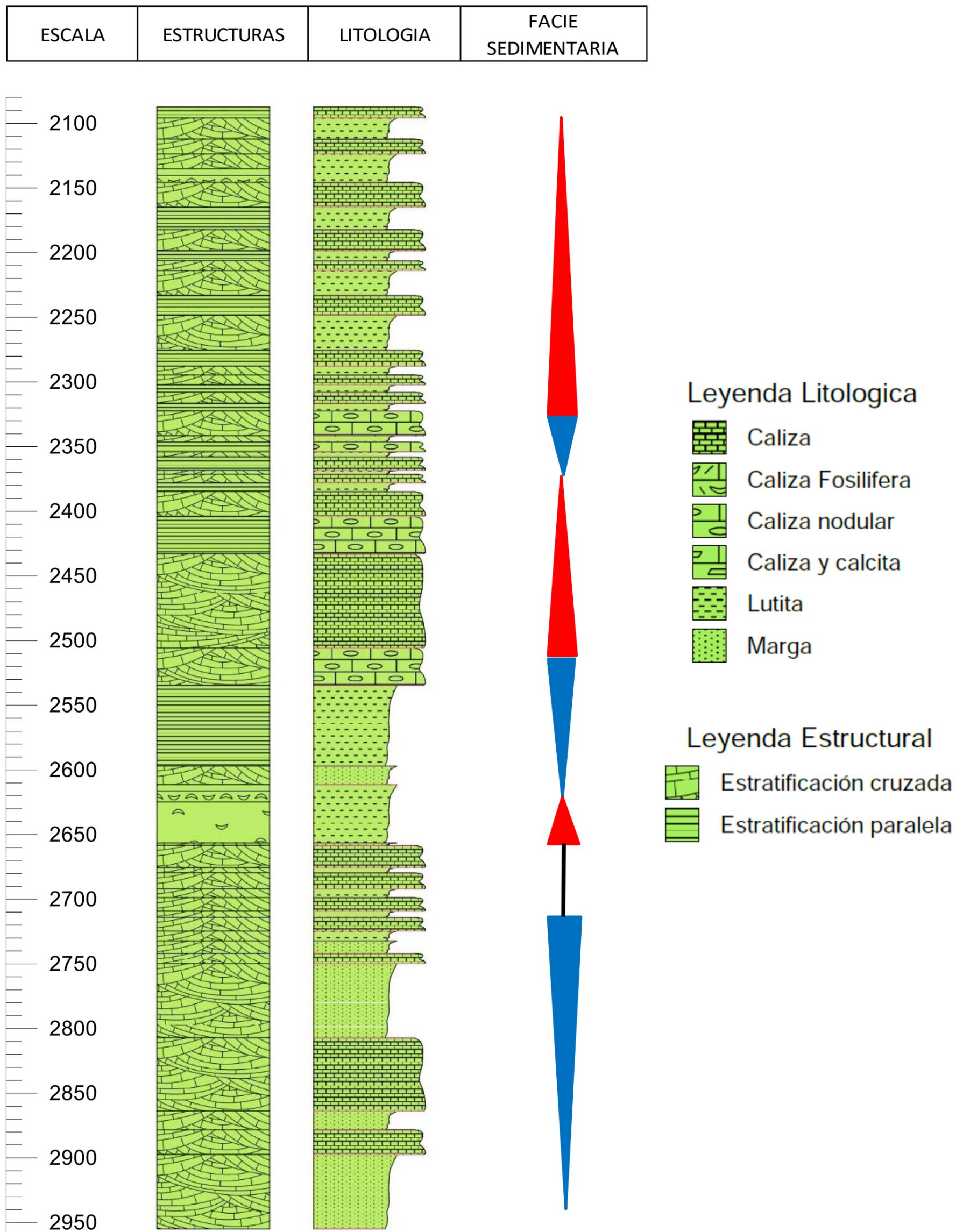
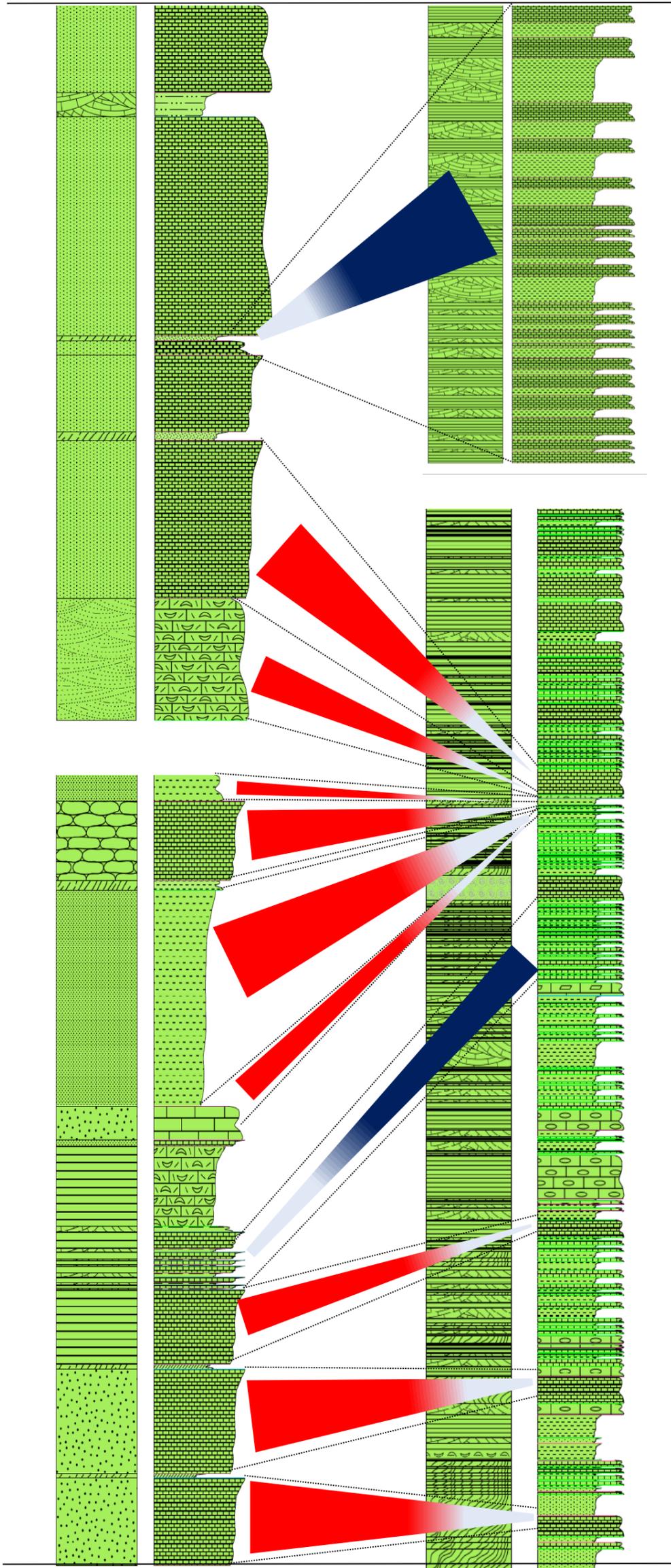


Figura 48 Columna estratigráfica de la zona de Puyllucana

Secuencia Estratigráfica de Tembladera

Secuencia Estratigráfica de Puyllucana



LEYENDA DE COMPARACIÓN

-  Creciente
-  Decreciente

3.5. SISTEMAS DE TRACTOS ALTOS Y BAJOS

En el siguiente diagrama podemos apreciar los sistemas de tractos altos y bajos, donde nos ubicamos como tractos bajos predominantes, correspondientes a calizas de gran espesor, y pequeñas secuencias de tractos altos correspondientes a rocas lutitas, margas o calizas fosilíferas y algunas intercalaciones de estas rocas.

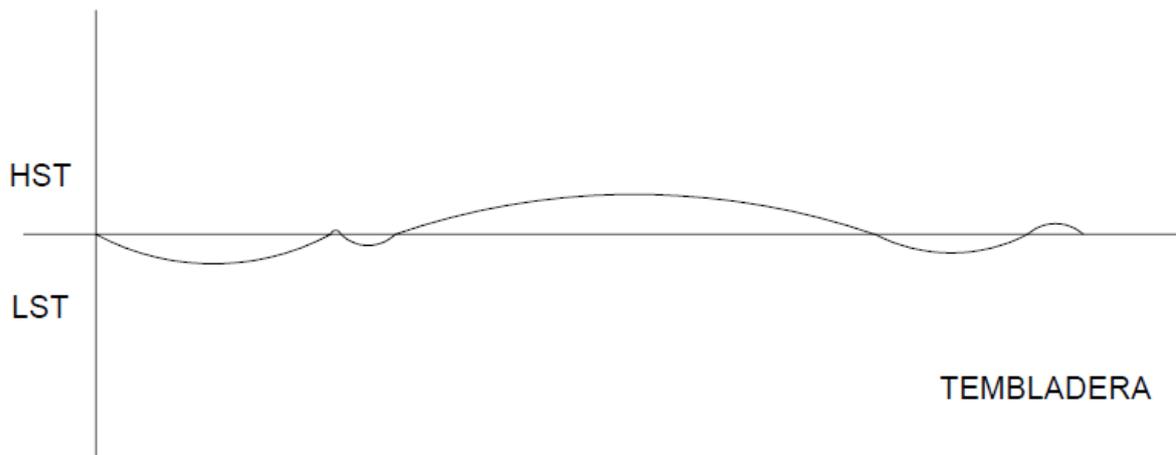


Figura 49 Sistema de Tractos Tembladera

En el siguiente diagrama podemos apreciar los sistemas de tractos altos y bajos, donde nos ubicamos como tractos bajos predominantes, correspondientes a calizas de gran espesor, secuencias de tractos altos correspondientes a rocas lutitas, margas o calizas fosilíferas y mayor presencia de intercalaciones de estas rocas (margas, lutitas y calizas).

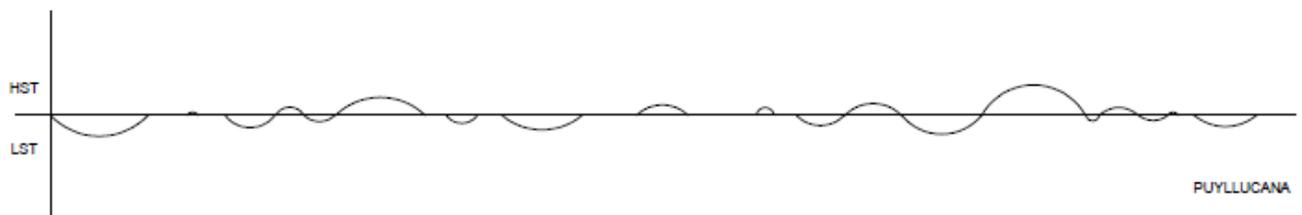


Figura 50 Sistema de Tractos Puyllucana

La diferencia entre los dos sistemas de tractos se debe a la gran distancia entre Puylucana y tembladera que corresponden a más de 80 km aunque tienen cierto parecido general pero no detallado debido a que la zona de Puylucana debió ubicarse en el margen lateral de la cuenca sedimentaria por ello presenta estratos más delgados y algunos no aparecen, en cambio la de la columna estratigráfica de la zona de Puylucana está completa en la parte central de la cuenca donde se observan estratos más anchos y con la litología de la cuenca completa.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Debido a los resultados encontrados, las características estratigráficas de la formación Chulec que afloran en la provincia de Tembladera y su contrastación con el afloramiento del Centro Poblado de Puyllucana, corresponden a un evento transgresivo en la cuenca Cajamarca, ubicándonos en un ambiente de sedimentación de modelo transgresivo, entre el ambiente marino y continental, teniendo como mayor representante marino a los fósiles guías como son el caso de las biozonas de gasterópodos, la presencia de roca carbonatada que en este caso es roca caliza en gran potencia, mencionando así que la hipótesis planteada en el presente, es aceptada y confirmada.

Saavedra (2019). Estratigrafía de las formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el caserío de Shaullo Chico del Distrito de Los Baños del Inca, coincide con la presente investigación, ya que brinda información fosilífera para realizar una comparación adecuada para conocer la reconstrucción del tipo de ambiente de depositación de los sedimentos, además nos permite interpretar la historia geológica en el pasado dando referencia el ambiente de formación a través del análisis de algunas secuencias sedimentológicas.

Duran (2018). En el Estudio sedimentológico y estratigráfico de la microcuenca Cochamarca - San Marcos, Cajamarca, Perú. Nos hace coincidir dando a conocer que es un territorio conformado por diferentes eventos marino-continentales, las que históricamente pertenecen a la era geológica que va desde el Precámbrico hasta el Cenozoico. Las características Sedimentológicas y Estratigráficas de las diversas Formaciones Cretáceas están relacionadas con los ambientes de transición marina con respecto a la Formación Chulec.

Vera (2017). En *Estratigrafía del volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Encañada – Cajamarca*, si bien tenemos en cuenta que este estudio no involucra a la formación Chúlec propiamente dicha, coincide con nuestro estudio al mencionar que la geología está representada por una secuencia carbonatada del Periodo Cretácico.

Garay (2017), en *Estratigrafía secuencial de la formación Celendín en el distrito de Celendín – Cajamarca*. Nos ayudo a tener mayor claridad al momento del reconocimiento de rocas carbonatas y su ambiente de formación.

Moreno (2019), En su estudio titulado *Facies sedimentarias de las Formaciones Carhuaz y Farrat en los sectores de San Cirilo, Callacpuma y Chilete*, nos explica una manera para poder realizar una correlación y un levantamiento estratigráfico de tal forma que se pueda aprovechar toda la información obtenida del campo.

Torres (2014) Tesis profesional. *Estudio bioestratigráfico de la Formación Chúlec en la zona de Puyllucana- Santa Úrsula*, teniendo en cuenta esta referencia, podemos darnos cuenta que la Formación Chúlec del distrito de Tembladera, coincide con la correlación de la misma Formación en el Centro Poblado de Puyllucana.

De esta manera, podemos decir que el presente trabajo de investigación tiene limitación para la Formación Chúlec en el Distrito de Tembladera y el Centro Poblado de Puyllucana, esto debido a que en el presente se encuentra el reconocimiento, estudio y caracterización de la litología, estratigrafía, relación paleontológica y correlación existente en la Formación en estudio.

La ausencia de conocimientos estratigráficos y paleontológicos existentes en varias formaciones que afloran en la cuenca de Cajamarca nos da un motivo para la investigación

futura de las mismas, recomendando el uso adecuado de los instrumentos virtuales y la correcta toma de datos en campo. Sin dejar de lado la preservación histórica cultural que son los restos fósiles.

CONCLUSIONES

Los afloramientos rocosos de la Formación Chulec presentes en los sectores de Tembladera y Puyllucana de las cuales se elaboraron columnas lito-estratigráficas mediante el software Strater en su quinta versión. Las columnas estratigráficas muestran cambios sedimentarios entre calizas masivas, lutitas y margas, correspondiendo a facies marinas con un régimen controlado por las mareas.

La presencia de biozonas en las calizas con estratificación cruzada de la Formación Chulec nos da a entender que hubo un gran desarrollo de la fauna marina, en el centro poblado de Tembladera se logra apreciar fósiles de menor tamaño y en escasa cantidad de ejemplares, sin embargo, en la correlación realizada con el centro poblado de Puyllucana en el mismo ámbito, apreciamos fósiles de mayor tamaño e incluso en mayor cantidad de ejemplares; la presencia de margas y calizas masivas nos da un indicio de el constante cambio en la profundidad de la cuenca al momento de su formación.

La Formación Chulec perteneciente al Grupo Crisnejas en la cual se determinó la litología conformada por margas, calizas fosilíferas intercaladas con limolitas y arcillas. Entre las estructuras que se encontraron fueron pliegues y estructuras sedimentarias como la estratificación sesgada, y las texturas sedimentarias en las calizas como Mudstone y nodulares. Las columnas estratigráficas se realizaron con un espesor de 16 y en la zona de tembladera y la otra de 22.5 en la zona de Puyllucana.

La correlación de las columnas estratigráficas de la zona de Puyllucana y la zona de Tembladera se realizó con la ayuda de la granulometría de las rocas dando como resultado gradaciones positivas y negativas las cuales ayudan a interpretar las dos columnas para la correcta correlación lito-estratigráfica entre ambas zonas.

El ambiente sedimentario se determinó por las unidades litoestratigráficas teniendo como primera facie la intercalación de roca caliza nodular Packestone con limolita, indicando un sistema marino transgresivo.

REFERENCIAS

- 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>
- 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>
- Hooligan, A. L. (18 de Marzo de 2015). *Teoría del Uniformismo*. Obtenido de <http://teoriadebiologiaii.blogspot.pe/>
- Lagos M; José Sánchez; Zenón Quispe M. y Oscar Palacios M. (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" .
- Las eras geológicas. (Marzo de 2020). *Las eras geológicas*. Obtenido de Descubre la historia geologica de la Tierra: <https://www.laserasgeologicas.com/era-mesozoica/>
- Lombard. (1956). *Sédimentologie et Recherche des Gisements Sédimentaires Marins de Phosphate*. Estados Unidos.
- López, B. (29 de Noviembre de 2018). *Eón Fanerozoico: características, vida, geología, divisiones*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/eon-fanerozoico/#:~:text=El%20E%C3%B3n%20Fanerozoico%20se%20caracteriz%C3%B3,de%20las%20cuales%20a%C3%BAn%20persisten>
- Macarro, B. F. (2014). *Texturas Rocas Sedimentarias*. Salamanca.
- Montes, A. B. (2002). *Principios de Estratigrafía*. Medellín.
- Navarro. (2015). *Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific*.
- 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>
- Torres, J. V. (1994). *Estratigrafía, Principios y Métodos*. España.
- Vera Sánchez, 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 Torres, J. (1994). *“Estratigrafía. Principios y métodos”*. Madrid-España : Rueda .

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

VILCA, Y. J. (4 de Noviembre de 2019). *Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización Cordillera Negra, región Ancash – Perú*. Obtenido de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0315.pdf>

Weather Spark. (Julio de 2021). *El clima promedio en Tembladera*. Obtenido de Weather Spark Perú: <https://es.weatherspark.com/y/19246/Clima-promedio-en-Tembladera-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

PRIMERA COLUMNA ESTRATIGRAFICA TEMBLADERA

HOLE ID	FROM	TO	LITOLOGIA	ESTRUCTURAS
C1	0	200	Caliza	Masivo
C1	200	255	Marga y lutita	Estratificación cruzada
C1	255	755	Caliza	Masivo
C1	755	767	Margas	Flaser
C1	767	799	Caliza bituminosa	Masivo
C1	799	974	Caliza	Masivo
C1	974	994	Margas	Flaser
C1	994	1354	Caliza	Masivo
C1	1354	1632	Caliza fosilífera	Masivo, lenticular

Nota: Toma de información Litoestratigráfica de la primera sección de la columna en Tembladera.
 Fuente Propia.

SEGUNDA COLUMNA ESTRATIGRAFICA TEMBLADERA

HOLE ID	FROM	TO	LITOLOGIA	ESTRUCTURAS
C2	0	77	Lutita ferruginosa	Masivo
C2	77	304	Caliza	Nodulares
C2	304	332	Margas	Flaser
C2	332	950	Lutita ferruginosa	Masivo
C2	950	1047	Caliza ferruginosa	Masivo nodular
C2	1047	1064	Caliza	Masivo
C2	1064	1294	Caliza fosilífera	Estratificación paralela
C2	1294	1309	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1309	1357	Caliza	Estratificación paralela
C2	1357	1366	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1366	1386	Caliza	Estratificación paralela
C2	1386	1390	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1390	1402	Caliza	Estratificación paralela
C2	1402	1406	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1406	1426	Caliza	Estratificación paralela
C2	1426	1439	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1439	1454	Caliza	Estratificación paralela
C2	1454	1461	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1461	1471	Caliza	Estratificación paralela
C2	1471	1475	Lutita	Estratificación cruzada
C2	1475	1687	Caliza	Estratificación paralela
C2	1687	1701	Lutita y margas	Flaser
C2	1701	2001	Caliza	Masivo nodular
C2	2001	2013	Lutita y margas	Flaser
C2	2013	2263	Caliza	Masivo nodular

Nota: Toma de información Litoestratigráfica de la segunda sección de la columna en Tembladera.
 Fuente Propia.

PRIMERA COLUMNA ESTRATIGRAFICA PUYLLUCANA

HOLE ID	FROM	TO	LITOLOGIA	ESTRUCTURAS
C3	0	20	Caliza	Estratificación paralela
C3	20	35	Lutita	Estratificación cruzada
C3	35	57	Caliza	Estratificación paralela
C3	57	104	Lutita	Estratificación cruzada
C3	104	124	Caliza	Estratificación paralela
C3	124	142	Lutita	Estratificación cruzada
C3	142	157	Caliza	Estratificación paralela
C3	157	183	Lutita	Estratificación cruzada
C3	183	195	Caliza	Estratificación paralela
C3	195	213	Lutita	Estratificación cruzada
C3	213	234	Caliza	Estratificación paralela
C3	234	238	Lutita	Estratificación cruzada
C3	238	246	Caliza	Estratificación paralela
C3	246	250	Lutita	Estratificación cruzada
C3	250	268	Caliza	Estratificación paralela
C3	268	275	Lutita	Estratificación cruzada
C3	275	288	Caliza	Estratificación paralela
C3	288	315	Lutita	Estratificación cruzada
C3	315	323	Caliza	Estratificación paralela
C3	323	328	Lutita	Estratificación cruzada
C3	328	338	Caliza	Estratificación paralela
C3	338	344	Lutita	Estratificación cruzada
C3	344	353	Caliza	Estratificación paralela
C3	353	358	Lutita	Estratificación cruzada
C3	358	363	Caliza	Estratificación paralela
C3	363	374	Lutita	Estratificación cruzada
C3	374	386	Caliza	Estratificación paralela
C3	386	391	Lutita	Estratificación cruzada
C3	391	405	Caliza	Estratificación paralela
C3	405	413	Lutita	Estratificación cruzada
C3	413	428	Caliza	Estratificación paralela
C3	428	437	Lutita	Estratificación cruzada
C3	437	455	Caliza	Estratificación paralela
C3	455	461	Lutita	Estratificación cruzada
C3	461	470	Caliza	Estratificación paralela
C3	470	473	Lutita	Estratificación cruzada
C3	473	485	Caliza	Estratificación paralela

Nota: Toma de información Litoestratigráfica de la primera sección de la columna en Puyllucana.
 Fuente Propia.

SEGUNDA COLUMNA ESTRATIGRAFICA PUYLLUCANA

HOLE ID	FROM	TO	LITOLOGIA	ESTRUCTURAS
C4	0	8	Lutita	Estratificación cruzada
C4	8	31	Caliza	Estratificación paralela
C4	31	34	Lutita	Estratificación cruzada
C4	34	49	Caliza	Estratificación paralela
C4	49	63	Lutita	Estratificación cruzada
C4	63	74	Caliza	Estratificación paralela
C4	74	76	Lutita	Estratificación cruzada
C4	76	87	Caliza	Estratificación paralela
C4	87	89	Lutita	Estratificación cruzada
C4	89	149	Caliza	Estratificación paralela
C4	149	152	Lutita	Estratificación cruzada
C4	152	184	Caliza	Estratificación paralela
C4	184	197	Lutita	Estratificación cruzada
C4	197	265	Caliza	Estratificación paralela
C4	265	275	Lutita	Estratificación cruzada
C4	275	359	Caliza	Estratificación paralela
C4	359	387	Lutita	Estratificación cruzada
C4	387	429	Caliza	Estratificación paralela
C4	429	432	Lutita	Estratificación cruzada
C4	432	451	Caliza	Estratificación paralela
C4	451	453	Lutita	Estratificación cruzada
C4	453	482	Caliza	Estratificación paralela
C4	482	488	Lutita	Estratificación cruzada
C4	488	505	Caliza	Estratificación paralela
C4	505	508	Lutita	Estratificación cruzada
C4	508	522	Caliza	Estratificación paralela
C4	522	524	Lutita	Estratificación cruzada
C4	524	535	Caliza	Estratificación paralela
C4	535	540	Lutita	Estratificación cruzada
C4	540	558	Caliza	Estratificación paralela
C4	558	562	Lutita	Estratificación cruzada
C4	562	622	Caliza	Estratificación paralela
C4	622	626	Lutita	Estratificación cruzada
C4	626	637	Caliza	Estratificación paralela
C4	637	648	Lutita	Estratificación cruzada
C4	648	666	Caliza	Estratificación paralela
C4	666	670	Lutita	Estratificación cruzada
C4	670	678	Caliza	Estratificación paralela
C4	678	681	Lutita	Estratificación cruzada
C4	681	692	Caliza	Estratificación paralela

C4	692	697	Lutita	Estratificación cruzada
C4	697	707	Caliza	Estratificación paralela
C4	707	712	Lutita	Estratificación cruzada
C4	712	727	Caliza	Estratificación paralela
C4	727	730	Lutita	Estratificación cruzada
C4	730	740	Caliza	Estratificación paralela
C4	740	742	Lutita	Estratificación cruzada
C4	742	815	Caliza	Estratificación paralela
C4	815	825	Caliza Fosilífera	Fósil
C4	825	845	Lutita	Estratificación cruzada
C4	845	853	Caliza	Estratificación cruzada
C4	853	863	Lutita	Estratificación paralela
C4	863	868	Caliza	Estratificación cruzada
C4	868	885	Lutita	Estratificación paralela
C4	885	893	Caliza	Estratificación cruzada
C4	893	902	Lutita	Estratificación paralela
C4	902	908	Caliza	Estratificación cruzada
C4	908	924	Lutita	Estratificación paralela
C4	924	930	Caliza	Estratificación cruzada
C4	930	932	Lutita	Estratificación paralela
C4	932	942	Caliza	Estratificación cruzada
C4	942	945	Lutita	Estratificación paralela
C4	945	952	Caliza	Estratificación cruzada
C4	952	960	Lutita	Estratificación paralela
C4	960	970	Caliza	Estratificación cruzada
C4	970	976	Lutita	Estratificación paralela
C4	976	983	Caliza	Estratificación cruzada
C4	983	985	Lutita	Estratificación paralela
C4	985	989	Caliza	Estratificación cruzada
C4	989	991	Lutita	Estratificación paralela
C4	991	1001	Caliza	Estratificación cruzada
C4	1001	1005	Lutita	Estratificación paralela
C4	1005	1009	Caliza	Estratificación cruzada
C4	1009	1015	Lutita	Estratificación paralela
C4	1015	1022	Caliza	Estratificación cruzada
C4	1022	1042	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1042	1112	Caliza	Biozona
C4	1112	1122	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1122	1126	Caliza	Estratificación cruzada
C4	1126	1130	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1130	1141	Caliza	Estratificación paralela
C4	1141	1145	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1145	1153	Caliza	Estratificación paralela
C4	1153	1162	Lutita	Estratificación cruzada

C4	1162	1167	Caliza	Estratificación paralela
C4	1167	1174	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1174	1180	Caliza	Estratificación paralela
C4	1180	1185	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1185	1192	Caliza	Estratificación paralela
C4	1192	1198	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1198	1205	Caliza	Estratificación paralela
C4	1205	1209	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1209	1218	Caliza	Estratificación paralela
C4	1218	1227	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1227	1235	Caliza	Estratificación paralela
C4	1235	1243	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1243	1258	Caliza	Estratificación paralela
C4	1258	1264	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1264	1270	Caliza	Estratificación paralela
C4	1270	1279	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1279	1296	Caliza	Estratificación paralela
C4	1296	1305	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1305	1318	Caliza	Estratificación paralela
C4	1318	1321	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1321	1334	Caliza	Estratificación paralela
C4	1334	1343	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1343	1379	Caliza y calcita	Estratificación paralela
C4	1379	1398	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1398	1408	Caliza	Estratificación paralela
C4	1408	1431	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1431	1438	Caliza	Estratificación paralela
C4	1438	1461	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1461	1470	Caliza	Estratificación paralela
C4	1470	1480	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1480	1487	Caliza	Estratificación paralela
C4	1487	1497	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1497	1506	Caliza	Estratificación paralela
C4	1506	1579	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1579	1585	Caliza	Estratificación paralela
C4	1585	1588	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1588	1600	Caliza	Estratificación paralela
C4	1600	1620	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1620	1626	Caliza	Estratificación paralela
C4	1626	1630	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1630	1642	Caliza	Estratificación paralela
C4	1642	1659	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1659	1669	Caliza	Estratificación paralela
C4	1669	1677	Lutita	Estratificación cruzada

C4	1677	1695	Caliza	Estratificación paralela
C4	1695	1700	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1700	1755	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	1755	1773	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1773	1779	Caliza	Estratificación paralela
C4	1779	1782	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1782	1788	Caliza	Estratificación paralela
C4	1788	1814	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1814	1820	Caliza	Estratificación paralela
C4	1820	1827	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1827	1947	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	1947	1954	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1954	1964	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	1964	1974	Lutita	Estratificación cruzada
C4	1974	1983	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	1983	2008	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2008	2058	Caliza	Estratificación paralela
C4	2058	2066	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2066	2077	Caliza	Estratificación paralela
C4	2077	2087	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2087	2096	Caliza	Estratificación paralela
C4	2096	2113	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2113	2125	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2125	2137	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2137	2148	Lutita	Fósil
C4	2148	2168	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2168	2186	Lutita	Estratificación paralela
C4	2186	2203	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2203	2211	Lutita	Estratificación paralela
C4	2211	2219	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2219	2239	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2239	2255	Caliza	Estratificación paralela
C4	2255	2283	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2283	2296	Caliza	Estratificación paralela
C4	2296	2303	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2303	2311	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2311	2317	Lutita	Estratificación paralela
C4	2317	2326	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2326	2332	Lutita	Estratificación paralela
C4	2332	2352	Caliza nodular	Estratificación cruzada
C4	2352	2357	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2357	2365	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	2365	2369	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2369	2380	Caliza	Estratificación paralela

C4	2380	2383	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2383	2390	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2390	2397	Lutita	Estratificación paralela
C4	2397	2417	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2417	2447	Caliza nodular	Estratificación paralela
C4	2447	2523	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2523	2553	Caliza nodular	Estratificación cruzada
C4	2553	2618	Lutita	Estratificación paralela
C4	2618	2633	Marga	Estratificación cruzada
C4	2633	2680	Lutita	Fósil
C4	2680	2682	Marga	Estratificación cruzada
C4	2682	2700	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2700	2704	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2704	2717	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2717	2724	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2724	2735	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2735	2740	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2740	2751	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2751	2759	Lutita	Estratificación cruzada
C4	2759	2769	Marga	Estratificación cruzada
C4	2769	2777	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2777	2837	Marga	Estratificación cruzada
C4	2837	2896	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2896	2911	Marga	Estratificación cruzada
C4	2911	2931	Caliza	Estratificación cruzada
C4	2931	2991	Marga	Estratificación cruzada

Nota: Toma de información Litoestratigráfica de la segunda sección de la columna en Puyllucana.
Fuente Propia.