

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



TESIS

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL
GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE- CELENDÍN.**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo

Asesor:

Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio

CAJAMARCA - PERÚ

-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo
DNI: 43165657
Escuela Profesional: Ingeniería Geológica
2. Asesor: Lagos Manrique, Alejandro Claudio
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE- CELENDÍN.
6. Fecha de evaluación: 18/03/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 10%
9. Código Documento: 3117 : 340658414
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 10 %
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19 de marzo 2024

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos Alejandro Claudio Lagos Manrique DNI: 09224934	 <p>FIRMA DIGITAL</p>	<p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 19/03/2024 08:58:39-0500</p>
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI		



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN."

ASESOR : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0283-2024-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 20 de marzo de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintidós días del mes de marzo de 2024**, siendo las ocho horas (08:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani
Secretario : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN", presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica **JHON ALFREDO TARRILLO CHUQUE**, asesorado por el Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique, para la obtención del Título Profesional

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

EVALUACIÓN PRIVADA: 04.00 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA: 11.00 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 15.00 PTS. **QUINCE** (En letras)

En consecuencia se lo declara **APROBADO** con el calificativo de **QUINCE** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **09.00 a.m.** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Vocal

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Secretario

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Asesor

DEDICATORIA

A mis querida esposa, hijos, padres, hermanos y amigos, por su apoyo constante para hacer realidad este trabajo de investigación.

JHON

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento sincero a mi alma mater, la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geológica y a todos los docentes que supieron inculcarme sus enseñanzas. También un agradecimiento a mi asesor Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	3
2.1.3 Antecedentes locales.....	4
2.2 BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1 Ambientes carbonatados.....	5
2.2.2 Caracterización estratigráfica	5
2.2.4 Estratificación	6
2.2.5 Principios de la estratigrafía.....	7
2.2.7 Columnas estratigráficas	9
2.2.8 Clasificación de las rocas calizas según Dunham	9
2.2.9 Unidades estratigráficas	9
2.2.10 Unidades bioestratigráficas	9
2.2.11 Estructuras Sedimentarias.....	10

2.2.12	Tipos de estratificación.....	14
2.2.13	Medición de los estratos	17
2.2.14.	Ambientes óxicos y anóxicos.....	18
2.2.15.	Asociación de facie sedimentaria	19
2.2.16.	Fósil.....	23
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1.1	Política.....	28
3.1.2.	Geográfica	28
3.1.3.	Accesibilidad	29
3.2.	TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	31
3.2.5.	Población de estudio	31
3.2.6.	Muestra por convección.....	31
3.2.7.	Unidad de análisis	32
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos	32
3.3.2.	Análisis documental y observación.....	32
3.3.3.	Muestreo litológico.....	32
3.3.4.	Elaboración de columnas estratigráficas	32
3.3.5.	Instrumentos de recolección de datos	33
3.4.	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	34
3.5.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	34
3.6.	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.6.1.	Etapas de precampo	34

3.6.2.	Etapa de Campo (In situ).....	35
3.6.3.	Etapa de post campo.....	35
3.7.	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
3.7.1.	Obtención de los datos de campo	36
3.7.2.	Reconocimiento de la litología del Grupo Crisnejas	36
3.7.3.	Reconocimiento de texturas	36
3.7.4.	Reconocimiento de estructuras sedimentarias.....	36
3.7.5.	Medición de espesor de los estratos	36
3.7.6.	Geología Regional.....	36
3.8.	DESCRIPCIÓN DEL GRUPO CRISNEJAS	45
3.8.1.	Descripción de la Formación Chulec.....	45
3.8.2.	Descripción de la Formación Pariatambo.....	53

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CHULEC.....	71
4.2.	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	71
4.3.	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS IDENTIFICADAS.....	72
4.4.	LAS COLUMNAS GEOLOGICAS DE LA FORMACIÓN CHULEC Y PARIATAMBO	72
4.5.	CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL GRUPO CRISNEJAS.....	72
4.6.	AMBIENTE DE SEDIMENTACIÓN DE LA FORMACIÓN CHULEC.....	76
4.7.	AMBIENTE DE SEDIMENTACIÓN DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	77
4.8.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	78

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES.....	79
5.2.	RECOMENDACIONES.....	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Los miembros A, B, C, pertenecen a la formación Y, las formaciones X, Y, Z pertenecen al grupo D. entonces hay tres formaciones, un grupo y tres miembros.....	7
Figura 2. Unidades bioestratigráficas o biozonas, delimitadas en su primera y última parición.....	10
Figura 3. Geometría de los estratos, de acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor.....	15
Figura 4. Tipos de asociación de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.....	16
Figura 5. Medida los estratos mediante el Bastón de Jacob.....	17
Figura 6. Ambiente óxico y ambiente anóxico.....	19
Figura 7. Clasificación de rocas carbonatadas según Dunham 1962.....	21
Figura 8. Asociación de facies.....	22
Figura 9. Mapa de ubicación política del distrito de Sucre.....	28
Figura 10. Imagen Satelital mostrando el área de estudio.....	30
Figura 11. Mapa Geológico y estratigrafía del Distrito de Sucre. Afloran rocas del Cretácico inferior al reciente. Su ubicación se encuentra en el plano 3 y 4.....	37
Figura 12. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca. Fuente: INGEMMET modificado por (Herrera, 2012).....	38
Figura 13. Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga. Nótese la coloración gris blanquecina de estas areniscas y que son extraídas como materiales de construcción, con coordenadas E: 815502, N: 9232507.....	39
Figura 14. Areniscas de color gris amarillentas a gris anaranjadas del Grupo Goyllarisquizga con coordenadas E: 815511, N: 9232523.....	40

Figura 15.	Areniscas de la Formación Inca con coloración gris marrón a gris rojiza con coordenadas E: 815525, N: 9232556.....	40
Figura 16.	Secuencias limoarcillíticas calcáreas de la Formación Inca con coordenadas E: 815582, N: 9232534.....	41
Figura 17.	Estratos de calizas intercalado con limoarcillitas calcáreas de la Formación Chulec, con coordenadas E: 815582, N: 9232534.....	42
Figura 18.	Estratos tabulares y delgados de calizas que se presentan en la base de la Formación Pariatambo con coordenadas E: 815582, N: 9232534.....	42
Figura 19.	Contacto entre la Formación Pariatambo y la Formación Yumagual con coordenadas E: 815543, N: 9232511.....	43
Figura 20.	Depósitos coluviales constituido por arcillas con fragmentos subangulosos de calizas con coordenadas E: 815543, N: 9232511.....	44
Figura 21.	Los depósitos fluviales se ubican en ambas márgenes del río Huauco en el Distrito de Sucre, con coordenadas E: 815590, N: 9232564.....	44
Figura 22.	La Formación Chulec posee tres unidades muy bien diferenciadas litoestratigrafías, con E: 815594, N: 9232547.....	45
Figura 23.	Estratos delgados y paralelos de calizas en la base de la miembro inferior con E: 815534, N: 9232545.....	45
Figura 24.	Estratos gruesos intercalado con estratos ondulados que se ubican en el miembro inferior con coordenadas E: 815657, N: 92321234.....	47
Figura 25.	Estratificación ondulada que caracteriza al nivel inferior del miembro inferior con coordenadas E: 815549, N: 9232213.....	47
Figura 26.	Laminación interna que se encuentra dentro de las calizas arcillosas de la con coordenadas E: 815541, N: 9232277.....	48
Figura 27.	Estructuras post- sedimentarias observadas dentro de las calizas de la miembro inferior con coordenadas E: 815534, N: 9232217.....	48

Figura 28.	Zona biozona de equinoideos de pequeño tamaño de alrededor de 5 cm máximo. Esta zona se ubica en la parte inferior de la miembro inferior. con coordenadas E: 815534, N: 9232217.....	49
Figura 29.	Zona de biozoma de equinoideos que persiste al SO de la zona de estudio con coordenadas E: 815531, N: 9232222.....	49
Figura 30.	lintercalación de margas con calizas wackstone dentro del miembro medio con coordenadas E: 815531, N: 9232222.....	51
Figura 31.	Calizas margosas que se ubican dentro del miembro medio. La alteración de estas rocas genera un suelo de coloración gris anaranjada con coordenadas E: 815578, N: 9232233.....	51
Figura 32.	Estructuras de disolución (lapiaz) originado por la acción de las aguas de las lluvias. Que se observa en la parte superior de la miembro superior con coordenadas E: 815545, N: 9232255.....	52
Figura 33.	Estratos delgados tabulares que se ubica en la parte superior de la miembro superior. Que se observa en la parte superior de miembro superior con coordenadas E: 815541, N: 9232467.....	53
Figura 34.	Las rocas de la miembro inferior posee gran contenido de carbonato de calcio (CO ₃ Ca) por lo que es utilizado como materiales de construcción. En la parte superior de la foto se observa una cantera de donde se extraen calizas que son muy requeridos por los pobladores. con coordenadas E: 815570, N: 9232230.....	54
Figura 35.	Contacto de la miembro medio de la Formación Pariatambo con la Formación Yumagual con coordenadas E: 815539, N: 9232299....	56
Figura 36.	Estratos tabulares de calizas de la Formación Pariatambo de la miembro medio donde de observa el estilo estratocreciente con coordenadas E: 815572, N: 9232245.....	56
Figura 37.	Columna estratigráfica de la Formación Chulec.....	73
Figura 38.	Columna estratigráfica de la Formación Pariatambo.....	74
Figura 39.	Correlación estratigráfica del Grupo Crisnejas en el distrito de Sucre y alrededores.....	75

Figura 40.	Ambiente de depositación óxico de la Formación Chulec, en cuyo lugar existía abundante oxigenación.....	76
Figura 41.	La Formación Chulec se depositó en un ambiente de poca profundidad muy cercano a las costas dando como resultado la presencia de un alto porcentaje de material terrígeno en las calizas.....	76
Figura 42.	Ambiente de depositación anóxico de la Formación Pariatambo, en cuyo lugar existía ausencia de oxígeno.....	77
Figura 43.	La Formación Pariatambo se depositó en un ambiente de mayor profundidad que la Formación Chulec muy alejado de las costas en donde el material terrígeno es escaso.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Algunas de las estructuras sedimentarias de deposición comunes....	12
Tabla 2. Algunas de las estructuras sedimentarias de erosión comunes y sus procesos de formación.....	13
Tabla 3. Algunas estructuras comunes pre sedimentarias y sus procesos de formación.....	13
Tabla 4. Algunas estructuras comunes sin- sedimentarias y post- sedimentarias y sus procesos de formación.....	14
Tabla 5. Ambientes sedimentarios clásticos, químicos y bioquímicos.....	23
Tabla 6. Metodología de la investigación.....	31
Tabla 7. Variables de la investigación.....	34
Tabla 8. Características de los especímenes de fósiles.....	57
Tabla 9. Descripción del espécimen fósil Núcula Turgida hallado en la Formación Chulec.....	58
Tabla 10. Descripción del espécimen fósil Pterotrionia Caudata hallado en la base de la Formación Chulec.....	59
Tabla 11. Descripción del espécimen fósil Douvilleiceras sp hallado en la Formación Chulec.....	60
Tabla 12. Descripción del espécimen fósil Holoctypus hallado en la Formación Chulec.....	61
Tabla 13. Descripción del espécimen fósil Knemiceras sp hallado en la Formación Chulec.....	62
Tabla 14. Descripción del espécimen fósil Protocardium hallado en la base de la Formación Chulec.....	63
Tabla 15. Descripción del espécimen fósil Exogyra hallado en la Formación Chulec.....	64

Tabla 16.	Descripción del espécimen fósil Brancoceras hallado en la Formación Chulec.....	65
Tabla 17.	Descripción del espécimen fósil Brancoceras hallado en la Formación Chulec.....	66
Tabla 18.	Descripción del espécimen fósil Lyelliceras Lielly hallado en la Formación Pariatambo.....	67
Tabla 19.	Descripción del espécimen fósil Oxotropidoceras Carbonarium hallado en la base de la Formación Pariatambo.....	68
Tabla 20.	Descripción del espécimen fósil Cucullaea hallado en la Formación Chulec.....	69
Tabla 21.	Descripción del espécimen fósil Astarte Debilideus hallado en la Formación Chulec.....	70

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HCl	:	ácido clorhídrico
Fe	:	Hierro
Ox	:	Óxido
Mn	:	Manganeso
I	:	Limolita
Fm	:	Formación
MF	:	Muy fino
F	:	Fino
M	:	Medio
G	:	Grueso
MG	:	Muy Grueso

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el Distrito de Sucre, en la provincia de Celendín, dentro de la Región de Cajamarca. El objetivo del estudio fue realizar una caracterización estratigráfica y paleoambiental del Grupo Crisnejas. Para lograr esto, se construyeron dos columnas estratigráficas para analizar su distribución vertical y lateral, así como la recolección de fósiles para su identificación. La metodología empleada consistió en un trabajo de campo y gabinete, utilizando el enfoque directo. Se concluyó que las formaciones que componen el Grupo Crisnejas presenten un espesor de hasta 250 m y 120 m para la Formación Chulec y Formación Pariatambo, respectivamente. La Formación Chulec se depositó en un entorno marino cercano a la costa, evidenciado por el % de sedimentos arcillosos y un ambiente rico en oxígeno (medio óxico). La abundancia de fósiles sugiere condiciones favorables para la vida durante ese período. Por otro lado, la Formación Pariatambo está compuesta por calizas mudstone, con estratos delgados en la base y un aumento en su espesor hacia la parte superior. En la Formación Chulec se ubicaron tres biozonas: *Zona de abundancia de equinoideos*, *de Nucula Turgida RICHARD* y *de Parengonoceras Permodosum*. Del mismo modo, la Formación Pariatambo se identificaron restos de *Oxitropidoceras Carbonarium* que indica la base de esta Formación. El comportamiento regional de estas Formaciones en base al análisis de las columnas estratigráficas señala que estas mantienen sus características litológicas, texturales, estratigráficas y la presencia de materia orgánica.

Palabras claves: *Estratocreciente, Estratigrafía, Formación Pariatambo, óxico, anóxico, Formación Chulec.*

ABSTRACT

The research was carried out in the District of Sucre, in the province of Celendín, within the Region of Cajamarca. The objective of the study was to perform a stratigraphic and paleoenvironmental characterization of the Crisnejas Group. To achieve this, two stratigraphic columns were built to analyze their vertical and lateral distribution, as well as the collection of fossils for identification. The methodology used consisted of fieldwork and cabinet, using the direct approach. It was concluded that the formations that make up the Crisnejas Group present a thickness of up to 250 m and 120 m for the Chulec Formation and Pariatambo Formation, respectively. The Chulec Formation was deposited in a marine environment near the coast, evidenced by the % of clay sediments and an environment rich in oxygen (oxic medium). The abundance of fossils suggests favorable conditions for life during that period. On the other hand, the Pariatambo Formation is composed of mudstone limestones, with thin strata at the base and an increase in their thickness towards the top. In the Chulec Formation three biozones were located: *Echinoid abundance zone*, *Nucula Turgida RICHARD* and *Parengonoceras Permodosum*. Similarly, the Pariatambo Formation identified remains of *Oxitropidoceras Carbonarium* indicating the basis of this Formation. The regional behavior of these formations based on the analysis of the stratigraphic columns indicates that they maintain their lithological, textural, stratigraphic characteristics and the presence of organic matter.

Key words: *Stratochundred, Stratigraphy, Pariatambo Formation, Oxico, Anoxic, Chulec Formation.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La secuencia sedimentaria que aflora en la región de Cajamarca se caracteriza por poseer en la base rocas de naturaleza clástica y que pertenecen al cretácico inferior y en su parte superior rocas mayormente calcáreas del cretácico inferior y superior. Por otro lado, en la localidad de Sucre ubicado en la provincia de Celendín afloran abundantes rocas sedimentarias que se depositaron en un ambiente marino y que pertenecen al Cretácico inferior y Superior. La presente investigación trata del estudio estratigráfico y paleoambiental del Grupo Crisnejas que pertenece al cretácico inferior. El Grupo Crisnejas está conformada por la Formación Chulec y Pariatambo: La depositación de la Formación Chulec se desarrolló en aguas más profundas que de la Formación Inca. El ambiente reductor que predominaba durante la depositación de la Formación Pariatambo es probable que se deba a una mayor profundización de la cuenca. (Borkowsqui, 1994). Una de las características resaltantes del Grupo Crisnejas es el poco espesor de la Formación Pariatambo (120 metros).

En esta investigación se han elaborado dos (02) columnas estratigráficas en lugares estratégicos, se recolectarán fósiles en forma sistemática con la finalidad de realizar un estudio paleontológico y con ello una correlación estratigráfica, para observar el comportamiento lateral y vertical a nivel local. El análisis de esta correlación servirá para determinar la caracterización estratigráfica y paleoambiental. Por otro lado, por las observaciones de campo efectuadas en la zona de estudio se infiere que la característica estratigráfica y paleoambiental del Grupo Crisnejas es homogénea a nivel regional. Por último, se ha comprobado que no existen estudios puntuales de este tipo, en esta zona, por lo que esta investigación ayudará a dar mayores conocimientos de estratigrafía y ambiente paleontológico lo que ayudará a la interpretación de su historia depositacional, para lograr esto, se elaborarán columnas estratigráficas detalladas, se recolectarán fósiles y muestras de rocas en forma sistemática para su posterior estudio e interpretación.

En la localidad de Sucre que se ubica al Nor- Este de la Provincia de Celendín, afloran rocas de las Formaciones Chúlec y Pariatambo que pertenecen al Grupo Crisnejas del Cretácico Inferior. La Formación Chulec se encuentra constituida por secuencias de calizas de coloración gris blanquecinas, calizas margosas, arcillitas calcáreas con abundantes fósiles. Todas estas características indican que estos afloramientos se han depositado en un mar de poca profundidad y con abundante oxigenación. La Formación Pariatambo está conformada por secuencias de calizas gris oscuras, con olor fétido al golpe con el martillo del geólogo, poseen estratos paralelos, con fósiles característicos los que indican una depositación en un mar de mayor profundidad. Una característica importante de estas dos Formaciones es su homogeneidad estratigráfica a nivel regional.

El objetivo principal de esta investigación es el de determinar la caracterización litoestratigráfica y paleoambiental de la secuencia sedimentaria de las Formaciones Chúlec y Pariatambo y la elaboración de las columnas estratigráficas. Esta investigación consta de cinco capítulos: El capítulo I se refiere a la parte introductoria. En el capítulo II, se muestran el Marco Teórico donde se indican los antecedentes internacionales, nacionales y locales, también las bases teóricas y la Definición de Términos Básicos.

El Capítulo III, está referido a Materiales y Métodos, en donde se trata la Metodología, los Procedimientos de la investigación, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos, también en este capítulo se describen los resultados de la investigación.

El capítulo IV, corresponde al análisis y discusión de resultados. El capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones están relacionados a los objetivos. En la parte final se tiene a las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Alonso & Bahamonde (2015). Esta investigación titulada: Sedimentología y caracterización paleoambiental del sistema Cretácico inferior de Antromero- Luanco (Asturias). Universidad de Salamanca, realiza un modelo sedimentario definiendo que las asociaciones de facies se depositaron en zonas someras de una plataforma carbonatada en rampa con bajo gradiente de pendiente influida por el aporte silicoclástico de cursos fluviales próximos. Aunque los depósitos asociados a tormentas son escasos, estas asociaciones ocuparían los sectores de rampa interna y media. La sedimentación tuvo lugar en un contexto transgresivo y la distribución de facies está fuertemente controlada por las variaciones relativas del nivel de mar. La parte inferior de la sucesión es detrítica y constituye un depósito continental fluvio- deltaico. La transgresión aptiense conllevó el desarrollo de una plataforma carbonatada somera y extensa muy común durante el Sistema Cretácico.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Borkowski (1994), en su estudio titulado: Catalogo de Minerales y Rocas Industriales del Perú, afirma que la Formación Chulec consta de calizas nodulares en parte arenosa, margas y arcillitas calcáreas. Las calizas son grises o marrones cuando están frescas y amarillentas cuando están oxidadas. Los espesores son variables de unos 200 a 250 m en promedio, la Formación Chulec en la faja principal de subsidencia está entre los 450 y 500 m y se reduce cerca de Tembladera donde esta formación posee un espesor de 50 m.

Reyes (1980), menciona que durante la depositación del Grupo Goyllarisquizga la cuenca fue siempre de un mar somero, donde el intercambio constante de aguas daba lugar a zonas bien oxigenadas. A medida que se hundía era rellenada por sedimentos clásticos. Los afloramientos de sedimentos albianos se caracterizan por el cambio de facies del sector occidental al oriental representados el primero por las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo.

2.1.3 Antecedentes locales

Lagos y Quispe (2007), presentan el trabajo de investigación titulado: Análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, distrito de Cajamarca al XII Congreso Peruano de Geología. Llegaron a las siguientes conclusiones: las secuencias de Chulec y Pariatambo poseen un espesor constante; la Formación Chulec poseen estratos gruesos y mantiene un color gris amarillenta con alto contenido de material terrígeno; la Formación Pariatambo está conformado por estratos delgados, estrato creciente, con una coloración gris oscura.

Terrones (2014). En la tesis titulada: Caracterización litológica y paleontológica de la Formación Yumagual en el distrito de Cajamarca. Realiza un análisis detallado de los fósiles recolectados en distintos niveles de la secuencia estratigráfica analizada. Concluye que la litología y los fósiles analizados corresponden a un ambiente marino de poca profundidad; que la Formación Yumagual sobreyace a la Formación Pariatambo en forma concordante.

Torres (2014). En la tesis titulada: Estudio biostratigráfico de la formación Chulec en la zona de Puyllucana - Santa Úrsula. Se determinó los factores que intervinieron en el proceso de su formación, definiendo las unidades bioestratigráficas presentes de la Formación Chulec, lo cual entregó las características del medio ambiente marino en el cual se desarrollaron las diferentes secuencias estratigráficas y faunísticas, detallando un registro paleontológico en esta Formación. Así mismo, se logró determinar un control bioestratigráfico mediante cuadros estadísticos para las secuencias faunísticas presentes en la dispersión bioestratigráfica de la Formación Chulec y de esta manera poder tener una idea clara sobre sus procesos de formación y evolución.

Bazan (2015). En la tesis titulada: La formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgadas. Presenta los resultados estratigráficos que tuvo el Evento Anóxico Oceánico en el Albiano a nivel global. Las características sedimentarias en los tres sectores estudiados comparten la gran mayoría de características sedimentarias que evidencian un típico ambiente Anóxico Oceánico tales como la coloración oscura en la intercalación de sus calizas y lutitas y fósiles como los Oxitropydoceras Carbonarium (Reyes, 1980). Su diferencia radica en la profundidad de formación, siendo el sector Colpayoc el más profundo debido a la presencia de Pirita tanto en las rocas como en los fósiles; originado por un ambiente con mucho mayor contenido en Hierro, así como mayor cantidad de bacterias sulforeductoras para poder reducir los sulfatos del agua marina anóxica, así como la intensa coloración negra en todo su afloramiento debido al mayor contenido de materia orgánica a diferencia de los sectores Ronquillo y Puyllucana que no presentan Pirita visible.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Ambientes carbonatados

Son áreas que poseen pendientes suaves o pequeñas depresiones, se consideran también como rampas semiplanas rodeadas por un banco de arena carbonatada. La actividad tectónica tiene una gran influencia en las características de las plataformas carbonatadas, los más grandes se forman en márgenes continentales pasivas, mientras los más pequeños se forman en cordilleras submarinas localizados en sistemas extensionales. Los depósitos en el entorno de la rampa exterior son generalmente clasificados como un tipo de carbonatos wackestone y hacia la mitad de la rampa se pueden identificar sedimentos tipo packstones, teniendo por último capas tipo grainstone en la rampa interior (Wright 1986).

2.2.2 Caracterización estratigráfica

La caracterización estratigráfica es parte del estudio geológico consistente en establecer los atributos estratigráficos (características estratigráficas) de una secuencia sedimentaria lo cual permite establecer una diferenciación entre lo caracterizado y lo adyacente. En la secuencia estratigráfica se registra, las formas,

composiciones litológicas, propiedades físicas y geoquímicas, sucesiones originarias, relaciones de edad, distribución y contenido de fósiles, todas estas características sirven para reconocer y reconstruir secuencialmente eventos geológicos. (Vera, 1984).

2.2.3 Ambientes sedimentarios

Es una parte de la superficie terrestre que es física, química y biológicamente distinta a las áreas adyacentes. La mayoría de los depósitos sedimentarios son el resultado del transporte de material en forma de partículas, que puede ser debido a la gravedad, pero más comúnmente es el resultado de un agente de transporte como el agua, aire, hielo o densas mezclas de sedimentos y agua. La interacción del material sedimentario con el medio de transporte resulta en la formación de estructuras sedimentarias que proporcionan un registro de los procesos que ocurren en el momento de la depositación. Si los procesos físicos que ocurren en diferentes ambientes modernos son conocidos y si las rocas sedimentarias se interpretan en términos de los mismos procesos es posible inferir el probable medio de depositación o medio sedimentario. El entendimiento de estos procesos y sus productos es fundamental para el estudio de la Sedimentología (Nichols, 2009).

2.2.4 Estratificación

La estratificación es la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias. Si la definición se basa en el estrato, el término estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivos en capas sucesivos) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación). (Vera, 1984).

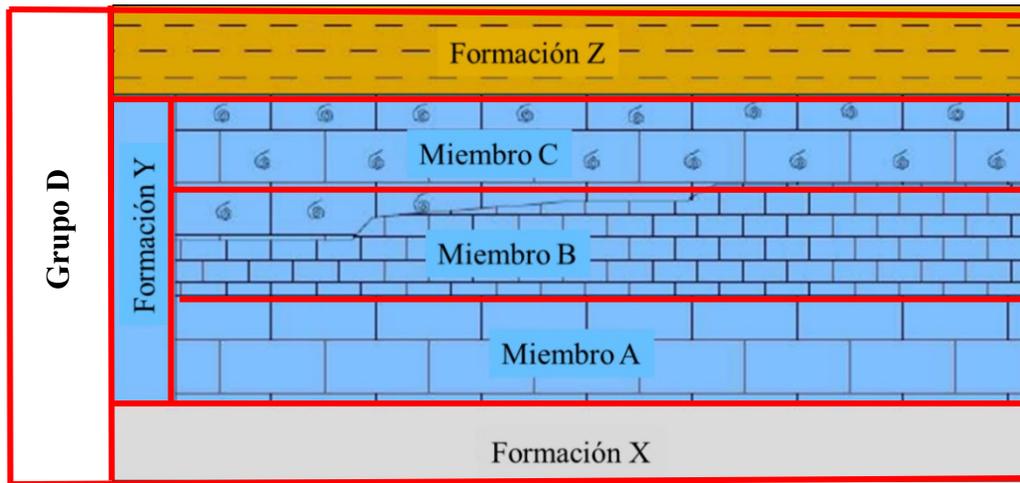


Figura 1. Los miembros A, B, C, pertenecen a la formación Y, las formaciones X, Y, Z pertenecen al grupo D. entonces hay tres formaciones, un grupo y tres miembros.

Fuente: Tomado de Vera, 1994.

2.2.5 Principios de la estratigrafía

La estratigrafía es parte de la geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas; también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca. La estratigrafía posee seis principios los cuales son:

Principio de la horizontalidad

Este principio indica que los estratos tienden a depositarse en forma horizontal a la superficie de sedimentación. Los sedimentos que son removidos por los agentes de transporte (agua, hielo, viento, etc.) y luego depositados en una superficie, temporal o definitiva, están regidos por las leyes de la gravedad de la tierra. Por lo tanto, tienden a depositarse en forma horizontal.

Principio de la superposición

El ejemplo anterior demuestra que los sedimentos que se han depositado en el fondo del vaso son los más antiguos que los que se han depositado en la parte superior. De tal manera que, geológicamente, se puede afirmar que: en un conjunto de capas sedimentarias superpuestas en forma paralela (en polaridad normal), las superiores son más jóvenes que las inferiores.

Principio de la concordancia

Explica que los estratos superpuestos cuyas superficies limitantes son paralelas (sin discordancia) y transicionales, indican continuidad, en el proceso sedimentario que los originó.

Principio de la discordancia

Según el cual cuando los estratos están separados por una superficie de erosión, esta, indica que hubo diferentes condiciones en el tiempo de la desopilación.

Principio de la sucesión

Indica que una roca ígnea plutónica (roca intrusiva) es más moderna que las rocas a las cuales instruye. Cabe indicar que las rocas ígneas no cumplen la ley de la superposición estratigráfica.

Principio de la sucesión faunística

Los fósiles de flora y fauna, que se ubican, en algunos estratos, pertenecen a la época en que, estos, se formaron y sirven para calcular su edad relativa y determinar las características del ambiente sedimentario en el cual estos se depositaron; así, por ejemplo, del estudio de fósiles podemos obtener datos de la temperatura de las aguas, salinidad, profundidad en donde habitaron. (Vera, 1984).

2.2.6 Superficies de estratificación

Las superficies de estratificación pueden ser “netas” o “difusas”. Las netas separan materiales de la misma o distinta litología, en los contactos difusos hay una franja paralela a la de estratificación en que tiene lugar el cambio gradual entre dos términos litológicos o texturales. En la figura adjunta (Vera, 1984) se recogen distintos tipos de superficies, en función de sus características geométricas mayores (planas e irregulares). los rasgos geométricos de detalle permiten distinguir: superficies con estructuras de corriente, con pistas de organismos, con estructuras de carga, superficies onduladas (techo de estratos con ripples), superficies nodulosas.

2.2.7 Columnas estratigráficas

Son formas de representar gráficamente los rasgos más relevantes de la secuencia geológica expuestas o en el subsuelo. Se representan los más antiguos en la parte inferior y los más modernos en la parte superior. Para construir una columna estratigráfica, se tiene que medir el espesor de todos los estratos, empezando siempre por la parte inferior y continuando hacia la parte superior. La finalidad de la construcción de columnas estratigráficas es la de poder compararlas con columnas adyacentes para lograr su interpretación. También se puede definir como la representación vertical de la superposición de distintos fenómenos físicos presentes en la naturaleza los cuales, se han depositado a lo largo del tiempo geológico (Navarrete, 2014).

2.2.8 Clasificación de las rocas calizas según Dunham

En la clasificación de Dunham (1962), se distingue dos tipos generales de carbonatos (rocas y sedimentos carbonáticos). un primer grupo donde se encuentran aquellas rocas que muestran una textura depositacional reconocible, y un segundo en donde se representan las de textura cristalina, no siendo posible reconocer la textura depositacional.

2.2.9 Unidades estratigráficas

Conjunto de estratos que constituyen una unidad, por estar compuesto predominantemente por un cierto tipo de roca o de una combinación de tipos litológicos, o por poseer otras características litológicas importantes en común, que sirvan para agrupar los estratos. Una unidad estratigráfica es, por tanto, un volumen reconocible de rocas y diferenciables de los volúmenes que lo rodean, por su litología, (Hedberg, 1980).

2.2.10 Unidades bioestratigráficas

Es el conjunto de estratos que se constituyen en una unidad por su contenido fósil o características paleontológicas y que, por consiguiente, es posible diferenciar de los estratos adyacentes. Una biozona o zona bioestratigráfica es el término general que se aplica a cualquier tipo de unidad bioestratigráfica (Molina, 2017).

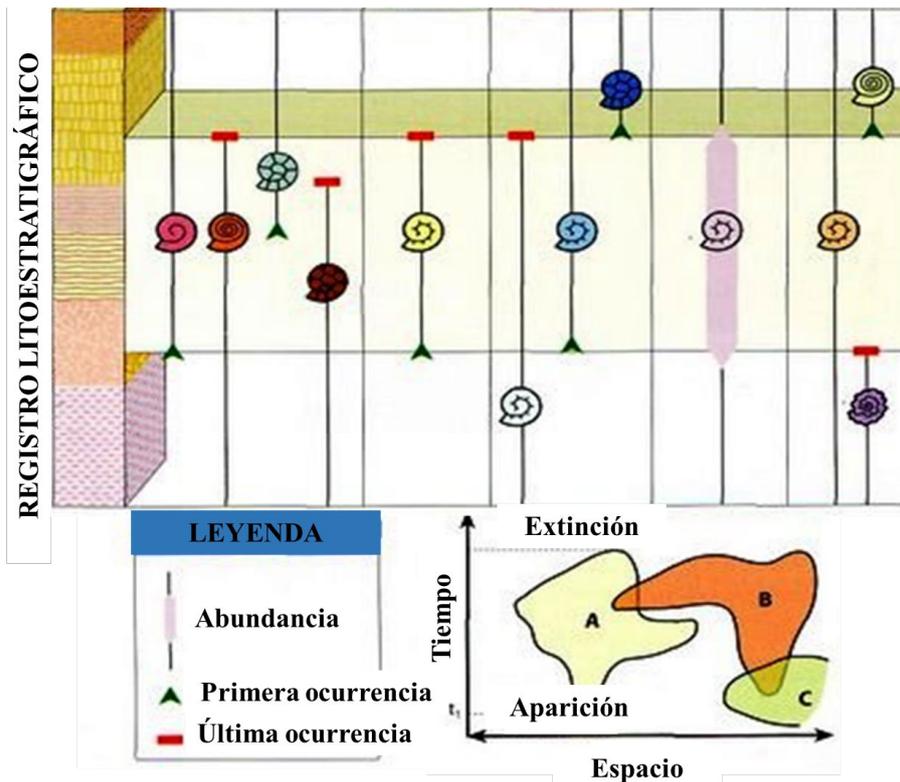


Figura 2. Unidades bioestratigráficas o biozonas, delimitadas en su primera y última aparición.

Fuente: Tomado Henrique, (2011).

2.2.11 Estructuras Sedimentarias

Es la organización geométrica de los elementos que constituyen un sedimento visto como consecuencia de los procesos que lo han estructurado y de los elementos que lo componen, es decir hay que volver a las fuentes en un proceso de ajuste de las observaciones constantes. Las estructuras sedimentarias, a diferencia de los fósiles o la litología, siempre se forman in situ y no pueden ser transportadas; también son el elemento clave en la comparación de sedimentos antiguos con medios sedimentarios actuales y estudiados experimentales bajo condiciones controladas (Arche, 2010). Las estructuras sedimentarias pueden dividirse en tres categorías:

Estructuras Pre- sedimentarias

Las estructuras pre- sedimentarias se forman en el basamento antes de que se depositen los sedimentos. Por tanto, son siempre erosivas, y no deben confundirse con procesos de post- depósito que deforman la base de la capa, como los moldes de carga (load casts). Entre otras son los canales, marcas de escurridura (scour

marks) y turboglifos (flute marks). Suelen observarse mucho mejor los moldes en la capa superior que las estructuras en sí mismas y dan buenas indicaciones sobre la dirección y/o el sentido de las corrientes que las originaron. También se pueden considerar incluidas en este grupo las superficies marinas de omisión o las superficies subaéreas con grietas de desecación y/o brechas autogénicas (Arche, 2010).

Estructuras Sin- sedimentarias

Las estructuras sin-sedimentarias son de tres tipos fundamentales: estratificación planar, estratificación cruzada, con sus variedades de surco y planar, y micro laminación de ripples. Cuando un sedimento granular se ve sometido a una corriente de velocidad ascendente, desarrolla configuraciones externas que se reflejan en una estructura interna con una secuencia regular: ripples o capas planas, dunas, capas planas de alta energía y antidunas (Arche, 2010).

Estructuras Post- sedimentarias

Las que significan una organización en la vertical de la estratificación, como los moldes de carga (load casts) y pseudonódulos, formados cuando capas de arenas se hundían en capas arcillosas inferiores por diferencias de densidad y carga y las diversas estructuras de fluidificación, producidas por movimientos de fluidos en el interior de sedimentos no consolidados por carga diferencial o un efecto tixotrópico causado por sacudidas bruscas debidas a terremotos u otras vibraciones (Arche, 2010).

Tabla 1. Algunas de las estructuras sedimentarias de deposición comunes.

Estructura sedimentaria	Espesor	Características	Procesos
Laminación	Menos que 1 cm	La continuidad, la variación, el color	La variación en la compactación.
Estratificación	1 cm a m	Continuidad, repeticiones, variación de espesor	Condiciones variables
Gradación	Variable	Normal o inversa	Corrientes crecientes y decrecientes
Olas formando ondulaciones	cm	Tridimensional, escalada o no. Asociado a otras estructuras	Olas
Corrientes formando ondulaciones	cm	Tridimensional, estructuras asociadas, paleocorrientes	Corrientes unidireccionales
Ondas de impacto	cm	Tamaño, la orientación	Eólico
Estratificación lenticular	cm	Ola o corriente que forma ripples. Cambios verticales y si es parte de un afinado o engrosamiento, tendencia hacia arriba.	Fluctuación entre las corrientes de transporte y depositación-sedimentación a partir de suspensión
Estratificación flaser	cm		
Líneas de corriente	cm	Proporciona una medida directa de paleocorriente.	Régimen de flujo superior.
Laminación planar	mm a 1cm	La continuidad, la naturaleza (Composición o tamaño de grano), presencia de líneas de corriente.	Transporte por corrientes u olas (régimen de flujo superior o inferior)
Laminación sesgada	Menos que 1 cm	Estructura sedimentaria resultante de corriente u olas. Se interrumpe por una superficie erosional	Desaparición de las olas o corrientes que forman la ondulación
Grietas de desecación	cm	Paleosuelos y otra evidencia de la exposición subaérea	Exposición subaérea

Fuente: Tomado de Coe, (2010).

Tabla 2. Algunas de las estructuras sedimentarias de erosión comunes y sus procesos de formación.

Estructura	Tamaño	Características a observar	Procesos
Flute casts	cm	Orientación ofrece dirección paleocorriente	Remolinos turbulentos de una corriente turbia
Tool marks incluyendo a groove casts	cm	Orientación de algunos proporciona paleocorriente dirección	Características producidas por la erosión y el arrastre de clastos más grandes por las corrientes.
Scours	m	Posible asociación con superficie de erosión	La erosión de las corrientes o las olas.
Canales	cm a m	Se evidencia a lo largo hasta el nivel-base, posible cambio de marino a fluvial o incisión submarina.	La erosión a gran escala a partir del flujo.

Fuente: Tomado de Coe, (2010).

Tabla 3. Algunas estructuras comunes pre sedimentarias y sus procesos de formación.

Estructura	Tamaño	Características	Procesos
Estructuras pre sedimentarias			
Nódulos (antes de diagénesis)	cm - m	Los nódulos antes de la diagénesis son ovoides y las láminas - estratos se vuelven poco a poco más separados cerca al centro del nódulo.	Los cambios en la química del agua intersticial unos pocos centímetros a metros debajo de la interfaz sedimento –agua.
Deformación, laminación convoluta	cm - m	Medida, cualquier sentido de dirección de movimiento, sea posible la erosión	Sedimentos debido a inestables ángulos de depositación, alta velocidad de sedimentación, cambio en la presión del agua intersticial o terremotos u otra perturbación estructural.
Slumps y slides	cm – km		
Estructuras de carga (load casts)	cm	Busque otros asociados de	Estructuras de evacuación de agua, formadas donde la tasa de sedimentación es alta,
Estructuras almohadilladas (ball and pillow)	cm	característicos de deshidratación.	

Fuente: Tomado de Coe, (2010).

Tabla 4. Algunas estructuras comunes sin- sedimentarias y post- sedimentarias y sus procesos de formación.

Estructura	Tamaño	Características	Procesos
Estructuras durante la sedimentación			
Nódulos (post-diagénesis)	cm - m	El tamaño, composición. Los nódulos post- diagénesis tienen alta esfericidad. Ellos a menudo preservan otra sedimentación.	Los cambios en la química del agua intersticial de 10cm a 10m debajo de la interfaz sedimento-agua.
Estructuras post- sedimentación			
Anillos de leisegang	m	Otra evidencia de la diagénesis	Última etapa de circulación del fluido intersticial.
Dendritas	cm		
Estructuras por presión de solución (ejemplo Estilolitas)	cm- m	Se extienden lateral y verticalmente.	Sedimentos compactados y movimiento de los fluidos. Su presencia depende de la química de los depósitos sedimentarios y el agua de poros, así como la cantidad de presión.

Fuente: Tomado de Coe, (2010).

2.2.12 Tipos de estratificación

Los criterios que se utilizan para determinar los tipos de estratificación se basan en dos criterios importantes que son: la geometría y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos.

Geometría de los estratos

Según Vera, (1994) los estratos a partir de la geometría del techo y base se clasifican en:

- a. **Tabulares.** Cuando las dos superficies de estratificación son planas y paralelas entre sí.
- b. **Irregulares con muro erosivo.** Son estratos con una gran extensión lateral, con un muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía.
- c. **Acanalados.** Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal.

- d. **Forma de Cuña.** Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan con la pérdida progresiva de espesor.
- e. **Lenticulares.** Son discontinuos, con el muro plano y el techo convexo, su variante son estratos de forma biconvexa.
- f. **Ondulados.** Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes.

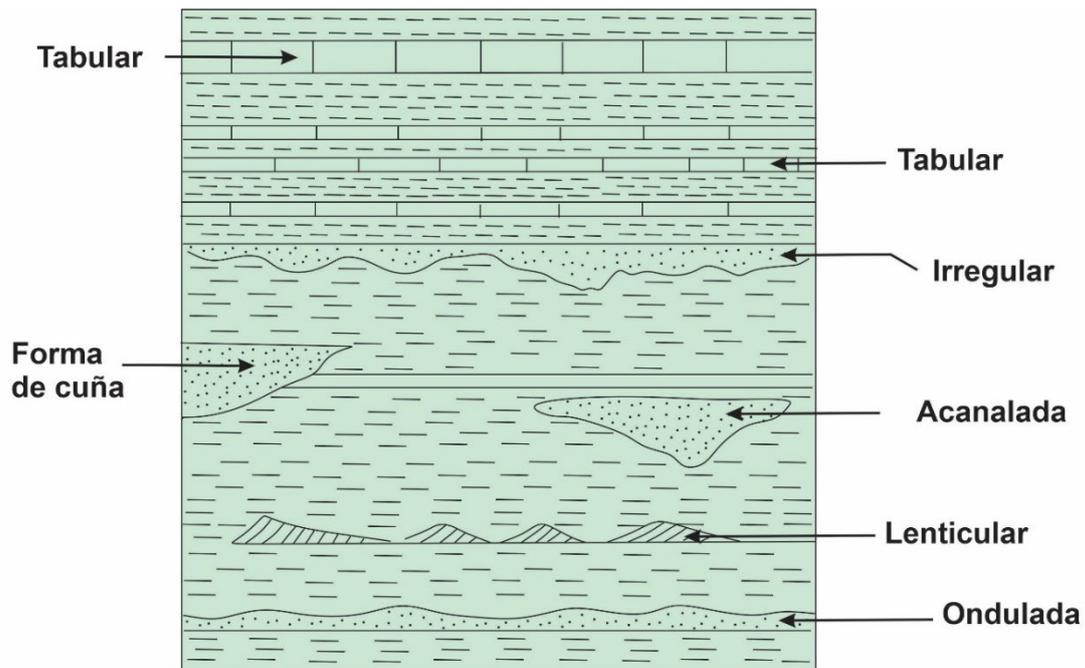


Figura 3. Geometría de los estratos, de acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor

Fuente: Extraído de Vera, (1994).

Clasificación de los estratos según criterios descriptivos

Según Vera (1994) los estratos basada en criterios de tipo descriptivo se clasifican en:

- **Uniforme**

Los espesores de los estratos sucesivos tienen unos valores análogos, con un valor real muy cercano a la media estadística de todos los espesores.

- **Aleatorio o de Espesor Variable**

Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida.

- **Estrato Creciente (secuencia negativa)**

Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo.

- **Estrato Decreciente (secuencia positiva)**

Este estilo presenta una disminución de los espesores de los estratos hacia el techo. A este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva.

- **En Haces**

Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes Vera (1994).

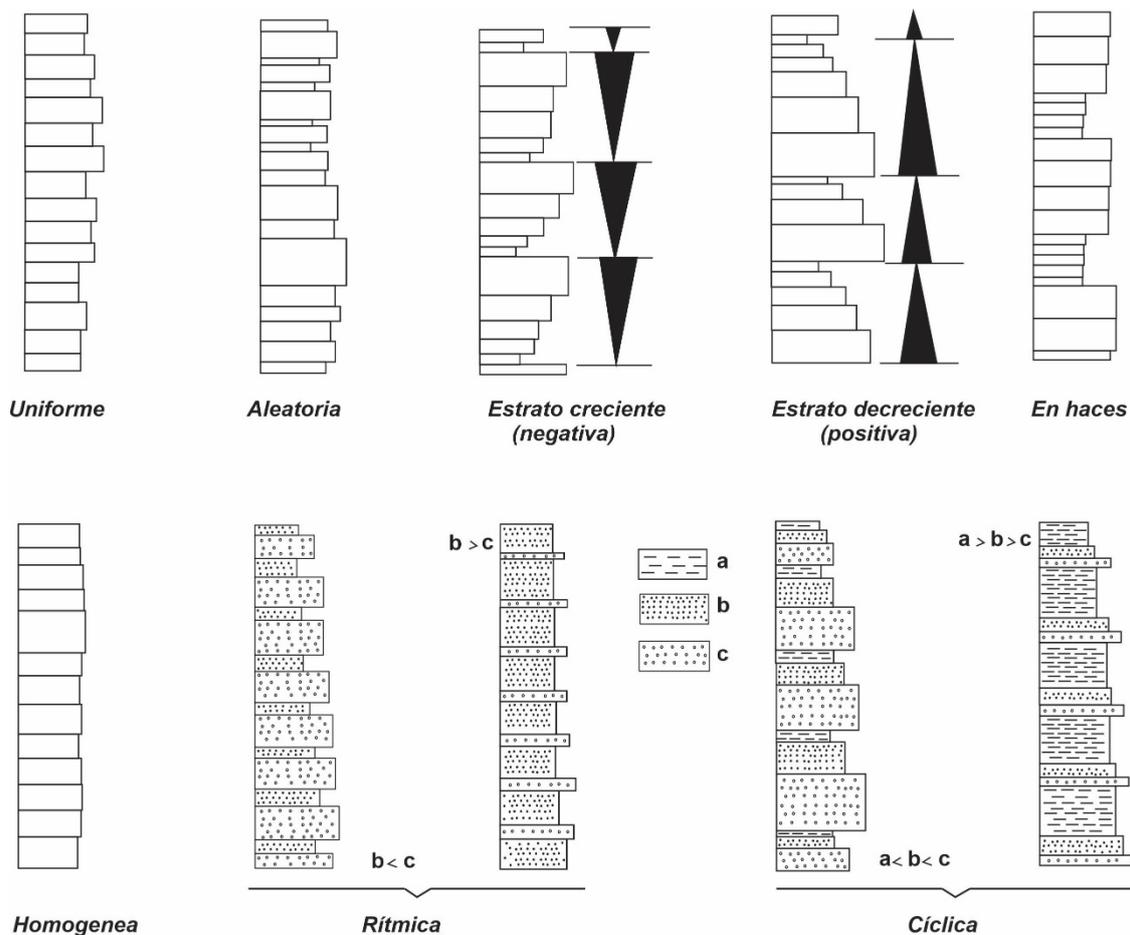


Figura 4. Tipos de asociación de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.

Fuente: Extraído de Vera, (1994).

2.2.13 Medición de los estratos

Los estratos por ser cuerpos tabulares permiten las siguientes medidas:

Dirección

Es el ángulo que forma con el norte geográfico la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal.

Buzamiento

Es el ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección.

Espesor

El espesor de un estrato (distancia entre los planos de estratificación que lo limitan, medida perpendicularmente a ellos). En condiciones normales el espesor de un conjunto de estratos es la distancia entre sus límites medida perpendicularmente a ellos y representa el espesor actual de los estratos durante un intervalo de tiempo (Krumbein y Sloss, 1969).

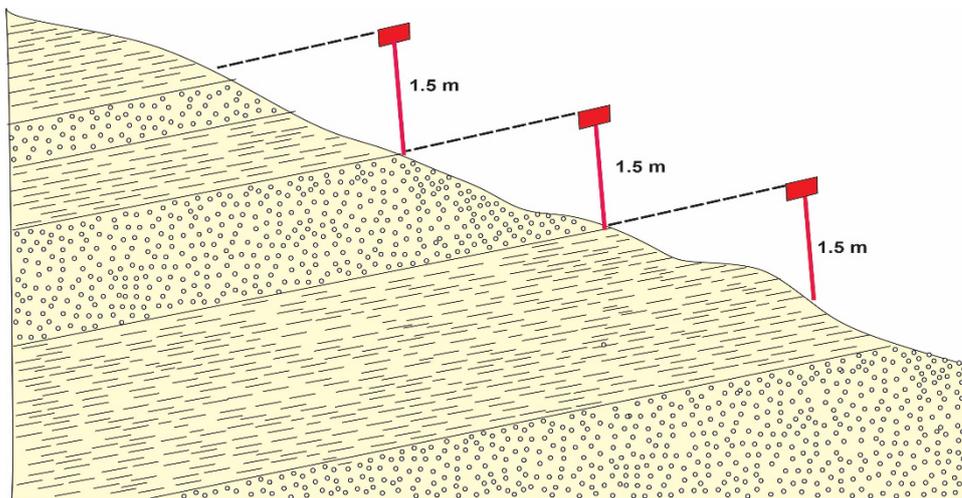


Figura 5. Medida los estratos mediante el Bastón de Jacob

Fuente: Extraído de Krumbein y Sloss, (1969)

2.2.14. Ambientes óxicos y anóxicos

Ambiente óxico

Un ambiente óxico es aquel que posee oxígeno en cantidades naturales. Esto es comúnmente en zonas de poca profundidad, antes de los 300 metros ya que en lo más profundo se generan ciertas condiciones que evitan que el oxígeno circule.

Ambiente anóxico

Un ambiente anóxico es aquel que carece de oxígeno. En el medio acuático, la contaminación por sustancias orgánicas favorece un intenso crecimiento bacteriano que consume el oxígeno disuelto en el agua. Debido a que no hay oxígeno libre, los medios son reductores, con lo que la materia orgánica es estable. Tienen que ver con la generación de petróleo porque favorecen la acumulación de materia orgánica ya que buena parte de los microorganismos descomponedores necesitan oxígeno. De hecho, para medir la demanda biológica de oxígeno (DBO) mide “la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos”. Las condiciones anóxicas resultantes de varios factores, por ejemplo, condiciones de estancamiento, estratificación de la densidad, aportes de materia orgánica y termoclinas fuertes. La producción bacteriana de sulfuro comienza en los sedimentos, donde las bacterias encuentran sustratos adecuados y luego se expanden en la columna de agua. En el tratamiento de aguas residuales, el agua con ausencia de oxígeno se indica como anóxica mientras que el término anaeróbica se utiliza para indicar la ausencia de cualquier receptor de electrones común, tales como el nitrato, el sulfato u el oxígeno. Cuando el oxígeno se agota en una cuenca, las bacterias primero cambian el segundo mejor receptor de electrones, que, en agua de mar, es el nitrato. La desnitrificación se produce y el nitrato se consume con bastante rapidez. Después de la reducción de algunos otros elementos de menor importancia.

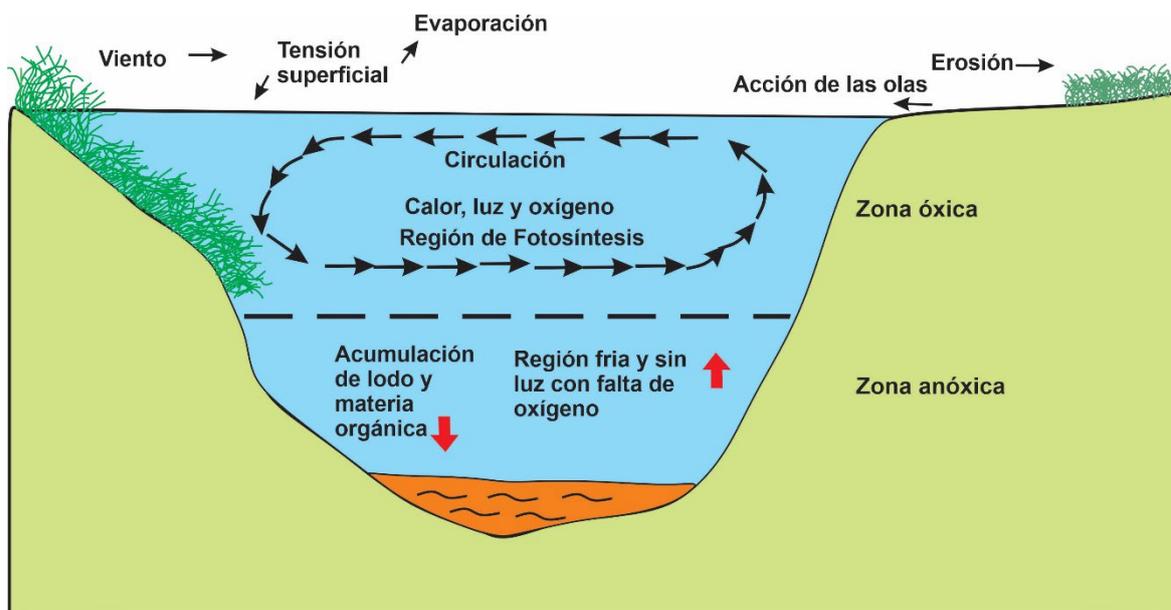


Figura 6. Ambiente óxico y ambiente anóxico

Fuente: Tomado de Vera, (1994).

2.2.15. Asociación de facie sedimentaria

Se denomina asociación de facies a la suma de los aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica, es decir, para definir el aspecto de cada grupo de rocas (Vera, 1994). También se denomina a un conjunto de propiedades que caracterizan a materiales estratificados. El reconocimiento de las facies en campo constituye la herramienta básica del estudio estratigráfico y la fuente de información en la que se puede basar cualquier tipo de interpretación posterior (Vera, 1994).

Una definición más común utilizada es la de un conjunto de características litológicas y paleontológicas que definen una unidad estratigráfica. Se refiere entonces a la denominación de un conjunto de características genéticas presentes durante la depositación y que quedan reflejadas en las rocas y pueden ser interpretadas posteriormente por su estudio litológico y paleontológico (Vera, 1994).

Litofacies

Se denomina litofacies características litológicas y que están enteramente ligadas a las condiciones fisicoquímicas que reinaron durante el depósito. Así, por ejemplo, se puede hablar de una litofacies de calizas oolíticas, o de areniscas glauconíticas (Vera, 1994).

Biofacies

Se denomina biofacies al conjunto de características paleontológicas y están ligadas a las condiciones biológicas reinantes durante la depositación. Ejemplos de biofacies pueden ser facies de gasterópodos. (Vera, 1994)

Clasificación de las facies

Las facies se pueden clasificar de acuerdo con las características litológicas y estratigráficas diferentes, que lógicamente tendrán un significado genético distinto. No es una clasificación de rocas ya que en ella se tiene en cuenta, además de la litología (composición, textura, color) otros rasgos como: las estructuras sedimentarias, la geometría y espesor de los estratos, el contenido fosilífero e incluso las tendencias de evolución vertical de ciertos caracteres (por ejemplo, aumento de tamaño de grano hacia el techo). Cada tipo de facies vendrá caracterizado por un conjunto de propiedades de los materiales, de las cuales se puede deducir su significado genético (Vera, 1994)

Facies Carbonatadas

En la clasificación propuesta por Dunhan, cada tipo de facies tiene una letra mayúscula alusiva al tipo textural (M.- mudstone, W.- wackestone, P.- packstone, G.- grainstone), mientras que para los diferentes tipos de calizas arrecifales se usa doble letra alusiva al tipo textural (BA. bafflestone, BI. - bindstone, FR.- framestone, FL.- floatstone, RU. Rudstone) y para rocas afines se usan de nuevo iniciales (B.- brechas, M.- margas, C.- calcarenita), (Vera, 1994)

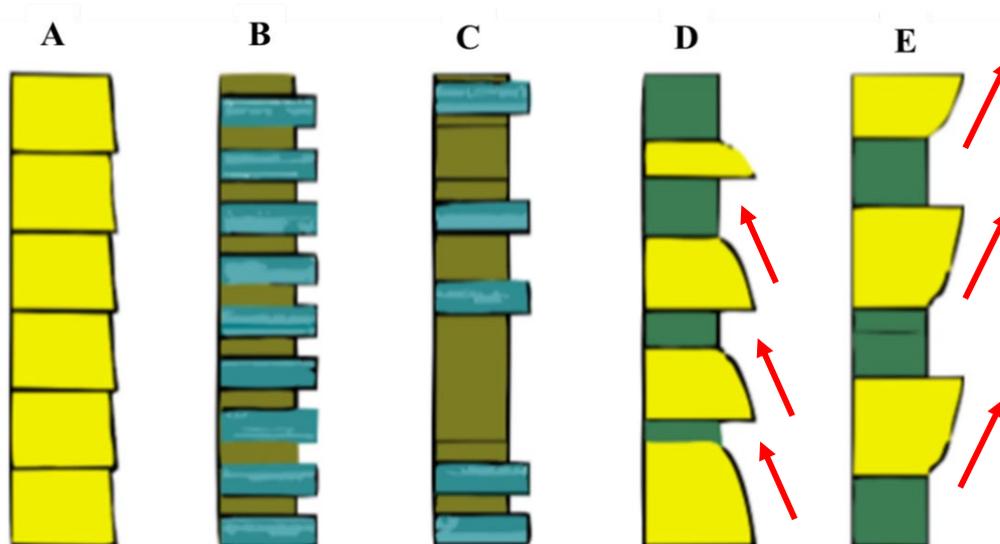


Figura 8. Asociación de facies

La Ley de Walther

De acuerdo con esta ley, cuando tienen lugar cambios oblicuos, las facies se presentan ordenadas simultáneamente en sentido lateral y vertical. De esta manera, las facies en la actualidad se encuentran yuxtapuestas y se disponen superpuestas formando una asociación de facies que en la vertical se refleja en una secuencia de facies. Los términos negativos y positivos, utilizados como sinónimos de granocreciente y granodecreciente, respectivamente, se utilizan con las acepciones originales. Al estudio específico de las secuencias, incluyendo su reconocimiento, su distribución vertical y su interpretación se le denomina análisis secuencial (Vera, 1994).

Ambientes sedimentarios

Un ambiente depositacional o ambiente sedimentario es simplemente un punto geográfico donde se acumulan los sedimentos. Cada lugar se caracteriza por una combinación particular de procesos geológicos y condiciones ambientales. Algunos sedimentos, como los sedimentos químicos que precipitan en cuerpos acuáticos, son únicamente el producto de su ambiente sedimentario. Es decir, los minerales que los componen se originaron y se depositaron en el mismo lugar. Otros sedimentos se forman lejos del lugar donde se acumulan (Tarbuck, 2005).

Tabla 5. Ambientes sedimentarios clásticos, químicos y bioquímicos.

Ambientes sedimentarios clásticos		
Ambiente	Agente de transporte y depósito	Sedimento
Continental		
Aluvial	Ríos	Arena, grava, lodo
Desértico	Viento	Arena, polvo
Lacustre	Corrientes de lago	Arena, lodo
Glaciar	Hielo	Arena, grava
Costero		
Delta	Ríos, corrientes marinas	Arena, lodo
Playa	Oleajes, mareas	Arena, grava
Planicies de inundación	Corrientes	Arena, lodo
Marino		
Plataforma continental	Oleaje, mareas	Arena, lodo
Margen continental	Corrientes marinas	Lodo, arena
Ambientes sedimentarios químicos y bioquímicos		
Continental		
Evaporítico	Evaporación de agua lacustre	Halita, nitratos, sales
Pantanosos	Vegetación	Turba
Costero y marino		
Carbonatado	Esqueletos de organismos	Arenas y lodos carbonatados
Evaporítico	Evaporación de aguas marinas	Yeso, anhidrita, sal
Silíceo: marino profundo	Esqueletos de organismos	Sílice

Fuente: Tomado de Pisconte, (2014).

2.2.16. Fósil

Son restos de organismos completos o de parte de ellos. Los esqueletos conchos, huesos de los individuos preservados pueden conservarse total individuos completos ó parcialmente individuos incompletos (López y Dolores, 2001).

Importancia y Utilidad de los fósiles

Un fósil representa una forma de vida anterior y nos permite reconstruir la vida del pasado.

- Mediante el estudio de los fósiles se conoce el proceso evolutivo.
- Los fósiles permiten conocer la Paleogeografía, o sea, la geografía del pasado.
- Áreas marinas y terrestres.

- Determinan también el Paleoclima, indicándonos el clima del pasado, si era cálido o frío.
- Nos indican la Correlación Estratigráfica, establecen la contemporaneidad de dos estratos a distancia.

Color de los Fósiles

Según Vera (1968), generalmente no conservan su color, conservan el color de la materia fosilizante o del sedimento. Los únicos que conservan su color son los insectos en ámbar.

Color rojizo: Lo provoca la hematita en clima seco ó árido.

Color amarillento: Debido al hidróxido de hierro o limonita en clima húmedo.

Color verdoso: Glauconita en un ambiente marino.

Color azulado: Por la presencia de sulfuro o piritita finamente dividida.

Color negruzco: Materia carbonosa o proceso de carbonización, Óxido de manganeso (pirolusita) o algún sulfuro de hierro.

Raramente aparecen ejemplares en que el color original ha perdurado, al menos en parte, especialmente cuando se conservan en calizas pizarrosas o de coloraciones vivas.

Sistemática o Taxonomía

Es la clasificación de los fósiles, según el sistema de Carlos Linneo. Se tienen los siguientes taxones: (Alvarado, 1990).

Reino: Unidad más amplia.

Phylum: Viene a ser la base de la sistemática biológica.

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

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

Familia: Otra categoría que, perteneciendo a la misma Clase, tiene características morfológicas diferentes.

Género: Categoría en que los organismos de la misma Familia se diferencian por algunas características.

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

Phillum Mollusca

Los moluscos se caracterizan presentar un esqueleto calcáreo, generalmente externo (concha), aunque también puede ser interno o inexistente. Las formas adoptadas por este esqueleto son muy variadas y las funciones que pueden cumplir son diversas. Por su abundancia en especies actuales, el Phillum Mollusca es el segundo más grande de los invertebrados, por detrás de los artrópodos. Si se considera no sólo el momento actual, sino desde la aparición de la vida en la Tierra, los moluscos superan el 10% de todas las especies animales conocidas, y su registro fósil comprende desde el Cámbrico inferior hasta la actualidad (Doménech, 1996). El phillum Mollusca se divide en ocho clases con representantes actuales y dos exclusivamente fósiles que son:

- **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 (Martinell, 1996).

- **Clase Cephalópoda**

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 amonitas y las belemnites como representantes más característicos. Son animales exclusivamente marinos, la mayoría neotónicos 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 (Martinell, 1996).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Estratificación

Disposición horizontal de los sedimentos para posteriormente convertirse en roca sedimentaria. Los estratos se disponen paralelamente y unas sobre otras (Dávila, 2011).

Facies Sedimentarias

Conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles (Selley, 1994).

Laminación

Proceso geológico mediante el cual las rocas de textura fina (arcillas) por acción de las fuertes presiones se adelgazan llegando a formar estratos (Dávila, 2011).

Fósiles marcadores

Fósiles que tienen una corta distribución vertical y una larga distribución horizontal (Vera, 1968).

Estrato creciente

Secuencias de estratos en las cuales se observa que aumenta el espesor aumenta hacia el techo. (Vera, 1968).

Estrato decreciente

Secuencia de estratos en los cuales se observa que disminuye el espesor de los estratos hacia el techo. (Vera, 1968).

Ammonites

Son una subclase de moluscos cefalópodos extintos que existieron en los mares desde el Devónico Medio (hace unos 400 millones de años) hasta finales del Cretácico (hace 66 millones de años). Gracias a su rápida evolución y distribución mundial son excelentes fósiles guía para la datación de rocas y han posibilitado la elaboración de sucesiones de biozonas de gran precisión bioestratigráfica. Vivían a profundidades comprendidas entre los 50 y 100 m. Su modo de vida era muy variable, existiendo especies prácticamente sésiles y otras que eran excepcionales nadadoras. Como los cefalópodos actuales, debieron ser carnívoros, alimentándose de peces y crustáceos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Política

Políticamente, se ubica en el Departamento de Cajamarca, provincia de Celendín, distrito de Sucre a una altitud de 2,625 m.s.n.m.



Figura 9. Mapa de ubicación política del distrito de Sucre.

3.1.2. Geográfica

Geográficamente, se encuentra en la parte Noroccidental del territorio peruano, específicamente en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, a una altitud de 2,750 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La ciudad de Cajamarca se encuentra al sureste de esta área. La delimitación geográfica se establecerá utilizando las coordenadas del sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) con el datum WGS-84.

Tabla 6. Coordenadas de los puntos limítrofes para la investigación.

Vértices	Longitud	Latitud
A	815500	9232500
B	816500	9232500
C	815500	9230000
D	816500	9230000

3.1.3. Accesibilidad

Se puede acceder al distrito de Sucre a través de la carretera pavimentada. El tiempo estimado para llegar a la zona es de aproximadamente 3 horas, pasando por los Baños del Inca, La Encañada y José Gálvez.

Tabla 7. Accesibilidad desde Cajamarca a la zona de estudio.

TRAMO	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO
Cajamarca- Celendín	Asfaltada	90 km	2.30 horas
Celendín- Sucre	Afirmada	10 km	15 minutos
Loma del Indio- Sucre	Afirmada	30 km	40 minutos



Figura 10. Imagen Satelital mostrando el área de estudio.

Fuente: Google Maps, (2023).

3.2. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación es descriptiva– comparativa, ya que se describe las características de campo para hacer una comparación según su tipo de litología y sus cambios de facies

3.2.2. Nivel de investigación

Es correlativa– explicativa, porque nos permite determinar la relación y correspondencia estratigráfica que existe, para luego explicar en qué condiciones se originaron.

3.2.3. Diseño de investigación

No experimental porque se observará los fenómenos tal y como ocurre en la naturaleza. Transversal, debido a que se estudia en un momento determinado de tiempo.

3.2.4. Método de investigación

Inductivo– deductivo, porque se interpreta un acontecimiento de acuerdo con conocimientos que se tiene de otras zonas.

Tabla 6. Metodología de la investigación

Criterio	Metodología
Tipo	Descriptiva – Comparativa
Nivel	Correlativa – Explicativa
Diseño	No experimental
Método	Deductivo – Inductivo

Fuente: Tomado de Supo, (2016)

3.2.5. Población de estudio

Las rocas del Grupo Crisnejas que afloran en el Distrito de Sucre.

3.2.6. Muestra por convección

Lo constituyen el espesor de los estratos, tipo de litología, paleontología, tiempo cronoestratigráfico, estructuras, texturas y ambientes de depositación.

3.2.7. Unidad de análisis

Características bioestratigráficas, biozonas, registro del tiempo de fósiles y Albiano.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El estudio se llevó a cabo en tres etapas. En la primera etapa, se recopiló información bibliográfica relevante para la investigación, incluyendo la búsqueda y revisión de informes y trabajos previos relacionados con el área de estudio. Además, se realizaron actividades para obtener imágenes satelitales, planos topográficos y planos geológicos, los cuales se procesaron utilizando software como ArGis v10.7 y Civil 3D. También se revisó el estado de los equipos a utilizar, como GPS y cámaras. En la segunda etapa se realizó varias visitas al campo para la recopilación de datos, necesarias para la elaboración de la columna estratigráfica de las unidades Lito-bioestratigráficas que conforman las Formaciones Pariatambo y Chúlec. En la última etapa se elaboró la columna estratigráfica y el análisis de los datos obtenidos de campo, así como la redacción del informe final.

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas empleadas en la recopilación de información:

3.3.2. Análisis documental y observación

Recopilación de información de ambientes lito y bioestratigráficas.

3.3.3. Muestreo litológico

Consistió en la descripción macroscópica de la litología que componen al Grupo Crisnejas.

3.3.4. Elaboración de columnas estratigráficas

Se realizó la elaboración en la elaboración de dos columnas columnas estratigráficas apoyados con el software Arc Gis y Corel Draw mediante el software AutoCAD v. 2017. Con el fin de correlacionar la Formación Chulec y la Formación Pariatambo.

3.3.5. Instrumentos de recolección de datos

- GPS (Sistema Global de Posicionamiento): Sirve para la ubicación en la zona donde se realiza el trabajo de campo a través del sistema de coordenadas Unidad Técnica de Medida (UTM), Datum WGS-84.
- Brújula tipo Brunton: Sirve para medir los rumbos y buzamientos de estratos, para la realización de las columnas estratigráficas.
- Protactor 1/1500 y 1/2000: Para plasmar y ubicar en puntos precisos, en los diferentes planos, datos obtenidos en campo.
- Lupa 20X (20 aumentos): Equipo que sirvió para el reconocimiento mineralógico y petrográfico en la estratigrafía de las Formaciones Chúlec y Pariatambo.
- Lápiz de dureza: Instrumento utilizados para el reconocimiento de las propiedades físicas de las muestras.
- Martillo de geólogo (Picota): Instrumento utilizado para extracción de muestras en cada salida de campo.
- Flexómetro: Instrumento para medir longitudes cortas de 3 m, 5 m y hasta 8 m, las cintas son metálicas.
- Wincha: Instrumento que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. Con ella se pueden medir líneas y superficies.
- Cámara digital de 13 Mpx: Utilizado para capturar imágenes o fotografías.
- Tablas de levantamiento estratigráfico: Para realizar los registros litoestratigráficos.
- Libreta: Utilizada para la toma de datos de campo y la para la realización de los diferentes croquis o dibujos observados en el campo.
- Colores: Utilizados principalmente para diferenciar los tipos de estratos, color de la litología en otros.
- Software Office 2016: Paquete de programas usados para la recolección, diseño y elaboración de textos diseñado para ayudarle a crear documentos de calidad profesional.
- Software ArcGis v10.3: Programa usado para la elaboración de planos topográficos, geológicos y Satelitales (1/1500 y 1/2000).

- Software Google Earth Pro y Sas Planet: Programa diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución y mapas convencionales de servidores como: Google Earth. Google Maps.

3.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Para la investigación se ha identificado las siguientes variables como independientes, litología, ambientes sedimentarios, tiempo geológico, textura, y estructura las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Variables de la investigación.

VARIABLE INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
Litología	
Estructura	
Textura	Lito-Bioestratigrafía
Ambiente	
Cronoestratigrafía	

3.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

El análisis de datos se llevó a cabo en el entorno de trabajo de gabinete, donde los datos fueron ordenados y clasificados de manera sistemática. Primero, se ingresaron los datos recopilados en campo de forma detallada en hojas de cálculo en Excel y documentos en Word. Posteriormente, los datos fueron clasificados meticulosamente para garantizar su adecuada utilización e importación en los programas ArcGIS y AutoCAD, con el fin de generar mapas temáticos, perfiles y columnas estratigráficas. Finalmente, se obtuvieron conclusiones sólidas, confiables, consistentes y verificables basadas en los datos analizados.

3.6. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se divide en tres etapas:

3.6.1. Etapa de precampo

Se seleccionó el Distrito de Sucre debido a la presencia de áreas expuestas que resultaron adecuadas para llevar a cabo el estudio en cuestión. Se realizó una

compilación bibliográfica que involucró la búsqueda, revisión y análisis de la información existente relacionada con la zona seleccionada, así como trabajos previos con objetivos similares. Además, se recopiló bibliografía relevante sobre Estratigrafía, Rocas Sedimentarias y Paleontología. También se recopilaron los planos topográficos y geológicos necesarios.

Se determinaron los instrumentos a utilizar y se establecieron la metodología a seguir para llevar a cabo la investigación de manera efectiva.

3.6.2. Etapa de Campo (In situ)

Se seleccionaron las áreas adecuadas para recopilar los datos necesarios para el estudio. La litología se determinó mediante la observación directa de los afloramientos de la Formación Chúlec y Pariatambo, prestando atención a las características petrográficas como color, textura, fábrica, componentes. Además, se llevó a cabo una observación directa de los especímenes fosilíferos encontrados dentro de las rocas de las Formaciones Chúlec y Pariatambo. Se tomó en cuenta características como el tamaño del espécimen y el tipo de ornamentación.

En este trabajo, los nombres de los fósiles asignados se basaron en los estudios de Benavides (1956), el Boletín Serie D: Ammonites del Perú (2000) y el Boletín 31 del INGEMMET (1980). Estas fuentes proporcionaron referencias importantes para la correcta identificación y clasificación de los fósiles encontrados en el área de estudio.

Los valores de los ángulos de rumbos y buzamientos de los estratos se midieron utilizando una brújula, mientras que las coordenadas geográficas se registraron con un sistema GPS en el sistema UTM, utilizando el Datum WGS-84. Posteriormente, se llevó a cabo el procesamiento de toda la información recopilada, la cual fue utilizada para elaborar las columnas estratigráficas y su posterior interpretación.

3.6.3. Etapa de post campo

Durante esta etapa se realizó el procesamiento de los datos obtenidos en campo y con el apoyo de los softwares Arc Gis 10.3 y Corel Draw 13 se confeccionaron los diversos mapas y columnas estratigráficas.

3.7. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Obtención de los datos de campo

Se realizó la recolección en campo de todas las características estratigráficas y litológicas de las Formaciones Chulec y Pariatambo, tomando como guía la Carta Geológica de Celendín 15-f del INGEMMET a escala 1/100000.

3.7.2. Reconocimiento de la litología del Grupo Crisnejas

El reconocimiento litológico de las Formaciones Chulec y Pariatambo pertenecientes al Grupo Crisnejas se realizó de acuerdo con su posición estratigráfica. Las rocas que se estudiaron fueron todas aquellas que se encuentran sobreyaciendo a la Formación Inca e infrayaciendo a la Formación Yumagual.

3.7.3. Reconocimiento de texturas

Se realiza el reconocimiento de las texturas en los estratos de calizas de acuerdo con la tabla de texturas en rocas carbonatadas según (Dunham, 1999).

3.7.4. Reconocimiento de estructuras sedimentarias

El reconocimiento de las estructuras sedimentarias de ordenamiento interno: laminación paralela, gradada, lenticular, nódulos, estrato decreciente, estrato creciente.

3.7.5. Medición de espesor de los estratos

Con la ayuda de la wincha métrica se realizó el método directo de las mediciones del espesor de los estratos.

3.7.6. Geología Regional

Regionalmente, afloran las secuencias del Cretácico inferior al reciente.

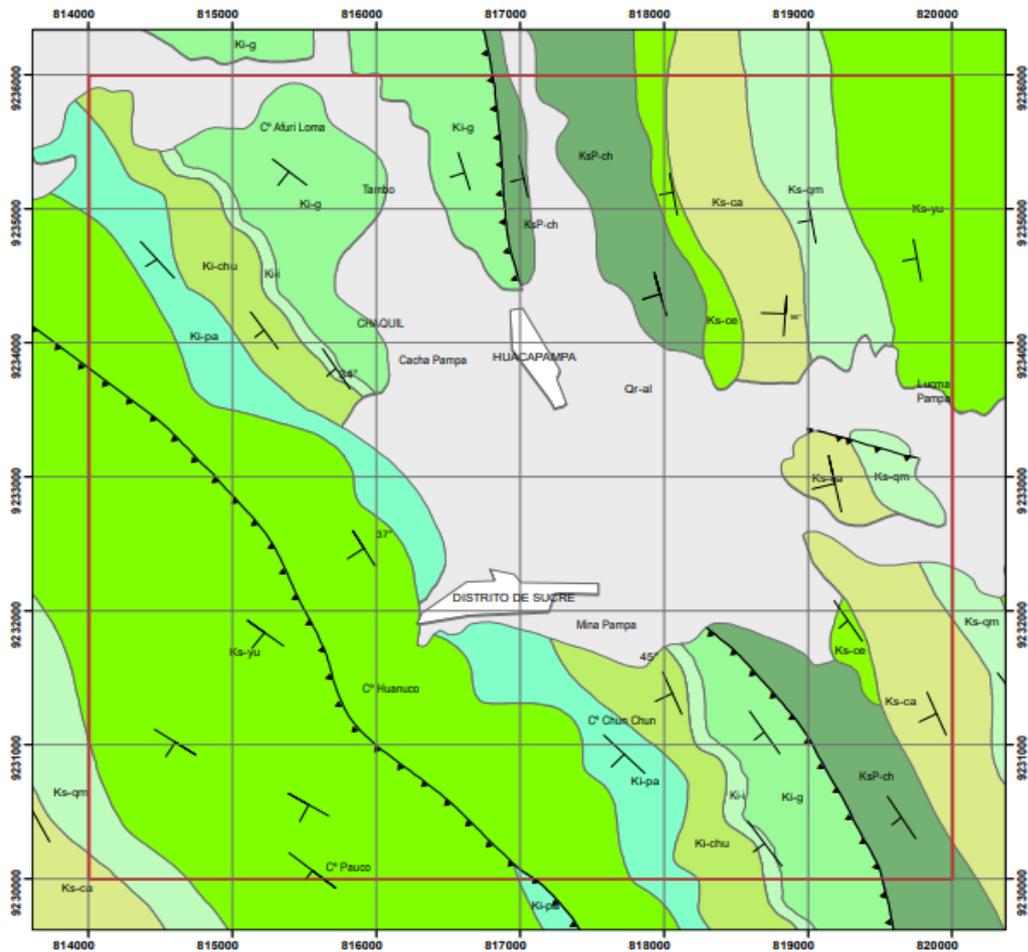


Figura 11. Mapa Geológico y estratigrafía del Distrito de Sucre. Afloran rocas del Cretácico inferior al reciente. Su ubicación se encuentra en el plano 3 y 4.

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS	ERA TEMÁTICA	SISTEMA	SERIE	PISO	FORMACIÓN	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	AMBIENTE SEDIMENTARIO																
									% DETRITOS	CONTINENTAL	TRANSICIÓN	MARINO													
UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS	ERA	PERIODO	ÉPOCA	EDAD					25	50	75	(-)	(+)												
M. A.	CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Versilano	Dep. fluviales y aluviales			Arenas, gravas.																	
			Pleistoceno	Colombiano	Dep. lagunares y glaciares			Limos, arcillas.																	
				Graviano	Formación Condebamba	150		Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.																	
		Plioceno	Chilino	Formación Cajabamba	200		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.																		
			Serravalino	Formación Huambos (Formación Bambamarca)	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas.																		
		Langhiano																							
		Burdigaliano																							
		NEÓGENO	PALEÓGENO	Mioceno	Aquitano	Grupo Calipuy	Formación Porculla	2100		Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas rojas, conglomerados y piroclastos.															
					Dacita.																				
					Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas, areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares.																				
				Diorita.																					
				Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas.																					
				Oligoceno	Chatliano					Formación Llama	600				Derrames y brechas andesíticas.										
					Rupeliano																				
					Priaboniano																				
Eoceno	Bartoniano			Formación Chota	500								Conglomerados con cantos de areniscas cuarzosas.												
	Luteciano												Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojas de un ambiente continental.												
	Ypresiano	Formación Celendín	200				Calizas, margas y lutitas fosilíferas gris amarillentas.																		
	Paleoceno	Thanetiano	Formación Cajamarca			600 - 700							Calizas macizas gris claras a oscuras de bancos potentes, con intercalación de horizontes de lutitas y margas.												
		Selandiano																							
		Dantiano																							
	CRETÁCEO	SUPERIOR	Maastrichtiano			Formación Yumagual	700						Calizas gris parduscas, fosilíferas (exogyra), margas y escasos niveles de lutitas. Hacia el piso con horizontes de chert y calizas nodulares.												
Senoniano																									
Cenomaniano			Grupo Quilquiñán y Formación Mujarrún	500					Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo amarillentas fosilíferas.																
									Albiano	Formación Pariatambo	150 - 200				Calizas bituminosas, intercaladas con lutitas grises de estratificación delgada.										
															Formación Chúlec	200 - 250									
Inferior			Grupo Govilarisquizga	Formación Inca	150				Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.																
									Aptiano	Formación Farrat	500				Areniscas cuarzosas blanquecinas de bancos potentes y horizontes litarenosas.										
															Neocomiano	Formación Carhuaz	500				Areniscas rojas y areniscas cuarzosas intercaladas con horizontes de lutitas grises.				
									Hauteriviano	Formación Santa	100 - 150										Lutitas grises y calizas margosas.				
																					Valanginiano	Formación Chimú	80 - 600		
Berresiano							Areniscas ferruginosas, argilitas, limolitas y lutitas.																		
MESOZOICO	JURÁSICO	Superior	Formación Chicama	500			Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos.																		
							Medio	Formación Oytún	500				Tobas, brechas y derrames andesíticos.												
													Tonalita/grandiorita.												
		Inferior	Grupo Pucará	700 - 800					Calizas gris claras a oscuras, macizas con nódulos silíceos.																
									Paleoceno	Grupo Mitu	300				Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos.										
															Lopingiano	Wuchapingiano									
																									Changhsingiano
		Triásico																							

Figura 12. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca. Fuente: INGEMMET modificado por (Herrera, 2012)

Grupo Goyllarisquizga (Ki- g)

Esta unidad estratigráfica que aflora en el Distrito de Sucre se considera la más antigua en la zona. Se trata de una unidad condensada, lo que significa que no es posible distinguir las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat en el campo, como ocurre en la localidad de Cajamarca. Los afloramientos de esta unidad presentan una orientación NO-SE.

Desde el punto de vista litológico, está compuesto principalmente por areniscas de grano fino, que exhiben una coloración gris blanquecina. Además, se observan areniscas de grano fino en su composición. Esta unidad se encuentra por debajo de la Formación Inca en un contacto transicional. Su deposición tuvo lugar en un ambiente continental costero o playero.



Figura 13. Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga. Nótese la coloración gris blanquecina de estas areniscas y que son extraídas como materiales de construcción, con coordenadas E: 815502, N: 9232507.



Figura 14. Areniscas de color gris amarillentas a gris anaranjadas del Grupo Goyllarrisquizga con coordenadas E: 815511, N: 9232523.

Formación Inca (Ki- i)

La unidad en cuestión se clasifica como transgresiva, ya que señala el inicio de la incursión del mar durante el período cretácico. Está compuesta por estratos delgados de areniscas de grano fino a medio, que se alternan con capas delgadas de limoacillitas calcáreas que presentan tonalidades que van desde el gris rojizo hasta el gris púrpura.

Esta unidad sobreyace al Grupo Goyllarrisquizga en un contacto transicional e infrayace a la Formación Chulec en la misma relación.



Figura 15. Areniscas de la Formación Inca con coloración gris marrón a gris rojiza con coordenadas E: 815525, N: 9232556.



Figura 16. Secuencias limoarcillíticas calcáreas de la Formación Inca con coordenadas E: 815582, N: 9232534.

Grupo Crisnejas

Este Grupo crisnejas está conformada por las Formaciones Chulec y Pariatambo:

- **Formación Chulec (Ki- chu)**

Esta unidad estratigráfica aflora en la parte noroeste de la región, formando una franja con una orientación de noroeste a sureste. Marca el comienzo de la transgresión marina durante el período cretácico. Desde el punto de vista litológico, está compuesto principalmente por calizas arcillosas y margas arcillitas calcáreas, que presentan tonalidades que varían entre el gris marrón y el gris anaranjado. Los afloramientos de esta unidad suelen estar altamente meteorizados, especialmente cuando se desarrollan facies arcillosas. Los estratos tienen un grosor promedio de 0,8 a 1 metro. Esta unidad es muy rica en fósiles en toda su extensión.

En términos de su posición relativa, se superpone a la Formación Inca de manera transicional y se subyace a la Formación Pariatambo en una relación similar.



Figura 17. Estratos de calizas intercalado con limoarcillitas calcáreas de la Formación Chulec, con coordenadas E: 815582, N: 9232534.

- **Formación Pariatambo (Ki- pa)**

Esta unidad está constituida por calizas gris oscuras, con un olor fétido característico. Los estratos son tabulares en la base y muestran un aumento de tamaño de los estratos hacia el tope (estrato creciente). Pasa a la Formación Yumagual en forma transicional. Se encuentra sobreyaciendo en forma transicional a la Formación Chulec e infrayaciendo en la misma relación a la Formación Yumagual.



Figura 18. Estratos tabulares y delgados de calizas que se presentan en la base de la Formación Pariatambo con coordenadas E: 815582, N: 9232534.

Formación Yumagual (Ks- yu)

La Formación Yumagual está conformada por estratos gruesos de coloración gris amarillentas a gris anaranjadas, sus afloramientos se muestran en enormes farallones. Poseen una orientación NO-SE. Sus buzamientos poseen ángulos de 30° a 40° al SO. Se encuentra sobreyaciendo en contacto transicional a las Formación Pariatambo e infrayaciendo a la Formación Quilquiñán- Mujarrun en la misma relación.



Figura 19. Contacto entre la Formación Pariatambo y la Formación Yumagual con coordenadas E: 815543, N: 9232511.

Depósitos cuaternarios

- **Depósitos coluviales (Qh- co)**

Estos depósitos son producto de la alteración de las rocas sedimentarias. Son acumulaciones que se acumulan por la gravedad.



Figura 20. Depósitos coluviales constituido por arcillas con fragmentos subangulosos de calizas con coordenadas E: 815543, N: 9232511.

- **Depósitos fluviales**

Son acumulaciones que se encuentran a ambas márgenes del río Huauco. Están compuestas por arcillas, arena y rodados de rocas sedimentarias principalmente transportados.



Figura 21. Los depósitos fluviales se ubican en ambas márgenes del río Huauco en el Distrito de Sucre, con coordenadas E: 815590, N: 9232564.

3.8. DESCRIPCIÓN DEL GRUPO CRISNEJAS

Seguidamente se hace una descripción litológica de las Formaciones Chulec y Pariatambo, pertenecientes al Grupo Crisnejas:

3.8.1. Descripción de la Formación Chulec

La Formación Chulec tiene un espesor de 300 m. esta unidad constituye una secuencia transgresiva. Esta Formación se divide en tres (03) unidades muy distinguibles en campo, las cuales son descritas a continuación:



Figura 22. La Formación Chulec posee tres unidades muy bien diferenciadas litoestratigrafías, con E: 815594, N: 9232547.



Figura 23. Estratos delgados y paralelos de calizas en la base de la miembro inferior con E: 815534, N: 9232545.

Miembro inferior

Esta unidad se ubica en la base de la Formación Chulec, comienza en el contacto transicional con la Formación Inca. Esta unidad permanece casi constante hacia el SO.

Espesor:

Esta unidad posee un espesor promedio de 50 m.

Litología:

Está compuesta por calizas mudstone intercalado con calizas wackstone y Packstone.

Estratos

Está compuesta por una alternancia de estratos delgados a gruesos. Los estratos son de formas tabulares y onduladas. Muestra un claro estilo estrato creciente (secuencia negativa).

Fósiles

Esta unidad es muy fosilífera, se encuentran abundantes fósiles de tamaño pequeño. Los fragmentos de fósiles más su posición (en forma inclinada) podría indicar alta energía durante su depositación. La base de esta unidad se considera como una zona de abundancia de *Holcotypus planatus numismalis* (Gabb). Boletín 31 INGEMMET (1980).

Estructuras sin- genéticas

Líneas de estratificación, laminación interna, estructuras nodulosas.

Estructuras post- genéticas

Las calizas presentan intrusiones de arcillas debido a la combinación de presión litostática y efectos tectónicos. Estas estructuras se caracterizan por la intrusión de arcillas a través de fracturas producidas por la presión litostática y fuerzas tectónicas. El mecanismo de formación implica la intrusión ascendente de arcillas a través de fracturas preexistentes, seguidas de su propagación aprovechando las líneas de estratificación, que representan zonas de debilidad.

Ambiente

Marino poco profundo

Ambiente óxico (abundante oxígeno)

con coordenadas E: 815549, N: 9232213.



Figura 24. Estratos gruesos de caliza de la Formación Chulec intercalado con estratos ondulados que se ubican en el miembro inferior con coordenadas E: 815657, N: 92321234.

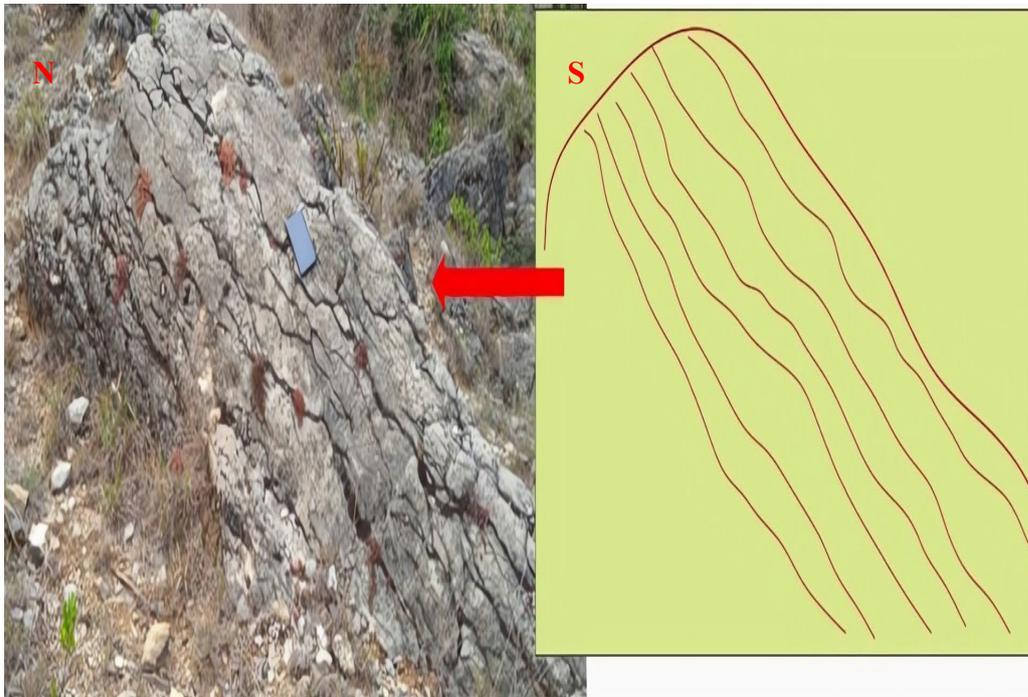


Figura 25. Estratificación ondulada que caracteriza al nivel inferior del miembro inferior de la Formación Chulec con coordenadas E: 815549, N: 9232213.

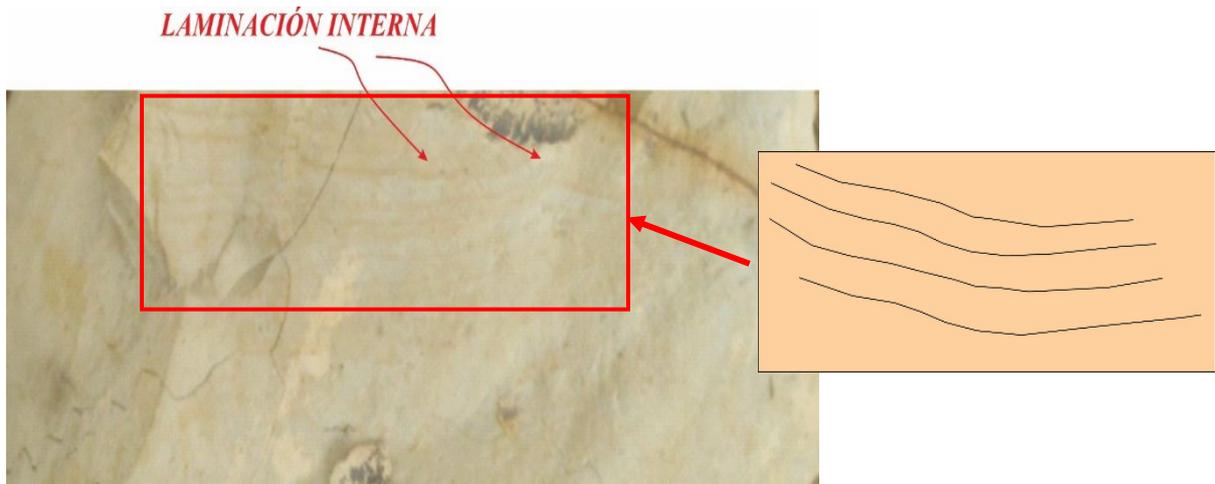


Figura 26. Laminación interna que se encuentra dentro de las calizas arcillosas de la Formación Chulec con coordenadas E: 815541, N: 9232277.

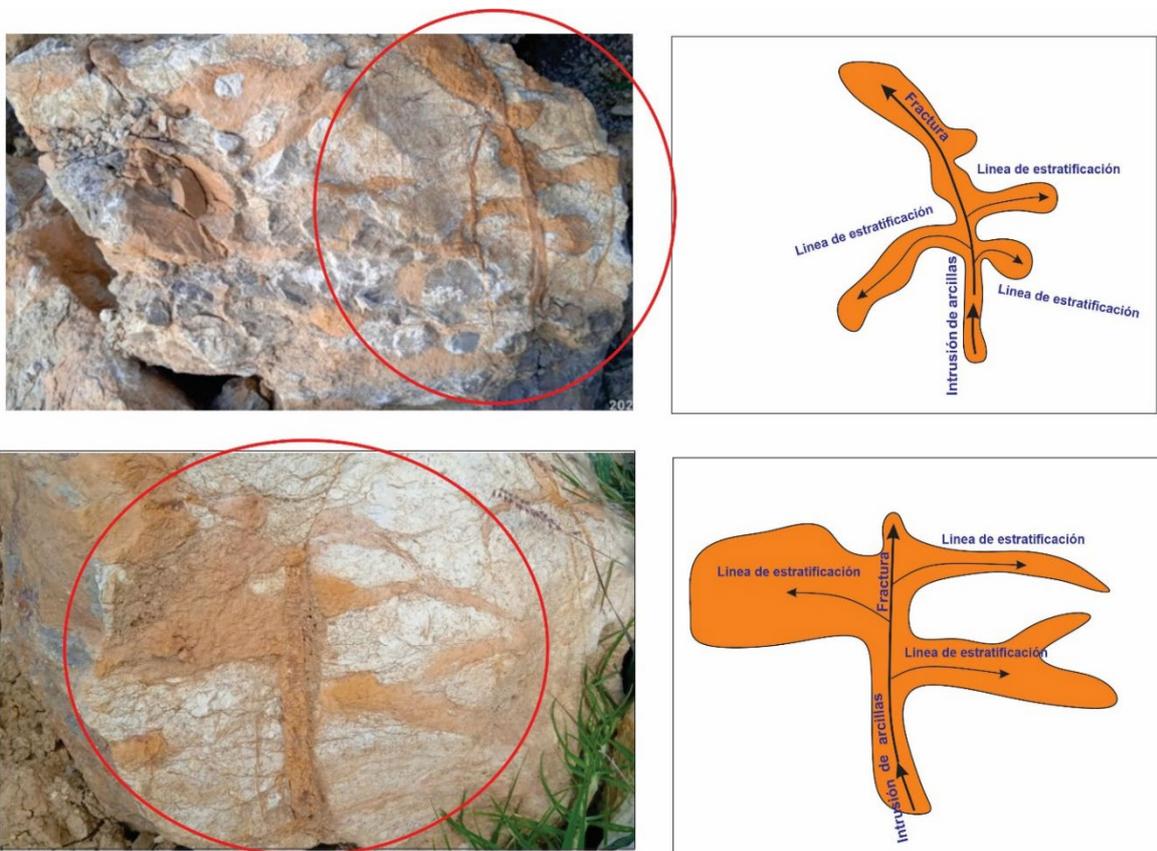


Figura 27. Estructuras post- sedimentarias observadas dentro de las calizas de la miembro inferior de la Formación Chulec con coordenadas E: 815534, N: 9232217.



Figura 28. Zona biozona de equinoideos de pequeño tamaño de alrededor de 5 cm máximo. Esta zona se ubica en la parte inferior de la miembro inferior de la Formación Chulec con coordenadas E: 815534, N: 9232217.

Los equinoideos son especímenes bentónicos que se desplazan lentamente sobre el sustrato marino gracias a la acción combinada de los pies ambulacrales y las espinas móviles. Son comúnmente conocidos como erizos de mar. Son de forma globosa o discoidal, carecen de brazos y tienen un esqueleto interno, cubierto sólo por la epidermis, poseen un esqueleto globular (caparazón) hecho de columnas de finas placas de calcita, unidas entre sí rígidamente formando un caparazón.



Figura 29. Zona de biozona de equinoideos que persiste al SO de la zona de estudio con coordenadas E: 815531, N: 9232222.

Miembro medio

Esta unidad se ubica en la parte intermedia de la Formación Chulec:

Espesor:

Esta unidad posee un espesor promedio de 150 m

Litología:

Está compuesta por calizas wackstone intercalado con margas.

Estratos

Está compuesta por una alternancia de estratos gruesos (1.5 m) y medianos (0.8 m). Los estratos son de formas tabulares. La alteración de estos estratos es mayor en las calizas margosas. Muestra un claro estilo estrato decreciente (secuencia positiva)

Fósiles

Esta unidad es muy fosilífera, se encuentran en la base, abundantes fósiles de *Nucula turgida* RICHARDS y hacia la parte superior de esta unidad se ubican abundantes ammonites de gran tamaño (30 cm). El mayor tamaño y abundancia de estas especies se debe a las buenas condiciones de vida que reinaron durante el cretácico inferior en esta zona (aguas bien oxigenadas y abundantes nutrientes)

Estructuras sin- genéticas

Líneas de estratificación, laminación interna

Estructuras post- genéticas

Estructuras de disolución a manera de lapiáz y lenares en la superficie de las rocas calcáreas.

Ambiente de depositación

Marino poco profundo

Ambiente óxico (abundante oxígeno)



Figura 30. Intercalación de margas con calizas wackestone dentro del miembro medio de la Formación Chulec con coordenadas E: 815531, N: 9232222.



Figura 31. Calizas margosas que se ubican dentro del miembro medio de la Formación Chulec. La alteración de estas rocas genera un suelo de coloración gris anaranjada con coordenadas E: 815578, N: 9232233.

Miembro superior

Esta unidad se caracteriza por estar constituida por calizas mudstone, packstone de coloración gris marrón, en esta unidad existe poca presencia de margas. Representa el paso transicional hacia la Formación Pariatambo. Esta unidad se ubica en el tope de la Formación Chulec, comienza en el contacto transicional con la Formación Inca:

Espesor:

Esta unidad posee un espesor promedio de 100 m

Litología:

Está compuesta por calizas mudstone intercalado con calizas wackstone y Packstone. Poseen un alto contenido de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$).

Estratos

Está compuesta por una alternancia de estratos delgados a gruesos. Los estratos son de formas tabulares. Muestra un claro estilo estrato decreciente (secuencia positiva).

Fósiles

En esta unidad disminuyen la cantidad de fósiles.

Estructuras sin- genéticas

Líneas de estratificación, laminación interna.

Estructuras post- genéticas

Abundantes estructuras de disolución (lapiáz)

Ambiente de depositación

Ambiente marino poco profundo

Ambiente óxico (abundante oxígeno)



Figura 32. Estructuras de disolución (lapiáz) originado por la acción de las aguas de las lluvias. Que se observa en la parte superior de la miembro superior de la Formación Chulec con coordenadas E: 815545, N: 9232255



Figura 33. Estratos delgados tabulares que se ubica en la parte superior de la miembro superior. Que se observa en la parte superior de miembro superior Formación Chulec con coordenadas E: 815541, N: 9232467.

3.8.2. Descripción de la Formación Pariatambo

La Formación Pariatambo aflora al NE de la zona de estudio. Posee un buzamiento de 30° al SO. Se encuentra sobreyaciendo a la Formación Chulec en contacto transicional e infrayaciendo a la Formación Yumagual en la misma relación. El espesor de esta unidad se reduce considerablemente por estar cerca al Límite de Cuenca de la zona positiva del Alto del Marañón. En la localidad de Sucre se ha medido 120 m de esta unidad aplicando el método directo. Se le puede diferenciar dos miembros bien definidos:

Miembro Inferior

Esta unidad representa el paso transicional de la Formación Chulec, se caracteriza por estar constituida por estratos delgados de calizas mudstone, packstone, de coloración gris oscuras. Los estratos poseen contactos rectos. Esta unidad experimenta un aumento de grosor hacia los niveles superiores denotando un estilo estrato creciente. Se observa algunos niveles delgados de limoarcillitas calcáreas que disminuyen hacia el tope. Se hallan abundantes restos de fósiles.

Espesor:

Esta unidad posee un espesor promedio de 70 m

Litología:

Está compuesta por calizas mudstone, wackestone. Poseen un alto contenido de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$).

Estratos

Se observan estratos delgados tabulares, estilo estratocreciente (secuencia negativa)

Fósiles

Abundantes restos de fósiles de ammonites, exogyras

Estructuras sin- genéticas

Líneas de estratificación, laminación interna.

Estructuras post- genéticas

Abundantes estructuras de disolución (lapiáz)

Ambiente de depositación

Ambiente marino profundo

Ambiente anóxico (carente de oxígeno)



Figura 34. Las rocas de la miembro inferior posee gran contenido de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$) por lo que es utilizado como materiales de construcción. En la parte superior de la foto se observa una cantera de donde se extraen calizas que son muy requeridos por los pobladores. con coordenadas E: 815570, N: 9232230.

Miembro Superior

La unidad en cuestión está compuesta por calizas de tipo mudstone y packstone. Una de sus características distintivas es su estilo de estratocreciente, indicando un incremento gradual en la estratificación. Esta unidad representa una transición hacia la Formación Yumagual. Además, se destaca la presencia de un olor fétido en toda su extensión.

Espesor:

Esta unidad posee un espesor promedio de 70 m.

Litología:

Está compuesta por calizas mudstone, wackstone. Poseen un alto contenido de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$).

Estratos

Se observan estratos delgados tabulares, estilo estratocreciente (secuencia negativa).

Fósiles

Abundantes restos de fósiles de ammonites, exogyras

Estructuras sin- genéticas

Líneas de estratificación y laminación interna.

Estructuras post- genéticas

Abundantes estructuras de disolución (lapiáz)

Ambiente de depositación

Ambiente marino profundo

Ambiente anóxico (carente de oxígeno).



Figura 35. Contacto de la miembro medio de la Formación Pariatambo con la Formación Yumagual con coordenadas E: 815539, N: 9232299



Figura 36. Estratos tabulares de calizas de la Formación Pariatambo de la miembro medio donde de observa el estilo estratocrescente con coordenadas E: 815572, N: 9232245.

3.9. ESTUDIO PALEONTOLÓGICO DEL GRUPO CRISNEJAS

Las especies fosilíferas recolectadas tanto de la Formación Chulec, así como de la Formación Pariatambo se realizaron siguiendo un protocolo establecido que consistió en coleccionar los fósiles que se hallaban incluidos dentro de los estratos.

3.9.1. Estudio Paleontológico de la Formación Chulec

En la Formación Chulec se encontraron abundantes fósiles bien conservados. Los tamaños promedios de los especímenes hallados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Características de los especímenes de fósiles

Espécimen	Tamaño promedio (cm)	Color superficial
Ammonites	30 a 40 cm	Gris anaranjado
Bivalvos	15 cm	Gris anaranjado
Gasterópodos	5 cm	Gris anaranjado
Equinoideos	6 cm	Gris anaranjado

3.9.2 Formación Pariatambo

El espesor de la Formación Pariatambo en el Distrito de Sucre, determinado mediante el método directo, es de 182.5 metros. Esta formación está compuesta principalmente por rocas calizas de tonalidad grisácea, intercaladas con capas de limolitas. Estas características indican la presencia de un ambiente marino profundo y reductor, con aguas poco oxigenadas.

Tabla 9. Descripción del espécimen fósil *Núcula Turgida* hallado en la Formación Chulec

ESPECIMEN 1		
Lugar encontrado	Norte	9232245
	Este	815572
Litología asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono bien conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 9 cm, 15 cm de largo
Clasificación (Linneo, 1731)	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Nuculida
	Familia	Nuculidae
	Genero	<i>Núcula</i>
	Especie	<i>Núcula Turgida</i> RICHARDS
	Sinónimo	<i>Arca nucleus</i>
Habitat	Se alimentaban mediante filtración de las aguas. La mayoría del tiempo se encontraban enterrados en los sedimentos del fondo marino. Eran sedentarios y algunos habitaban en superficies rocosas.	
<p><i>Nucula Turgida</i> (Leckenby & Marshall, 1875) Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817983, N: 9208163.</p>		

Tabla 10. Descripción del espécimen fósil *Pterotrigonia Caudata* hallado en la base de la Formación Chulec

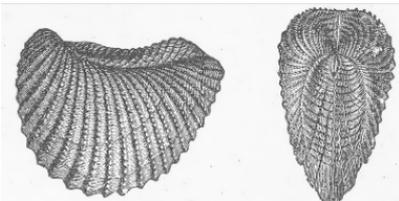
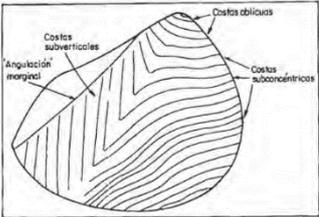
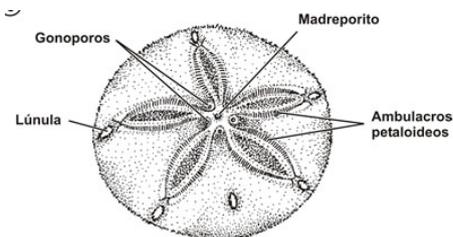
ESPECIMEN 2		
Lugar encontrado	Norte	9232266
	Este	815569
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Base de la Formación Chulec- tope de La Formación Inca
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono bien conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 4 cm, 7 cm de largo
Clasificación (Linneo, 1731)	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	trigoniia
	Familia	Megatrigonidae
	Genero	<i>Pterotrigonia</i>
	Especie	<i>Pterotrigonia Caudata</i> (Agassiz 1840)
Habitat	La característica más llamativa de estos bivalvos es su ornamentación externa. Esta ornamentación se presenta generalmente como costillas, o filas de tubérculos alineados.	
  		
<p><i>Pterotrigonia Caudata</i></p> <p>Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817934, N: 9208163.</p>		

Tabla 11. Descripción del espécimen fósil *Douvilleiceras* sp hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 3		
Lugar encontrado	Norte	9232251
	Este	815553
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Parte intermedia de la Formación Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosas
	Estratificación	Estratos de calizas
Especimen	Condición	Fósil autóctono regularmente conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 9 cm, 14 cm de largo (fragmento de ammonite)
Clasificación (Linneo, 1731)	Reino	Animalia
	Phylum	Mollusca
	Clase	Cephalopoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Douvilleiceratidae
	Genero	douvilleiceras
	Especie	Douvilleiceras sp
Habitat	Estos ammonites poseían espinas en forma de protuberancias que le servían para defenderse de los depredadores.	
		
<p><i>Douvilleiceras</i> sp Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817923, N: 9208157.</p>		

Tabla 12. Descripción del espécimen fósil *Holectypus* hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 4		
Lugar encontrado	Norte	9232255
	Este	815534
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosas
	Estratificación	Estratos medianos
	Especimen	Condición
Edad relativa		Albiano medio (CSI, 2019)
Tamaño		Ancho 3 cm, alto 1.5 cm
Clasificación	Reino	Animalia
	Phyllum	Echinoidea
	Clase	Holectypoida
	Orden	Holectypoida
	Familia	Holectypoidae
	Genero	<i>Holectypus</i>
	Especie	<i>Holectypus planatus numismalis</i> (Gabb)
Habitat	Era una especie de erizo de mar, muy abundante en la Unidad A de la Formación Chulec. Se los conoce con el nombre de erizos de mar.	



Holectypus planatus numismalis (Gabb)
 Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980)
 Coordenadas E: 817921, N: 9208123.

Tabla 13. Descripción del espécimen fósil *Knemiceras* sp hallado en la Formación Chulec.

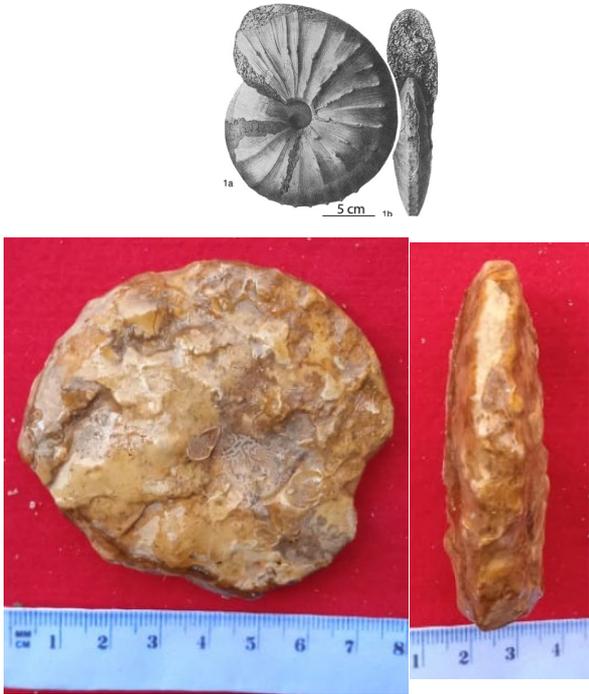
ESPECIMEN 5		
Lugar encontrado	Norte	9232233
	Este	815573
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono bien conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 7 cm, alto 2.5 cm
Clasificación	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Cefhalopoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Knemiceratidae
	Genero	Knemiceras
	Especie	Knemiceras
Habitat	Ammonite presente en la Formación Chulec.	
		
<p><i>Knemiceras</i> sp</p> <p>Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817934, N: 9208147.</p>		

Tabla 14. Descripción del espécimen fósil *Protocardium* hallado en la base de la Formación Chulec.

ESPECIMEN 6		
Lugar encontrado	Norte	9232291
	Este	815587
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono bien conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 3 cm, alto 4 cm
Clasificación	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Cardiida
	Familia	Cardiidae
	Genero	Protocardia
	Especie	<i>Protocardium elongatum</i> Gerhardt
Habitat	Bivalvo de tamaño pequeño, de ambiente marino bentónico.	



Protocardium elongatum Gerhardt

Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980)

Coordenadas E: 817977, N: 9208147.

Tabla 15. Descripción del espécimen fósil *Exogyra* hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 7		
Lugar encontrado	Norte	9232231
	Este	815567
Unidad geológica asociada	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono regularmente conservado
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 3 cm, alto 1.5 cm
Clasificación	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Ostreidae
	Familia	Gryphaeidae
	Genero	<i>Exogyra</i>
	Especie	<i>Exogyra</i> sp
Habitat	Las <i>Exogyra</i> vivieron en sustratos duros de mares cálidos a poca profundidad. Los caracterizaba una valva izquierda enroscada en espiral que fijaría el molusco al sustrato en toda su superficie, y una valva derecha más pequeña y aplanada que haría de tapa. La charnela estaba curvada hacia un lado.	
 <p style="text-align: center;"><i>Exogyra</i> sp Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817990, N: 9208135.</p>		

Tabla 16. Descripción del espécimen fósil *Brancoceras* hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 8		
Ubicación	Norte	9232221
	Este	815576
Rocas asociadas	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 8 cm, alto 20 cm
Sistemática	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Cephalopoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Knemiceratidae
	Genero	<i>Parengonoceras</i>
	Especie	<i>Parengonoceras pernodosum</i> (SOMMEMEIER)
Habitat	El hábitat preferido de estos especímenes eran los fondos marinos, algunos eran buenos nadadores y flotadores que podían desplazarse en mar abierto sin inconvenientes.	
 		
<p><i>Parengonoceras pernodosum</i> (SOMMERMEIER) Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817982, N: 9208161.</p>		

Tabla 17. Descripción del espécimen fósil *Brancoceras* hallado en la Formación Chulec.

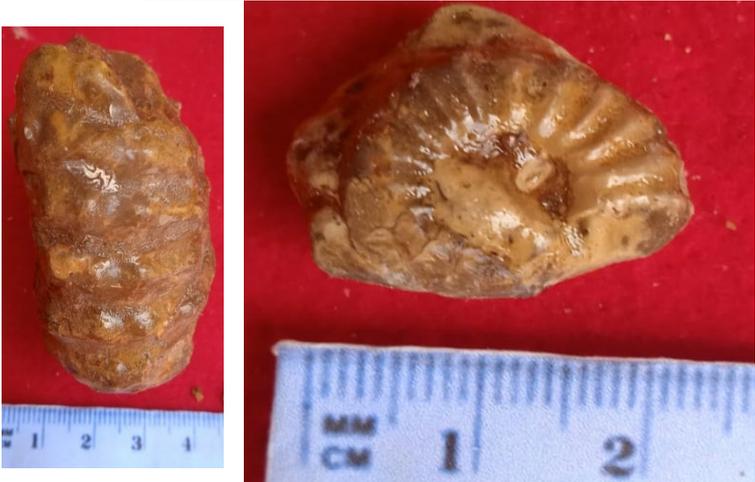
ESPECIMEN 9		
Ubicación	Norte	9232299
	Este	815531
Rocas asociadas	Grupo	Crisnejas
	Formación	Pariatambo
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 2.2 cm, alto 1 cm
Sistemática	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Cephalopoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Brancoceratidae
	Genero	Brancoceras
	Especie	Brancoceras aegoceratoides Steinmann
Habitat	Ammonite de tamaño pequeño, con costillas bastante definidas	
 		
<p><i>Brancoceras Aegoceratoides</i> Steinmann Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817343, N: 9208133.</p>		

Tabla 18. Descripción del espécimen fósil *Lyelliceras Lielly* hallado en la Formación Pariatambo.

ESPECIMEN 10		
Ubicación	Norte	9232277
	Este	815563
	Grupo	Crisnejas
Rocas asociadas	Formación	Pariatambo
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
	Condición	Fragmento de fósil
Especimen	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 4 cm
	Reino	Animalia
Sistemática	Phyllum	Mollusca
	Clase	Cephalópoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Lyelliceratidae
	Genero	Lyelliceras
	Especie	Lyelliceras Lielly (Leymerie)
Habitat	Fragmento de ammonite cuyas costillas están bastante definidas.	
		
<p><i>Lyelliceras Lielly</i> (Leymerie) Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817345, N: 9208673.</p>		

Tabla 19. Descripción del espécimen fósil Oxitropidoceras Carbonarium hallado en la base de la Formación Pariatambo.

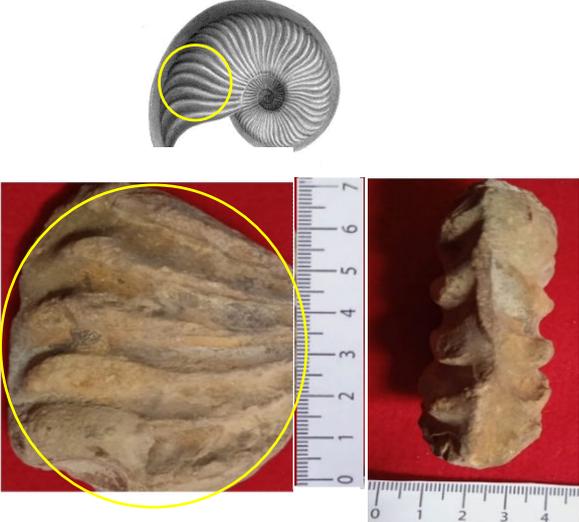
ESPECIMEN 11		
Ubicación	Norte	9232260
	Este	815560
Rocas asociadas	Grupo	Crisnejas
	Formación	Pariatambo
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas mudstone
	Estratificación	Estratos delgados
Especimen	Condición	Fragmento de ammonite
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Fragmento cuyo ancho es 3 cm, largo 7 cm
Sistemática	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Cephalopoda
	Orden	Ammonitida
	Familia	Mojsisovicsiidae
	Genero	Oxitropidoceras
	Especie	Oxitropidoceras Carbonarium GABB
Habitat	Se caracteriza por tener una concha comprimida y una sección bastante alta. Destaca una quilla muy desarrollada. Sobre los flancos se desarrollan unas costillas sinuosas en forma de "S" invertida, que se abre en la parte superior del flanco. Es un género que tiene una larga duración, abarcando casi todo el Albiano. Es marcador de la base de la Formación Pariatambo.	
 <p style="text-align: center;">Oxitropidoceras Carbonarium GABB Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Coordenadas E: 817923, N: 9208113.</p>		

Tabla 20. Descripción del espécimen fósil *Cucullaea* hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 12		
Ubicación	Norte	9232278
	Este	815561
Rocas asociadas	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos
Especimen	Condición	Fósil autóctono
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 3 cm, alto 5 cm
Sistemática	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Arcida
	Familia	Cucullaeidae
	Genero	Cucullaea
	Especie	Cucullaea Brevis Gerhardt
Habitat	Bivalvo extinto, vivía en ambientes marinos bentónicos.	



Cucullaea Brevis Gerhardt
 Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980) Fuente: Benavides (1956).
 Coordenadas E: 817913, N: 9208103.

Tabla 21. Descripción del espécimen fósil *Astarte Debilideus* hallado en la Formación Chulec.

ESPECIMEN 13		
Ubicación	Norte	9208178
	Este	888025
Rocas asociadas	Grupo	Crisnejas
	Formación	Chulec
	Localidad	Sucre
	Tipo de roca	Calizas arcillosa y margas
	Estratificación	Estratos medianos arcilloalcareos
Especimen	Condición	Fósil autóctono
	Edad relativa	Albiano medio (CSI, 2019)
	Tamaño	Ancho 2.2 cm, alto 1 cm
Sistemática	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Carditida
	Familia	Astartidae
	Genero	Astarte
	Especie	<i>Astarte debilideus</i> Gerhardt Benavides (1956)
Habitat	Bivalvo de pequeño, con costillas bastante definidas. Se les encuentra enterrados en fondos blandos (infauna), como habitantes fijos de superficies y estructuras rígidas o libres sobre los fondos (<u>epifauna</u>). Algunas especies perforan el sustrato rocoso y algunas son parásitas.	
 		
<p><i>Astarte debilideus</i> Gerhardt</p> <p>Fuente: INGEMMET (2020), Benavides (1956), Reyes (1980)</p> <p>Coordenadas E: 817233, N: 9208373.</p>		

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CHULEC

La Formación Chulec se caracteriza estratigráficamente por poseer una intercalación de estratos de delgados y gruesos en la base, estos estratos están compuestos de calizas mudstone, grainstone y packstone (miembro inferior). En la parte intermedia los estratos son más gruesos y están constituidos por calizas mudstone y grainstone con intercalaciones de calizas arcillosas (miembro superior). Hacia la parte superior los estratos están compuestos mayormente por calizas mudstone y experimentan un adelgazamiento tomando un estilo estrato-decreciente para pasar en forma transicional a la Formación Pariatambo.

4.2. CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO

La Formación Pariatambo se caracteriza estratigráficamente por poseer estratos delgados paralelos de calizas mudstone y packstone con un claro estilo estrato creciente (miembro inferior). Hacia la parte superior los estratos se vuelven a adelgazar (estrato decreciente) y nuevamente vuelven a aumentar de espesor pasando a un nítido estilo estrato creciente (miembro medio). Las calizas son mudstone y packstone. El olor fétido, que es un claro indicativo de la presencia de materia orgánica, es persistente en toda la secuencia que incluso se puede percibir ese mismo olor en la parte inferior de la Formación Yumagual.

4.3. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS IDENTIFICADAS

El grupo Crisnejas está conformada por secuencias calcáreas que se depositó en un ambiente marino. Se lograron identificar diversas estructuras sedimentarias como laminación interna, estructuras de sobrecarga. Las texturas mayormente son mudstone, packstone. La Formación Pariatambo posee un olor fétido que demuestra la presencia de materia orgánica. Además, se postula que se depositó en un ambiente óxico para la Formación Chulec y un ambiente anoxico para la Formación Pariatambo.

4.4. LAS COLUMNAS GEOLOGICAS DE LA FORMACIÓN CHULEC Y PARIATAMBO

Para elaborar las columnas geológicas del Grupo Crisnejas y realizar la correlación estratigráfica local se procedió a elegir dos zonas estratégicas en donde las Formaciones Chulec y Pariatambo deben aflorar en forma completa y continua. Después de realizar el recorrido para este fin, se eligió dos (02), una de ellas, llamada estación 1, que se ubicó al NO del distrito de Sucre y la estación 2 ubicada al SE del distrito de Sucre y a una distancia de 4 km entre ellas.

4.5. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL GRUPO CRISNEJAS

En el sector Sur- Oeste del distrito de Sucre afloran las Formaciones Chulec y Pariatambo con una orientación NO- SE. Al realizar la correlación estratigráfica se observa que la unidad A de la Formación Chulec permanece constante con calizas mudstone y packstone, con la presencia de equinoideos, bivalvos y gasterópodos todos de tamaño pequeños. El nivel miembro medio se adelgaza considerablemente hacia el NO llegando a tener 10 m de espesor. El miembro superior permanece constante con un estilo estrato- decreciente.

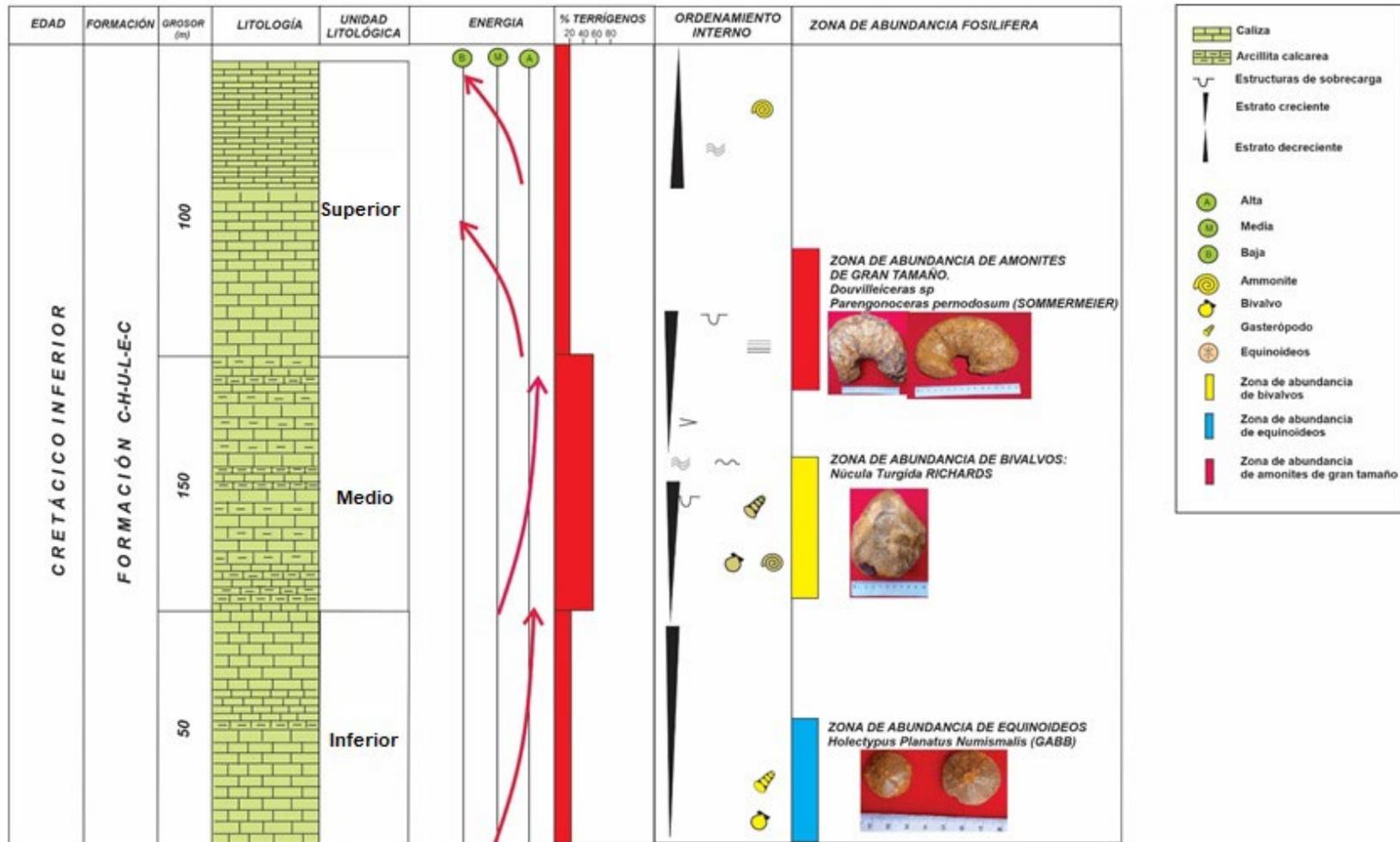


Figura 37. Columna estratigráfica de la Formación Chulec.

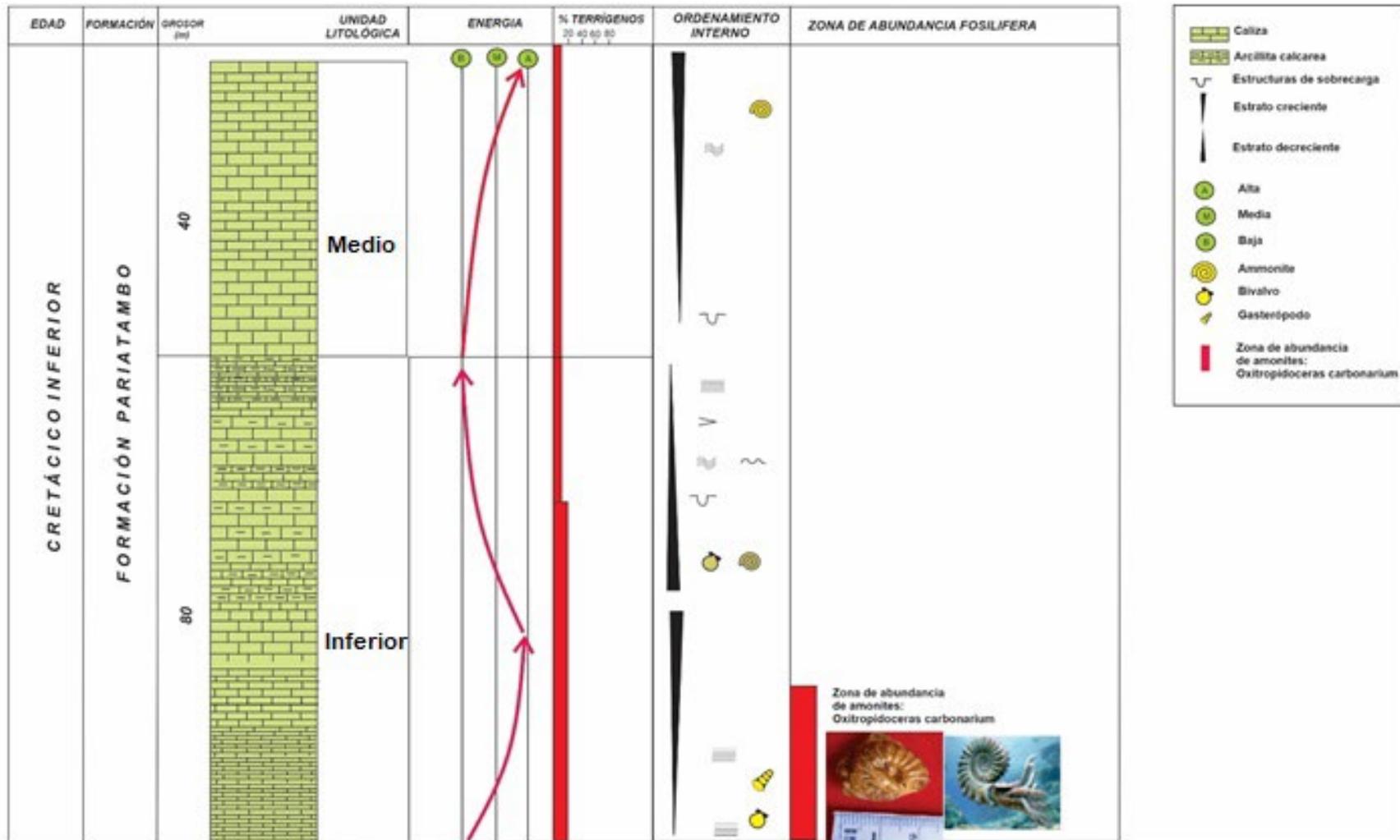


Figura 38. Columna estratigráfica de la Formación Pariatambo.

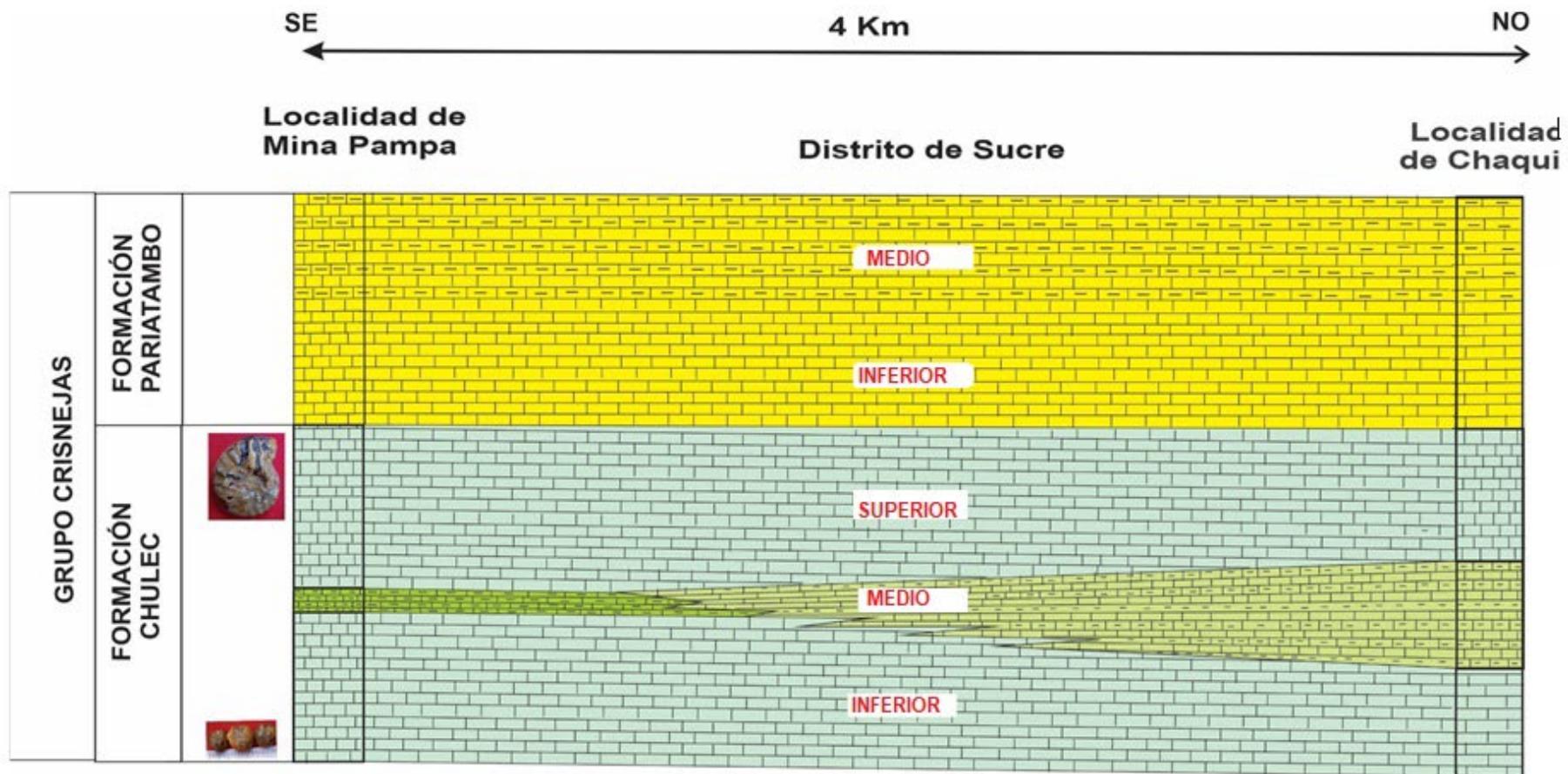


Figura 39. Correlación estratigráfica del Grupo Crisnejas en el distrito de Sucre y alrededores.

4.6. AMBIENTE DE SEDIMENTACIÓN DE LA FORMACIÓN CHULEC

Por la presencia de calizas con gran contenido de arcillas, así como los restos fosiles y estructuras analizadas se interpreta que la Formación Chulec se depositó en un ambiente marino de poca profundidad, muy cercano a las costas en un medio ambiente óxico (aguas marinas con gran contenido de oxígeno).

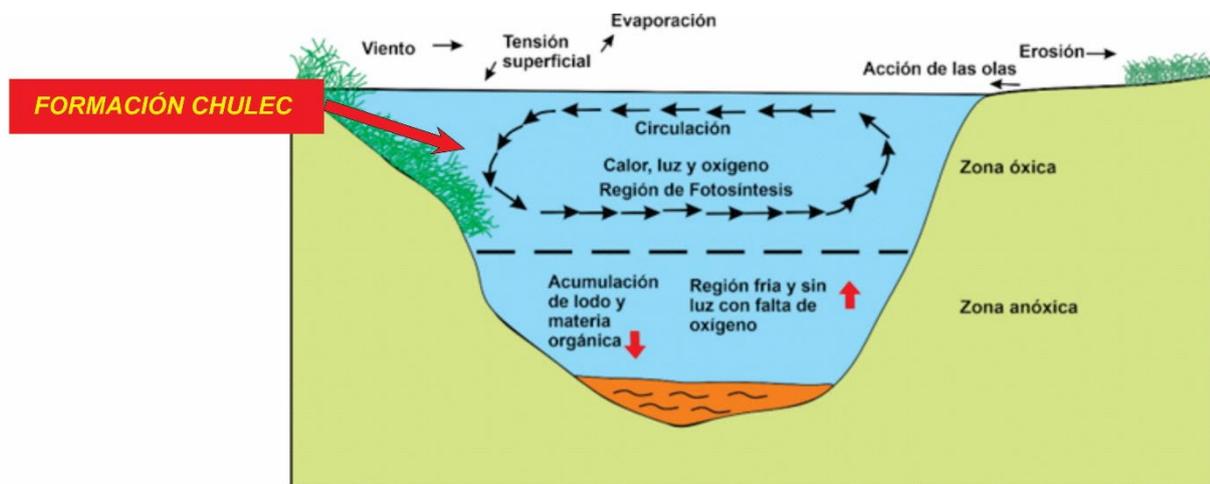


Figura 40. Ambiente de depositación óxico de la Formación Chulec, en cuyo lugar existía abundante oxigenación.

Fuente: Adaptado de Molina, 2017

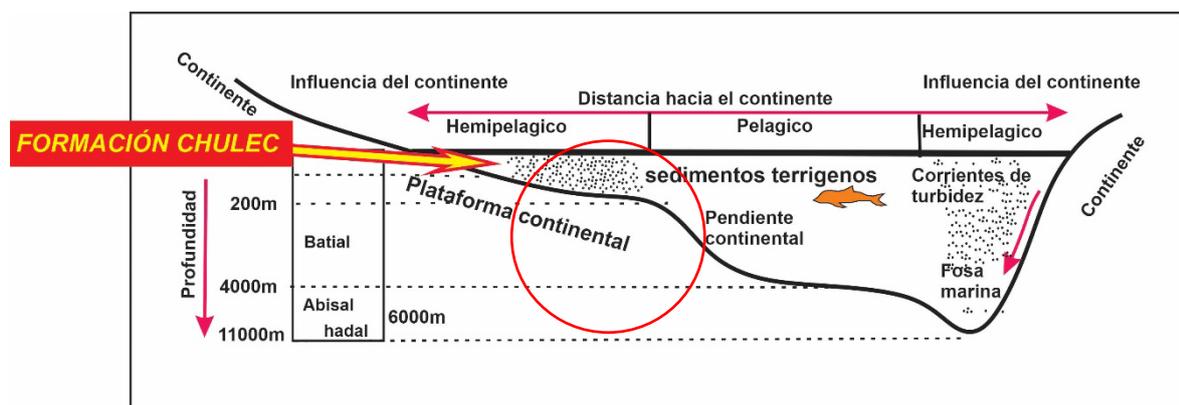


Figura 41. La Formación Chulec se depositó en un ambiente de poca profundidad muy cercano a las costas dando como resultado la presencia de un alto porcentaje de material terrígeno en las calizas.

Fuente: Adaptado de Molina, 2017.

4.7. AMBIENTE DE SEDIMENTACIÓN DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO

La presencia de calizas mudstone, con poco contenido de arcillas, el análisis de fósiles y las estructuras sedimentarias se interpreta que la Formación Pariatambo se depositó en un ambiente marino más profundo que la Formación Chulec en un medio ambiente anóxico (euxínico) carente de oxígeno.

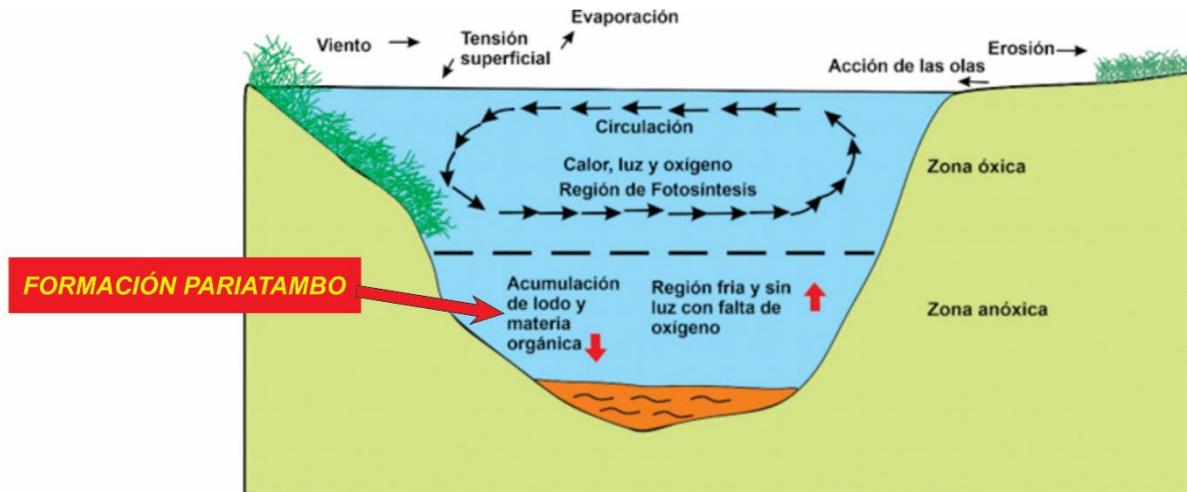


Figura 42. Ambiente de depositación anóxico de la Formación Pariatambo, en cuyo lugar existía ausencia de oxígeno.

Fuente: Adaptado de Molina, 2017.

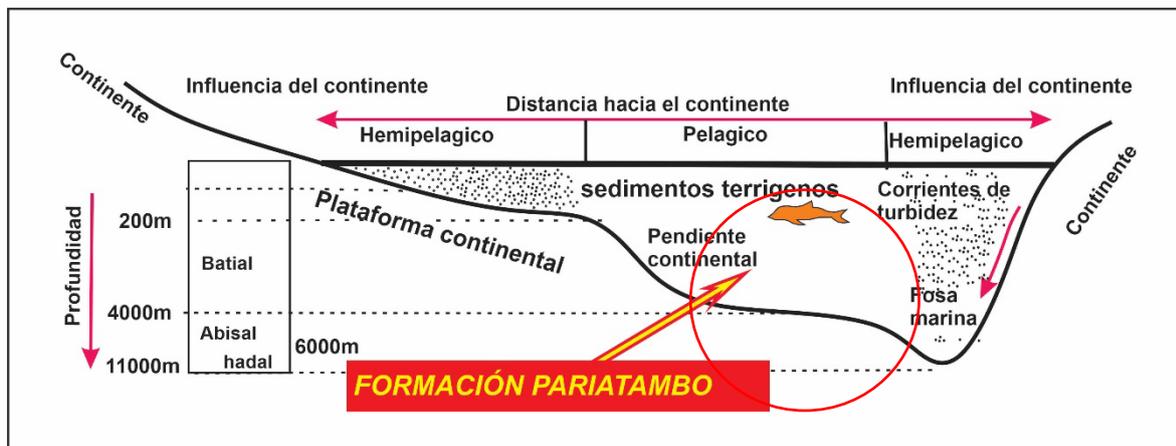


Figura 43. La Formación Pariatambo se depositó en un ambiente de mayor profundidad que la Formación Chulec muy alejado de las costas en donde el material terrígeno es escaso.

Fuente: Adaptado de Molina, 2017.

4.8. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las Formaciones Chulec y Pariatambo pertenecen al Grupo Crisnejas y se depositaron durante el cretácico inferior.

Mediante el análisis de los fósiles, estructuras y texturas sedimentarias se logró caracterizar la estratigrafía y el paleoambiente de las Formaciones Chulec y Pariatambo. Estos análisis indican que la Formación Chulec se depositó en un ambiente marino de poca profundidad en un medio óxico (presencia de bastante oxígeno) y cuya zona de aporte estuvo cerca de la costa (gran contenido de material terrígeno) mientras que la Formación Pariatambo se depositó en un ambiente marino más profundo y en un medio anóxico (ausencia de oxígeno) y cuya zona de aporte estuvo más alejado de la costa. El estudio de los fósiles característicos indica que estos especímenes vivieron en aguas marinas de poca profundidad. Por lo que se demuestra que fue posible la determinación de la caracterización estratigráfica y paleoambiental con el análisis de los fósiles, estructuras y texturas sedimentarias por lo tanto la hipótesis planteada inicialmente se contrasta positivamente. Contrastamos que en la Formación Chulec, corresponde a un ambiente marino somero, por las secuencias de calizas arenosas, arcillitas calcáreas y margas, bastante fosilíferas, entre ellas del género *Exogira* y *Nucula*; en la Formación Pariatambo, correspondiente a un ambiente marino más profundo, determinado por la secuencia de arcillitas y calizas bituminosas, además de encontrar en los afloramientos de dicha formación fósiles como *Oxitropidoceras carbonarium*. Por tanto, se confirma la hipótesis inicialmente plantada en la investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La Lito-bioestratigrafía del Grupo Crisnejas en Distrito de Sucre, se compone por la intercalación de calizas mudstone, wackstone y packstone fosilíferas con horizontes de margas, arcillitas calcáreas y limolitas, Las Unidades se caracteriza por estar constituido por estratos gruesos de calizas que se adelgazan hacia el tope, las calizas son más duras y resistentes a la erosión. La Formación Pariatambo está conformada por dos miembros (inferior y medio).

La unidad Lito-Bioestratigráfica de la Formación Chúlec está caracterizado por facies de calizas packstone y margas fosilíferas de la clase bivalvia, *Nucula turgida* (Goud, 1846), cephalopoda, *Lyelliceras* sp. (Lisson, 1854); para la Formación Pariatambo, por calizas mudstone y wackstone fosilíferas con horizontes de arcillita y limolita; los fósiles pertenecen a la clase cephalopoda, *Oxitropidoceras carbonarium* (Benavides, 1956), siendo esté el fósil guía de dicha Formación.

Las estructuras sedimentarias primarias son las estratificaciones laminares. La Formación Pariatambo está conformada por dos miembros (inferior y medio), comienza con un estilo estratocreciente de calizas mudstone y mudstone-packstone hacia arriba de la secuencia. La unidad media es estratocreciente de calizas tabulares y poco contenido de arcillas. La caracterización paleambiental está definida por el contenido fosilífero y la litología. Los fosiles analizados indican que la Formación Chulec se depositó en un ambiente marino de poca profundidad, en una medio óxico (abundante oxígeno) y en zonas próximas a las costas (gran cantidad de material terrígeno). Mientras que la Formación Pariatambo se depositó en un ambiente marino de mayor profundidad y en un medio anoxico (carencia de oxígeno)

La columna estratigráfica del Grupo Crisnejas tiene un espesor de 420 m. presentando en la parte inferior la Formación Chúlec con un espesor de 300 m. y en la parte superior la Formación Pariatambo con un espesor de 120 m.

El *Oxitropidoceras carbonarium*, fósil identificado en la Formación Pariatambo, indican un ambiente marino y una edad relativa de 109.0 - 99.6 millones de años de antigüedad perteneciente al piso Albiense– Cenomaniense.

Se elaboraron dos (02) columnas estratigráficas en donde se aprecia un claro adelgazamiento de la Unidad 2 (de la Formación Chulec), La miembro inferior de la Formación Chulec posee una zona de abundancia de equinoideos que es persistente lateralmente.

Se identificaron los siguientes especímenes fósiles:

Núcula Turgida RICHARD

Douvilleiceras sp

Parengonoceras Permodosum

Oxitropidoceras Carbonarium

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de las calizas de la Formación Pariatambo por parte de INGEMMET en lo referente al contenido de materia orgánica para determinar la posible generación de hidrocarburos en la región norte del Perú.

Realizar estudios micropaleontológicos en la Universidad Nacional de Cajamarca, en secciones delgadas para la flora y fauna microfósil presente en las Formaciones del Grupo Crisnejas.

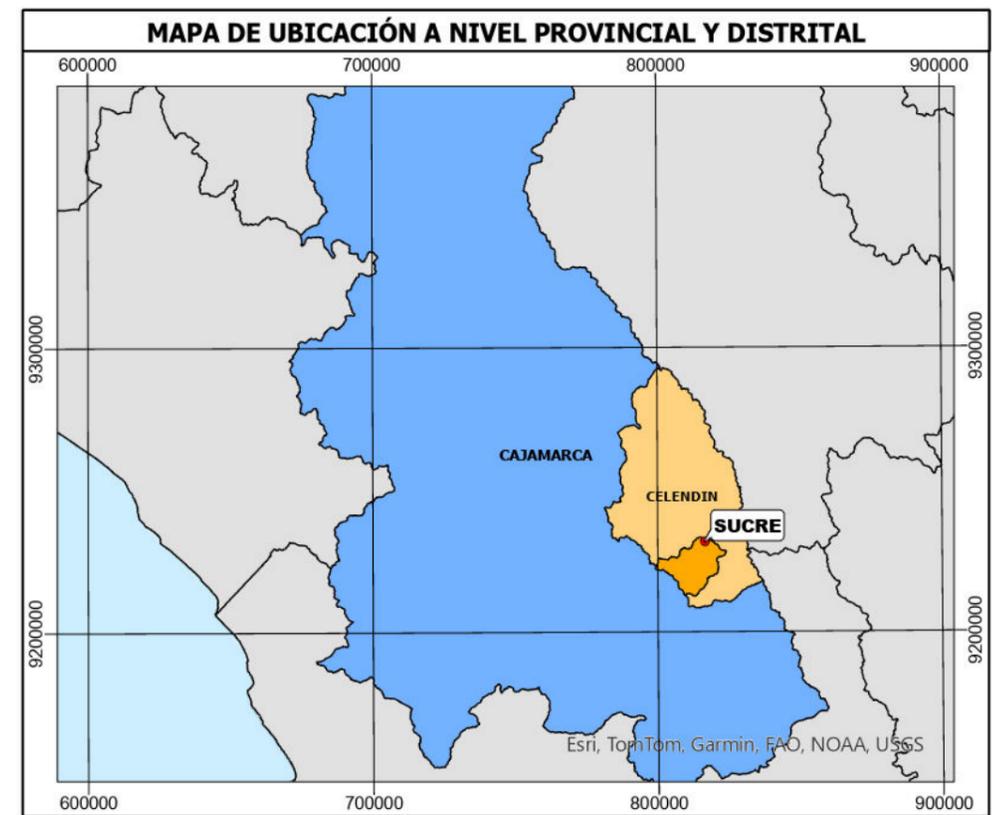
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, M. & Bahamonde, J. 2015 Sedimentología y caracterización paleoambiental de la serie cretácica inferior de Antromero- Luanco (Asturias) Geogaceta. Universidad de Salamanca, 37008, Salamanca montseag@usal.es.
- Ascencio, R. 2014. Característica estratigráfica de la Formación Chulec en la cuenca Cajamarca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. 66 p.
- Bazán, J. 2015 La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgadas. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. 132 p.
- Benavides, V. 1957 Geología de la Región de Cajamarca. Tesis Doctoral.
- Borkowski, D. 1994 Catalogo de Minerales Industriales del Perú. Printed in Lima.
- Dávila, J. 1999 Diccionario Geológico. Lima- Perú.
- Escobedo, B. 2017. Estratigrafía Secuencial de la Formación Pariatambo, en la localidad de Puylluicana y Baños del Inca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca- Perú.
- Krumbein, W. & Sloss, L. 1963 Estratigrafía Y Sedimentología. Departamento de Geología, Universidad Northwestern. Primera Edición en Español. Unión Tipográfica Editorial, Hispano América. México.
- Lagos, A. & Quispe, Z. 2007 Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco. Distrito de Cajamarca.
- Lagos, A. & Quispe, Z. 2008 Modelamiento estructural de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Bolívar. PERUMIN. 29 convención Minera de Arequipa.
- Lagos, A. & Quispe, Z. 2011 Análisis Estructural y su relación con los intrusivos Miocénicos, Zona de Urubamba y alrededores. Cajamarca – Perú– PERUMIN. 30 Convención Minera de Arequipa.
- López, O, 2022. Estudio lito y bioestratigráfico del grupo crisnejas entre las localidades de pampa de la culebra y polloc – la encañada.

- Marocco, R. 2008. Introducción a la Estratigrafía Secuencial. Instituto de Investigación para el Desarrollo. Lima-Perú.
- San Boggs, J. 2006 Principals of Sedimentology and Stratigraphy Fourth Edition, SGM Servicio Geológico Mexicano. 2017 museo Virtual. Estratigrafía
- Tafur, I. 1950 Estudio preliminar de la Geología de Cajamarca.
- Torres, P. 2014. Estudio biotratigráfico de la formación Chulec en la zona de Puyllucana - Santa Úrsula.
- Reyes, L. 1980 Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15- g) y Cajabamba (16-g). Boletín N°31 INGEMMET.
- Vera, J. 1984 Estratigrafía. Principio y Métodos. Editorial Rueda. Madrid- España. 829p.
- Walther, J. 1892 Facies Modelos: Respuesta a los cambios del nivel del mar. Geology Association Canadá, Dep. Earth Soc. Mem., Universidad Newfound - Tierra, Canadá. 40 p.
- REYES, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g). Boletín N°31 INGEMMET.
- TAFUR, I.1950. Nota preliminar sobre la Geología de Cajamarca. Lima, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado el 26 de abril de 2016
- TARBUCK, E. 2005. Una introducción a la Geología Física. Madrid: Pearson Educación S.A. Consulta: 06 de mayo de 2018.
<https://www.osop.com.pa/wp-content/uploads/2014/04/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>
- TERRONES, L. 2014. Cajamarca, Estudio Litológico y Paleontológico de la Formación Yumagual en el Distrito de Cajamarca. 10. Recuperado el 25 de abril de 2016
- VERA, J. 1994. Estratigrafía principios y métodos. Editorial Rueda. Madrid España. 133 p.
- WALTHER, J. 1892. Facies Modelos: Respuesta a los cambios del nivel del mar. Geology Association Canadá, Dep. Earth Soc. Mem., Universidad Newfound - Tierra, Canadá. 40 p.

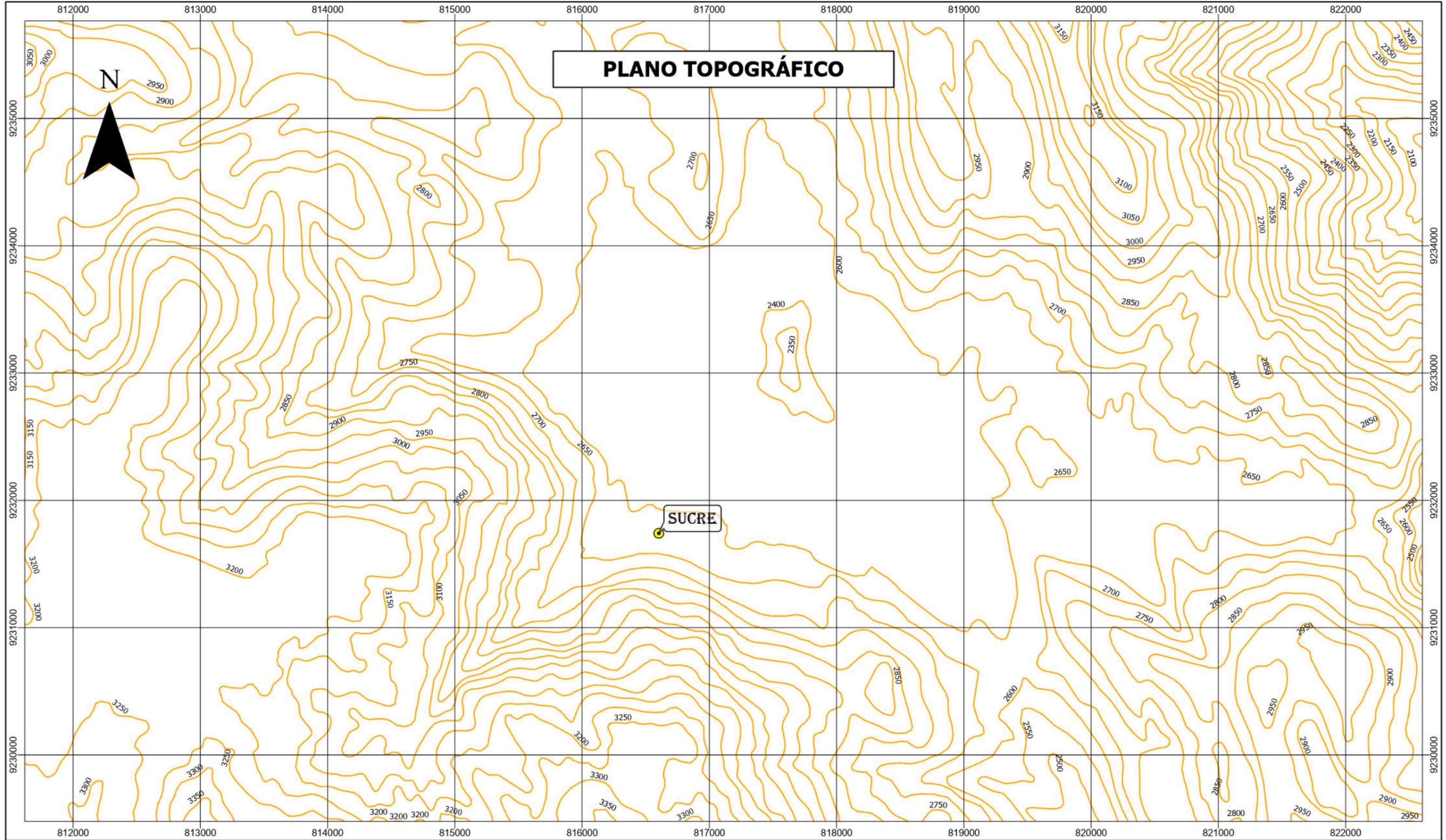
ANEXOS

1. Plano de ubicación e imagen satelital
2. Plano topográfico
3. Plano geológico
4. Plano geológico y ubicación de columnas estratigráficas



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN		
PLANO DE UBICACIÓN		PLANO
TESISTA: Bach. Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo	ESCALA: 1:5 000	01
ASESOR: Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio	FECHA: Cajamarca, 2024	

PLANO TOPOGRÁFICO



SIMBOLOGIA

-  Distrito
-  Curvas de nivel 100



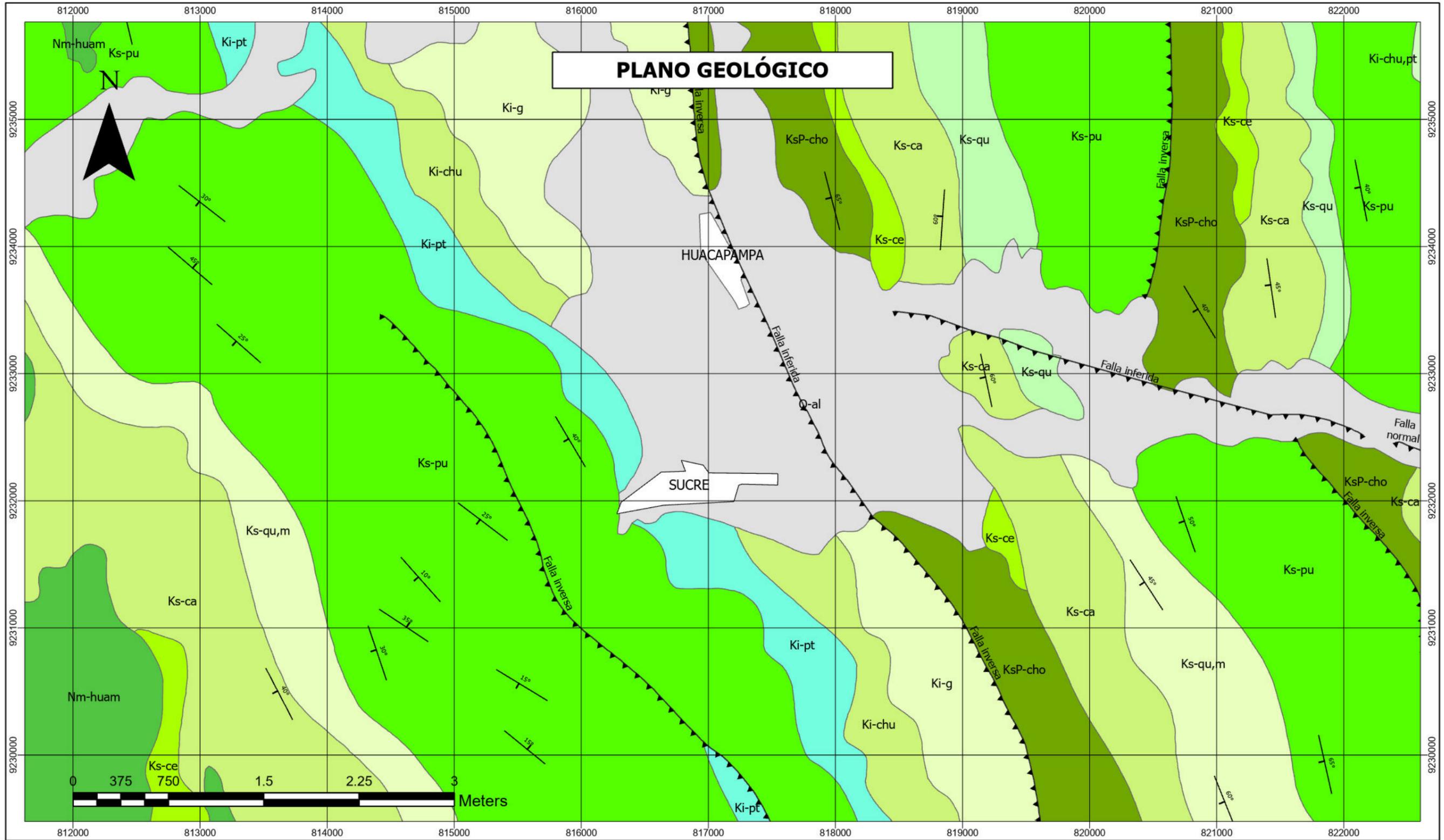
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL
DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN

PLANO TOPOGRÁFICO		PLANO
TESISTA: Bach. Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo	ESCALA: 1:30 000	02
ASESOR: Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio	FECHA: Cajamarca, 2024	

PLANO GEOLÓGICO

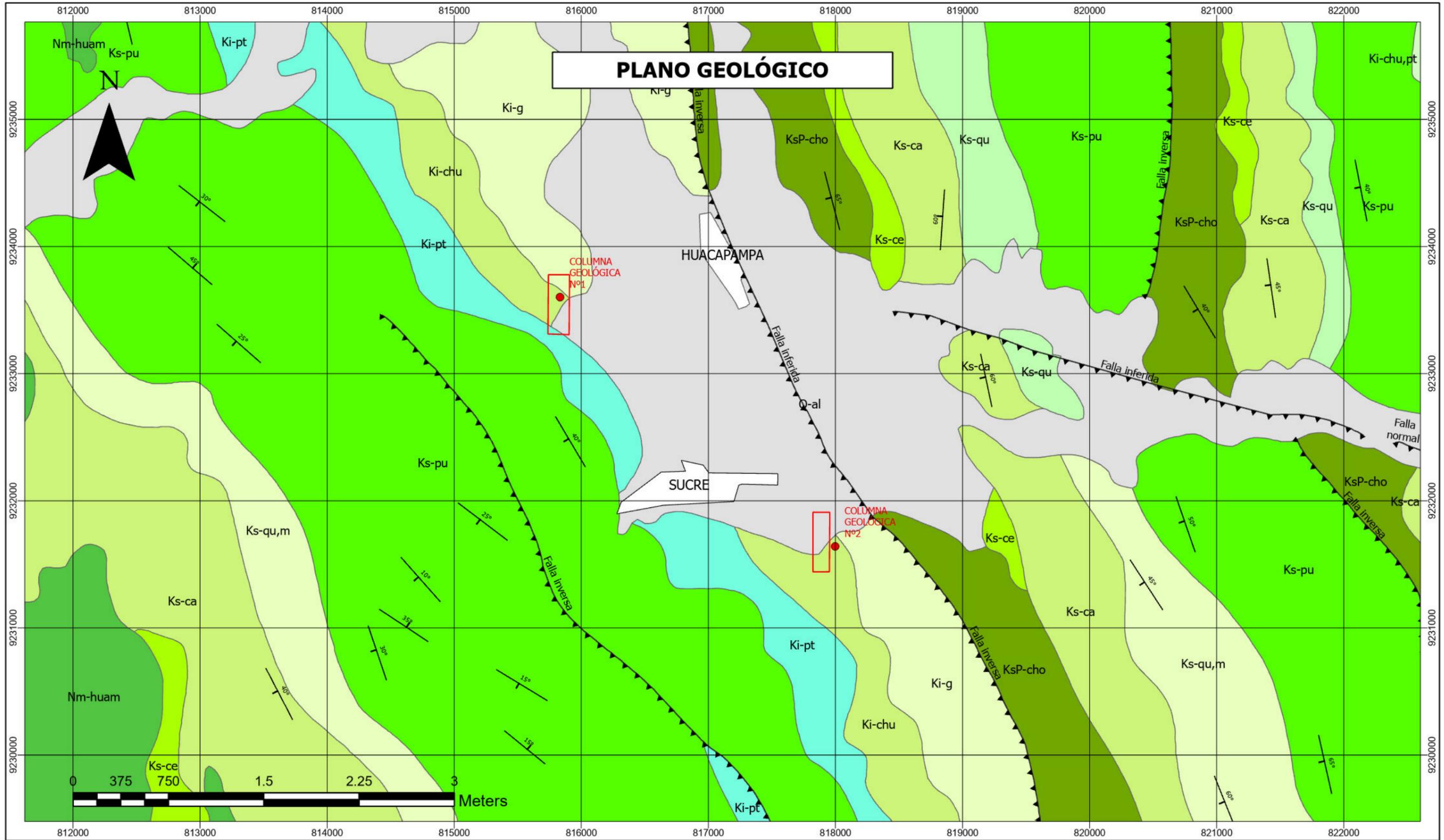


LEYENDA		
Unidades Litoestratigráficas		

SIMBOLOGIA	
	Buzamiento
	Falla

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN		
PLANO GEOLÓGICO		PLANO
TESISTA: Bach. Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo	ESCALA: 1:30 000	03
ASESOR: Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio	FECHA: Cajamarca, 2024	

PLANO GEOLÓGICO



LEYENDA		
Unidades Litoestratigráficas		
	KsP-cho	Ks-pu
	Ks-ce	Ki-pt
	Ks-ca	Ki-chu
	Ks-qm	Ki-g

SIMBOLOGIA	
	Buzamiento
	Falla
	Columna geológica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GRUPO CRISNEJAS EN EL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN		
UBICACIÓN DE COLUMNAS GEOLÓGICAS		PLANO
TESISISTA: Bach. Tarrillo Chuque, Jhon Alfredo	ESCALA: 1:30 000	<h1>04</h1>
ASESOR: Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio	FECHA: Cajamarca, 2024	