

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



TESIS

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. Cabada López, Walter Leodán

Asesor:

Dr. Lagos Manrique, Alejandro Claudio

CAJAMARCA - PERÚ

2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** WALTER LEODÁN CABADA LÓPEZ
DNI: 47992145
Escuela Profesional: INGENIERÍA GEOLÓGICA
- Asesor:** DR. ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE
Facultad: INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
- Fecha de evaluación:** 14-03-2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 13%
- Código Documento:** 3117:339809094
- Resultado de la Evaluación de Similitud:** 13%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 14 MARZO 2024

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos Alejandro Claudio Lagos Manrique DNI: 09224934	 FIRMA DIGITAL Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 2014825801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 14/03/2024 19:40:43-0500
	UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento cordial a mi alma mater la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a todos mis docentes. Especialmente a mí asesor, el Dr. Alejandro Lagos Manrique, por sus correcciones y sugerencias en el presente trabajo de investigación.

Leodán

DEDICATORIA

A mis padres Walter y Teonila, a mi esposa Jessa, a mi hijo Prince Darell, principal motivo para seguir superándome cada día y también a mis hermanos, amigos y demás familiares que me apoyaron incondicionalmente durante mi etapa como estudiante en la Universidad Nacional de Cajamarca y en el transcurso de mi carrera profesional.

Leodán

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1.1 Internacionales.....	3
2.1.2 Nacionales.....	4
2.1.3. Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. Estructura Sedimentaria	6
2.2.1.1. Estructuras Pre- sedimentarias.....	6
2.2.1.2. Estructuras Sin- sedimentarias.....	6
2.2.1.3. Estructuras Post- sedimentarias.....	7
2.2.2. Estratigrafía.....	9
2.2.3. Principios de la Estratigrafía	9
2.2.3.1. Principio de la Horizontalidad	9
2.2.3.2. Principio de la Superposición	9

	Pág.
2.2.3.3. Principio de la Concordancia	9
2.2.3.4. Principio de la Discordancia	10
2.2.3.5. Principio de la Sucesión	10
2.2.3.6. Principio de la Sucesión Faunística	10
2.2.3.6.1. Piso.....	10
2.2.3.6.2. Zona.....	10
2.2.4. Caracterización Estratigráfica.....	11
2.2.5. Estratificación.....	11
2.2.5.1. Tipos de Estratificación	12
2.2.5.1.1. Geometría de los Estratos	12
2.2.5.1.2. Rasgos Distintivos de las Asociaciones de Estratos.....	13
2.2.5.2. Medición de los Estratos	15
2.2.5.3. Edades Relativas de los Estratos	16
2.2.5.4. Edades Absolutas de los Estratos.....	17
2.2.6. Unidades Estratigráficas	18
2.2.7. Unidades Bioestratigráficas	18
2.2.8. Facies Sedimentarias	19
2.2.8.1. Clasificación de las Facies	19
2.2.8.1.1. Litofacies.....	19
2.2.8.1.2. Biofacies	19
2.2.9. Columnas Estratigráficas	20
2.2.10. Las Rocas Carbonatadas.....	21
2.2.10.2. Clasificación de Rocas Carbonatadas.....	22
2.2.10.2.2. Clasificación Según Folk	23
2.2.10.2.3. Clasificación de Embry y Klován	26

	Pág.
2.2.10.2.4. Clasificación de Rocas Calcáreas Detríticas Según Correns...	28
2.2.11. Ambientes Sedimentarios	29
2.2.12. Importancia de los Fósiles	30
2.2.13. Dispersión de Organismos.....	30
2.2.14. Sistemática o Taxonomía	31
2.2.14.1. Phíllum Mollusca	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	35
3.2. ACCESIBILIDAD	36
3.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	37
3.3.1. Formación Pariatambo (Ki-pa)	37
3.3.2. Grupo Pulluicana (Ks-p)	37
3.3.2.1. Formación Yumagual (Ks-yu).....	37
3.3.3. Grupo Quilquiñán - Mujarrum (Ks-qm)	37
3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación.....	38
3.4.2. Población de Estudio	38
3.4.3. Muestras.....	38
3.4.4. Unidad de Análisis	38
3.4.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	39
3.4.5.1. Técnicas	39
3.4.5.2. Instrumentos y Equipos.....	40

	Pág.
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
4.1. GRUPO PULLUICANA	41
4.1.1. Formación Yumagual	41
4.2. ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL	43
4.2.1. Miembro Inferior (MI)	43
4.2.2. Miembro Medio (MM)	45
4.2.3. Miembro Superior (MS)	48
4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS DE ROCA	51
4.4. DESCRIPCIÓN PALEONTOLÓGICA DE LOS FÓSILES	57
4.5. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	67
4.5.1. Loma del Indio (A)	67
4.5.2. Chiclamachay (B)	68
4.5.3. Coricuingue (C)	69
4.5.4. Huauco (D)	70
4.6. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	71
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1. CONCLUSIONES	72
5.2. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	77

LISTA DE ABREVIATURAS

m	:	Metro
cm	:	Centímetro
mm	:	Milímetro
msnm	:	Metros sobre el nivel de mar
h	:	Hora
Km	:	Kilómetro
S	:	Sur
N	:	Norte
E	:	Este
W	:	Oeste
NE	:	Noreste
NW	:	Noroeste
SE	:	Sureste
SW	:	Suroeste
Dr	:	Doctor
Ma	:	Millones de Años
GPS	:	Global Positioning System
UTM	:	Universal Transversal Mercator
INGEMMET	:	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
Pag	:	Página
MM	:	Miembro Medio
MS	:	Miembro Superior
MI	:	Miembro Inferior
Ki – pa	:	Formación Pariatambo
Ks – yu	:	Formación Yumagual
Ks – qm	:	Formación Quilquiñan – Mujarrum
CAB	:	Código de Muestra
Sp	:	Especie fosilífera sin definir

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Existen tres formaciones X, Y, Z.....	11
Figura 2. Geometría de los estratos.....	12
Figura 3. Tipos de asociación de estratos.....	14
Figura 4. Manera correcta de medir el rumbo y buzamiento de los estratos..	15
Figura 5. Medición de estratos inclinados con brújula Brunton y flexómetro..	16
Figura 6. Edad relativa y absoluta de los estratos.....	17
Figura 7. Unidades bioestratigráficas o biozonas.....	18
Figura 8. Secuencia positiva y negativa	21
Figura 9. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.....	22
Figura 10. Clasificación de calizas según Folk.....	25
Figura 11. Clasificación de calizas de Embry y Klovan (1971).....	27
Figura 12. Triángulo de clasificación de rocas carbonatadas intermedias.	28
Figura 13. Dominio continental, transicional y marítimo.	30
Figura 14. Subdivisiones del ambiente marino: pelágicos y béticos.....	31
Figura 15. Ubicación del Caserío Chiclamachay.....	35
Figura 16. Principales vías de acceso al Caserío de Chiclamachay.	36
Figura 17. La Formación Yumagual y los tres miembros.....	41
Figura 18. Estratificación Paralela, con buzamiento de 35° SW.....	43
Figura 19. Calizas con alternancia de margas gris amarillentas.	44
Figura 20. Estratificación Irregular, con muro erosivo	44
Figura 21. Nódulos Calcáreos en el Miembro Medio (MM).	45
Figura 22. Acuñamientos de los estratos en el sector Huauco – Coricuingue..	46
Figura 23. Estratos de contacto recto, con secuencia inversa	46
Figura 24. Estratos gruesos con espesor de hasta 3m	47
Figura 25. Venillas de calcita, parte de las Estructuras Post – sedimentarias. 47	47
Figura 26. Laminación Interna en los estratos del Nivel Limoarcillítico	48
Figura 27. Fósiles en el Nivel Limoarcillítico Calcáreo	49
Figura 28. Recristalización de calcita y aragonito	49
Figura 29. Nódulos Calcáreos en el Miembro superior (MS).....	50
Figura 30. Fragmentos de fósiles en el Miembro superior (MS).....	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Algunas de las estructuras sedimentarias.	7
Tabla 2. Algunas estructuras comunes pre y post- sedimentarias.	8
Tabla 3. Ambientes sedimentarios clásticos, químicos y bioquímicos.	29
Tabla 4. Accesibilidad al Caserío Chiclamachay.....	36
Tabla 5. Metodología de la investigación.	38
Tabla 6. Ubicación de las muestras de calizas para estudio macroscópico... 51	51
Tabla 7. Descripción macroscópica de la muestra CAB- 01.....	52
Tabla 8. Descripción macroscópica de la muestra CAB-02.	53
Tabla 9. Descripción macroscópica de la muestra CAB-03.	54
Tabla 10. Descripción macroscópica de la muestra CAB-04.	55
Tabla 11. Descripción macroscópica de la muestra CAB-05.	56
Tabla 12. Ubicación de los fósiles recolectados.....	57
Tabla 13. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-01.	58
Tabla 14. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-02.	59
Tabla 15. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-03.	60
Tabla 16. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-04.	61
Tabla 17. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-05.	62
Tabla 18. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-06.	63
Tabla 19. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-07.	64
Tabla 20. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-08.	65
Tabla 21. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-09.	66

RESUMEN

La investigación se realizó en la localidad de Chiclamachay y se refirió a la caracterización estratigráfica de la Formación Yumagual perteneciente al Cretácico superior. Los afloramientos abarcan el 60% del área de estudio debido a que está afectada por una serie de pliegues como sinclinales y anticlinales de orientación NW - SE a diferencia de las demás formaciones. Se han identificado tres miembros denominados como Miembro Inferior (MI), Miembro Medio (MM) y Miembro Superior (MS) que en total suman 480 m de espesor. El MI se caracteriza por poseer estratos de calizas wackstone, packstone y de margas, los estratos son de forma tabular. Las calizas poseen olor fétido incipiente. El MM está compuesto por calizas macizas de hasta 3 m de grosor, texturalmente son calizas mudstone, wackstone y packstone, con fragmentos de fósiles como ostreas y exogyras que indican alta energía. El MS se caracteriza por poseer en su base una secuencia de arcillitas calcáreas fosilíferas y que es reconocible a nivel regional, hacia la parte superior se observan estratos de calizas wackstone dispuestas en estratos medianos que evolucionan a estratos delgados al contacto con el Grupo Quilquiñán - Mujarrúm. La caracterización estratigráfica de la Formación Yumagual, la litología estudiada y los fósiles analizados indican una depositación en aguas agitadas de mediana a alta energía y de relativa profundidad.

Palabras claves: Facies Sedimentaria, Miembro, Formación Yumagual, Caracterización.

ABSTRACT

The research was carried out in the town of Chiclamachay and referred to the stratigraphic characterization of the Yumagual Formation belonging to the Upper Cretaceous. The outcrops cover 60% of the study area because it is affected by a series of folds such as synclines and anticlines with a NW - SE orientation, unlike the other formations. Three members have been identified, called the Lower Member (MI), the Middle Member (MM) and the Upper Member (MS), which in total add up to 480 m thick. The MI is characterized by having strata of wackstone, packstone and marl limestone, the strata are tabular in shape. The limestones have an incipient foul smell. The MM is composed of massive limestones up to 3 m thick, texturally they are mudstone, wackstone and packstone limestones, with fossil fragments such as oysters and exogyres that indicate high energy. The MS is characterized by having at its base a sequence of fossiliferous calcareous claystones that is recognizable at a regional level. Towards the upper part, strata of wackstone limestone are observed arranged in medium strata that evolve into thin strata in contact with the Quilquiñán - Mujarrúm Group. . The stratigraphic characterization of the Yumagual Formation, the lithology studied and the fossils analyzed indicate a deposition in agitated waters of medium to high energy and relative depth.

Keywords: Sedimentary Facies, Member, Yumagual Formation, Characterization.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La determinación de las características en la estratificación de las formaciones rocosas es importante porque nos indican la historia, el ambiente y las condiciones iniciales de su depositación. En la localidad de Chiclamachay ubicada en la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca se encuentran extensos afloramientos de rocas calcáreas que pertenecen a la Formación Yumagual. Esta investigación es muy importante debido a que se describirán atributos y cualidades acerca de la caracterización estratigráfica, lo que ayudará a dar una mejor interpretación de la historia de depositación. Para ello, es necesario la medición de los estratos, la identificación de estructuras de depositación, la elaboración de una serie de columnas estratigráficas, y la recolección de muestras de fósiles y rocas en forma sistemática para su posterior interpretación. Se ha planteado la siguiente interrogante: ¿Cuál es la caracterización estratigráfica de la Formación Yumagual en el Caserío de Chiclamachay?, como hipótesis se menciona que las secuencias sedimentarias de Formación Yumagual en el caserío de Chiclamachay se han depositado en un ambiente sedimentario marino de poca profundidad, como objetivos se tiene: Caracterizar la secuencia estratigráfica de la Formación Yumagual en la localidad de Chiclamachay, identificar las principales estructuras y texturas, realizar el levantamiento de la Columna Estratigráfica a detalle, La investigación se justifica en la importancia de identificar las características más representativas, interpretarlas y definir las para lograr un mejor entendimiento de la depositación de la Formación Yumagual en el Caserío de Chiclamachay, además se tiene como alcance, el estudio a lo largo de su variación lateral y vertical, abarcando alrededor de 30 Km².

La investigación tiene como finalidad ser un aporte importante para el conocimiento estratigráfico de la localidad de Chiclamachay y ser un antecedente para futuras investigaciones de similar o superior nivel.

A continuación la descripción de los capítulos:

El capítulo II, Marco Teórico, donde encontramos los antecedentes internacionales, nacionales y locales, las bases teóricas que sirven de apoyo para la realización de la investigación y la definición de los términos básicos.

En el Capítulo III, Materiales y Métodos en donde están la ubicación, los procedimientos, la metodología de la investigación, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos, además se describe la geología de la localidad en investigación.

En el Capítulo IV, Análisis y Discusión de Resultados, en donde están los resultados de la investigación, además se tiene la Contrastación de la Hipótesis en donde se comparan los resultados con la hipótesis.

El capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones donde dichas conclusiones son el resultado de los objetivos planteados, sugiriendo y solicitando ideas que ayuden a complementar la investigación.

En la última parte de este informe se encuentran las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacionales

Carvajal (2015) Estratigrafía Secuencial del Cretácico Superior (Formaciones Toro Toro y el Molino) en los sinclinales del Río Caine y Toro Toro. Departamento de Potosí. La Paz Bolivia. Se llega a las siguientes conclusiones: El Cretácico Superior está representado por las Formaciones Toro Toro y El Molino y son concordantes, pero litoestratigráficamente diferentes; la sección "Quebrada Cuchirawaycko" es más espesa y representativa que la sección "Puente La Viña", por lo que se la tomó como guía y modelo para la interpretación general del estudio; el estudio de estratigrafía secuencial permitió identificar sucesiones, paleoambientes y secuencias para definir características dentro de la unidad estudiada.

Casal et al. (2015) Análisis Estratigráfico y Paleontológico del Cretácico Superior en la Cuenca del Golfo San Jorge. Llegan a las siguientes conclusiones: Las características litológicas, estratigráficas y paleontológicas del registro más moderno del Grupo Chubut permitieron proponer una nueva unidad litoestratigráfica dentro del grupo; el contenido paleontológico de restos de dinosaurios permitió definir una edad comprendida entre el Coniaciano-Maastrichtiano.

Navarro (2014) Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in The Eastern Sub-Equatorial Pacific. Hace una comparación de la estratigrafía en base a isótopos de carbono obtenido en Perú con secciones publicadas del Pacífico central y occidental, el Atlántico occidental y el norte y oeste de Tethys, el cual indica la naturaleza global de los patrones de isótopos descritos.

2.1.2 Nacionales

Borkowski (1994) Catalogo de Minerales Industriales del Perú. Llega a las siguientes conclusiones: el Grupo Pulluicana se depositó en un mar somero en función a los contenidos fosilíferos; los sedimentos y las columnas estratigráficas analizadas son muy variables; el Grupo Quillquiñán presenta variaciones laterales de sedimentación que se reducen, mientras la proporción de material detrítico aumenta; la secuencia se depositó en el fondo somero de la Cuenca Occidental; la Formación Cajamarca se depositó en aguas más profundas que los Grupos Pulluicana y Quillquiñán.

Jaillard (1990) Evolución de la Margen Andina en el Norte del Perú desde el Aptiano Superior hasta el Cenoniano. Concluye que la transgresión del Aptiano Superior fue general y que estuvo asociada a una inestabilidad tectónica local, que culminó con la regresión que fue la base para el Cenomaniano medio.

2.1.3. Locales

Medina (2014) Estratigrafía Secuencial de la Formación Yumagual en el Distrito Minero de Hualgayoc- Cajamarca. Llega a las siguientes conclusiones: La Formación Yumagual posee tres secuencias estratigráficas bien definidas, la primera constituida por calizas nodulosas, seguida de calizas fosilíferas intercaladas con arcillitas y por último por margas y calizas grises gruesas poco marmolizadas; todas estas unidades se habrían depositado en un mar de poca profundidad.

Terrones (2014) Caracterización Litológica y Paleontológica de la Formación Yumagual en el Distrito de Cajamarca. Realiza un análisis macroscópico de la paleontología y litología de la Formación Yumagual (Albiano superior – Cenomaniano inferior), en el distrito de Cajamarca (sector Noroccidental del territorio peruano), específicamente en los caseríos de Puyllucana, Ronquillo y Choropunta. Concluye que los fósiles presentes en estas tres zonas son perfectamente correlacionables.

Lelys (2021) Bioestratigrafía de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco. Llega a las siguientes conclusiones: la litología y facies de la Formación Yumagual son similares en estas áreas, aunque el tipo de secuencia, espesor de los estratos y extensión en sus tres miembros (inferior, medio y superior) son diferentes.

Herrera (2011) Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los alrededores de la Ciudad de Cajamarca. Llega a las siguientes conclusiones: la Formación Yumagual está constituida por estratos gruesos, siendo la geometría de los estratos mayormente irregular, a veces en forma de cuña y lenticular; el fósil que caracteriza a esta unidad es el género *Exogyra* y *Ostreas* en el miembro superior. El registro paleontológico indica una edad del Cenomaniano Medio al Turoniano Inferior.

Cajas (2017) Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual comprendida en los sectores de Ronquillo, Puyllucana y la Encañada. Llega a las siguientes conclusiones: la Formación Yumagual presenta estructuras como: load marks, laminaciones, bioturbaciones; depositadas en secuencias directas, inversas y rítmicas. Su característica es que en las tres zonas presenta más de dos facies de sedimentación habiéndose reconocido rocas de los tres miembros que corresponden a calizas (mudstone, grainstone, packstone y grainstone), arcillitas, margas y dolomías esta última en Puyllucana.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estructura Sedimentaria

Una estructura sedimentaria es la organización geométrica de todos los elementos que forman un sedimento o roca sedimentaria los que se han formado como consecuencia de los procesos que lo han estructurado y de todos los elementos que lo componen. 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:

2.2.1.1. 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).

2.2.1.2. Estructuras Sin- sedimentarias

Las estructuras sin-sedimentarias son de tres tipos: estratificación planar, estratificación cruzada, con su variedad es 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).

2.2.1.3. 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 hunden en capas arcillosas inferiores por diferencias de densidad y carga (Arche, 2010).

Tabla 1. Algunas de las estructuras sedimentarias.

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: Coe, (2010).

Tabla 2. Algunas estructuras comunes pre y post- sedimentarias.

Estructura	Tamaño	Características	Procesos
Estructuras durante la sedimentación			
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 deshidratación.	Estructuras de evacuación de agua, formadas donde la tasa de sedimentación es alta,
Estructuras almohadilladas (ball and pillow)	Cm		
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 lateralmente 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: Coe, (2010).

2.2.2. Estratigrafía

La estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y de la secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas. Además, se encarga del cartografiado y la correlación de los estratos determinando el orden y el momento de los eventos en un lapso de tiempo geológico.

2.2.3. 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:

2.2.3.1. 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) y luego depositados en una superficie, temporal o definitiva, están regidas por las leyes de la gravedad de la tierra. Por lo tanto, tienden a depositarse en forma horizontal.

2.2.3.2. Principio de la Superposición

El ejemplo anterior demuestra que los sedimentos que se han depositado en el fondo 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.

2.2.3.3. 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.

2.2.3.4. Principio de la Discordancia

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

2.2.3.5. 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.

2.2.3.6. Principio de la Sucesión Faunística

Este principio fue definido por William Smith en 1796, quien fue el primero en utilizar los fósiles como una herramienta práctica para subdividir y correlacionar estratos. El Principio (ley de sucesión faunística) se basa en que las rocas formadas durante cualquier intervalo de tiempo geológico se pueden reconocer y distinguir de otras rocas formadas durante otros intervalos de tiempo por su contenido fósil. Se entiende que: “la evolución biológica es un proceso irreplicable, ya que cada especie que ha vivido en el pasado durante un intervalo de tiempo nunca vuelve a aparecer.”

2.2.3.6.1. Piso

D'Orbigny define como pisos los grupos de estratos que contienen el mismo conjunto de fósiles y nombró esos pisos en las localidades geográficas con buenas secciones de roca que tienen los fósiles característicos en los cuales se basaron los pisos. Los límites de los pisos se definieron a intervalos marcados por la última aparición o desaparición de conjuntos distintivos de formas de vida.

2.2.3.6.2. Zona

Oppel introdujo el concepto de zona en 1856 y concibió la idea de unidades de escala pequeña definidas por los rangos estratigráficos de especies de fósiles, no importando la litología de las capas que tienen los fósiles. Notó que los rangos verticales de algunas especies eran muy cortos; porque las especies existieron en un muy corto tiempo geológico; mientras otras eran notablemente largas, pero muchos eran de alguna longitud intermedia (Boggs, 1995).

2.2.4. Caracterización Estratigráfica

Consiste en determinar los atributos peculiares de las rocas y los estratos, así como: formas, composiciones litológicas, propiedades físicas y geoquímicas, sucesiones originarias, relaciones de edad, distribución y contenido de fósiles y que lo distinga claramente de los demás. Todas estas características sirven para reconocer y reconstruir secuencialmente eventos geológicos (Navarrete, 2014).

2.2.5. 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, 1994).

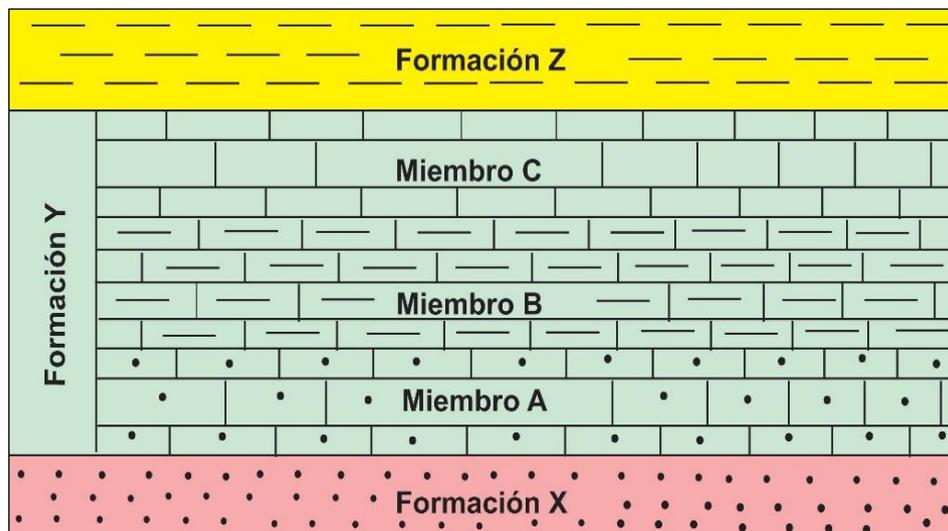


Figura 1. Existen tres formaciones X, Y, Z. Nótese que los miembros A, B, C, pertenecen a la formación Y.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.5.1. Tipos de Estratificación

Los criterios que se utilizan para determinar los tipos de estratificación son: la geometría y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos (Vera, 1994).

2.2.5.1.1. Geometría de los Estratos

De acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor, 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.

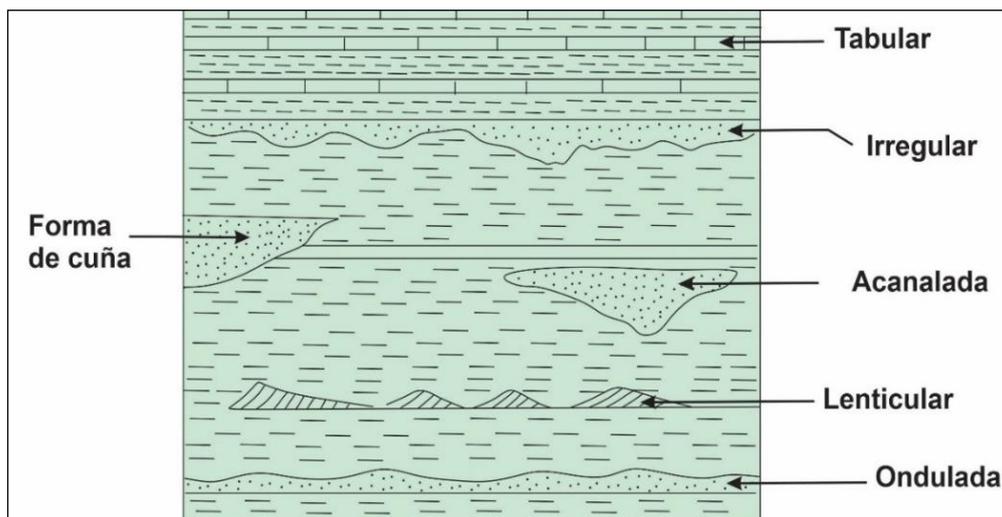


Figura 2. Geometría de los estratos.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.5.1.2. Rasgos Distintivos de las Asociaciones de Estratos Sucesivos

Los estratos basados en criterios de tipo descriptivo se clasifican en:

- a. **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.
- b. **Aleatorio o de Espesor Variable.** Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida.
- c. **En Haces.** Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes.
- d. **Estrato Creciente (Secuencia Negativa).** Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo.
- e. **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.

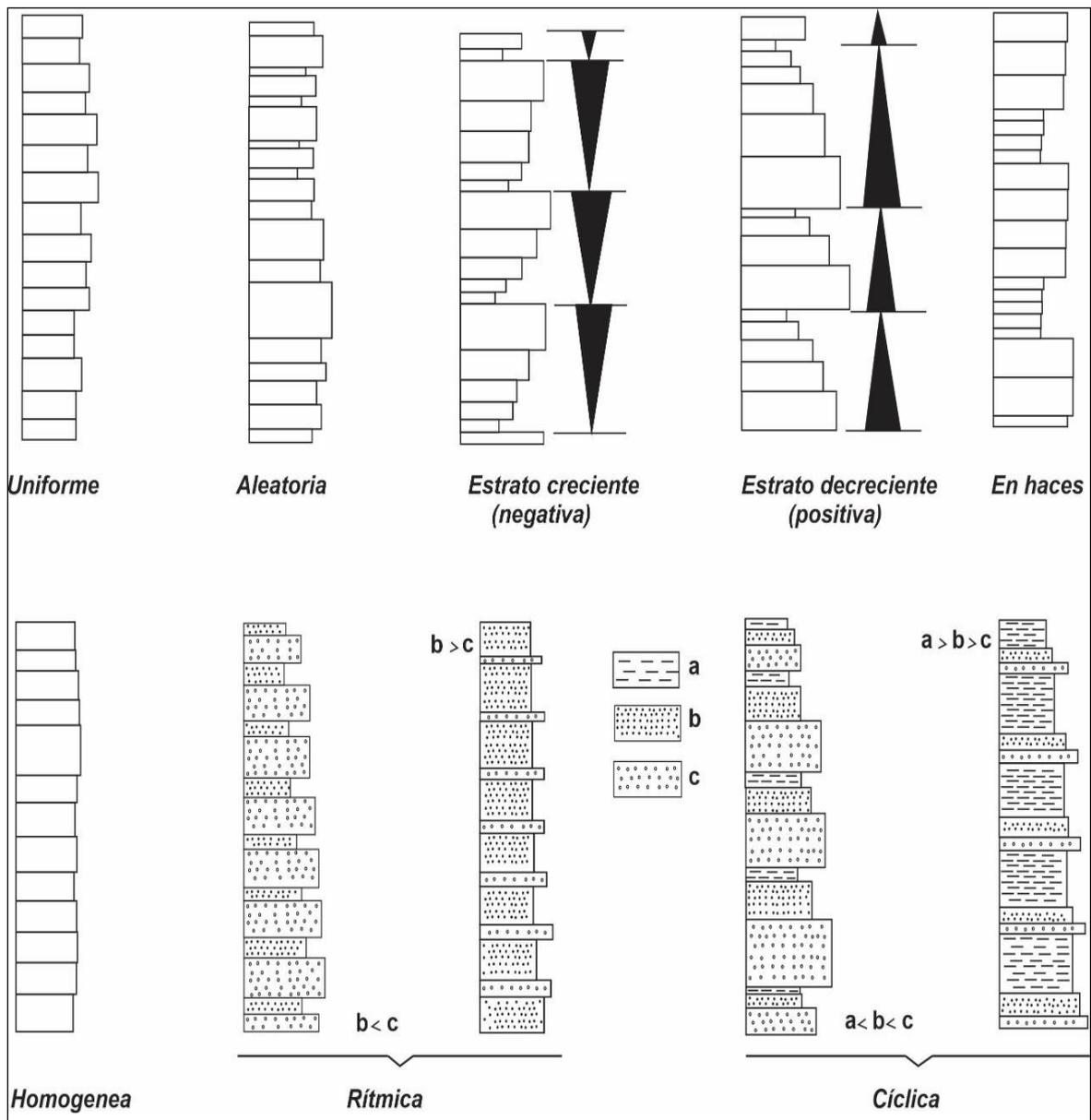


Figura 3. Tipos de asociación de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.5.2. Medición de los Estratos

Los estratos por ser cuerpos tabulares permiten las siguientes medidas:

- a. **Dirección.** Es el ángulo que forma con el norte geográfico la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal.
- b. **Buzamiento.** Es el ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección.

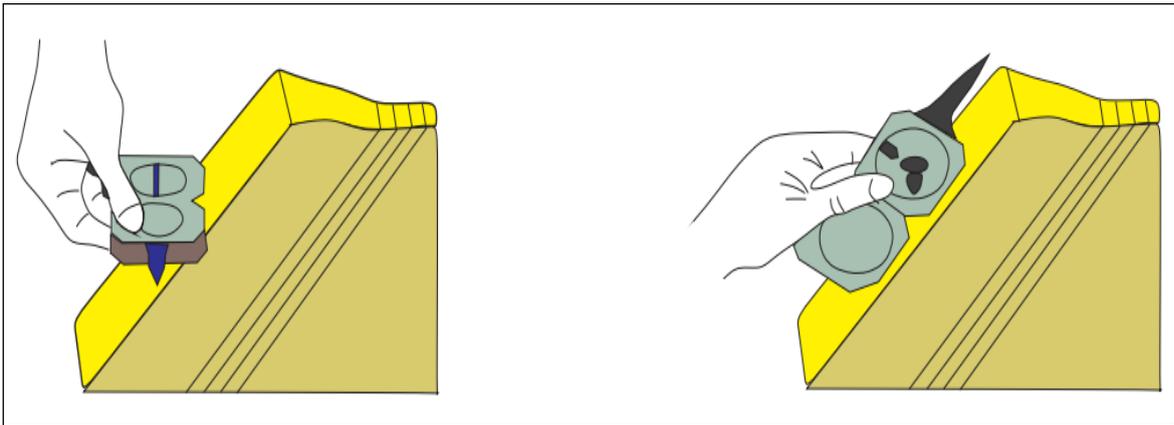


Figura 4. Manera correcta de medir el rumbo y buzamiento de los estratos.
Fuente: Ragan, (1987).

c. **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).

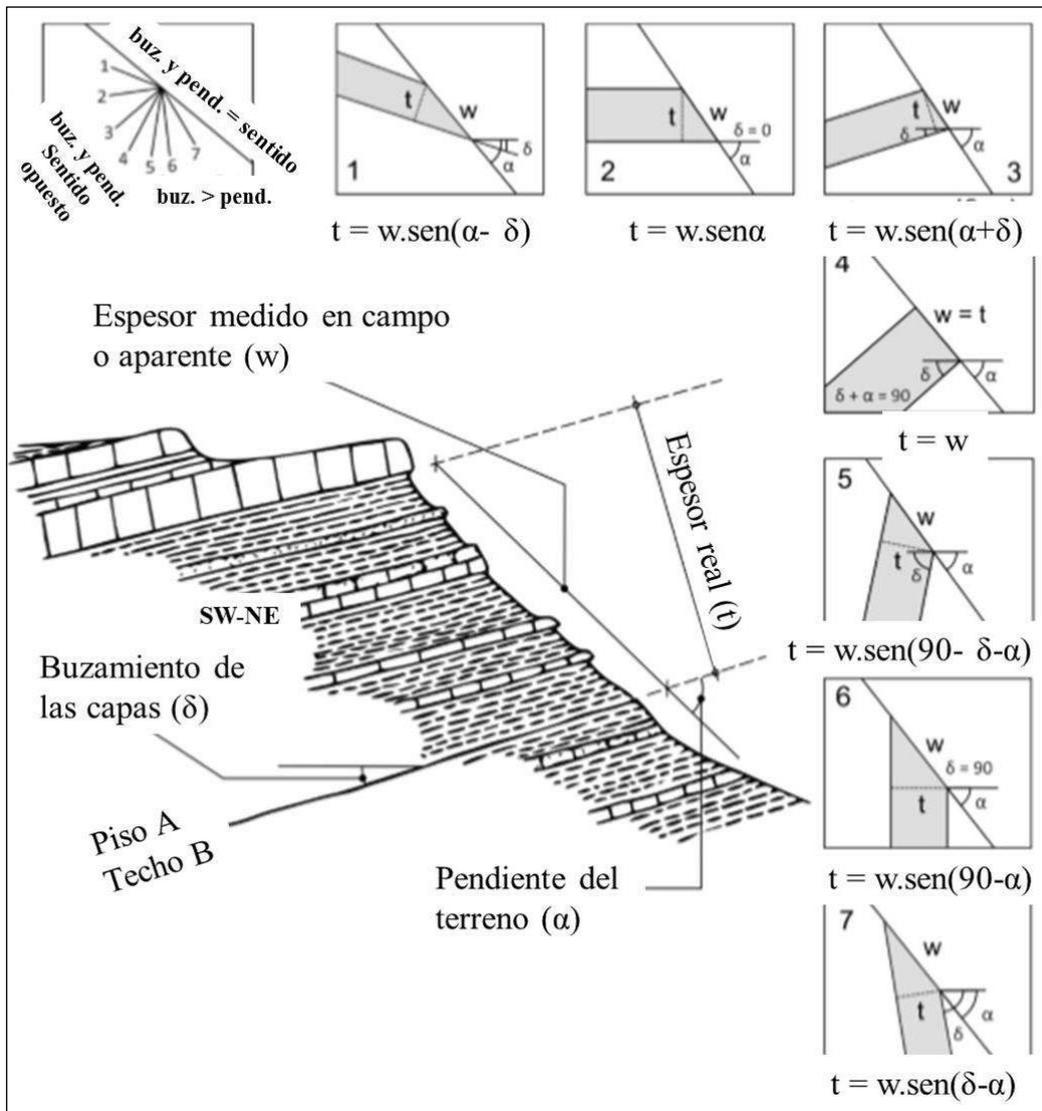


Figura 5. Medición de estratos inclinados a partir de un levantamiento hecho con brújula Brunton y flexómetro.
Fuente: Modificado de Krumbein y Sloss, (1969).

2.2.5.3. Edades Relativas de los Estratos

El conocimiento de las edades relativas se hace aplicando los principios fundamentales de la Estratigrafía y ordenando todos los materiales que conforman el registro estratigráfico de más antiguos a más modernos.

2.2.5.4. Edades Absolutas de los Estratos

La edad absoluta de una roca es la medida del tiempo transcurrido desde su formación hasta nuestros días, expresada en años y sus múltiplos. En la actualidad, son tres los métodos más usuales de datación radiométrica aplicables a rocas de cualquier edad: El Método Potásico/Argón, El Método Rubidio/Estroncio y El Método Uranio/Thorio/Plomo.

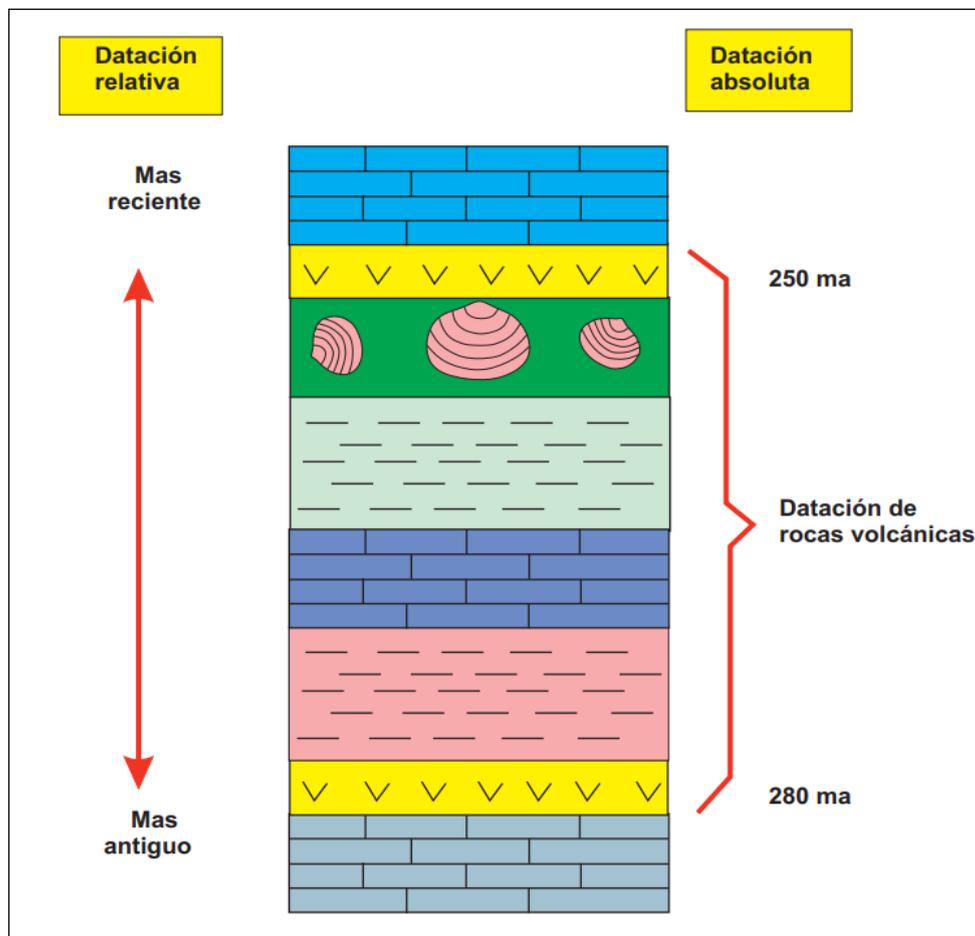


Figura 6. Edad relativa y absoluta de los estratos.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.6. 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).

2.2.7. 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).

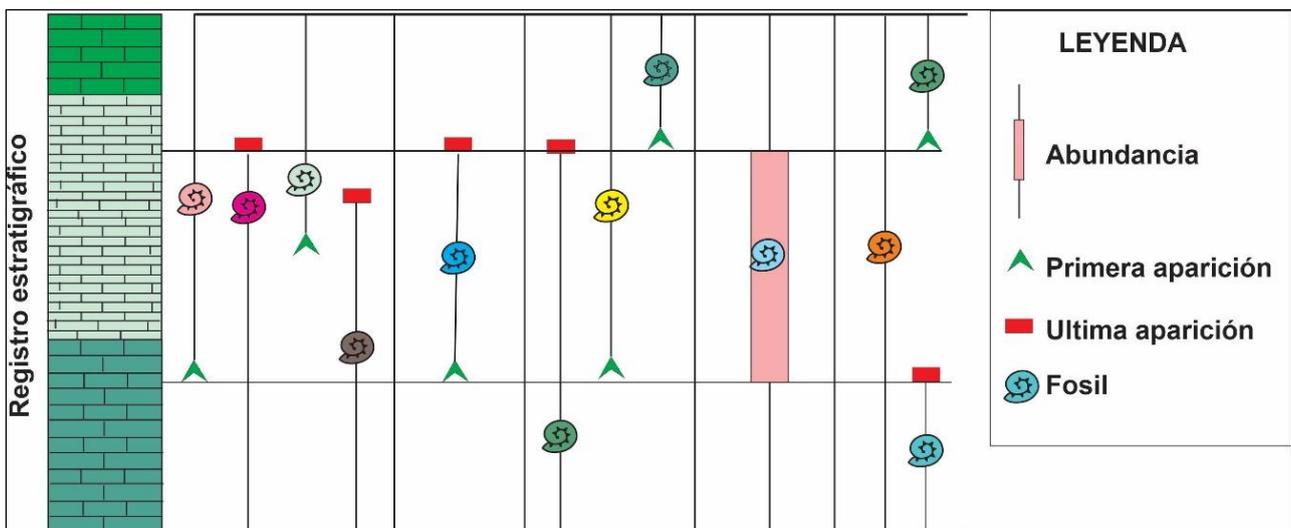


Figura 7. Unidades bioestratigráficas o biozonas, delimitadas en su primera y última aparición.

Fuente: Henriques, (2011).

2.2.8. Facies Sedimentarias

Es el conjunto de características litológicas y paleontológicas que identifican un depósito sedimentario. La definición de facies debe ser objetiva y debe basarse en los datos obtenidos en campo. En este análisis de campo hay que tomar en cuenta los datos de espesor, forma de los estratos, la litología, textura, estructuras sedimentarias, fósiles y color, destacando aquellos que sean más representativos de su génesis.

2.2.8.1. Clasificación de las Facies

Los tipos de facies y sus asociaciones son de gran utilidad en los estudios sedimentológicos y estratigráficos. Para designar el contenido de una facies se usan las características del cuerpo de roca: Caliza de gasterópodos, areniscas de pelecípodos, margas de trilobites o areniscas conglomerádicas rojas. Las denominaciones o nombres de las facies pueden ser diferentes, se puede utilizar nombres de características descriptivas o de alguna interpretación subjetiva, como, por ejemplo: 15 Facies de calizas de ammonites (es un nombre descriptivo y objetivo de una facies), Facies neríticas de aguas calientes (es un nombre interpretativo o subjetivo de una facies). No deben utilizarse nombres compuestos tales como: Facies de calizas arenosas de gasterópodos y ostras del Paleógeno – Neógeno o Facies de mares tropicales de aguas poco profundas (Vera, 1994).

2.2.8.1.1. Litofacies

Este tipo de facies se refiere a los aspectos litológicos de un grupo de estratos y correlativamente para las condiciones físico-químicas que presidieron durante el depósito.

2.2.8.1.2. Biofacies

Este tipo de facies se refiere a los aspectos paleontológicos y a las condiciones biológicas dominantes durante el depósito. Ejemplos de biofacies pueden ser "facies de gasterópodos", "facies de bivalvos", "facies de radiolarios".

2.2.9. 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).

2.2.10. Las Rocas Carbonatadas

Las rocas carbonatadas poseen en su composición minerales del grupo de los carbonatos; son divididas en calizas, compuestas principalmente por calcita y dolomías. Las rocas carbonatadas representan entre un 20 a 25% de todas las rocas sedimentarias del registro geológico. Presentan variadas texturas, estructuras y fósiles que brindan importante información acerca de los ambientes marinos, condiciones paleoecológicas y la evolución de la vida marina a través del tiempo. Son rocas muy complejas debido a la variedad de sus constituyentes y a la gran cantidad de reemplazamientos y recristalizaciones que pueden sufrir. Las rocas carbonatadas se clasifican en función a los elementos texturales y la fábrica que la componen (Boggs, 2006).

2.2.10.1. Energía de Transporte vs Calizas

En la figura 6; (A) muestra la secuencia negativa en donde hay un incremento de energía hacia la parte superior y (B) muestra la secuencia positiva donde se observa un decrecimiento de la energía hacia arriba (Dunham, 1962).

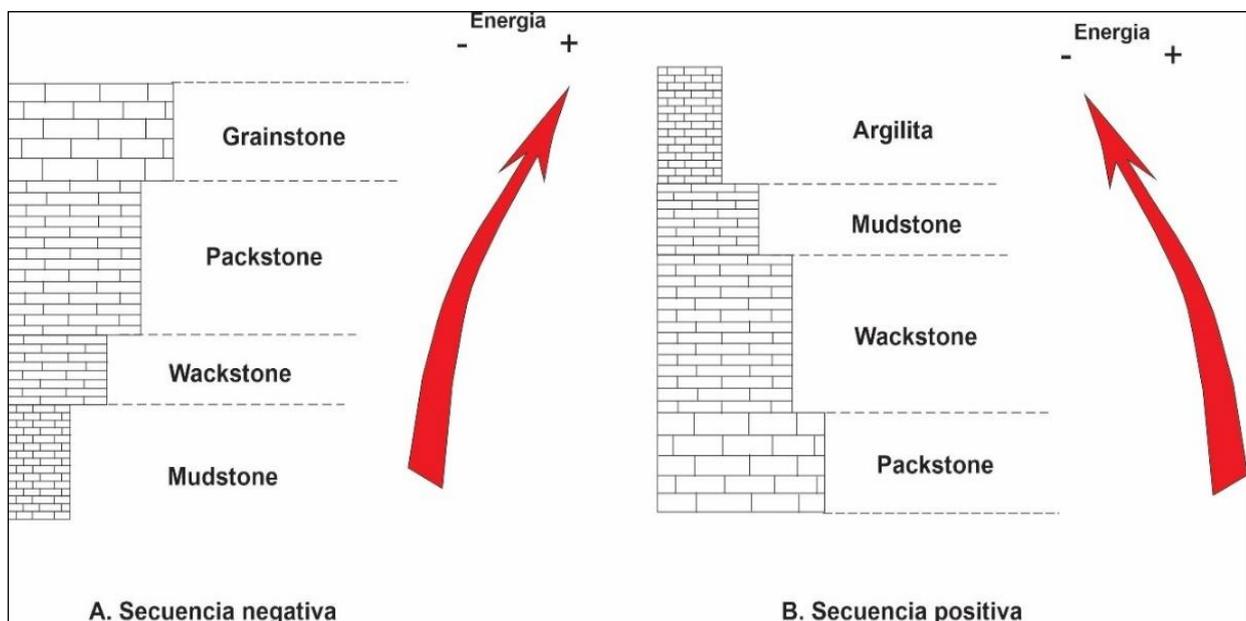


Figura 8. Secuencia positiva y negativa
Fuente: Dunham, (1962).

2.2.10.2. Clasificación de Rocas Carbonatadas

Se puede usar una clasificación práctica de las calizas en las proporciones relativas de sus tres componentes principales: aloquímicos, lodo microcristalino y cemento espato calizo. Los aloquímicos representan la estructura de la roca; los intraclastos, oolitos, guijarros de calcita o pelotillas forman la masa principal de muchas calizas (Dunham, 1962).

2.2.10.2.1. Clasificación Según Dunham

- a. **Mudstone.** Con textura matriz soportada con menos del 10% de granos.
- b. **Wackestone.** Con textura matriz soportada con más del 10% de granos.
- c. **Packstone.** Poseen una textura grano soportada y con matriz de lodo calcáreo.
- d. **Grainstone.** Poseen una textura grano soportada y sin matriz micrítica. El espacio intergranular puede estar ocupado por cemento (Dunham 1962).
- e. **Boundstone.** Rocas calcáreas donde los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debido a la acción de organismos bioconstructores (corales, algas).
- f. **Cristalina.** Poseen una textura depositacional no recocible.

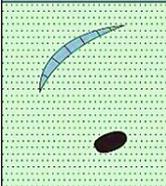
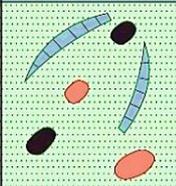
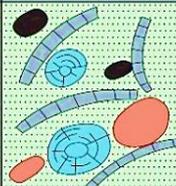
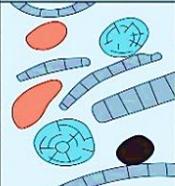
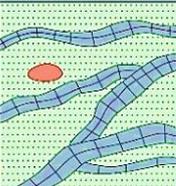
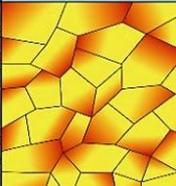
Textura depositacional reconocible				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Textura depositacional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico		
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado			
Esqueleto matriz-soportado					
< 10 % granos	> 10 % granos				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
					

Figura 9. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.

Fuente: Dunham, (1962).

2.2.10.2.2. Clasificación Según Folk

El esquema de clasificación de Folk se estableció específicamente como un sistema para clasificar a las calizas de manera similar a la clasificación de areniscas. La premisa detrás del esquema es que las proporciones relativas de micrita (exudación de calcita con granos de 1 a 4 μ m de diámetro) y esparita reflejan el grado de clasificación, es decir el régimen hidráulico en el momento de la deposición. Las clases dentro de la clasificación de Folk se definen sobre la base de la naturaleza de los granos (aloquímicos) y el material intersticial (ortoquímicos). Se reconocen cuatro tipos de aloquímicos (intraclastos, ooides, bioclastos y peloides) y dos categorías de material intersticial (micrita y esparita). Así la clasificación de Folk comprende cuatro tipos generales de roca caliza. Las calizas con mayor de 10% de granos cementadas con calcita esparítica y con ausencia de micrita son denominadas rocas aloquímicas esparíticas. Calizas que contienen más de 10% de material aloquímico junto con una matriz micrítica se definen como rocas aloquímicas microcristalinas (podría haber presencia de esparita subordinada); cuando la roca caliza está dominada por micrita y menos del 10% de material aloquímicos esta es denominada roca microcristalina y finalmente las calizas compuestas de estructuras de crecimiento orgánico in situ como el coral, se etiquetan como biolititas con un prefijo que define el organismo de unión. Esta clasificación de los carbonatos no toma en cuenta las mezclas con arena, limo, arcilla o terrígenos, por lo que los constituyentes básicos de las calizas son los ortoquímicos y los aloquímicos (Folk, 1962).

2.2.10.2.2.1. Constituyente Ortoquímicos

Los constituyentes ortoquímicos son los precipitados químicos normales que se forman en el interior de la cuenca o de la roca misma y que muestran poca o ninguna evidencia de transporte. Existen dos tipos de constituyentes ortoquímicos:

- a. Lodo de calcita microcristalina.** Está compuesta por granos de 1 a 4 micras de diámetro. Se cree que se forma por precipitación química bastante rápida en el agua de mar y luego se deposita en el fondo.
- b. Cemento de espato calizo.** Generalmente se encuentran formando granos o cristales de 10 micras de diámetro y se distingue de la calcita por su mayor transparencia y por su mayor tamaño cristalino. Se forma como simple cemento, precipitado in situ en los poros.

2.2.10.2.2.2. Constituyentes Aloquímicos

Son aquellos, que se han formado por precipitación química en el interior de la cuenca, pero que, en su mayor parte, han sufrido un transporte posterior.

- a. Intraclastos.** Representan fragmentos de sedimentos carbonatados generalmente poco consolidados que fueron arrancados del fondo por las corrientes y redepositados: comprenden desde arena fina hasta conglomerados calizos. Indican erosión de fondo debido a un aumento de velocidad de las corrientes.
- b. Oolitos.** Tienen diámetros de 0.1 a 1.0 mm y muestran estructura radial y concéntrica. Se forman generalmente alrededor de un núcleo (un pequeño fragmento fósil, un coprolito o un grano de mineral) y en lugares donde la acción de las corrientes es vigorosa y continua.
- c. Fósiles.** Son los constituyentes importantes de muchas calizas.
- d. Pelotillas “pellets”.** Son agregados homogéneos de calcita microcristalina, bien redondeados y clasificados con diámetro promedio de 0.03 y 0.02 mm.

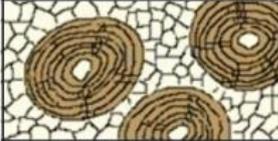
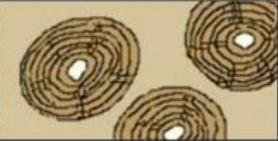
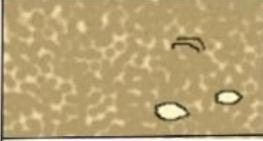
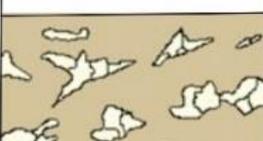
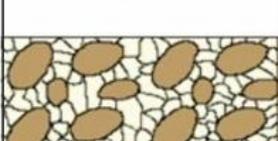
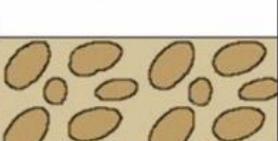
		ROCAS ESPÁTICAS ALOQUÍMICAS TIPO I	ROCAS MICROCRISTALINAS ALOQUÍMICAS TIPO II	ROCAS MICROCRISTALINAS TIPO III
ALOQUÍMICOS	ROCAS INTRACLÁTICAS			<i>fine-grained calcite</i>
		INTRAESPARITA	INTRAMICRITA	MICRITA
	ROCAS OOLÍTICAS			
		OESPARITA	OOMICRITA	GRUMELEUSE MICRITA
	ROCAS FOSILÍFERAS			
		BIOESPARITA	BIOMICRITA	DISMICRITA
	ROCAS CON PELOTILLAS			<i>various fabrics</i>
		PELSPARITA	PELMICRITA	BIOLITITA (ESTROMATOLITOS)

Figura 10. Clasificación de calizas según Folk.
Fuente: Folk, (1962).

2.2.10.2.3. Clasificación de Embry y Klovan

Embry y Klovan reconocieron que el esquema de clasificación de Dunham carecía de detalles con respecto a la descripción de las calizas orgánicamente ligadas (bound) y de grano grueso (grain). Para abordar este problema, estos autores propusieron la subdivisión de la categoría Boundstone de Dunham en base a la unión original del sedimento. Los sedimentos autóctonos desordenados (baffled) orgánicamente se denominan Bafflestone; los sedimentos con soporte de matriz que se han estabilizado mediante incrustación y unión (binding) se etiquetan como bindstone y los sedimentos con un marco rígido (frame) de soporte fósil son nombrados Framestone. La identificación de estas estructuras es problemática en escala limitada a una sección delgada y, por lo general, requiere un examen de las exposiciones a afloramiento o núcleo, cuando el modo de unión no es identificable se conserva el término original de la clasificación de Dunham (boundstone). Para abordar el problema de las calizas alóctonas de grano grueso donde más del 10% de los componentes son mayores a los 2mm de diámetro, aquí los autores propusieron los términos Rudstone y Floatstone. Los Rudstones se definen como texturas donde los granos (mayores a 2mm de diámetro) soportan al marco; las Floatstone son texturas soportadas por una matriz con granos mayores a 2mm que parecen estar flotando en una matriz de grano más fino. Al igual que en la clasificación de Dunham original, en esta también se pueden utilizar modificadores para mejorar la clasificación; además de esto también se redefinió la matriz de lodo como material con diámetro de <math><330\ \mu\text{m}</math> (Embry y Klovan, 1971).

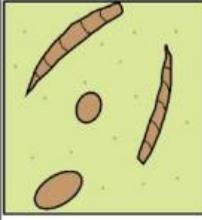
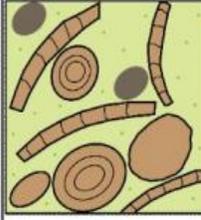
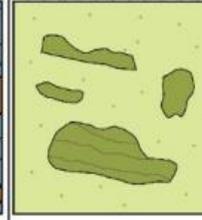
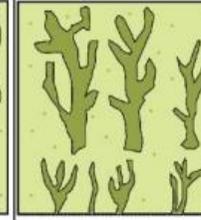
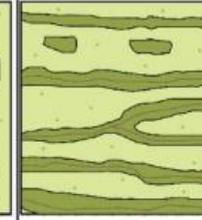
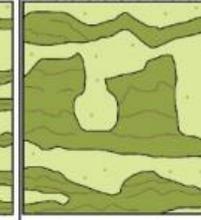
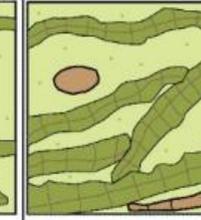
Calizas aloctonas, No evidencian que los componentes originales fueron unidos en el momento de la deposición					Calizas aloctonas, componentes originales fueron orgánicamente unidos durante la deposición											
Menos del 10% de los componentes son > 2mm					Más del 10% de los componentes son > 2mm											
Contiene barro calcareo (<30um)		Sin barro calcareo														
Barro - soportado		Grano - soportado			Matriz - soportado		Grano soportado por fracciones de tamaño >2mm		Unido por organismos que actúan como deflectores (Baffle)		Unido por organismos que seincrustan y se enlazan. La roca está sostenida por la matriz.		Unido por organismos que construyen un marco rígido. La roca esta soportada por el marco fosil.		Evidencian que los componentes originales fueron orgánicamente unidos en el momento de la deposición pero el modo y el enlazamiento no es identificable	
Menos de 10% de granos (<30um-2mm)	Más de 10% de granos (>30um-2mm)															
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	Boundstone							
																

Figura 11. Clasificación de calizas de Embry y Klovan (1971).
Fuente: Embry y Klovan, (1971).

2.2.10.2.4. Clasificación de Rocas Calcáreas Detríticas Según Correns

La mayoría de las rocas sedimentarias se encuentran combinadas entre sí por distintos procesos de regresión y transgresión, por lo que Correns construyó un triángulo que permita una clasificación de las rocas intermedias o carbonatos detríticos. Esta clasificación se centra en un triángulo de composición, donde los tres vértices se componen por Caliza, arenisca y arcillita, dependiendo de la cantidad de cada uno se puede nombrar a la roca (Correns, 1994).

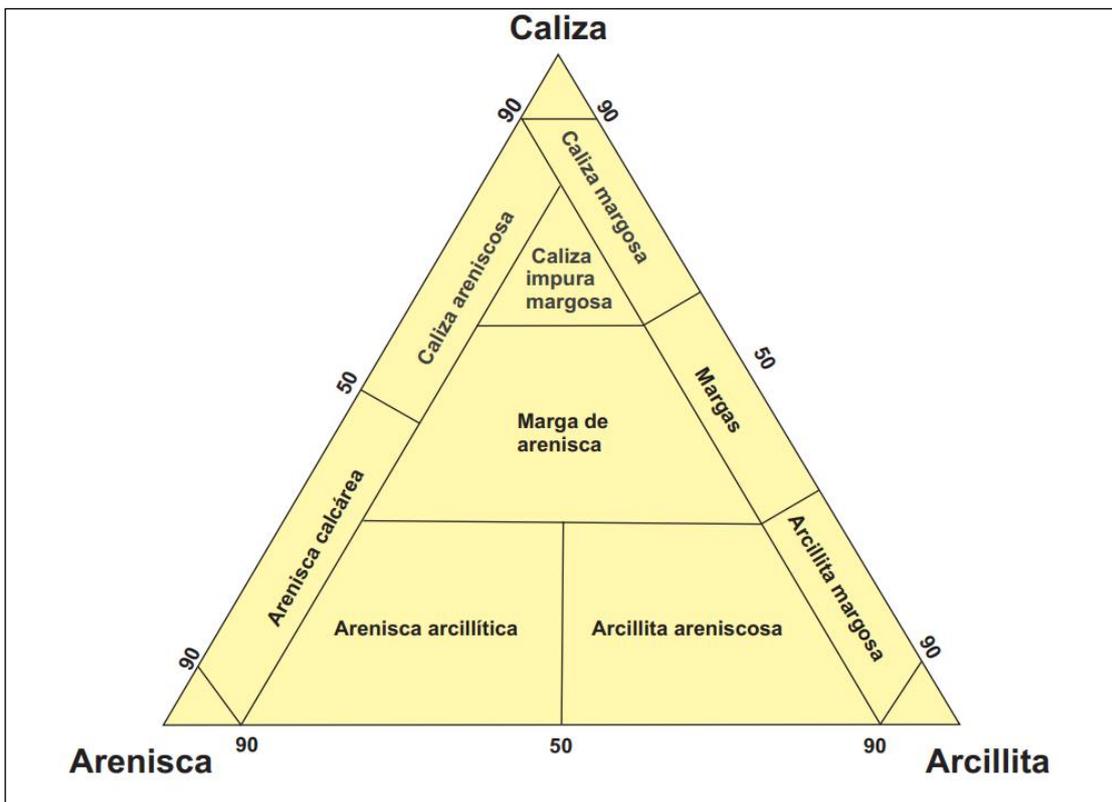


Figura 12. Triángulo de clasificación de rocas carbonatadas detríticas e intermedias.
Fuente: Correns, (2002).

2.2.11. Ambientes Sedimentarios

Un ambiente sedimentario es 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 3. 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: Pisconte, (2014).

2.2.12. Importancia de los Fósiles

Los organismos se pueden clasificar de diferentes maneras, incluyendo el hábitat (planctónicos, nectónicos, bentónicos) y la distribución ambiental (litoral, nerítico, batial, abisal). La clasificación taxonómica que se basa en las similitudes morfológicas y evolutivas y en las relaciones genéticas es más adecuada para el reconocimiento y evolución de la zonación bioestratigráfica. Carlos Linneo en 1735, agrupó los organismos dentro de una jerarquía de diferentes categorías teniendo en cuenta el número de características distintivas en común. Los organismos en la categoría más baja tienen el mayor número de características comunes; y los de las categorías mayores tienen pocas características comunes.

Los fósiles de flora y fauna que se ubican en 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).

2.2.13. Dispersión de Organismos

Los factores que afectan la dispersión de los organismos y plantas terrestres son diferentes a los que controlan la dispersión de los organismos marinos. Igualmente, la distribución de los organismos invertebrados marinos es controlada por factores diferentes a los que controlan la distribución de los grupos vertebrados marinos (Boggs, 1995).

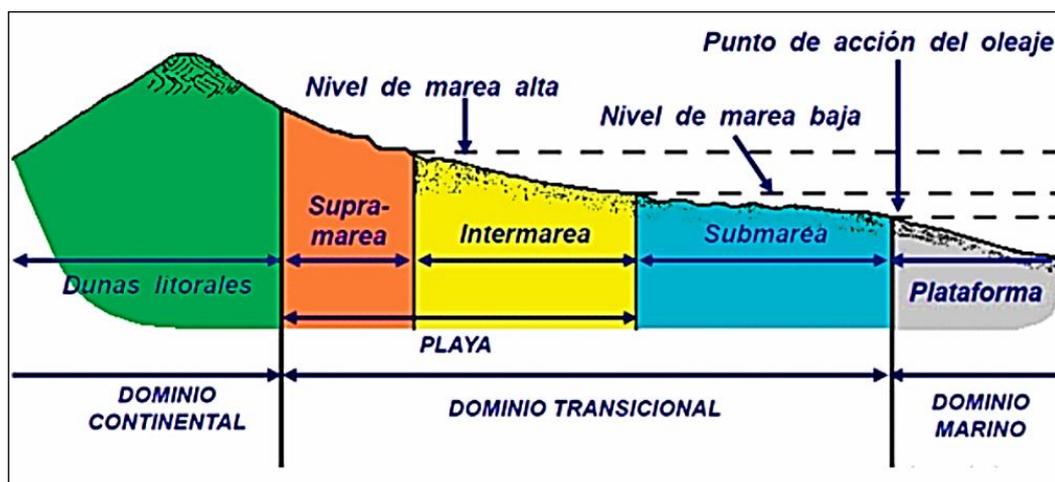


Figura 13. Dominio continental, transicional y marítimo.
Fuente: Boggs, (1995).

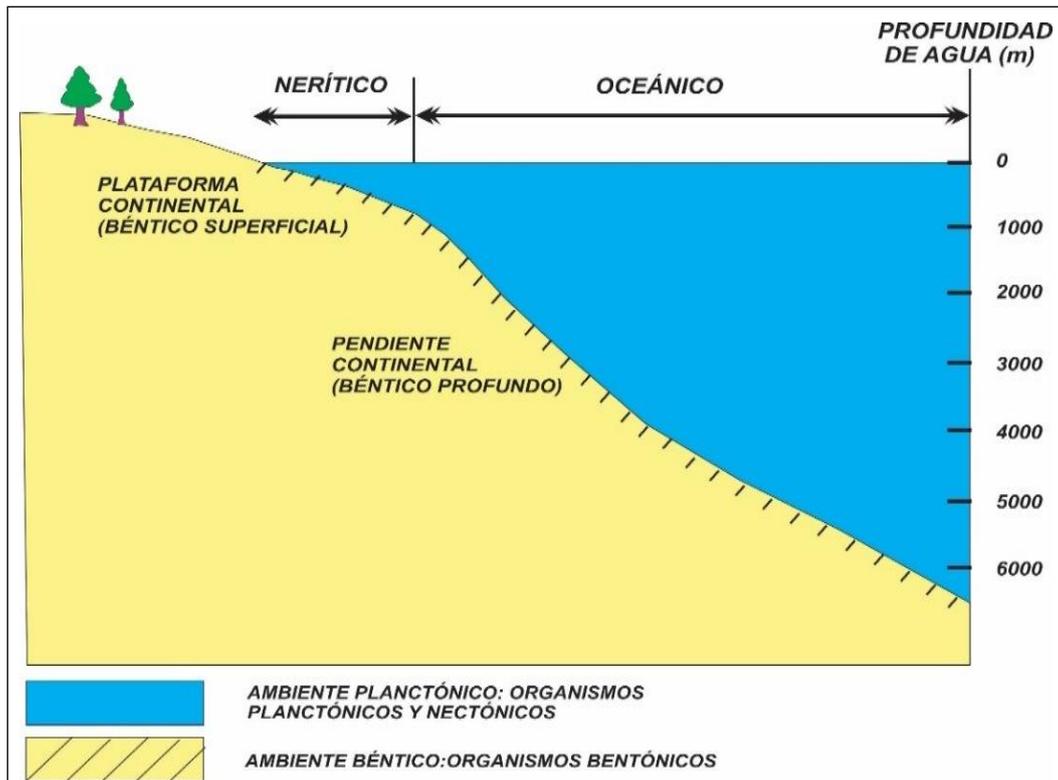


Figura 14. Subdivisiones del ambiente marino: dominios pelágicos y bénticos.
Fuente: Boggs, (1995).

2.2.14. Sistemática o Taxonomía

Es la clasificación de los fósiles, según el sistema de Carlos Linneo. Se tienen los siguientes taxones: (Benavides, 1956).

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.

2.2.14.1. Phíllum 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 Phíllum 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 Phíllum Mollusca se divide en ocho clases con representantes actuales y dos exclusivamente fósiles que son:

a. 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).

b. 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 amonites como representantes más característicos (Martinell, 1996).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Litología. La litología se dedica al estudio de las propiedades químicas y físicas de las rocas, teniendo en cuenta las características de sus partículas. De acuerdo a la litología, es posible entre varios tipos de rocas (Vera, 1994).

Textura. La textura de una roca es el conjunto de relaciones espaciales intergranulares y de características morfológicas (tamaño y forma) de los componentes principalmente granos y/o agregados de minerales. Describe las relaciones entre los componentes que constituyen las rocas. Por lo tanto, la textura es determinado por la forma de los componentes de los minerales y por las relaciones geométricas entre ellos (Navarrete, 2014).

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).

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).

Litoestratigráfica. Parte de la estratigrafía que trata de la descripción y nomenclatura de las rocas de la Tierra, basándose en su litología y sus relaciones estratigráficas (Reguant, 2001). Litología: Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas (Dávila, 2011).

Marga. Es una roca calcárea compuesta por minerales de calcita, CaCO_3 y arcilla en un porcentaje de aproximadamente 78% de calcita y 22% de arcilla. Los 28 ambientes de formación de las margas son los mares intermedios o de profundidad intermedia o nerítica (Dávila, 2011).

Unidades Litoestratigráficas. Son un conjunto de estratos en los que predomina una determinada litología o una determinada combinación, que se diferencia de las adyacentes. Son el resultado de una observación directa y no son objetos de una interpretación. Se puede tener en cuenta el contenido fósil, pero no como un criterio para la clasificación del estrato. Los límites de una unidad litoestratigráfica deben tomarse en zonas donde haya un límite o cambio en la litología o del rasgo que define la unidad (Navarrete, 2014).

Unidades Cronoestratigráficas. Son aquellas unidades constituidas por el volumen de estratos diferenciados por su edad, es decir, que se refieren a los estratos formados durante un tiempo determinado (Reguant, 2001).

Ambiente de Deposición. Es un punto geográfico donde se acumulan los sedimentos. Los materiales son transportados a grandes distancias de su origen por una combinación de gravedad, agua viento y hielo (Navarrete, 2014).

Ambientes Óxicos. Un ambiente óxido 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 (Navarrete, 2014).

Fósil. Resto biológico, de procedencia animal, vegetal o de microorganismos. Se incluyen las huellas, huevos o desechos corporales, que ha sido preservado durante el tiempo geológico. Algunos están bien conservados. Sirven de evidencia de la existencia de la vida pasada (Navarrete, 2014).

Fósiles Marcadores. Tienen una corta distribución vertical y una larga distribución horizontal (Vera, 1968).

Secuencia Estratigráfica. La secuencia estratigráfica está constituida por un grupo de rocas que se caracterizan por presentar forma tabular y que se rigen bajo la ley de la superposición (Vera, 1994).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El lugar de la investigación se encuentra ubicado en la Provincia de Celendín en la localidad de Chiclamachay.

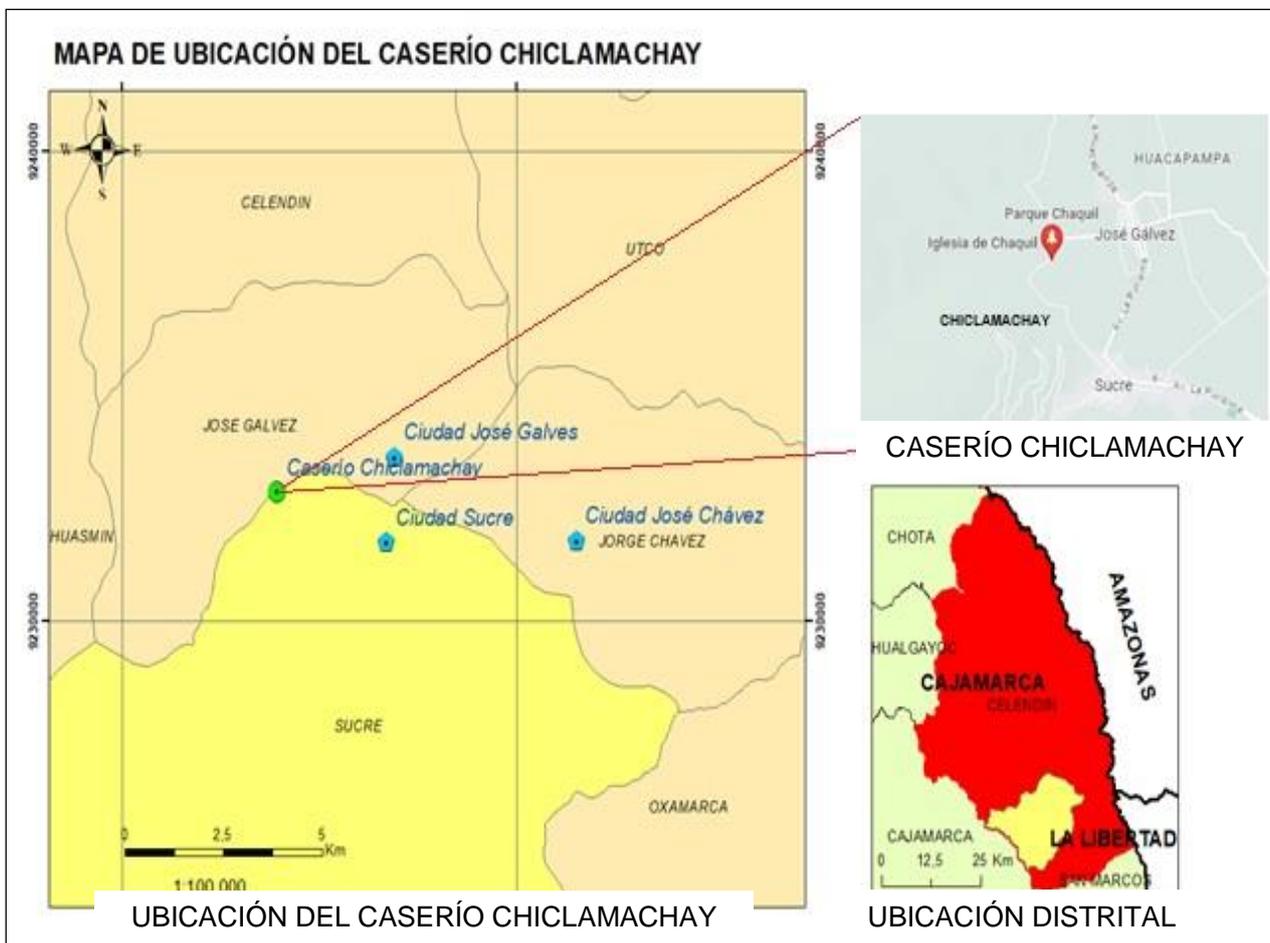


Figura 15. Ubicación del Caserío Chiclamachay.

(Ver completo en Anexo 04)

3.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder al lugar donde se encuentra los afloramientos de la Formación Yumagual se llega de la siguiente manera: (Ver Figura 16).

Tabla 4. Accesibilidad al Caserío Chiclamachay

TRAMO	TIPO	TIEMPO (hrs)
Cajamarca- Celendín	Asfaltado	2.5
Celendín- Sucre	Afirmado	0.3
Sucre- Chiclamachay	Herradura	0.3

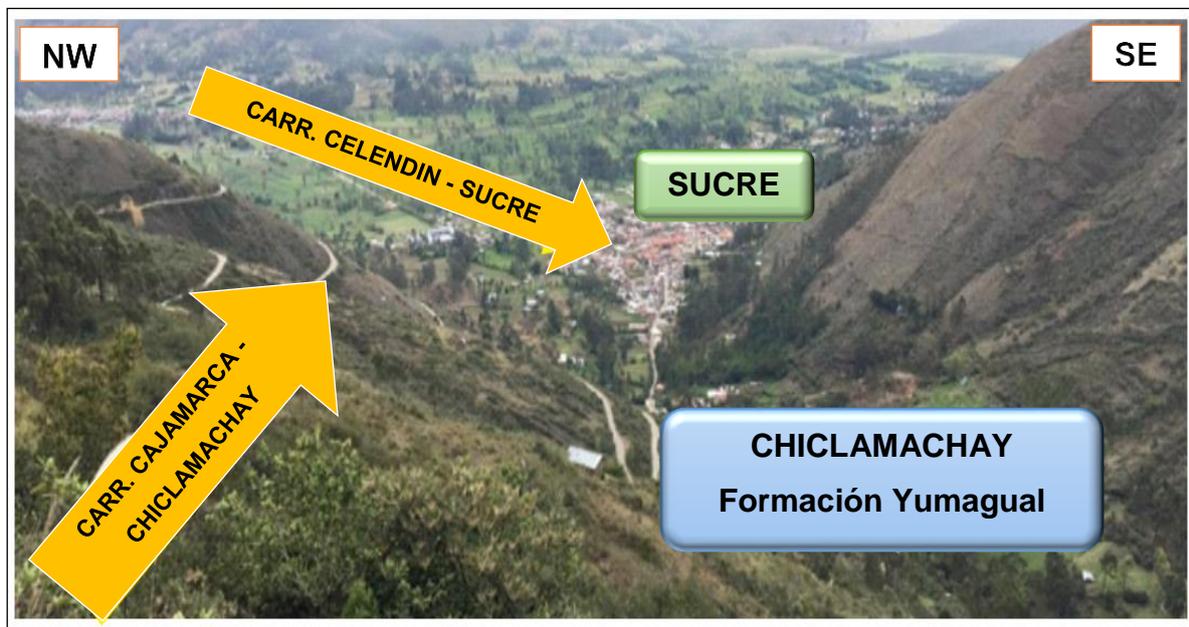


Figura 16. Principales vías de acceso al Caserío de Chiclamachay.

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

Dentro de la localidad de Chiclamachay afloran secuencias sedimentarias del cretácico inferior al reciente. Las secuencias sedimentarias están formando el flanco oriental del Sinclinal de Huauco y que posee una orientación del NW al SE. Los estratos presentan buzamiento promedio de 30° al SW. (Ver anexo 02).

3.3.1. Formación Pariatambo (Ki-pa)

Formación que infrayace a la unidad en estudio, conformada por una alternancia de arcillitas con delgados estratos de calizas bituminosas, la característica más importante para reconocerla es el olor fétido que desprende las calizas al golpe del martillo del geólogo, los estratos poseen una disposición estrato creciente y el fósil marcador de esta unidad.

3.3.2. Grupo Pulluicana (Ks-p)

3.3.2.1. Formación Yumagual (Ks-yu)

Consta de calizas masivas con algunos nódulos y calizas margosas, son de grano fino, medio y grueso de color gris claro a gris amarillento. Presentan venillas de calcita y aragonito. Se intercalan bancos calcáreos con abundantes fósiles. En la parte media de la secuencia se presenta una sucesión de limolitas de color amarillento, rocas de baja densidad y con algunos fósiles.

3.3.3. Grupo Quilquiñán - Mujarrum (Ks-qm)

Suprayace a la formación Yumagual, conformada de una secuencia de calizas nodulares macizas, intercalaciones de margas, seguido de lechos de calizas nodulares con margas pardas- amarillentas fosilíferas, y hacia el techo calizas claras con arcillitas arenosas y margas delgadas con fósiles.

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación

Tipo de Investigación: Descriptiva, ya que se describen aspectos principales como la litología, cambios de facies, la ubicación, la medición de estratos y posición de las secuencias bioestratigráficas, mediante la observación directa en campo.

Nivel de Investigación: Explicativa, porque nos permite precisar cómo ocurrieron los eventos del pasado y en qué condiciones se formaron aquellas características encontradas en la unidad de estudio.

Diseño de Investigación: Documental, porque se realizó a través de la consulta de documentos (libros, revistas, publicaciones).

Método de Investigación: Cualitativa, porque implica la recopilación de datos no numéricos para comprender conceptos como las estructuras y características encontradas en los estratos a lo largo de toda la Formación.

Tabla 5. Metodología de la investigación.

Clasificación	Tipos de Investigación
Según el nivel	Descriptiva / Explicativa
Según el diseño	Documental
Según su naturaleza o modo	Cualitativa
Según la finalidad	Aplicativa
Según el período	Transversal en el tiempo

Fuente: Modificado de Supo, (2016).

3.4.2 Población de Estudio

Los afloramientos de la Formación Yumagual ubicados en el Caserío Chiclamachay, aproximadamente 30 Km².

3.4.3 Muestras

El espesor de los estratos, las facies litológicas y las estructuras sedimentarias pertenecientes a la Formación Yumagual.

3.4.4 Unidad de Análisis

Los estratos de la Formación Yumagual.

3.4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.5.1 Técnicas

La investigación se realizó en tres etapas: La primera etapa consistió en la recopilación de los estudios existentes de la zona de estudio; adquisición de mapas geológicos realizados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico. La segunda etapa consistió en cuatro visitas a campo, en las cuales se hizo la recolección de datos (medida de los estratos, identificación de estructuras sedimentarias, recolección de muestras de rocas y fósiles), el levantamiento preliminar de columnas estratigráficas denominadas: Loma del Indio (A), Chiclamachay (B), Coricuingue (C) y Huauco (D), elaborando así un diagrama estratigráfico para una mejor interpretación. En la tercera y última etapa se refirió al procesamiento de datos, la elaboración de la columna estratigráfica general y representativa del caserío Chiclamachay y la elaboración del informe final, así mismo con la descripción macroscópica de las muestras de rocas y la descripción paleontológica de los especímenes fosilíferos

Análisis Documental. Recopilación de información concerniente y relacionada directamente con la Formación Yumagual en la región Cajamarca.

Cartografiado Geológico. Se ha efectuado por la ubicación y contactos de las estructuras y tipo de litología.

Tomas Fotográficas. Se ha tomado fotografías para una mejor descripción y análisis correspondiente.

Muestreo Litológico. Se realizó la descripción macroscópica de la litología de la Formación Yumagual.

Elaboración de Planos y La Columna Estratigráfica. Se realizó la elaboración de los diversos planos y la columna estratigráfica de la Formación Yumagual en el caserío Chiclamachay mediante los softwares ArcGIS v 10.5 y AutoCAD v. 2021, respectivamente.

3.4.5.2 Instrumentos y Equipos

a. GPS Navegatorio: Es un sistema de navegación basado en 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo), en órbita sobre el planeta tierra que envía información sobre la posición de una persona u objeto en cualquier horario y condiciones climáticas.

b. Google Earth: Es un sistema de información geográfica que permite visualizar la topografía en base a imágenes satelitales y de este modo elaborar mapas temáticos

c. Brújula Brunton: Instrumento que nos ayuda a obtener la dirección de estructuras geológicas consistentes en rumbos y buzamientos de los estratos, fallas y dirección del flujo en las rocas volcánicas y sedimentarias.

d. Picota de Geólogo: Se utiliza para obtener una superficie fresca de una roca con el fin de determinar su composición, su naturaleza, la mineralogía.

e. Protáctor a Escala 1/10000: Importante para determinar la relación de unidades de medida en campo con respecto a los planos.

f. Wincha de 10 y 50 m: Cinta métrica flexible, enrollada dentro de una caja de plástico o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado y en pulgadas en el otro lado.

g. Flexómetro: Para hacer la medición de los estratos aflorantes de forma directa e in situ.

h. Libreta de Campo: Es una herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando se ejecutan trabajos de campo.

i. Cámara Fotográfica Digital: Usado para tomar fotos, y de este modo, evidencia de las estructuras estudiadas.

j. Fichas y Formatos: Los cuales se han usado para hacer la descripción macroscópica tanto de las muestras de roca como de los especímenes fosilíferos.

k. Lápiz y Colores: Usados para la representación inicial de las mediciones y datos recolectados en campo.

l. Laptop: Usada para la digitalización y la edición de los planos temáticos de la investigación.

m. Planos: Son la representación gráfica de todos los atributos presentes en un determinado lugar que se desee plasmar en un papel.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. GRUPO PULLUICANA

4.1.1 Formación Yumagual

La Formación Yumagual se encuentra aflorando en una gran extensión, abarcando alrededor del 60%. A diferencia de las demás unidades, está afectada por una serie de pliegues como sinclinales y anticlinales. Suprayace concordantemente a la Formación Pariatambo e infrayace con la misma relación al Grupo Quilquiñán- Mujarrún. Posee una edad del Albiano superior y Cenomaniano inferior (Reyes, 1980).

Litológicamente está conformada por una alternancia de calizas, margas y arcillitas calcáreas. Esta Formación muestra tres miembros bien definidos denominados como: Miembro Inferior (MI), Miembro Medio (MM) y Miembro Superior (MS). (Ver Figura 17).

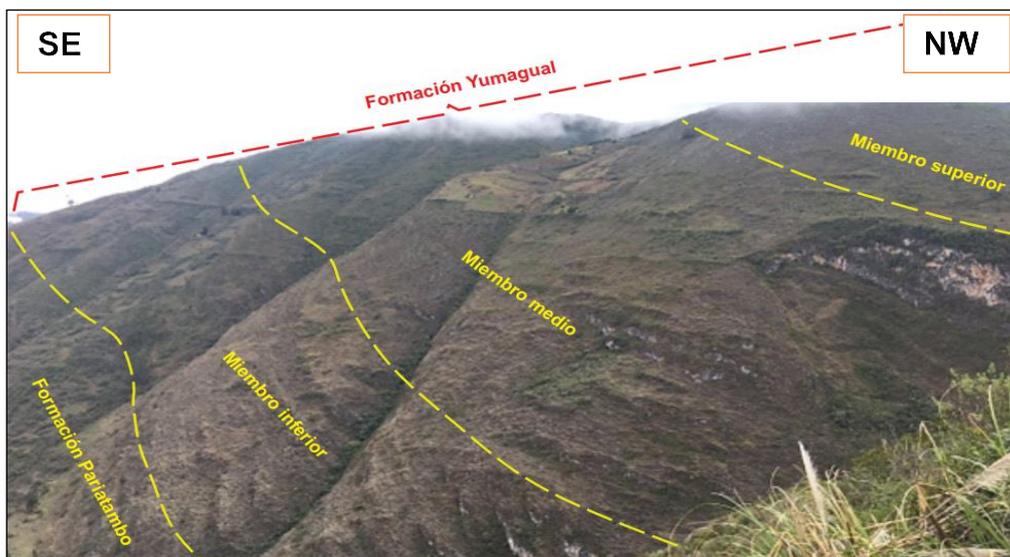


Figura 17. La Formación Yumagual y los tres miembros.

4.1.1.1. Miembro Inferior (MI)

Está compuesta por calizas wackstone y packstone, en la base los estratos poseen de 0.5 a 1.0 m de espesor. Por constituir el paso transicional de la Formación Pariatambo, poseen casi las mismas características que son: el olor fétido leve de las calizas, los estratos tabulares y la presencia del fósil oxitropidoceras. Hacia la parte superior se observa que los estratos aumentan su espesor constituyendo una secuencia estrato creciente.

4.1.1.2. Miembro Medio (MM)

El miembro medio está conformado por calizas macizas, los estratos con espesores de 0.5 hasta 3.0 metros y que se muestra muy notorio a escala regional. Las calizas son de coloración gris marrones a gris amarillentas. Texturalmente se clasifican como mudstone, wackstone y packstone. Los estratos son medianos y evolucionan a estratos gruesos hacia el contacto con el MS, formando una secuencia estrato creciente. Este Miembro posee estratos irregulares que muestran acuñamiento.

4.1.1.3. Miembro Superior (MS)

El miembro superior (MS) está constituido por alternancia de calizas en estratos medianos a delgados de coloración gris marrones con calizas arcillíticas y margas. Hacia la parte inferior de este MS se observa el nivel de limoarcillitas calcáreas muy fosilífero. Esta secuencia es de carácter regional pues se puede observar también en la zona de Cajamarca. Hacia la parte superior se observan calizas de textura wackstone de coloración gris oscuras, mostrando una secuencia estrato decreciente para entrar en forma transicional al Grupo Quilquiñán- Mujarrúm.

4.2. ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL

4.2.1. Miembro Inferior (MI)

Consiste en una secuencia de calizas, arcillitas calcáreas, de coloración gris amarillentas, dispuestas en estratos medianos a gruesos. Está compuesta por calizas wackstone en la base, con alguna alternancia de margas de color gris amarillentas a gris claras. (Ver Figuras 18,19 y 20).

4.2.1.1. Características Estratigráficas

Posee estratos medianos en la base y que evolucionan a gruesos hacia la parte superior. Con secuencia estrato creciente.

4.2.1.2. Estructuras Sedimentarias

Gradación

Estratificación Planar

Estratificación Ondulada

Estratos con Muro Erosivo



Figura 18. Estratificación Paralela, con buzamiento de 35° SW, en el Miembro Inferior (MI).



Figura 19. Calizas con alternancia de margas gris amarillentas, en estratos ondulados, formando una secuencia inversa, en el Miembro inferior (MI).



Figura 20. Estratificación Irregular, con muro erosivo, que se observa en el Miembro inferior (MI).

4.2.2. Miembro Medio (MM)

Consiste en una alternancia de calizas, arcillitas calcáreas, de coloración gris amarillentas, dispuestas en estratos gruesos. Se muestran a manera de farallones y muy resistentes a la erosión. Está compuesta por calizas mudstone, wackstone y packstone. (Ver Figuras 21 al 25).

4.2.2.1. Características Estratigráficas

Posee estratos medianos en la base que evolucionan a estratos gruesos hacia la parte superior. Los estratos poseen contactos rectos y acuñamientos en el sector Huaco, con una secuencia estrato creciente.

4.2.2.2. Estructuras Sedimentarias

Nódulos calcáreos

Acuñamientos de los estratos

Estratificación Planar

Gradación

Vetillas y recristalización de calcita.

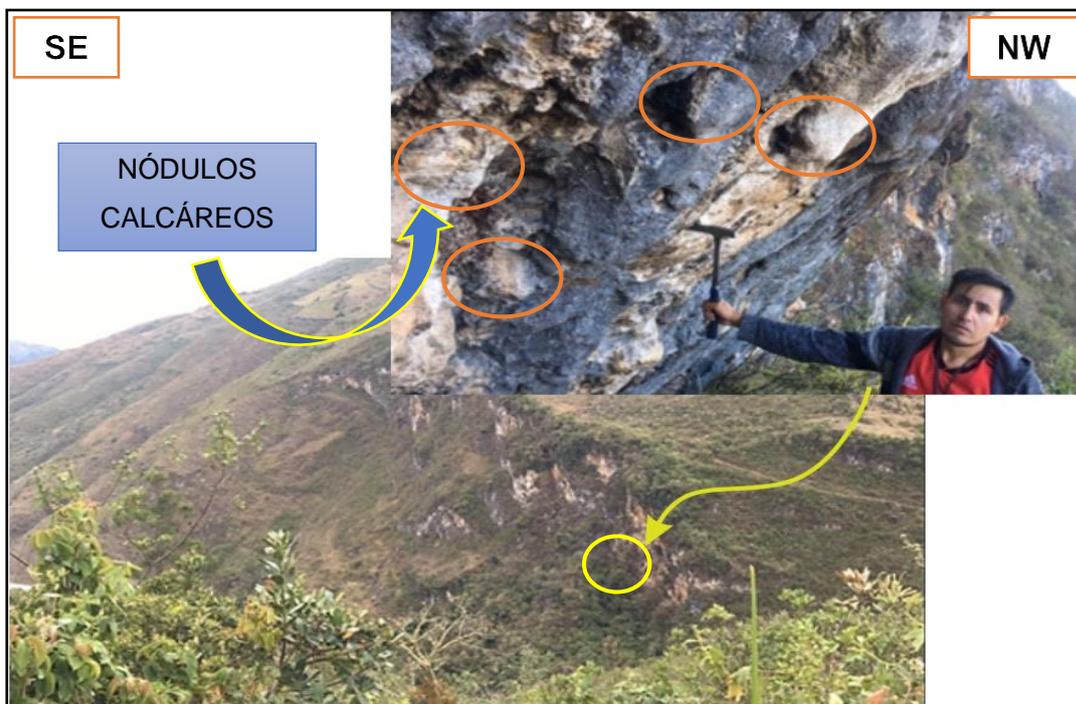


Figura 21. Nódulos Calcáreos formando parte de las Estructuras Sedimentarias en el Miembro Medio (MM).



Figura 232. Acuñaientos en los estratos del Miembro Medio (MM) en el sector Huauco – Coricuingue.

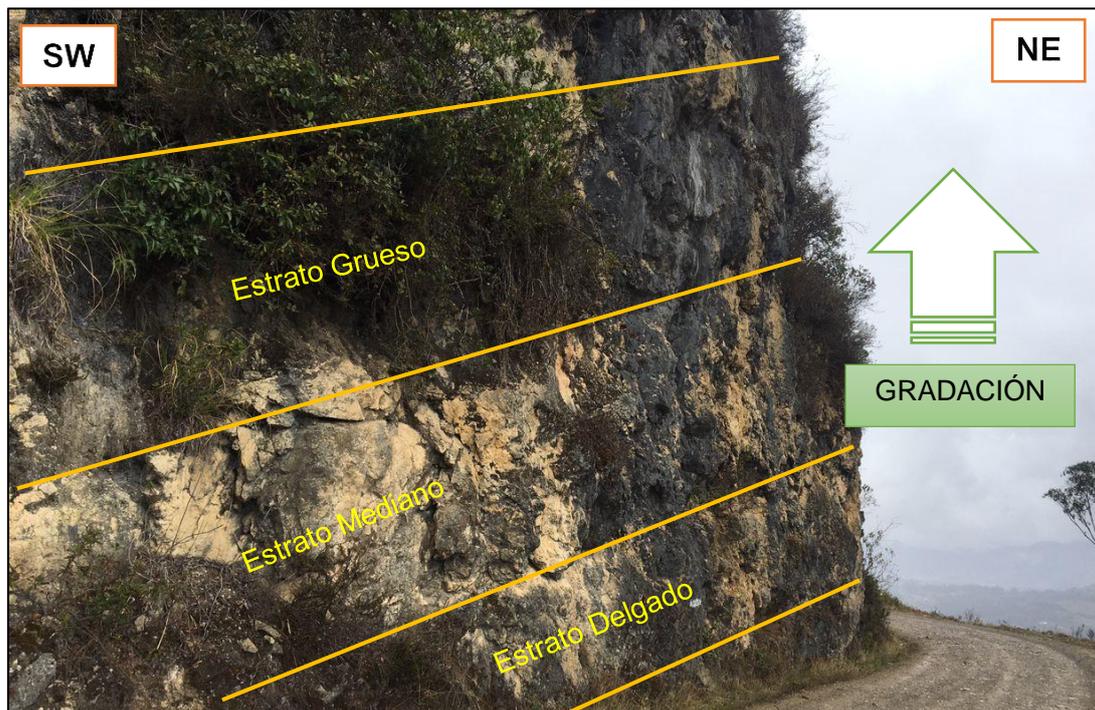


Figura 223. Estratos de contacto recto con secuencia inversa en el Miembro Medio (MM).



Figura 24. Estratos gruesos con espesor de hasta 3m, en el Miembro Medio (MM).



Figura 25. Venillas de calcita siendo parte de las Estructuras Post – sedimentarias en el Miembro Medio (MM) de la Formación Yumagual.

4.2.3. Miembro Superior (MS)

Está constituido por estratos medianos a delgados de calizas wackstone, e intercalación de arcillitas calcáreas.

En la parte inferior de este miembro aparece una secuencia de arcillitas calcáreas gris amarillentas, en un nivel notorio de carácter regional, dispuestas en estratos delgados y muy fosilíferos. Poseen un contacto recto y son muy deleznable. (Ver Figuras 26 al 30)

4.2.3.1. Características Estratigráficas

Posee estratos medianos que decrecen a estratos delgados hacia la transición con el Grupo Quilquiñan y Mujarrum, adquiriendo una secuencia estrato decreciente.

4.2.3.2. Estructuras Sedimentarias

Estratificación Planar

Laminación Interna

Nódulos Calcáreos

Fragmentos de Fósiles

Recristalización de Calcita y Aragonito

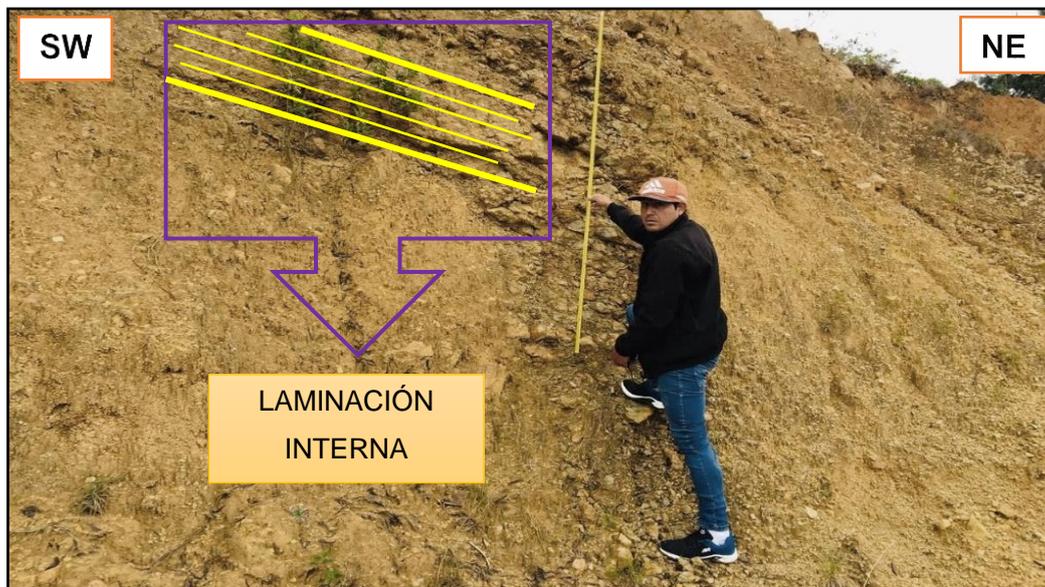


Figura 26. Laminación Interna en los estratos del Nivel Limoarcillítico dentro del Miembro Superior (MS).

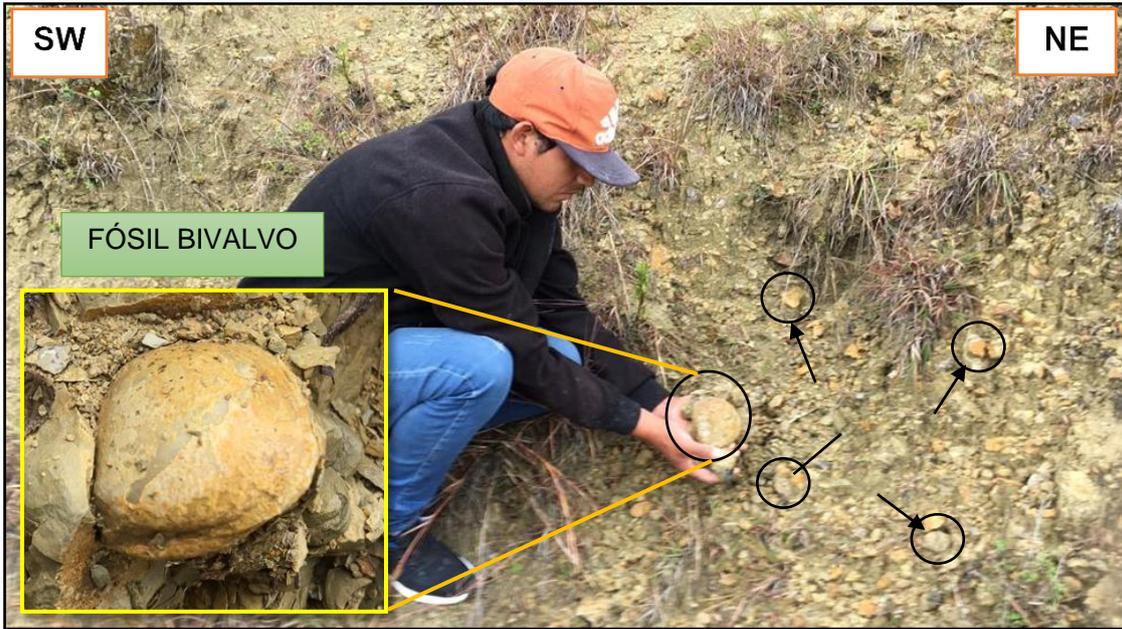


Figura 27. Fósiles in situ en el Nivel Limoarcillítico Calcáreo dentro del Miembro Superior (MS).

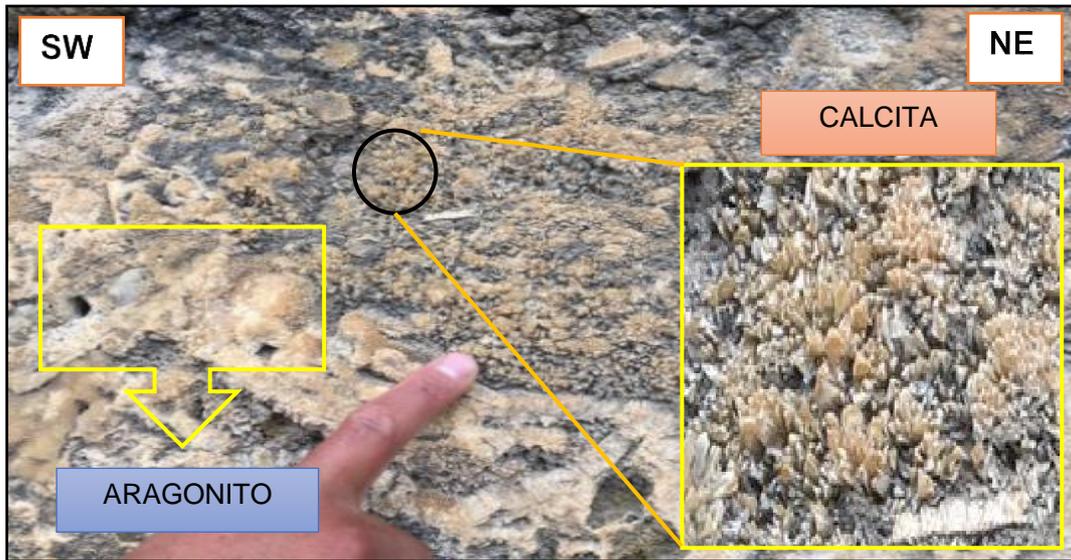


Figura 28. Recristalización de calcita y aragonito dentro del Miembro superior (MS).

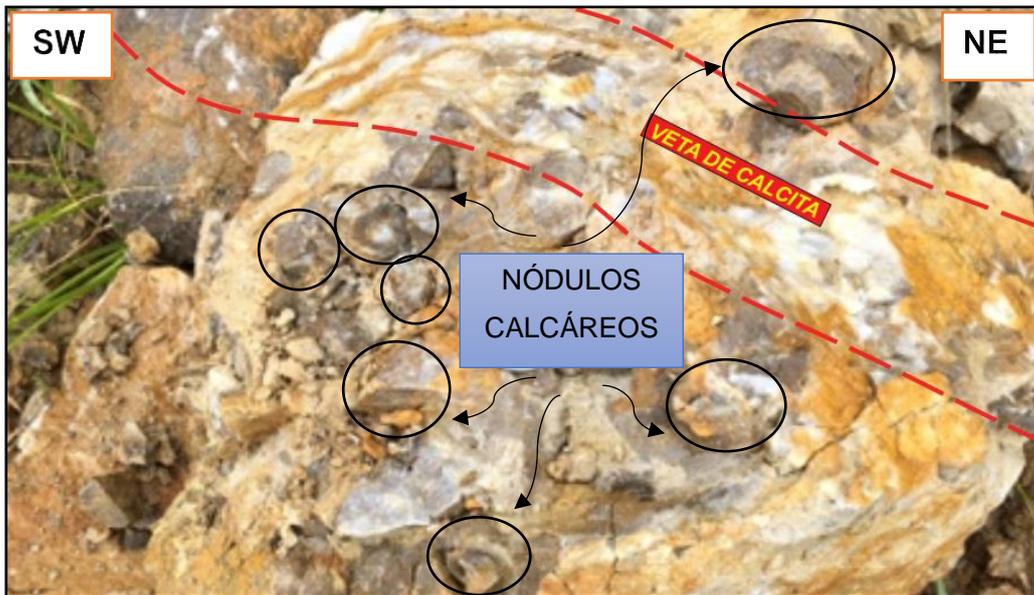


Figura 29. Nódulos Calcáreos en el Miembro superior (MS).



Figura 30. Fragmentos de fósiles en el Miembro superior (MS).

4.3. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS MUESTRAS DE ROCA

Se ha recolectado 05 muestras de rocas calizas para el estudio macroscópico, cuyas coordenadas se muestran a continuación:

Tabla 6. Ubicación de las muestras de calizas para estudio macroscópico.

Muestra N°	Código	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
01	CAB-01	9231935	814469
02	CAB-02	9232980	814488
03	CAB-03	9232086	815231
04	CAB-04	9232100	816100
05	CAB-05	9230144	815187

El estudio macroscópico de las muestras de rocas caliza se realizó siguiendo la técnica propuesta por Folk, (1962).

Primeramente, se realizó una limpieza de la muestra con agua.

Seguidamente, se sumergió a la muestra en ácido clorhídrico (HCl) diluido durante 15 minutos, para eliminar todo elemento de la superficie de la muestra. Luego, se procedió al estudio macroscópico según formato tomado de Arapa, (2019): Se inició describiendo las propiedades físicas, químicas y texturales, seguidamente, se procedió a conocer la efervescencia ante el ácido clorhídrico, posterior a esto y de acuerdo al tipo de muestra de roca, se clasificó según Correns, (2002); Folk, (1962) y Dunham, (1962). Finalmente se realizó unas apreciaciones complementarias. (Ver Tablas 7 al 11).

Tabla 7. Descripción macroscópica de la muestra CAB- 01.

Descripción macroscópica			
Muestra	CAB- 01	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	814469
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9231935
Edad	Cretácico Superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Color roca fresca	Gris amarillento		
Color por intemperización	Gris blanquecino		
Dureza	Baja		
Peso específico	Bajo		
Efervescencia al HCl	Sí		
Presencia de fósiles	Sí (fragmentos)		
Clasificación			
Según Correns, (2002)	Caliza Margosa		
Comentarios:			
Roca con presencia de arcilla (25%), abundante presencia de restos fósiles.			
			
Caliza Margosa			

Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).

Tabla 8. Descripción macroscópica de la muestra CAB-02.

Descripción macroscópica			
Muestra	CAB- 02	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	814488
Miembro	Miembro Medio (MM)	Norte	9232980
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Color roca fresca	Gris oscuro		
Color por intemperización	Gris claro – amarillento		
Dureza	Alta		
Peso específico	Medio		
Efervescencia al HCl	Alta		
Presencia de fósiles	Sí		
Clasificación			
Según Dunham, (1962)	Caliza Mudstone (Esqueleto matriz-soportado)		
Comentarios:			
De componente micrítico, < 10% de granos, baja presencia de restos fósiles.			
			
Caliza Mudstone			

Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).

Tabla 9. Descripción macroscópica de la muestra CAB-03.

Descripción macroscópica			
Muestra	CAB- 03	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815231
Miembro	Miembro Medio (MM)	Norte	9232086
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Color roca fresca	Gris oscuro		
Color por intemperización	Gris marrón		
Dureza	Alta		
Peso específico	Medio		
Efervescencia al HCl	Alta		
Presencia de fósiles	Sí		
Clasificación			
Según Folk, (1962)	Caliza tipo II (microcristalina aloquímica)		
Según Dunham, (1962)	Packstone (esqueleto grano - soportado)		
Comentarios:			
Presencia de intraclastos y fragmentos de fósiles.			
			
Caliza Packstone			

Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).

Tabla 10. Descripción macroscópica de la muestra CAB-04.

Descripción macroscópica			
Muestra	CAB- 04	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	816100
Miembro	Miembro Inferior (MI)	Norte	9232100
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Color roca fresca	Gris oscuro		
Color por intemperización	Gris marrón		
Dureza	Alta		
Peso específico	Medio		
Efervescencia al HCl	Alta		
Presencia de fósiles	Sí		
Clasificación			
Según Dunham, (1962)	Wackstone (esqueleto matriz – soportado)		
Comentarios:			
Presencia de intraclastos, > 10% de granos, ligera presencia de restos fósiles.			
			
Caliza Wackstone			

Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).

Tabla 11. Descripción macroscópica de la muestra CAB-05.

Descripción macroscópica			
Muestra	CAB- 05	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815187
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9230144
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Color roca fresca	Gris marrón		
Color por intemperización	Gris anaranjado		
Dureza	Media		
Peso específico	Medio		
Efervescencia al HCl	Alta		
Presencia de fósiles	Si		
Clasificación			
Según Correns, (2002)	Caliza Margosa		
Comentarios:			
Roca con presencia de fragmentos de fósiles y contenido de arcilla (20%).			
			
Caliza Margosa			

Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).

4.4 DESCRIPCIÓN PALEONTOLÓGICA DE LOS ESPECÍMENES FOSILÍFEROS

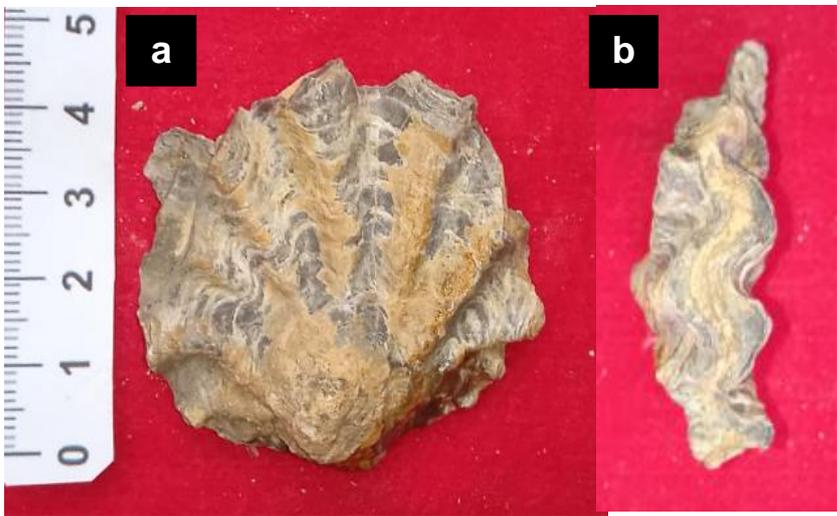
Los especímenes fosilíferos identificados y recolectados in situ fueron cuidadosamente embolsados y codificados para su análisis en gabinete. La ubicación de cada fósil encontrado en campo se detalla a continuación:

Tabla 12. Ubicación de los fósiles recolectados para su estudio paleontológico.

Maestra N°	Código	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
01	FCAB-01	9232492	813996
02	FCAB-02	9232216	813965
03	FCAB-03	9231799	814868
04	FCAB-04	9231860	815090
05	FCAB-05	9231174	814586
06	FCAB-06	9230725	814680
07	FCAB-07	9230497	815568
08	FCAB-08	9230152	815300
09	FCAB-09	9230106	815155

Para el estudio paleontológico de los especímenes fosilíferos se ha utilizado la Clasificación Sistemática o taxonomía según Carlos Linneo y Benavides, (1956). Donde se detallan 07 categorías principales desde reino hasta especie, además se describen atributos como las dimensiones del fósil y su conservación actual. A continuación la descripción paleontológica de cada uno de los especímenes fosilíferos. (Ver Tablas 13 al 21).

Tabla 13. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-01.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-01	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	813996
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9232492
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Ostreoida		
Familia	Ostreidae		
Genero	Ostrea		
Especie	Ostrea Scyphax		
Dimensiones:			
Largo	90 mm		
Ancho	60 mm		
Comentarios:			
Especimen bien conservado, molde interno, relleno de caliza.			
<p>a. Vista en planta, b. vista lateral</p> 			
Ostrea Scyphax			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 14. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-02.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-02	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	813965
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9232216
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Gasteropoda		
Orden	Caenogastropoda		
Familia	Naticidae		
Genero	Natica		
Especie	Natica sp		
Dimensiones:			
Largo	70 mm		
Ancho	30 mm		
Comentarios:			
Fósiles moderadamente conservados, moldes internos, relleno de caliza.			
a. Vista en planta 1, b. vista en planta 2			
			
Natica sp			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 15. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-03.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-03	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	814868
Miembro	Miembro Medio (MM)	Norte	9231799
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Nuculida		
Familia	Nuculidae		
Genero	Núcula		
Especie	Pectinata		
Dimensiones:			
Largo	60 mm		
Ancho	15 mm		
Comentarios:			
Fósil bien conservado, molde interno, relleno de caliza.			
a. Vista en planta 1, b. vista en planta 2, c. vista lateral			
			
Pectinata			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 16. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-04.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-04	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815090
Miembro	Miembro Medio (MM)	Norte	9231860
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Nuculida		
Familia	Nuculidae		
Genero	Núcula		
Especie	Pectinata		
Dimensiones:			
Largo	40 mm y 20 mm		
Ancho	35 mm y 15 mm		
Comentarios:			
Fósiles pequeños moderadamente conservados, molde interno, relleno de caliza.			
<p>a. Vista en planta</p>  <p style="text-align: center;">Pectinata</p>			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 17. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-05.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-05	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	814586
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9231174
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Disodontida		
Familia	Gryphaeidae		
Genero	Exogira		
Especie	Exogira Mermeli		
Dimensiones:			
Largo	70 mm		
Ancho	50 mm		
Comentarios:			
Fósil bien conservado, molde interno, relleno de caliza			
<p>a. Vista en planta</p>  <p>The image shows a fossil specimen of Exogira Mermeli in plant view. The fossil is dark brown and yellowish, with a rough, irregular shape. It is placed on a red background. A white ruler with black markings is positioned below the fossil, showing a scale from 0 to 8 centimeters. A small black square with the letter 'a' is in the top left corner of the image.</p>			
Exogira Mermeli			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 18. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-06.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-06	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	814680
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9230725
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Ostreoida		
Familia	Ostreidae		
Genero	Ostrea		
Especie	Scypax		
Dimensiones:			
Largo	20 mm		
Ancho	20 mm		
Comentarios:			
Fósiles pequeños con ornamentación bien conservada, molde interno, relleno de caliza.			
a. Vista en planta			
			
Ostrea Scypax			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 19. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-07.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-07	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815568
Miembro	Miembro Medio (MM)	Norte	9230497
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Nuculida		
Familia	Nuculidae		
Genero	Núcula		
Especie	Pectinata		
Dimensiones:			
Largo	20 mm (promedio)		
Ancho	20 mm (promedio)		
Comentarios:			
Fósiles pequeños moderadamente conservados, molde interno, relleno de caliza.			
a. Vista en planta			
			
Pectinata			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 20. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-08.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-08	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815300
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9230152
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Ostreoida		
Familia	Veneroidae		
Genero	Ostreidae		
Especie	Lopha sp		
Dimensiones:			
Largo	30 mm		
Ancho	25 mm		
Comentarios:			
Fósil mal conservado, molde interno, relleno de caliza.			
<p>a. Vista en planta</p>  <p style="text-align: center;">Lopha sp</p>			

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

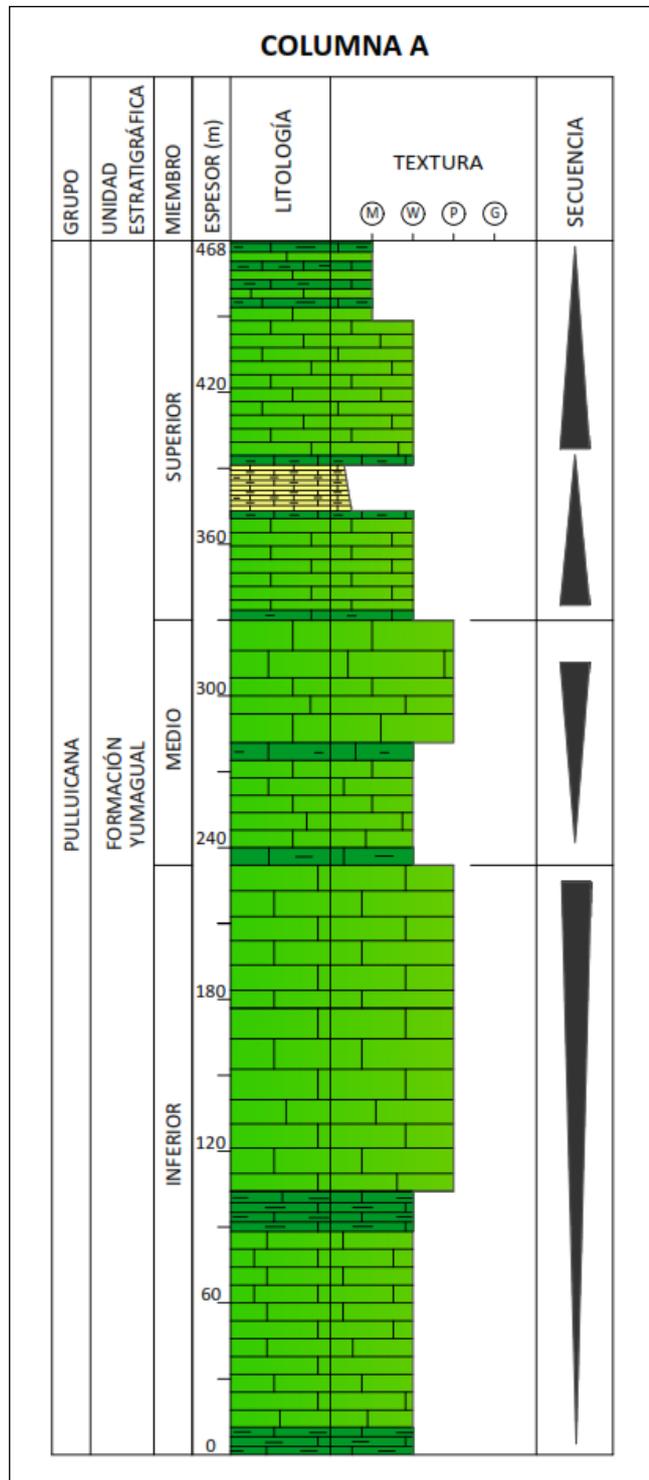
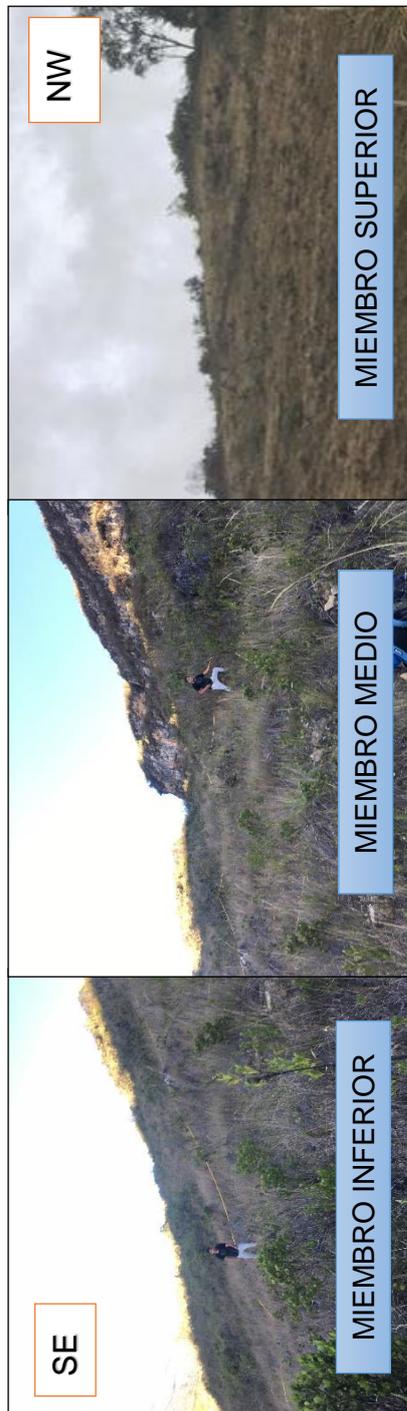
Tabla 21. Descripción del espécimen fosilífero FCAB-09.

Datos de Ubicación			
Muestra	FCAB-09	Coordenadas	
Unidad geológica	Formación Yumagual	Este	815155
Miembro	Miembro Superior (MS)	Norte	9230106
Edad	Cretácico superior		
Lugar	Caserío Chiclamachay		
Descripción Paleontológica			
Reino	Animalia		
Phylum	Mollusca		
Clase	Bivalvia		
Orden	Veneroidea		
Familia	Veneroidae		
Genero	Venus		
Especie	Venus sp		
Dimensiones:			
Largo	30 mm		
Ancho	20 mm		
Comentarios:			
Fósil con ornamentación mal conservada, molde interno, relleno de caliza.			
<p>a. Vista en planta</p>  <p style="text-align: center;">Venus sp</p>			

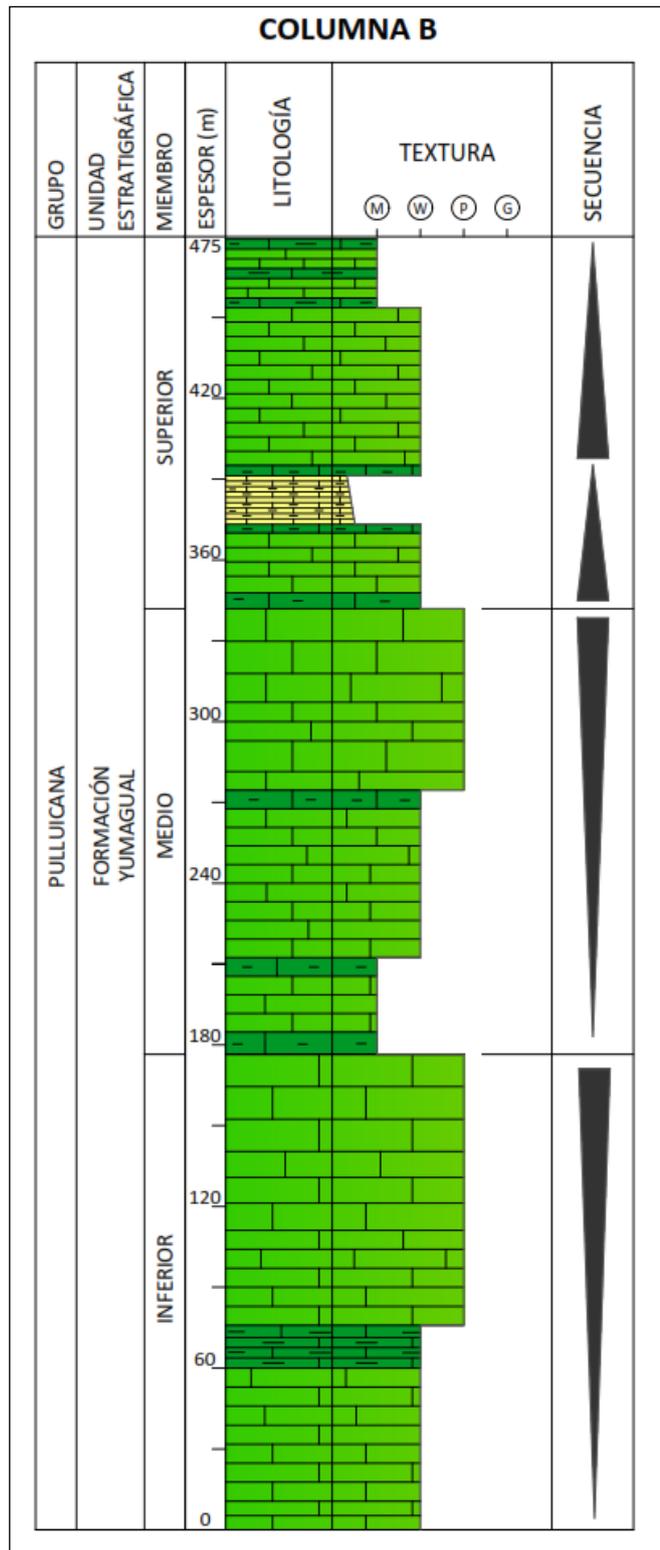
Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

4.5. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

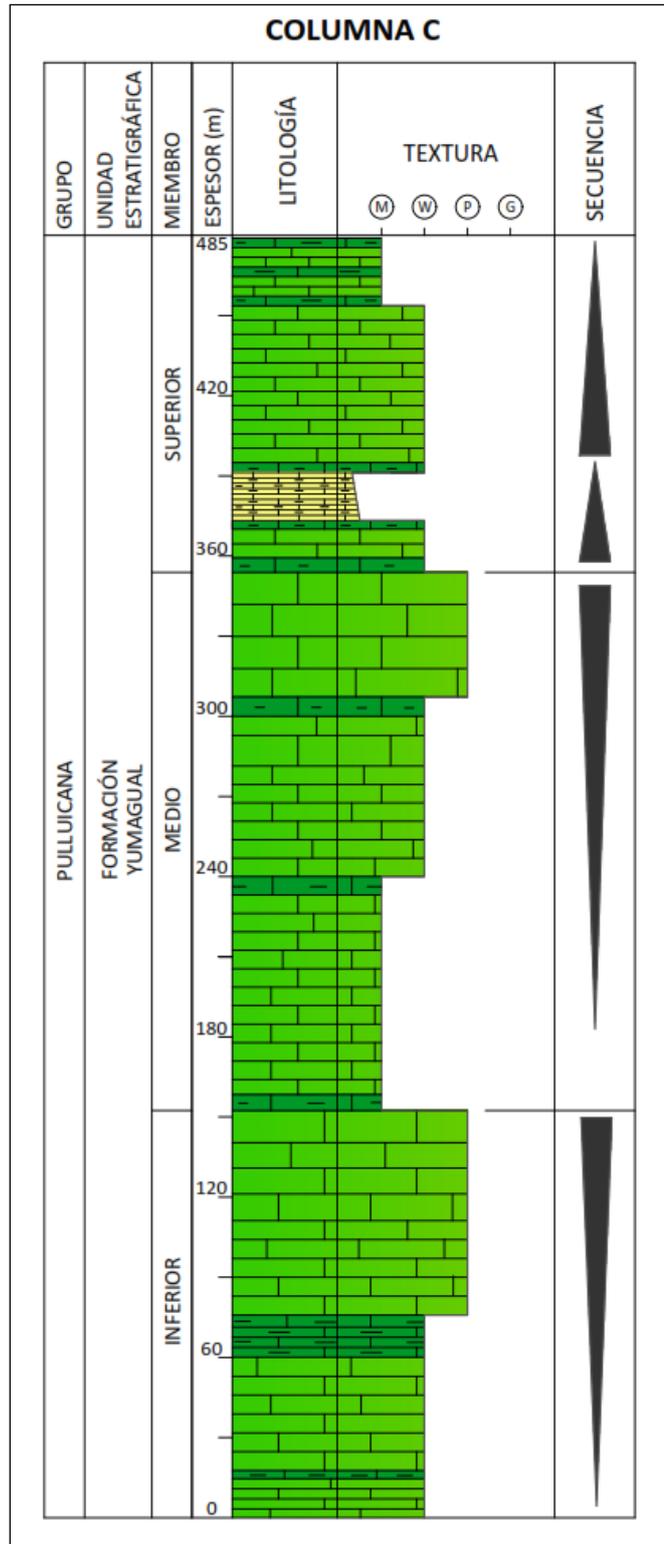
4.5.1. Loma del Indio (A)



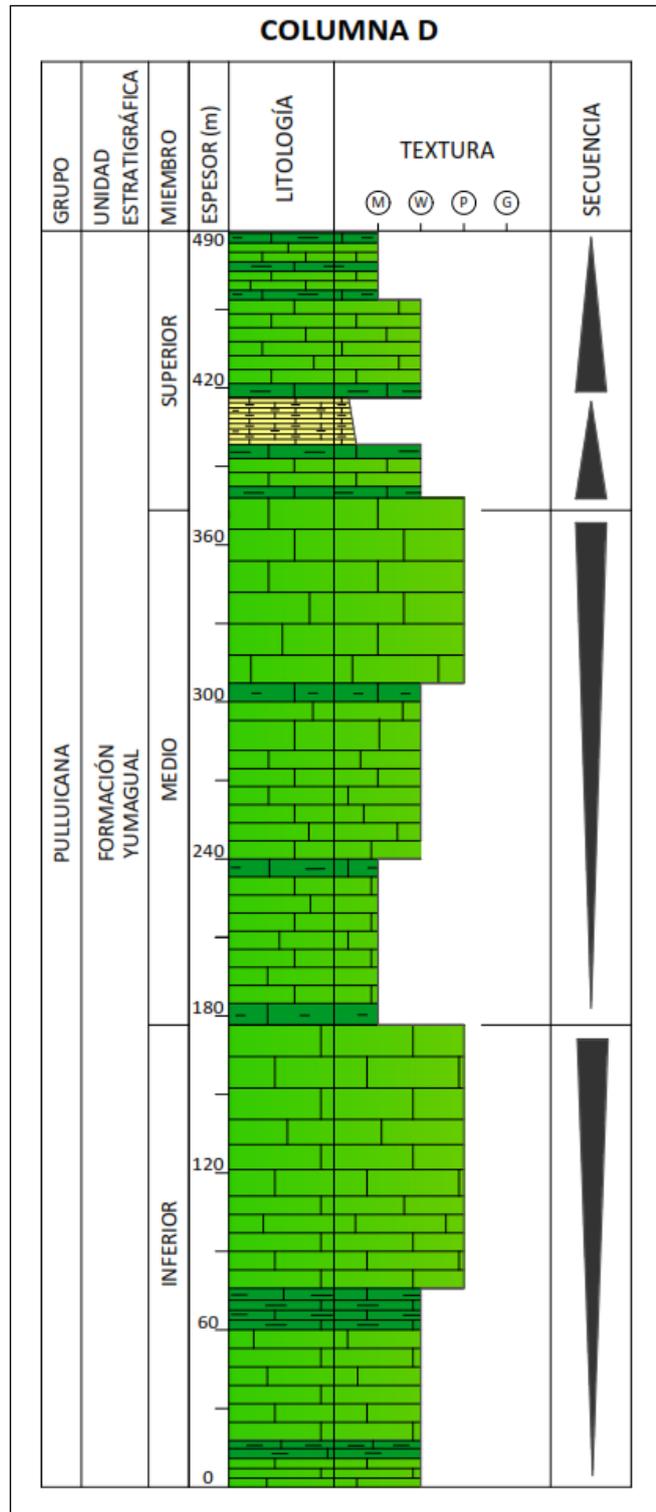
4.5.2. Chiclamachay (B)



4.5.3. Coricuingue (C)



4.5.4. Huauco (D)



4.6. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Como hipótesis mencionamos que las secuencias sedimentarias de la Formación Yumagual, en la localidad de Chiclamachay, se han depositado en un ambiente sedimentario marino de poca profundidad.

Con el desarrollo de la investigación que consistió en realizar la caracterización estratigráfica de la Formación Yumagual en el caserío de Chiclamachay, se determinan estructuras sedimentarias como: estratificación planar, ondulada e irregular, gradación de los estratos, formando secuencias directas e inversas, así como la interpretación de la columna estratigráfica general, donde se definen tres miembros dentro de la unidad estratigráfica y los cambios de facies, determinados por las secuencias de calizas y margas con alto contenido de sedimentos arcillosos, por tanto se le asigna a la Formación Yumagual que corresponde a un ambiente marino de relativa profundidad y de aguas agitadas, Además los fósiles estudiados determinan una edad relativa que pertenece al Albiano superior – Cenomaniano inferior. Y por tanto, se confirma la hipótesis inicialmente planteada en la investigación.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización estratigráfica, la cual permitió determinar estructuras sedimentarias, cambios de facies litológicas y el alto contenido de sedimentos arcillosos.

Los estratos presentan variación en sus espesores, encontrando estratos delgados, medianos y gruesos, formando secuencias directas e inversas.

Se elaboraron cuatro columnas estratigráficas en los sectores de Loma del Indio (A), Chiclamachay (B), Coricuingue (C) y Huauco (D), las cuales fueron comparadas en un diagrama estratigráfico para su mejor interpretación de la variación lateral y vertical de la Formación Yumagual.

Con la columna estratigráfica general, se han identificado tres miembros: El Miembro Inferior conformado por calizas de textura wackstone y packstone con la intercalación de margas de 174.5 m de espesor, el Miembro Medio (MM) de calizas con textura mudstone, wackstone y packstone, con 178.4 m de espesor y el Miembro Superior (MS) de calizas packstone y margas con 125.1 m de espesor, que en total suman 480 m de espesor.

Las estructuras sedimentarias identificadas corresponden a nódulos calcáreos, estratificación planar, estratificación ondulada, estratificación irregular, laminación interna, gradación, acuñamientos de los estratos y recristalización de calcita en grietas y fracturas.

Los fósiles característicos descritos asignan a la Formación Yumagual a la edad del Albiano superior – Cenomaniano Inferior.

5.2. RECOMENDACIONES

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca, realizar estudios de caracterización estratigráfica y sedimentológica a nivel microscópico para identificar microestructuras, microfósiles y microfacies en localidad de Chiclamachay y alrededores.

A la Asociación Paleontológica del Perú, realizar estudios paleontológicos con la finalidad de determinar zonas de abundancia fosilífera, identificando los fósiles más representativos de la Formación Yumagual, desde su primera aparición hasta su extinción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. 2010. Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Editorial CSIC - CSIC Press, 15 set. 2010 - 1287 p.
- Benavides, V. 1956. Cretaceous system of northern Perú. Bulletin American Museum, Natural History. New York, Vol. 108.
- Blandón Montes, A. (2002). Principios de estratigrafía.
- Boggs, S. 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Patrick, L (ed.). Upper Saddle River, Pearson Education. 676 p.
- Cajas, N. 2017. Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual comprendida en los sectores de Ronquillo, Puylluicana y la Encañada. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Carbajal, N. 2015. Estratigrafía Secuencial del Cretácico Superior (Formaciones Toro Toro y El Molino) en los sinclinales del Rio Caine y Toro Toro, Departamento de Potosí. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Geológicas. Carrera de Ingeniera Geológica. Potosí- Bolivia. 86pp.
- Casal G., Allard, J. Foix N. (2015). Análisis Estratigráfico y Paleontológico del Cretácico Superior en la Cuenca del Golfo San Jorge: Nueva Unidad Litoestratigráfica para el Grupo Chubut. Revista Geológica Argentina. Vol 72, N° 1.
- Coe, A. 2010. Geological Field Techniques 1st Edición
- Correns, C. 1949. Einführung in die Mineralogie. 1 ed. Berlín, Springer-Verlag. 282 p.

- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico. Lima- Perú. 901pp
- Dunham, R.J. 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists (1):108-121.
- Embry, AF; Klovan, E. 1971. A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, n.w.t.' Ashton. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 19(4):730-781.
- Folk, RL. 1962. Spectral subdivision of limestone types. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists (1):62-84.
- Hernández, R. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. Impreso en México. 587pp.
- Herrera, E. 2011. Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los alrededores de la Ciudad de Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Krumbein, W. & Sloss, L. 1963. Estratigrafía Y Sedimentología. Departamento de Geología, Universidad Northwestern. Primera Edición en español. Unión Tipográfica Editorial, Hispano América. México. 778pp.
- 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.
- Medina, S. 2014. Estratigrafía Secuencial de la Formación Yumagual en el distrito Minero de Hualgayoc- Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.

- Mendoza, M. 2021. Correlación Litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Navarro, J. 2014. Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific.
- Navarrete, E. 2014. Apuntes de estratigrafía y sedimentación. Guayaquil – Ecuador.
- Terrones, L. 2014. Estudio Litológico y Paleontológico de la Formación Yumagual en el Distrito de Cajamarca. Tesis para obtener el título de Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Tafur, I. 1950. Estudio preliminar de la Geología de Cajamarca. Tesis para obtener el Grado de Doctor. UNMSM. Lima.
- Reguant, S. 2001. Guía Estratigráfica Internacional. Revista de la Sociedad Geológica de España, vol. 14, (3-4).
- Ragan, D.- 1987. Geología estructural. Introducción a las técnicas geométricas. Departamento de Geología. Arizona State University. Ediciones Omega S.A. Plato, 26- 08006. Barcelona. España.
- Reyes, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín N°31 INGEMMET.
- Vera, J. 1984. Estratigrafía. Principio y Métodos. Editorial Rueda. Madrid-España. 829p.

ANEXOS

1. Plano Topográfico
2. Plano Geológico
3. Plano MDE
4. Plano Satelital
5. Plano de Ubicación de Columnas Estratigráficas
6. Plano de Ubicación de Muestras de Rocas
7. Plano de Ubicación de Recolección de Fósiles
8. Diagrama Estratigráfico
9. Columna Estratigráfica General
10. Fichas y/o Formatos

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACIÓN YUMAGUAL (Ks-yu)
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
MUESTRA : MRC-01
COORDENADAS : N9233700, E814400
FECHA : 20/03/23

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-01	79.11

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	44.90
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.065
Oxido de magnesio MgO	0.730
Oxido de silicio SiO ₂	16.06
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.64
Perdidas	30.08



Ing. Hugo Mosquera Estróter
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27564

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACIÓN YUMAGUAL (Ks-yu)
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
MUESTRA : MRC-02
COORDENADAS : N9232450N, E814450
FECHA : 20/03/23

III. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-02	77.69

IV. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	44.55
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.896
Oxido de magnesio MgO	0.812
Oxido de silicio SiO ₂	15.99
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.89
Perdidas	30.55



Ing. MSc. Hugo Masqueira Estrover
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACIÓN YUMAGUAL (Ks-yu)
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
MUESTRA : MRC-03
COORDENADAS : N9232500, E815950
FECHA : 20/03/23

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-03	76.08

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	39.79
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.345
Oxido de magnesio MgO	0.855
Oxido de silicio SiO ₂	16.67
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.87
Perdidas	30.01



Ing. Msc. Hugo Mosqueira Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27564

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACIÓN YUMAGUAL (Ks-yu)
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
MUESTRA : MRC-04
COORDENADAS : N9232050, E8116120
FECHA : 20/03/23

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-04	74.31

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	39.55
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.165
Oxido de magnesio MgO	0.629
Oxido de silicio SiO ₂	16.29
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.76
Perdidas	29.73



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27564

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACION YUMAGUAL (Ks-yu)
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
MUESTRA : MRC-05
COORDENADAS : N9231200, E816750
FECHA : 20/03/23

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-05	73.17

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	39.73
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.022
Oxido de magnesio MgO	0.764
Oxido de silicio SiO ₂	16.29
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.88
Perdidas	30.29



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
C.P. 27664

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRA DE CALIZA

SOLICITA : CABADA LÓPEZ, WALTER LEODÁN
TESIS : CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
 EN EL CASERIO CHICLAMACHAY. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : FORMACION YUMAGUAL
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR (Ks-yu)
MUESTRA : MRC-06
COORDENADAS : N9230800, E816750
FECHA : 20/03/23

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
MRC-06	73.44

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	39.44
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.123
Oxido de magnesio MgO	0.749
Oxido de silicio SiO ₂	15.28
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.59
Perdidas	31.16



Ing. Msc. Hugo Masqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Nota: la muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para su respectivo análisis.

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Tesista recolectando fósiles dentro del Miembro Superior, con Coordenadas N: 9232230, E: 814640.

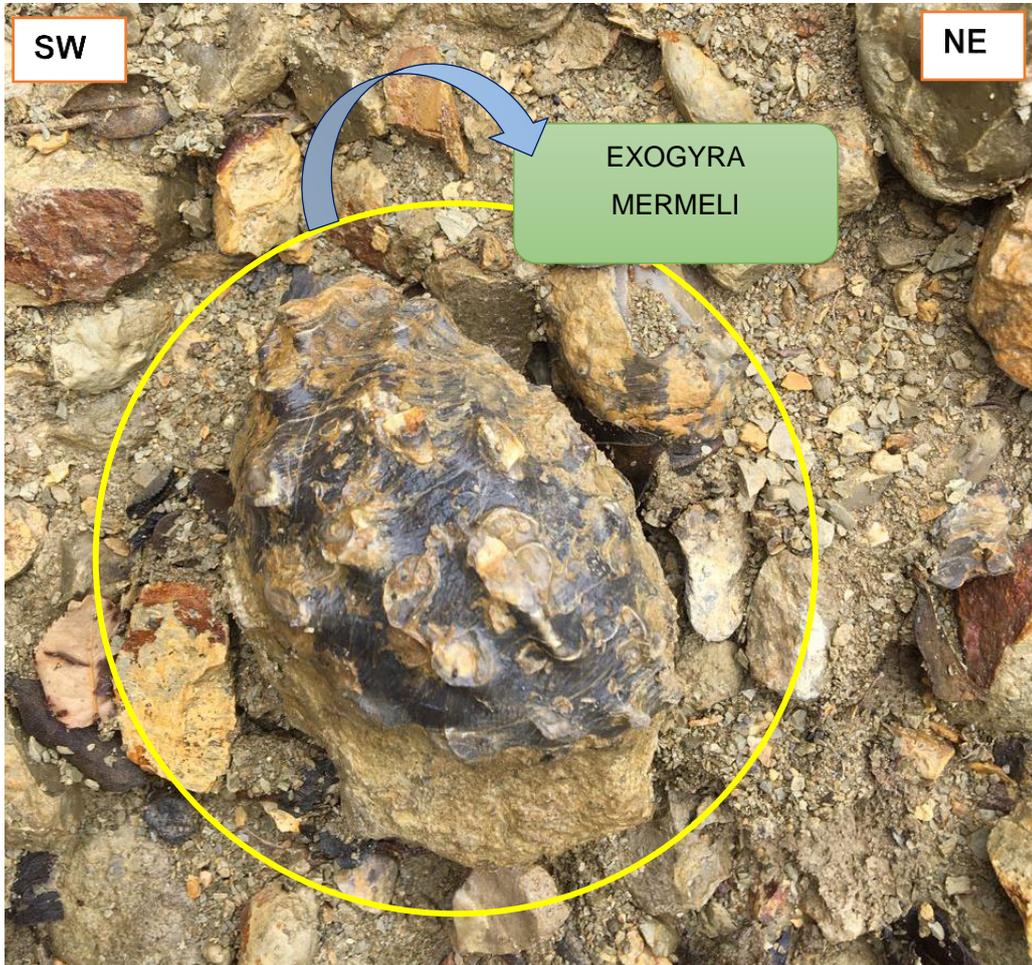


Foto 2. Fósil característico de la Formación Yumagual, con Coordenadas N: 9231936, E: 815350.



Foto 3. Abundante vegetación que cubre el 60% de los afloramientos de la Formación Yumagual en el Caserío Chiclamachay, con Coordenadas N: 9232800, E: 814045.



Foto 4. Tesista tomando nota de los datos de campo en la localidad de Chiclamachay, con Coordenadas N: 9230300 E: 815230.