

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



TESIS

CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN
CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ - PROVINCIA DE
CELENDÍN.

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. Huaripata Goicochea Berg Hoffman Nessler

¹Asesor:

Dr. Ing. Lagos Manrique Alejandro Claudio

CAJAMARCA - PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Berg Hoffman Nessler Huaripata Goicochea
DNI: 45460975
Escuela Profesional: Ingeniería Geológica

2. **Asesor:** Alejandro Claudio Lagos Manrique
Facultad: Ingeniería

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ - PROVINCIA DE CELENDÍN

6. **Fecha de evaluación:** 12-03-2024

7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 14%

9. **Código Documento:** oid:3117:339330831

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 14%

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 12 Marzo 2024

<p> _____ FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos Alejandro Claudio Lagos Manrique DNI: 09224934</p>	<p> FIRMA DIGITAL Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 12/03/2024 19:09:00-0500</p> <p>_____ UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
---	---

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento sincero a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geológica y a todos mis docentes que supieron inculcarme sus enseñanzas, especialmente a mi asesor Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique por su asesoramiento y supervisión constante este trabajo de investigación.

BERG.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Simón y Graciela, a mi querida esposa Evelyn, mis hijos Gareth y Xianna por su incondicional cariño, hermanos y amigos, por su apoyo constante para hacer realidad este trabajo de investigación.

BERG.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Ítems	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
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.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS	6
2.2.1 Rocas Sedimentarias Carbonatadas	6
2.2.2 Litología	6
2.2.3 Columnas Estratigráficas	6
2.2.4 Superposición de los Estratos	7
2.2.5 Ambiente de Depositación.....	7
2.2.6 Caracterización Estratigráfica.....	7
2.2.7 Estratigrafía.....	7
2.2.8 Geometría de los Estratos	8
2.2.8.1 Tabulares	8
2.2.8.2 Irregulares con Muro Erosivo.....	8

	Pág.
2.2.8.3. Acanalados	8
2.2.8.4. Forma de Cuña	8
2.2.8.5. Lenticulares	8
2.2.8.6. Ondulados	8
2.2.9. Clasificación de los Estratos según Criterios Descriptivos	9
2.2.9.1. Uniforme.....	9
2.2.9.2. Aleatorio o de Espesor Variable	9
2.2.9.3. Estrato Creciente (secuencia negativa)	9
2.2.9.4. Estrato Decreciente (secuencia positiva).....	10
2.2.9.5. En Haces.....	10
2.2.10. ⁸ La Ciclicidad en el Registro Estratigráfico.....	11
2.2.10.1. Ciclicidad.....	11
2.2.10.2. Ritmicidad	11
2.2.10.3. ⁸ Escala o Rango de los Ciclos y Ritmos	12
2.2.10.4. Ciclos y Ritmos de la Banda de Frecuencia de Milankovitch	13
2.2.11. Resto Fósil	15
² 2.2.11.1. Importancia y Utilidad de los Fósiles	15
2.2.11.2. Color de los Fósiles	15
2.2.11.3. Taxonomía de los Fósiles.....	16
2.2.11.4. Importancia de los Fósiles	17
2.2.12. Cuenca Sedimentaria	18
2.2.13. Depocentro de una Cuenca.....	18
2.2.14. Medición de los Estratos	20
2.2.14.1. Dirección	20
2.2.14.2. Buzamiento	20
2.2.14.3. Espesor	21

	Pág.
2.2.14.4. Edad Relativa de los Estratos.....	22
2.2.14.5. Edad Absoluta de los Estratos.....	22
2.2.15. ³ Clasificación de Rocas Carbonatadas según Dunhan (1962)	24
2.2.15.1. Mudstone	24
2.2.15.2. Wackstone	24
2.2.15.3. Boundstone	24
2.2.15.4. Packstone	24
2.2.15.5. Grainstone.....	24
2.2.15.6. Energía de Transporte vs Calizas.....	25
2.2.16. Clasificación según ² Folk (1962).....	26
2.2.17. Clasificación según Embry y Klovan (1971).....	27
2.2.18. Clasificación de los Carbonatos por Folk.....	27
2.2.18.1. Las Calizas del tipo I (Espáticas Aloquímicos)	29
2.2.18.2. Las Calizas tipo II (Microcristalinas Aloquímicas)	29
2.2.18.3. Las Calizas tipo III (Microcristalinas)	30
2.2.18.4. Significado Genético.....	32
2.2.20. Ambiente de Plataforma Carbonatada.....	34
2.2.21. Facies	34
2.2.22. ² Tipos de Facies	35
2.2.22.1. Litofacies	35
2.2.22.2. Biofacies.....	35
2.2.22.3. Microfacies	35
2.2.23. Asociaciones de Facies.....	35
2.2.24. Correlación Estratigráfica	36
2.2.25. Biocorrelación.....	36
2.2.26. La Cronocorrelación o Correlación Cronoestratigráfica	37

	Pág.
1 2.2.28. Principios de la Estratigrafía.....	37
2.2.28.1. Principio de la Horizontalidad.....	37
2.2.28.2. Principio de la Superposición.....	37
2.2.28.3. Principio del Uniformismo.....	37
2.2.28.4. Principio del Actualismo.....	37
2 2.2.28.5. Principio de la Sucesión Faunística.....	38
2.2.29. La Ley de Walther.....	38
2.2.30. Método de Correlación de Shaw (1964).....	39
1 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	44
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1. UBICACIÓN.....	46
3.1.1. Geográfica.....	46
3.1.2. Política.....	47
3.2. ACCESIBILIDAD.....	48
3.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	49
3.3.1. Cretácico Superior.....	50
3.3.1.1. 1 Grupo Quilquiñán- Mujarrúm (Ks- qm).....	50
3.3.1.2. Formación Cajamarca (Ks- ca).....	50
3.3.1.3. Formación Celendín.....	50
1 3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación.....	51
3.4.2. Población de Estudio.....	52
3.4.3. Muestras.....	52
3.4.4. Unidad de Análisis.....	52
3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.4.5.1. Técnicas.....	52

	Pág.
3.4.5.2. Instrumentos y equipos	53
3.4.6. Análisis e interpretación de datos	54
CAPÍTULO IV ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
4.1. GENERALIDADES DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA	55
4.1.1. Caracterización Litológica de la Formación Cajamarca	55
4.1.1.1. Miembro Inferior	57
4.1.1.2. Miembro Medio	60
4.1.1.3. Miembro Superior	63
4.1.1.4. Interpretación	66
4.1.2. Análisis de las Columnas Estratigráficas 1 y 2	66
4.1.3. Correlación Local	67
4.1.3.1. Interpretación del Diagrama de Shaw	67
4.1.4. Migración del Depocentro del Mar Cajamarca	68
4.1.5. Estudio Petrográfico de las Calizas de la Formación Cajamarca	69
4.1.6. Bioestratigrafía de la Formación Cajamarca	76
4.1.7. Estudio paleontológico de la Formación Cajamarca	76
4.2. Geomorfología	81
4.2.1. Ambientes Morfogenéticos	81
4.2.1.1. Agentes Geomorfológicos	81
4.2. Geología Estructural	84
4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	85
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1. CONCLUSIONES	86
5.2. RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Geometría de los estratos.	9
Figura 2. Tipos de asociación de estratos.	10
Figura 3. Representación de los ciclos y los ritmos.	12
Figura 4. Modelos simplificados de asociaciones de ritmos calizas/margas.	14
Figura 5. Correlación bioestratigráfica.	17
Figura 6. Diferentes tipos de depocentros.	19
Figura 7. Manera correcta de medir el rumbo y buzamiento de los estratos.	20
Figura 8. Medición de la estratigrafía.	21
Figura 9. Edad relativa y absoluta de los estratos.	23
Figura 10. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.	24
Figura 11. Secuencia positiva y negativa según Dunham.	25
Figura 12. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.	25
Figura 13. Clasificación de rocas carbonatadas.	26
Figura 14. Comparación entre las rocas clásticas y las calizas.	30
Figura 15. Los tipos I, II y III de la clasificación de Folk.	31
Figura 16. Clasificación de las calizas.	32
Figura 17. Triangulo de clasificación de rocas carbonatadas intermedias.	33
Figura 18. Ley de Walther.	38
Figura 19. Correlación entre dos columnas estratigráficas.	40
Figura 20. Línea de correlación de Shaw.	41
Figura 21. Línea de correlación de Shaw tipo A.	42
Figura 22. Línea de correlación de Shaw tipo B.	42
Figura 23. Línea de correlación de Shaw tipo C.	43
Figura 24. Línea de correlación de Shaw tipo D.	43
Figura 25. Línea de correlación de Shaw tipo E.	44
Figura 26. Ubicación Geográfica del distrito de Jorge Chávez.	46
Figura 27. Ubicación Política del distrito de Jorge Chávez.	47
Figura 28. Columna geológica generalizada del departamento de Cajamarca.	49
Figura 29. Afloramientos de Calizas de la Formación Cajamarca.	50
Figura 30. Afloramientos de calizas en el miembro inferior, medio y superior.	56

	Pág.
Figura 31. Estratos delgados de calizas de forma tabular	57
Figura 32. Laminación interna.....	58
Figura 33. Estructuras nodulosas.....	58
Figura 34. Lenares en las calizas.....	59
Figura 35. Estilolitas.....	59
Figura 36. Estratificación planar	60
Figura 37. Estratos gruesos.	61
Figura 38. Laminación interna.....	61
Figura 39. Estructuras de carga.....	62
Figura 40. Oquedades.....	62
Figura 41. Estratos medianos.....	63
Figura 42. Estratos medianos de calizas.....	64
Figura 43. Bioturbación.....	64
Figura 44. Venillas de calcita.....	65
Figura 45. Estructuras de disolución.....	65
Figura 46. Correlación de las dos columnas.....	67
Figura 47. Migración del depocentro.....	68
Figura 48. Colinas.....	81
Figura 49. Lomas.....	82
Figura 50. Meteorización química.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. ¹ Coordenadas UTM WGS-84 del área de investigación.	47
Tabla 2. Accesibilidad al área de estudio.	48
Tabla 3. Tipo de investigación.....	51
Tabla 4. Ubicación de las muestras de rocas para el análisis macroscópico.....	69
Tabla 5. Estudio macroscópico ¹ de la muestra JCH- 01	70
Tabla 6. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 02	71
Tabla 7. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 03	72
Tabla 8. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 04	73
Tabla 9. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 05	74
Tabla 10. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 06	75
Tabla 11. Clasificación sistemática fósil 01	77
Tabla 12. Clasificación sistemática fósil 02	78
Tabla 13. Clasificación sistemática fósil 03	79
Tabla 14. Clasificación sistemática fósil 04	80

LISTA DE ABREVIATURAS

Ma	:	Millones de Año
Ca	:	Caliza
GPS	:	Global Positioning System
UTM	:	Universal Transversal Mercator
MF	:	Muy fino
MG	:	Muy Grueso
F	:	Fino
M	:	Medio
G	:	Grueso
Fe	:	Hierro
Ox	:	Óxido
Mn	:	Manganeso
Fm	:	Formación

RESUMEN

La investigación se realizó en el Distrito de Jorge Chávez, ubicado al SE de la Provincia de Celendín. Los afloramientos de rocas cuyas edades van desde el Cretácico inferior al reciente. Las rocas se encuentran aflorando con rumbo NO- SE y buzamientos de 30° al SO. La Formación Cajamarca de edad relativa del Cretácico superior, está conformado por tres miembros. El miembro inferior conformado por una alternancia de calizas, limoarcillitas y margas dispuestas en estratos delgados de contactos paralelos con presencia de fósiles. El miembro medio conformado por calizas macizas, estratos medianos a gruesos con niveles de margas, el miembro superior conformado por una alternancia de calizas y margas dispuestas en estratos delgados. Miembro inferior (MI): Representa el paso transicional del Grupo Quilquiñán- Mujarrúm, litológicamente conformado por calizas packstone, limoarcillitas y margas. Miembro medio (MM): Presenta mayor espesor, se caracteriza contener calizas con alto contenido de carbonatos, litológicamente conformado por una intercalación de calizas mudstone y packstone. Las calizas del miembro medio, muestran abundantes estructuras de disolución. Miembro superior (MS): Relación directa con el paso transicional a la Formación Celendín, litológicamente conformado por una intercalación de calizas mudstone y packstone. En menor proporción limoarcillitas y margas. La variación del contenido de carbonatos en la Formación Cajamarca se debe probablemente a la migración del depocentro de la cuenca que estaría representada por el acercamiento y alejamiento a la zona de aporte.

Palabras claves: Depocentro, miembro, caracterización estratigráfica, Formación Cajamarca, litoestratigrafía.

ABSTRACT

The research was carried out in the district of Jorge Chávez, located in the SE of the province of Celendín. The outcrops of rocks whose ages range from the Lower Cretaceous to the Recent. The rocks are found outcropping with a NW-SE direction and dips of 30° to the SW. The Cajamarca Formation of relative age of the Upper Cretaceous, is made up of three members. The lower member is made up of an alternation of limestone, silt claystone and marl arranged in thin strata of parallel contacts with the presence of fossils. The middle member is made up of solid limestone, medium to thick strata with levels of marl, the upper member is made up of an alternation of limestone and marl arranged in thin strata. Lower Member (MI): Represents the transitional step of the Quilquiñán-Mujarrúm Group, lithologically made of packstone limestone, silt claystone and marl. Middle member (MM): thicker, characterized by containing limestone with high CO₃ Ca content, lithologically by an intercalation of mudstone and packstone limestone. To a lesser extent, silt claystones and marls, the limestones of the middle member, show abundant dissolution structures. Upper Member (MS): Direct relationship with the transitional step to the Celendín Formation, lithologically due to an intercalation of mudstone and packstone limestones. In a lesser proportion silt claystones and marls. Towards the upper part the contribution of clay increases again. This variation in carbonate content in the Cajamarca Formation is probably due to the migration of the basin's depocenter, which would be represented by the approach and distance to the contribution zone.

Keywords: Depocenter, member, stratigraphic characterization, Cajamarca Formation, lithostratigraphy.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio de las características litoestratigráficas es de suma importancia porque nos va proporcionar conocimientos acerca del comportamiento regional tanto vertical como horizontal. Las calizas de la Formación Cajamarca de edad Cretácica Superior se encuentran aflorando en grandes extensiones en la parte norte del Perú. A nivel regional muestran un alto contenido de carbonato de calcio que constituye una característica muy importante que lo diferencia de las otras formaciones calcáreas Cretácicas.

Al NE del distrito de Jorge Chávez que se ubica en la provincia de Celendín, se encuentran aflorando secuencias calcáreas que pertenecen a la Formación Cajamarca, abarca 30 hectáreas y que por sus características litoestratigráficas se deduce que se han depositado en un ambiente marino profundo. Este trabajo de investigación ha proporcionados aportes al conocimiento de la caracterización litoestratigráfica de esta unidad. Para lograrlo fue necesario la realización de análisis In situ de las estructuras sedimentarias, elaboración de columnas estratigráficas, recolección de especímenes de fósiles y de muestras de rocas.

Por esta razón se formuló la siguiente incógnita: ¿Cuál es la caracterización litoestratigráfica de la Formación Cajamarca en el distrito de Jorge Chávez? ¿Cuáles son las características litológicas, fósiles, estructuras y texturas sedimentarias? Para lo cual los objetivos planteados son: Caracterizar la litoestratigrafía de la Formación Cajamarca en el Distrito de Jorge Chávez - Provincia de Celendín, determinar el tipo de depositación, además elaborar columnas estratigráficas e identificar las estructuras y texturas sedimentarias.

Teniendo la siguiente hipótesis, El análisis de la litología, fósiles, estructuras y texturas sedimentarias, espesor y tiempo cronoestratigráfico de la Formación Cajamarca en el distrito de Jorge Chávez, indica que esta formación se ha depositado en un ambiente marino profundo.

Esta investigación se justificó con la determinación de las características litoestratigráficas de la Formación Cajamarca y con ello lograr la interpretación del modo de depositación, su variación lateral y vertical. Dentro de las actividades principales tenemos: La recolección de muestras de rocas y la medición de los estratos en lugares estratégicos.

La investigación se ha estructurado en V capítulos: El Capítulo I introduce la tesis y su composición. En el Capítulo II pertenece al marco teórico, se citan estudios relacionados locales, nacionales e internacionales. Se establecen bases que fundamentan la investigación y generan la problemática y definición de términos básicos. En el Capítulo III, lleva por título Materiales y Métodos en donde están los acápites de: la ubicación del área de estudio, los procedimientos, la metodología de la investigación, identificación de variables, técnicas, instrumentos y equipos, además se describe a la geología, geomorfología del área de estudio. En el Capítulo IV, está el Análisis y Discusión de Resultados, en donde está ubicado 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, corresponde a las Conclusiones y Recomendaciones donde dichas conclusiones son el resultado de los objetivos planteados. En la parte final del informe están las Bibliografías y finalmente contiene los Anexos donde se plasman los planos, las fotografías, gráficos y los resultados de los análisis químicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacionales

Hernández (2019), unidades del Cretácico Superior, su relación con las áreas de aporte y evolución de los medios sedimentarios, Cuenca del Valle Superior del Magdalena, Colombia. Llega a las siguientes conclusiones: las rocas de la Formación Loma Gorda está conformada por capas de biomicritas, cherts diagenéticos y fosforitas; se depositaron en el intervalo Turoniano a Paleoceno en un ambiente marino que varía de mar abierto con escaso aporte de terrígenos y abundante lodo calcáreo y microfósiles de foraminíferos plantónicos y bentónicos, en una cuenca que progresivamente va ganado influencia terrígena hasta alcanzar ambientes de llanuras aluviales; las rocas de la Formación Seca poseen un gran valor económico no solo por ser rocas generadoras, reservorio y sello en la industria de los hidrocarburos, sino que además presentan grandes acumulaciones de fosfatos necesarios para la fabricación de fertilizantes.

Caicedo (2018), estudio estratigráfico del Cretácico Superior en el Morro de Lechería y las islas al norte de Barcelona, estado Anzoátegui, Venezuela. Concluye que: el Cretácico Superior comprende la Formación Querecual que es la base de dicho período, estando definida por limolitas internamente laminadas calcáreas de color marrón parduzco que meteoriza a terracota con tonalidades violáceas, intercaladas con calizas o marlitas negras que meteorizan a gris con tonalidades amarillo pálido; es frecuente la presencia de concreciones esferoidales, discoidales y elipsoidales de varios tamaños (pluricentimétricas), depositados en ambiente marino de plataforma externa a talud medio con condiciones reductoras, esta secuencia se desarrolló desde el Albiense Tardío hasta el Turoniense, donde han sido identificados especies foraminíferas: plantónicas y bentónicas; el estilo

estructural para la región de estudio se define como la evolución estructural del frente tectónico estilo alpino.

Carvajal (2015), estratigrafía secuencial del Cretácico Superior 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; la estratigrafía secuencial permitió identificar sucesiones, paleoambientes y secuencias para definir características dentro de la unidad.

2.1.2 Nacionales

Borkowski (1994), catálogo de Minerales Industriales del Perú. Indica que la Formación Cajamarca se depositó en Aguas más profundas. La formación es litológicamente homogénea en toda su extensión y consta de calizas macizas en estratos gruesos. Los colores de las calizas son grisáceos y pueden variar de gris-oscuros a negras. Existe una intercalación de calizas, arcillitas y margas de los mismos colores. Durante la depositación de la Formación Cajamarca el aporte del material clástico se redujo considerablemente y las calizas son relativamente puras. 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.

Reyes (1980) Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g). Describe a la Formación Cajamarca constituida generalmente de calizas gris oscuras y macizas con delgados lechos de arcillitas y margas de los mismos colores. Los afloramientos de la Formación Cajamarca son frecuentes a partir de los ríos Crisnejas y San Jorge.

2.1.3 Locales

Herrera (2011), estudio estratigráfico del Cretáceo Superior en los alrededores de la Ciudad de Cajamarca. Llega a las siguientes conclusiones: la Formación Cajamarca está conformada por calizas micríticas las cuales presentan dos capas de margas, la fauna y la litología indican un mar somero de plataforma carbonatada alejada de la zona de aporte clástico; las facies indican un medio de plataforma abierta muy tranquila y poco profunda; se han encontrado los siguientes fósiles: *Coilopoceras newelli* BENAVIDES, *Inoceramus* sp., *Ostrea* (*Lopha*) sp. *Hemiasterourneli* DESHAYES, y *Cardium* sp. El *Coilopoceras newelli* asigna una edad del Turoniano superior.

Benavidez (1956), *Cretaceous System in Northern Peru*, manifiesta que la Formación Cajamarca representa una de las más conspicuas y uniformes unidades litológicas del norte del Perú. Está constituida por tres tipos de litologías: a) calizas gris oscuras, gris oscuras, densas y masivas con facies de foraminíferas, las rocas muestran estructuras de disolución (lapiáz), topografía kárstica; b) calizas masivas muy resistentes a la erosión; c) margas gris amarillentas conteniendo abundantes nódulos y una gran variedad de moluscos. Representa la mayor profundización del mar en el norte del Perú.

Tafur (1959), nota preliminar de la Geología del valle de Cajamarca, Perú, indica que la Formación Cajamarca está constituida por calizas macizas y que aflora en varias partes del valle de Cajamarca, y que además se muestra muy homogénea en toda su extensión.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Rocas Sedimentarias Carbonatadas

Las calizas presentan variadas texturas, estructuras y fósiles que brindan importante información acerca de los antiguos ambientes marinos, condiciones paleoecológicas y la evolución de la vida marina a través del tiempo, la marga frecuentemente lleva nódulos de yeso, calcita y pirita, es de color gris claro hasta oscuro, café o verdoso y frecuentemente contiene pequeños fósiles. Las rocas carbonatadas se clasifican en función a los elementos texturales y la fábrica que la componen (Boggs, 2006).

2.2.2. 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).

2.2.3. Columnas Estratigráficas

Se define como una representación vertical de la superposición de distintos fenómenos físicos presentes en la naturaleza los cuales, a lo largo del tiempo geológico se depositan los diferentes estratos y que se encuentran presentes en la actualidad. La interpretación de estos fenómenos y los ambientes donde éstos se producen (continentales y/o marinos) es clave para determinar la evolución de los distintos cambios que se han producido a lo largo de la formación de la Tierra. Es una representación gráfica de los diversos materiales que se encuentran, en una zona específica, tal como se ha sedimentado, los más antiguos en la parte inferior y los más modernos en la parte superior. Para construir una columna estratigráfica, hay que medir en el campo el espesor de todas las capas, empezando por las inferiores y continuando hacia las superiores. En un mapa se pueden poner diversas columnas, realizadas en lugares diferentes, con el fin de compararlas y observar cómo los sedimentos de una misma edad (color) cambian lateralmente de potencia (espesor) o de facies (tipo de sedimento) (Navarrete, 2014).

2.2.4. Superposición de los Estratos

Se refiere al orden temporal de los estratos sub-horizontales y se aplica a los materiales estratificados en los cuales la deformación tectónica posterior a su depositación no implica la inversión de los estratos. Las excepciones donde el principio no es aplicado están siempre ligadas a las discontinuidades que implican etapas de erosión de materiales previos, de manera que los sedimentos nuevos se depositan en cavidades excavadas de otros estratos (Vera, 1994).

2.2.5. Ambiente de Depositación

El ambiente depositacional 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).

2.2.6. 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 e los demás. Todas estas características sirven para reconocer y reconstruir secuencialmente eventos geológicos. Una característica es una cualidad que permite identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes (Navarrete, 2014).

2.2.7. 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. Puesto que las rocas sedimentarias son los materiales fundamentales de la estratigrafía, el estratígrafo trabaja con los procesos sedimentarios (procesos que originan la formación de las rocas sedimentarias) como primer campo y con la paleontología en segundo lugar. Por tanto, un registro estratigráfico es el resultado de la continuidad de procesos sedimentarios a través de la dimensión del tiempo geológico; constituye el banco de datos fundamental

para la comprensión de la evolución de la vida, la configuración de las placas tectónicas a través del tiempo y los cambios climáticos globales (Krumbein y Sloss, 1969).

2.2.8. Geometría de los Estratos

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

2.2.8.1. Tabulares

Cuando las dos superficies de estratificación son planas y paralelas entre sí.

2.2.8.2. 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.

2.2.8.3. Acanalados

Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal.

2.2.8.4. Forma de Cuña

Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan con la pérdida progresiva de espesor.

2.2.8.5. Lenticulares

Son discontinuos, con el muro plano y el techo convexo, su variante son estratos de forma biconvexa.

2.2.8.6. Ondulados

Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes.

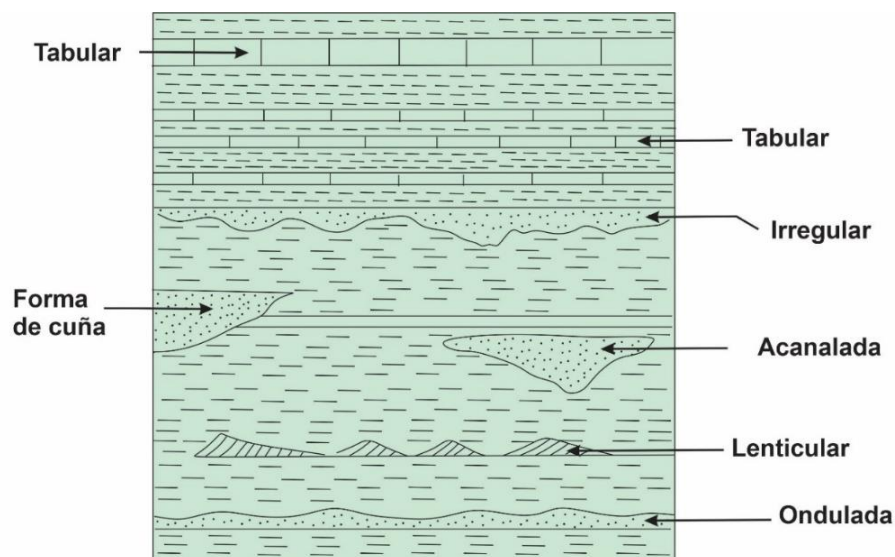


Figura 1. Geometría de los estratos, de acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.9. Clasificación de los Estratos según Criterios Descriptivos

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

2.2.9.1. 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.

2.2.9.2. Aleatorio o de Espesor Variable

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

2.2.9.3. Estrato Creciente (secuencia negativa)

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

2.2.9.4. 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.

2.2.9.5. En Haces

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

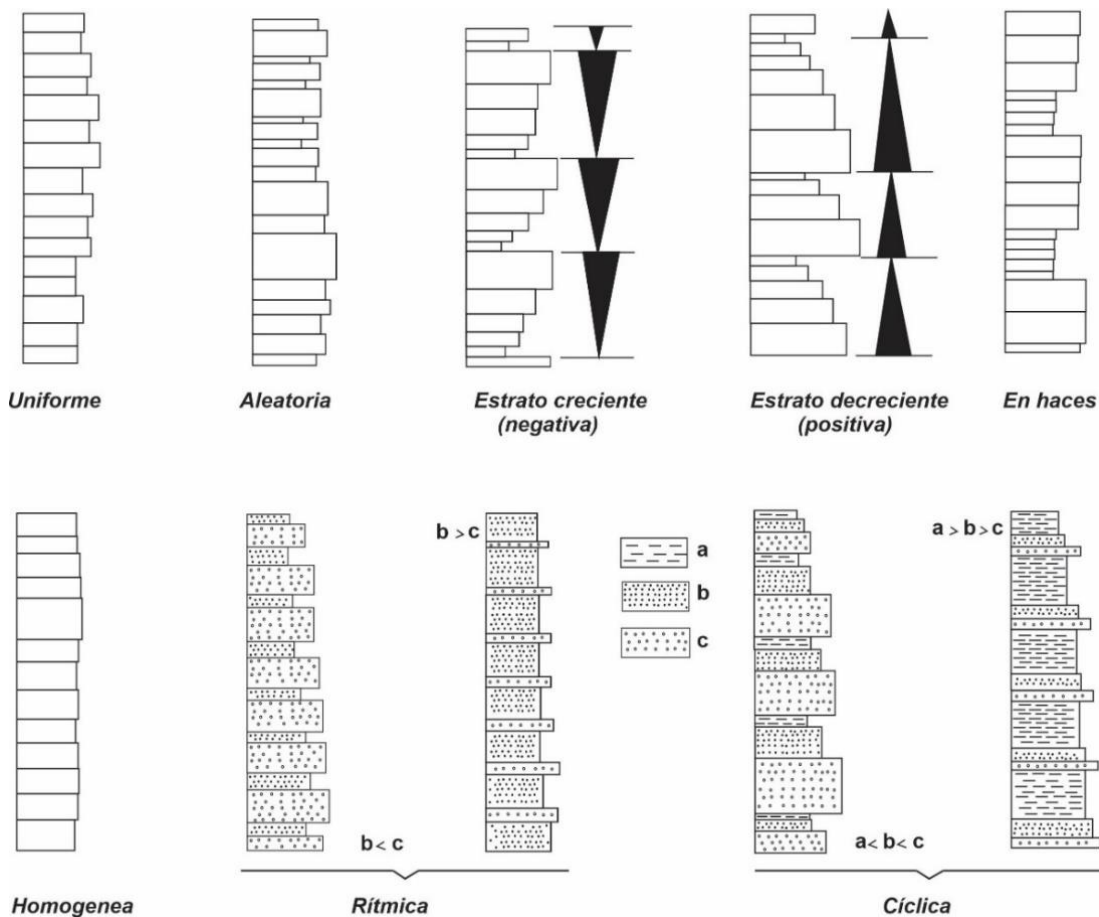


Figura 2. Tipos de asociación de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.
Fuente: Vera, (1994).

2.2.10. La Ciclicidad en el Registro Estratigráfico

Existen tres factores que controlan la depositación en una cuenca sedimentaria. El volumen de aportes que llega a la cuenca; la subsidencia de la propia cuenca y los levantamientos tectónicos que afectan tanto a la cuenca como a las áreas adyacentes y los cambios del nivel del mar (eustatismo). Todos ellos vienen regulados por: el clima y la tectónica. Cuando estos dos factores permanecen invariables, en un área de una cuenca sedimentaria y para un intervalo de tiempo, la sedimentación es homogénea (Vera, 1998).

2.2.10.1. Ciclicidad

Cuando en una sucesión estratigráfica, las características litológicas se repiten ordenadamente se dice que presenta una estratificación cíclica, mientras que si se disponen de un modo aleatorio se trata de una estratificación no cíclica.

2.2.10.2. Ritmicidad

En el caso de la ritmicidad, el módulo que se repite está formado exclusivamente por dos términos litológicos y se llama ritmo. La palabra ritmita se utiliza, con mucha frecuencia, para aludir a las facies constituidas por alternancia rítmica de dos litologías (calizas/margas). Dos tipos fundamentales de ritmicidad se pueden diferenciar de acuerdo con su génesis y sus rasgos. En la figura inferior se puede apreciar los diferentes tipos de ritmos y ciclos: A. Sección estratigráfica cíclica, el módulo que se repite (ciclo) está constituido por tres litologías diferentes, B. Ritmicidad en los que el módulo que se repite (ritmo) es de dos términos. C. Ciclos simétricos: los tres términos litológicos que forman el módulo, se disponen inicialmente con una ordenación y a continuación con la contraria, D.

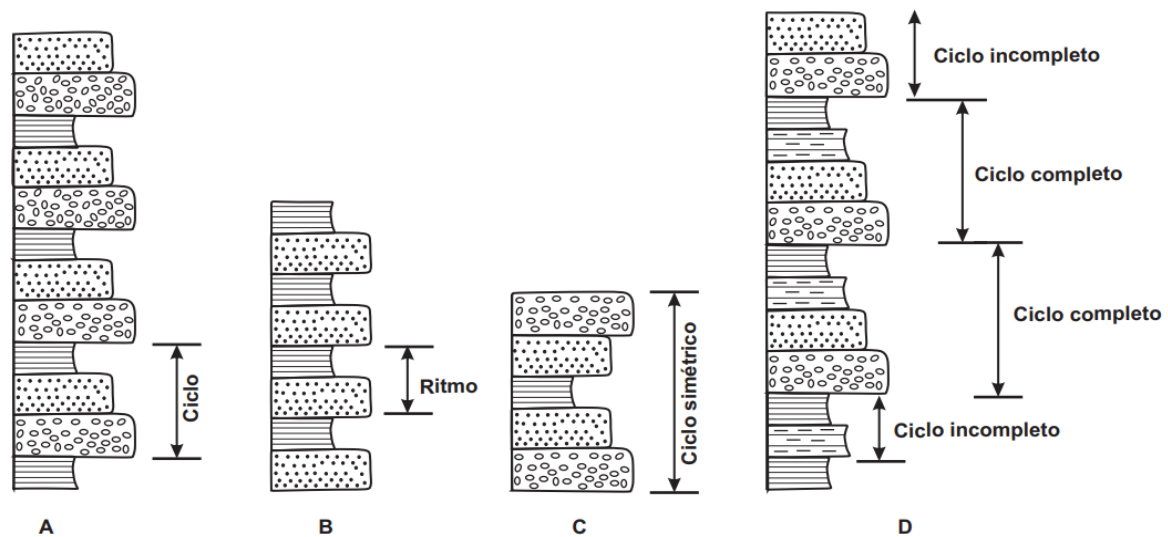


Figura 3. Representación de los ciclos y los ritmos.

Fuente: Vera, (1994).

2.2.10.3. Escala o Rango de los Ciclos y Ritmos

Los ciclos y los ritmos pueden ser de espesor y duración muy diferentes. De acuerdo con el valor del espesor se pueden diferenciar cuatro grandes grupos de ciclos o ritmos:

Primer Rango

Ciclos y ritmos, de escala milimétrica o centimétrica, observables a nivel de laminación, tanto en muestras de mano como al microscopio. Entre ellos se encuentran las conocidas varvas, que han sido consideradas tradicionalmente como el mejor ejemplo de ciclos anuales.

Segundo Rango

Ciclos o ritmos observados a nivel de estrato, de espesor decimétrico a métrico. Se incluyen en este rango las alternancias de capas con material hemipelágico y las alternancias rítmicas de calizas/margas.

Tercer Rango

Ciclos a escala de afloramiento (mesoescala) que normalmente se miden en decenas de metros y que corresponden a asociaciones verticales de estratos. Son, por ejemplo: las secuencias estratocrecientes (con crecimiento de espesor hacia el techo).

Cuarto Rango

Ciclos normalmente no observables en el campo (macroescala), salvo en el caso de contar con afloramientos excepcionales. En la mayoría de los casos son ciclos deducidos a partir de los gráficos de correlación entre secciones estratigráficas y de la interpretación de perfiles sísmicos y sondeos. Se han propuesto varias clasificaciones de ciclos y ritmos.

2.2.10.4. Ciclos y Ritmos de la Banda de Frecuencia de Milankovitch

Se utiliza para denominar a los ciclos o ritmos a escala disimétrica a métrica y cuya génesis puede ser diversa y entre los que se incluyen los ciclos de Milankovitch. Estos ciclos se detectan en materiales depositados en diferentes medios sedimentarios. Los más comunes son los medios pelágicos en los que se expresan con ritmos de calizas/margas o con la alternancia de carbonatos y arcillitas y en los medios maréales (y plataformas carbonatadas someras) en los que se expresan con la repetición de ciclos de somerización. En los ritmos de calizas/margas en medios pelágicos los espesores poseen variaciones. Las alternancias de calizas/margas en numerosas ocasiones forman ciclos de varios ritmos en los que el contenido en carbonatos crece hacia el techo o disminuye hacia el techo, debido a incrementos periódicos en la producción de carbonatos o en los aportes de arcillas, respectivamente.

En la figura de la parte inferior, se observa el modelo simplificado de asociaciones de ritmos calizas/margas. En A están representadas la asociación de cinco ritmos en los que hacia el techo aumenta el contenido en carbonato y el espesor del ritmo, debido a un periódico aumento en la productividad de los carbonatos. En B se

representa la asociación de cinco ritmos en los que disminuyen el contenido de carbonatos, y aumenta el de arcilla, hacia el techo.

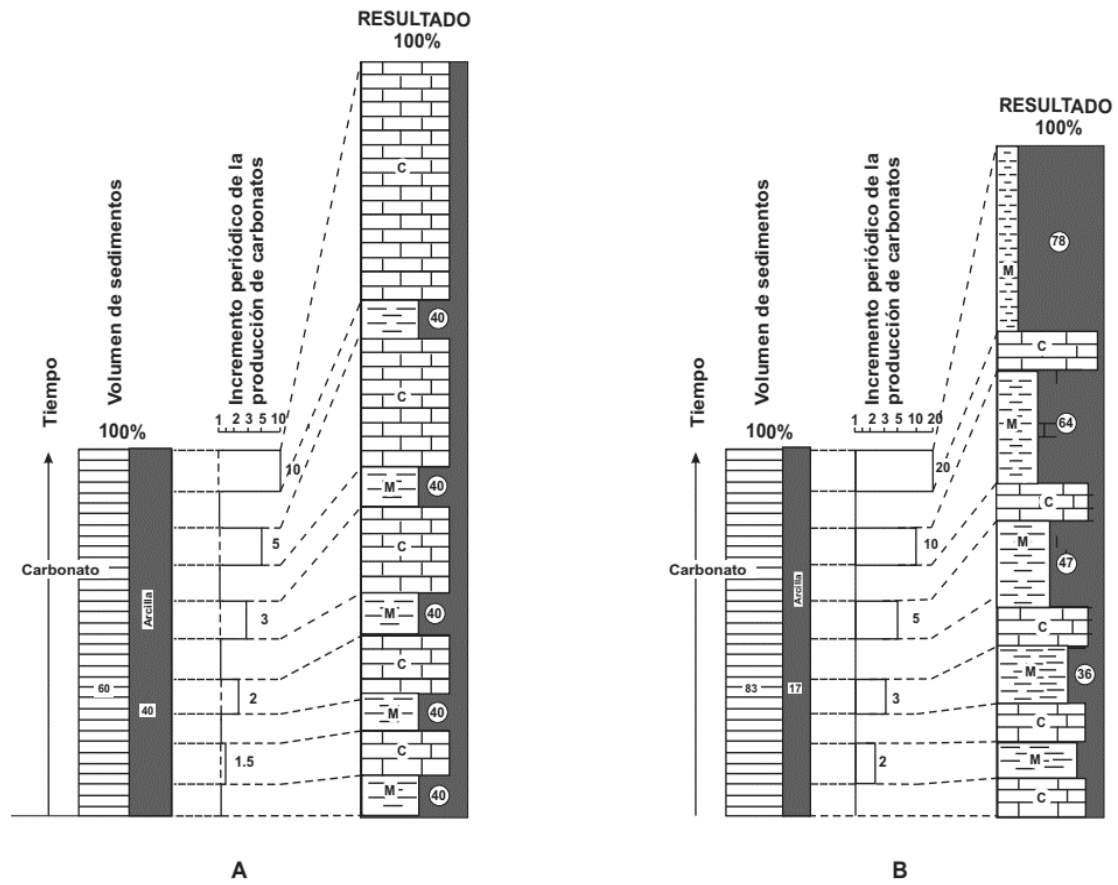


Figura 4. Modelos simplificados de asociaciones de ritmos calizas/margas. En A hay un aumento del contenido en carbonato hacia el techo. En B una disminución del contenido de carbonatos y un aumento de arcilla, hacia el techo.

Fuente: Vera, (1994).

2.2.11. Resto Fósil

Los fósiles son restos de organismos completos o de parte de ellos. Los esqueletos conchos, huesos de los individuos preservados pueden conservarse total individuos completos o parcialmente incompletos (Navarrete, 2014).

2.2.11.1. Importancia y Utilidad de los Fósiles

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

- Mediante el estudio de los fósiles se conoce el proceso evolutivo.
- Los fósiles permiten conocer la Paleogeografía, o sea, la geografía del pasado.
- Áreas marinas y terrestres.
- Determinan también el Paleoclima, indicándonos el clima del pasado, si era cálido o frío.
- Nos indican la Correlación Estratigráfica, establecen la contemporaneidad de dos estratos a distancia.

2.2.11.2. Color de los Fósiles

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

Color rojizo: lo provoca la hematita en clima seco o árido.

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

Color verdoso: glauconita en un ambiente marino.

Color azulado: por la presencia de sulfuro o pirita finamente dividida.

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

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

2.2.11.3. Taxonomía de los Fósiles

La taxonomía de los fósiles está referida a la clasificación de los fósiles. Los fósiles poseen los siguientes taxones:

Reino

Es la unidad más amplia

Phyllum

Se considera Phillum a la base de la sistemática biológica.

Clase

Es la división que resulta del Phyllum y se considera fundamentalmente básico.

Orden

Se refiere a los organismos que pertenecen a la misma Clase, pero tiene alguna diferencia que permite su separación.

Familia

Es una categoría que, perteneciendo a la misma Clase, tiene alguna diferencia que permite su separación.

Género

Es la categoría en donde los organismos de la misma Familia se diferencian por algunas características específicas.

Especie

Es la categoría en que los individuos que, perteneciendo al mismo género, tiene características específicas.

2.2.11.4. 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. Los organismos se suelen agrupar dentro de una jerarquía de diferentes categorías teniendo en cuenta el número de características distintivas compartidas 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 (Navarrete, 2014).

2.2.11.5. Bioestratigrafía

La Bioestratigrafía es la parte de la Estratigrafía que se ocupa del estudio de los restos orgánicos conservados en los estratos y de la organización de éstos en unidades definidas con su contenido fósil. También se puede definir, como la disciplina geológica que utiliza los fósiles como una herramienta útil para poder definir las edades relativas de los estratos y poder correlacionarlos a nivel local, regional o intercontinental (Navarrete, 2014).

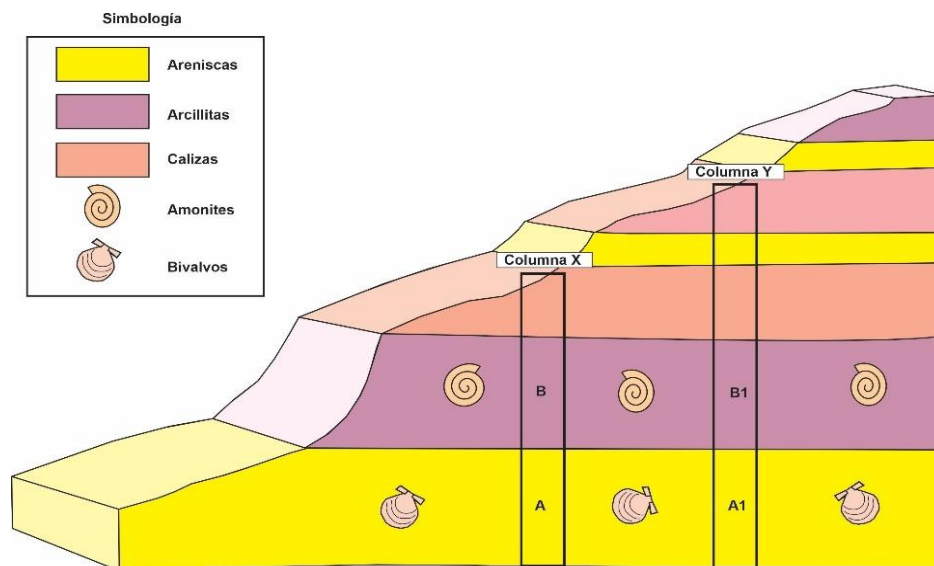


Figura 5. Correlación bioestratigráfica. Nótese que las unidades A y B que pertenecen a las columnas x e y respectivamente son correlacionables bioestratigráficamente. Fuente: Blandon, (2002).

2.2.12. Cuenca Sedimentaria

Es una depresión de la corteza terrestre de origen tectónico donde se acumulan sedimentos. Para que la cuenca se forme se necesita de un proceso de subsidencia prolongada. Los límites geográficos de las cuencas sedimentarias están definidos por los límites de las zonas subsidentes y las zonas en proceso de levantamiento o estables que las bordean. Una cuenca sedimentaria se considera activa mientras duren los procesos tectónicos que la originaron, tanto de subsidencia de la misma como de elevación de las áreas circundantes (Vera, 1984).

2.2.13. Depocentro de una Cuenca

El término depocentro es aplicable a unidades litoestratigráficas en la que haya cambios sensibles de espesor. Tiene un gran interés en la reconstrucción de las posiciones relativas de los depocentros de varias unidades litoestratigráficas consecutivas, o superpuestas, dentro de una misma cuenca sedimentaria. Se pueden dar las siguientes posibilidades en cuanto a su posición relativa. En A se representa la posición del depocentro en forma general. En B los depocentros se superponen, de manera que el máximo espesor de las unidades permanece en el mismo lugar durante un largo intervalo de tiempo indicando que el sector con el máximo de subsidencia permanece constante durante todo el tiempo del depósito. En C los depocentros se desplazan, a lo largo del tiempo, hacia el interior de la cuenca sedimentaria indicando un desplazamiento progresivo del sector más subsidente hacia sectores más alejados del área fuente que tiende a ser tectónicamente más estable. En D el desplazamiento de los mismos se realiza hacia el borde de la cuenca sedimentaria indicando que el sector más subsidente se desplaza progresivamente hacia las proximidades del área fuente que tiende a ser tectónicamente más inestable. En E los depocentros de las unidades superpuestas varían de posición geográfica, pero sin ningún orden definido indicando cambios de posición geográfica del sector más subsidente de la cuenca debido a modificaciones tectónicas locales.

El estudio de la posición de los depocentros de las diferentes unidades litoestratigráficas que constituyen el relleno sedimentario de una cuenca sedimentaria es uno de los objetivos del análisis de cuencas, ya que permite ver la distribución geométrica de las unidades, lo que facilita considerablemente el conocimiento de las relaciones entre el comportamiento tectónico (subsidencia, levantamiento tectónico, deformación) y la sedimentación a lo largo del tiempo (Vera, 1984).

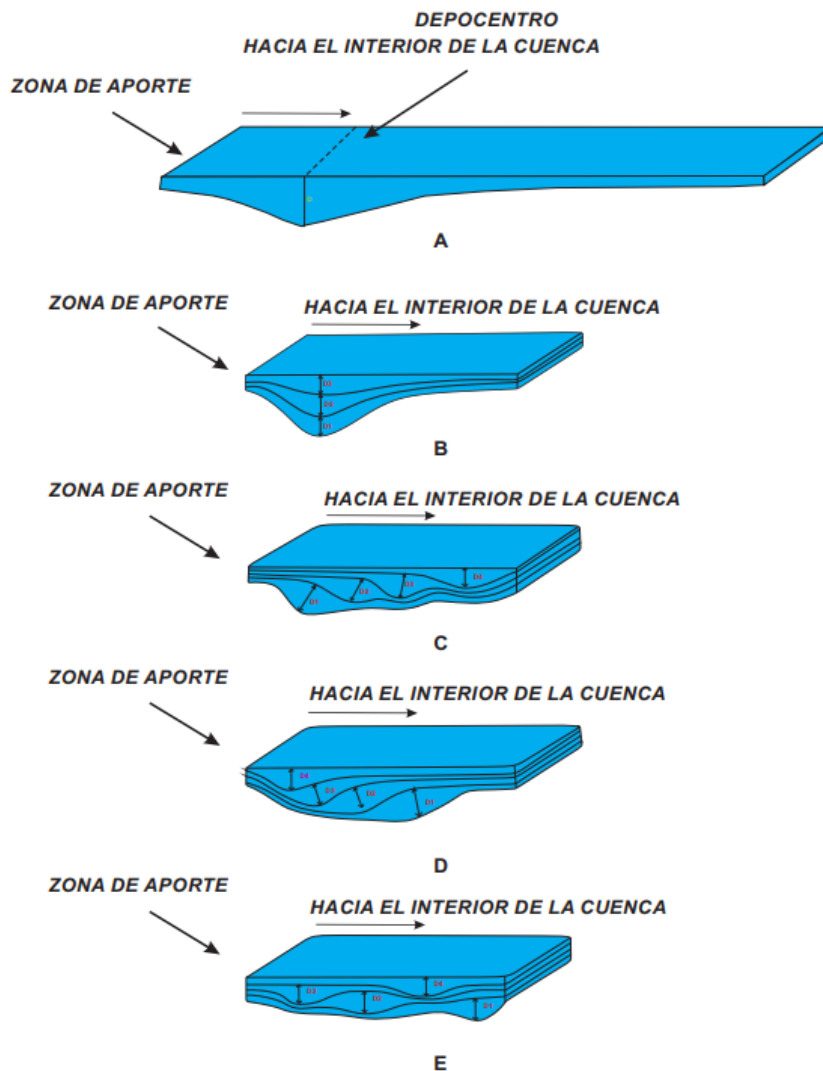


Figura 6. Diferentes tipos de depocentros.
Fuente: Vera, (1984).

2.2.14. Medición de los Estratos

Los estratos por ser cuerpos tabulares permiten las siguientes medidas:

2.2.14.1. Dirección

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

2.2.14.2. Buzamiento

Es el ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección, (A) Muestra posición de la brújula para medir el rumbo del estrato en su topo, (B) Muestra posición de la brújula para medir el buzamiento del estrato en su topo.

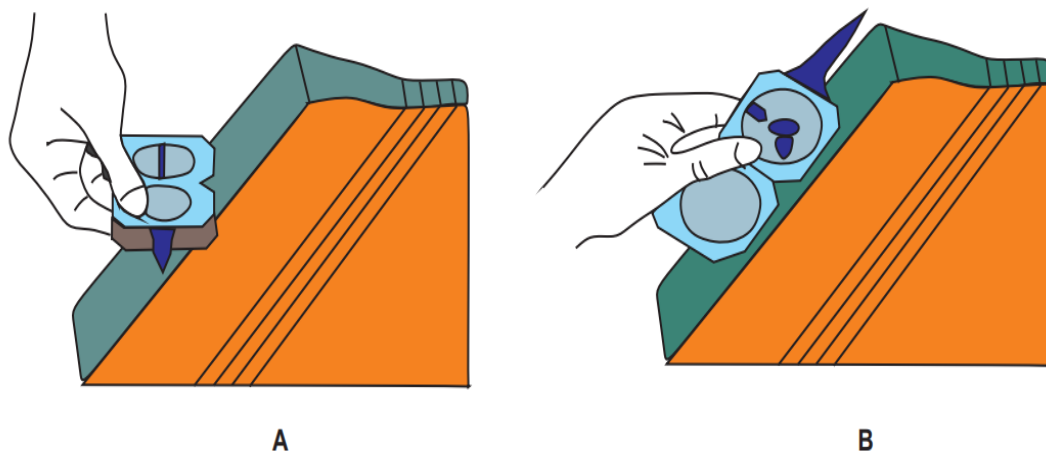


Figura 7. Manera correcta de medir el rumbo y buzamiento de los estratos.

Fuente: Ragan, (1987).

2.2.14.3. 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).

Espesor= e = distancia inclinada * seno del ángulo de pendiente

Datos:

Distancia inclinada= d_i = 55m

Ángulo de pendiente de los estratos= β = 50°

$$e = d_i \cdot \text{seno } 50^\circ$$

$$e = 55\text{m} \cdot \text{seno } 50^\circ$$

$$e = 42\text{m}$$

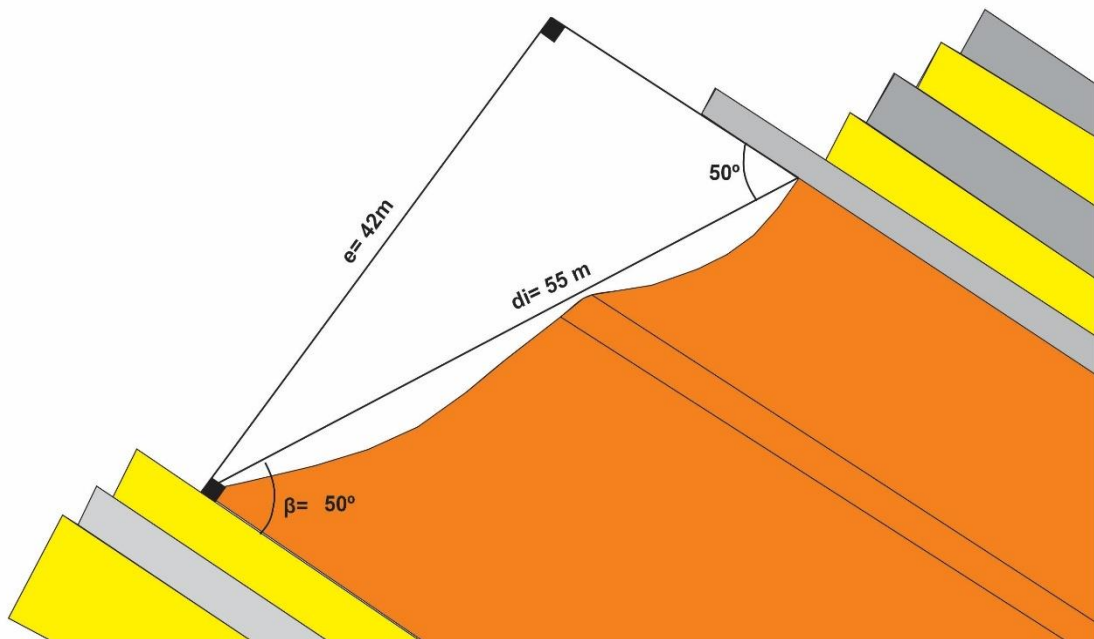


Figura 8. Medición de la estratigrafía.

Fuente: Krumbein y Sloss, (1969).

2.2.14.4. Edad Relativa 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. La primera idea fundamental, en cuanto al tiempo geológico se refiere, que una superficie de estratificación es una superficie isócrona, esto es de igualdad de tiempo, como ya estableció Steno en su principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos. Una superficie de estratificación que pueda ser seguida en largas distancias constituye un excelente criterio de correlación, ya que delimita dos intervalos de tiempo sucesivos. En perfiles sísmicos los niveles reflectantes observados en los mismos son superficies de estratificación y se pueden seguir en algunos casos hasta un centenar de kilómetros (Navarrete, 2014).

2.2.14.5. Edad Absoluta 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. Cuando las medidas se expresan en millones de años no es necesario tomar un punto de referencia reciente para iniciar la cuenta. En la actualidad, son tres los métodos más usuales de datación radiométrica aplicables a rocas de cualquier edad, cuyo fundamento y posibilidades de aplicación se resumen a continuación. El Método Potásico/Argón se trata de un método que se puede aplicar sobre una roca volcánica, bien en muestra total o bien sobre algunos de sus minerales (moscovita, biotita, hornblenda, glauconita, etc). El potasio es uno de los ocho elementos más abundantes de la corteza terrestre. La desintegración del mismo suministra un 11% de Ar y un 89% de ^{40}Ca , al tiempo que emite partículas β^- . La medida del calcio (como elemento hijo) no es posible por ser un elemento muy abundante en las rocas y por tanto lo que se mide es el ^{40}Ar . Método Rubidio-Estroncio es un método aplicable a diversos minerales como la moscovita, biotita, lepidota, microclina o glauconita de rocas ígneas o metamórficas (Reguant, 2001).

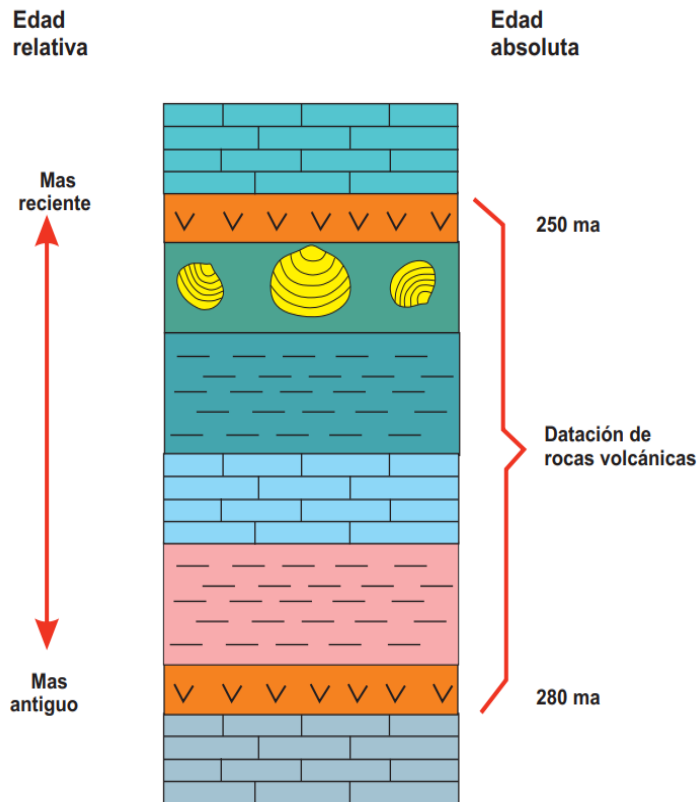


Figura 9. Edad relativa y absoluta de los estratos.
Fuente. Vera, (1994).

2.2.15. Clasificación de Rocas Carbonatadas según Dunhan (1962)

En esta clasificación se distingue dos tipos de carbonatos (rocas y sedimentos carbonatados), los de textura depositacional reconocible, y los de textura cristalina en donde no es posible reconocer la textura depositacional (Dunham, 1962).

2.2.15.1. Mudstone

Son rocas con textura matriz soportada con menos del 10% de granos.

2.2.15.2. Wackstone

Son rocas con textura matriz soportada con más del 10% de granos.

2.2.15.3. Boundstone

Son rocas calcáreas donde los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debido a la acción de organismos bioconstructores (corales, algas).

2.2.15.4. Packstone

Son rocas que poseen una textura grano soportada y con matriz de lodo calcáreo.

2.2.15.5. Grainstone

Son rocas calcáreas que posee una textura grano soportada y sin matriz micrítica. (Dunham, 1962).

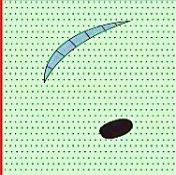
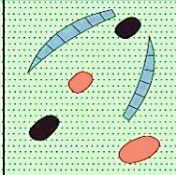
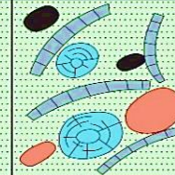
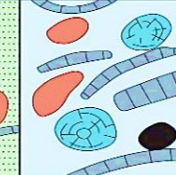
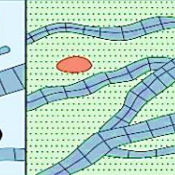
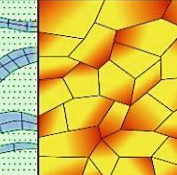
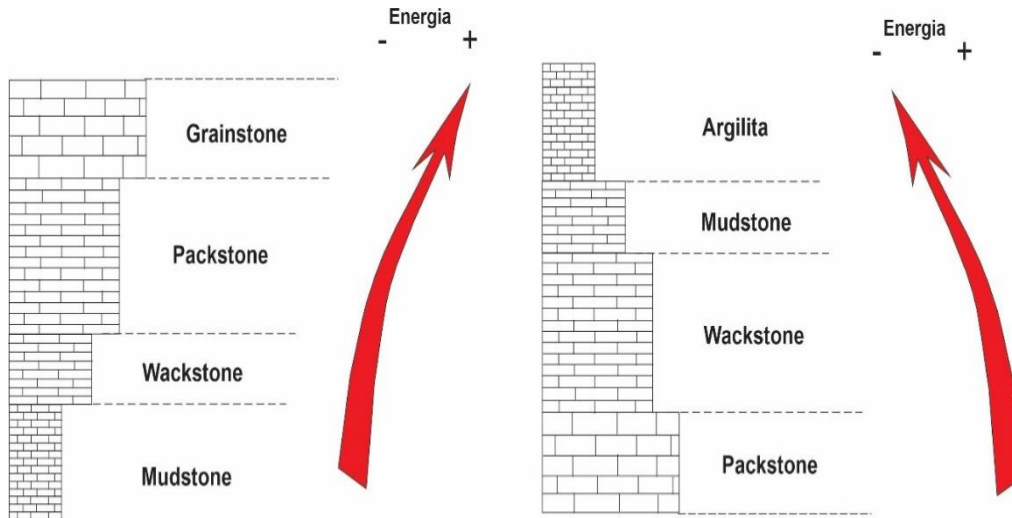
Textura depositacional reconocible				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Textura depositacional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico		
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado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

Figura 10. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.

Fuente: Dunham, (1962).

2.2.15.6. Energía de Transporte vs Calizas

La figura A muestra la secuencia negativa en donde hay un incremento de energía hacia la parte superior. La figura B muestra la secuencia positiva donde se observa un decrecimiento de la energía hacia arriba.



A. Secuencia negativa

B. Secuencia positiva

Figura 11. Secuencia positiva y negativa según Dunham. En A la energía de las aguas de mar se incrementa hacia arriba. En B sucede lo contrario.

Fuente: Aquitaine, (1977).

CLASIFICACION DE CALIZAS (DUNHAM MODIFICADO)										
Textura deposicional reconocible										Textura Depositional no reconocible
Componentes Originales no entrelazados durante el depósito								Componentes Originales entrelazados durante el depósito		Caliza Cristalina o Dolomía
Partículas menores a 2 mm						Partículas mayores a 2 mm alóctonos			BOUNDSTONE	
Soportado por lodo <10% de partículas				Soportado por partículas >10% de partículas				Soportado por lodo		Soportado por partículas
MUDSTONE		WACKSTONE		PACKSTONE		GRAINSTONE		FLOATSTONE		RUDSTONE
0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%	
MUDSTONE	MUDSTONE - WACKSTONE	WACKSTONE - MUDSTONE	WACKSTONE	WACKSTONE - PACKSTONE	PACKSTONE - WACKSTONE	PACKSTONE	PACKSTONE - GRAINSTONE	GRAINSTONE - PACKSTONE	GRAINSTONE	
Crecimiento primordial vertical		Crecimiento primordial horizontal		Crecimientos vertical y horizontal		BAFFLESTONE		BINDSTONE		FRAMESTONE

Figura 12. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas.

Fuente: Dunham, (1962).

2.2.16. Clasificación según Folk (1962)

Folk establece una clasificación de calizas teniendo en cuenta las proporciones relativas de los tres constituyentes básicos: granos (aloquímicos), matriz micrítica y cemento esparítico (ortoquímicos). Diferencia tres tipos básicos de calizas: aloquímicas (con más del 10% de granos), micríticas (con menos del 10% de granos). Dentro de las calizas aloquímicas se distingue entre: calizas esparíticas (espacio intergranular ocupado por esparita) y calizas micríticas (espacio intergranular ocupado por micrita). Una de las limitaciones de esta clasificación es que no se puede aplicar a sedimentos.

CALIZAS ORTOQUÍMICAS		CALIZAS ALOQUÍMICAS			
MATRIZ ↑ GRANOS ↓ (< 10%)		GRANOS ↑ (> 10%)		BIOLITITA	
GRANOS < 1%	GRANOS < 10%	+ MATRIZ	+ CEMENTO		
MICRITA 	Micrita Intraclástica	Intramicroita	Intraesparita	> 25% Intraclastos	
	Micrita Oolítica	Oomicrita	Ooesparita	> 25% Ooides	
DISMICRITA 	Micrita Fosilífera	Biomicrita	Bioesparita	Fos / Pel > 3/1	< 25% Intraclastos
		Biopelmicrita	Biopelasparita	3/1 < Fos / Pel > 1/3	
	Micrita con pellets	Pelmicrita	Pelesparita	Fos / Pel < 1/3	

Figura 13. Clasificación de rocas carbonatadas.

Fuente: Folk, (1962).

2.2.17. Clasificación según Embry y Klovan (1971)

Es otra clasificación de calizas y consisten en los siguientes nombres:

2.2.17.1. Rudstone

Textura grano soportado, en la que los clastos tienen un tamaño mayor a 2 mm y están en una proporción superior al 10%.

2.2.17.2. Floatstone

Textura matriz soportada, en la que los clastos tienen un tamaño mayor a 2mm y están en una proporción superior al 10%. Dentro de los Boundstone se diferencian los siguientes tipos: Framestone: Tipo de bioconstrucción en la que los organismos construyen armazones rígidos. Bindstone: Tipo de bioconstrucción por organismos (esqueléticos o no) que incrustan y atrapan el sedimento.

2.2.17.3. Bafflestone

Tipo de bioconstrucción en la que los organismos atrapan sedimentos por efecto pantalla.

2.2.18. Clasificación de los Carbonatos por Folk

La clasificación de los carbonatos de Folk 1962, no toma en cuenta las mezclas con arena, limo, arcilla terrígenos, por lo que los constituyentes básicos de las calizas son los ortoquímicos y los aloquímicos:

2.2.18.1. 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:

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.

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.

2.2.18.2. 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. Existen cuatro tipos de alquímicos importantes:

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. Los fósiles son constituyentes importantes de muchas calizas.

Oolitos

Tienen diámetros de 0.1 a 1.0 mm y muestran estructura radial y concéntrica. Se forman generalmente. 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.

Fósiles

Son los constituyentes importantes de muchas calizas.

Pelotillas “pellets”

Son agregados homogéneos de calcita microcristalina, bien redondeados y clasificados con diámetro promedio de 0.03 y 0.02 mm. Pueden representar coprolitos de gusanos o de otros invertebrados. Las bolitas no definidas se llaman a veces “grumeleuse”.

Casi todas las rocas carbonatadas contienen más de un solo tipo de material; unas pueden ser una mezcla de oolitas, fósiles y cemento de espato calizo; mientras que

otras consisten de limo cuarzoso, pelotillas y lodo microcristalino, reemplazado parcialmente por dolomita y pedernal. Por lo que, sin tomar en cuenta, por el momento, el material terrígeno 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; las conchas, oolitas guijarros de calcita o pelotillas forman la masa principal de muchas calizas. El lodo microcristalino representa una “matriz” (del tamaño de arcilla) cuya presencia indica la ausencia de fuertes corrientes, al igual que la presencia de una matriz arcillosa en una arenisca indica que esta ha sido poco “lavada”. El cemento de espato calizo rellena simplemente los poros de las rocas después de la eliminación del lodo microcristalino. Según estos conceptos Folk (1962). Las calizas se clasifican de la siguiente manera:

2.2.18.3. Las Calizas del tipo I (Espáticas Aloquímicos)

Contienen principalmente constituyentes químicos cementados por espato calizo. Estas rocas son el equivalente de los conglomerados y de las areniscas terrígenos bien clasificados, sus partículas sólidas, intraclastos, fósiles, oolitos o pelotillas, fueron amontonadas por corrientes fuertes y persistentes, para eliminar totalmente el lodo microcristalino que, de otro modo, hubiera formado la matriz; los poros se han rellenado así con cemento de espato calizo precipitado directamente.

2.2.18.4. Las Calizas tipo II (Microcristalinas Aloquímicas)

Contienen también una considerable proporción de aloquímicos, pero las corrientes no fueron suficientemente fuertes o persistentes para eliminar el lodo microcristalino, que quedó a formar la matriz de la roca. El espato calizo es poco abundante o ausente, simplemente porque no encontró espacios en que formarse. Estas rocas son los equivalentes texturales de las areniscas o conglomerados arcillosos, que tampoco contienen mucho cemento.

2.2.18.5. Las Calizas tipo III (Microcristalinas)

Representan el extremo opuesto al tipo I, ya que consisten, casi enteramente, de lodo microcristalino con poco o ningún material aloquímicos y sin espato calizo. Esto implica una rápida precipitación de lodo microcristalino al mismo tiempo que la ausencia de fuertes corrientes. Texturalmente son los equivalentes a las arcillitas de las rocas terrígenas.

Algunas capas de lodos microcristalino fueron arrancadas parcialmente por las corrientes del fondo y redepositadas rápidamente sin que se llegaran a formar verdaderos intraclastos. Estas rocas se consideran rocas microcristalinas perturbadas y se denomina como “dismicrita”.

Las biohermas están constituidas por estructuras orgánicas formadas in situ, son únicas en su tipo y se

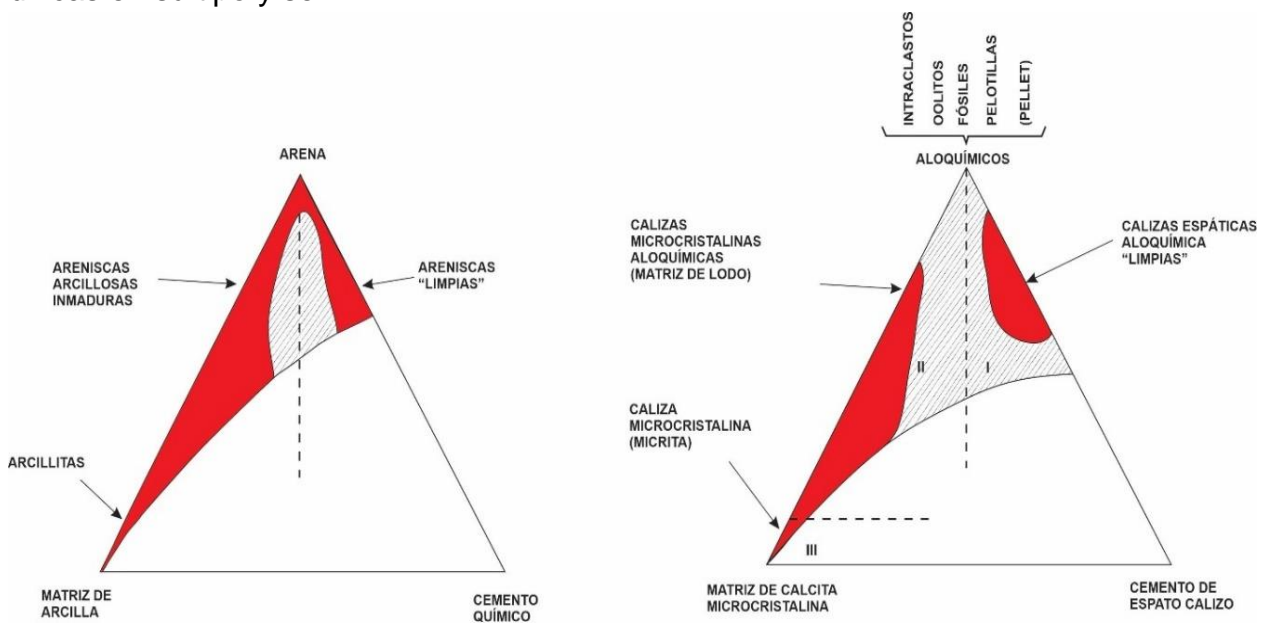


Figura 14. Comparación entre las rocas clásticas y las calizas.
Fuente: Folk, (1962).

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

Figura 15. Los tipos I, II y III de la clasificación de Folk.
Fuente: Folk, (1962).

Las rocas carbonatadas contienen partículas transportadas (oolitas, intraclastos y pelotillas) y minerales precipitados químicamente (ya sea de forma de un cemento que rellena los poros, de un lodo primario de productos de recristalización y reemplazamiento). En consecuencia, la escala de tamaño debe consistir de dos partes, una para cada uno de los dos constituyentes principales.

2.2.18.6. Significado Genético

Las calizas del tipo I son aquellas que se depositan en ambientes donde el lavado es vigoroso y la clasificación eficiente, muestran buena estratificación o estratificación sesgada, buena compactación y orientación de los aloquímicos sobre bancos submarinos elevados. Las calizas del tipo II y III (ya sean micritas puras o rocas con matriz de micrita) indican una formación en áreas de clasificación poco eficiente y de corrientes débiles, sugiere nombre a las calizas según el tamaño de los constituyentes transportados y los constituyentes autógenos (Folk, 1962).

	Constituyentes transportados	Constituyentes autógenos	
64 mm	Calcirudita muy gruesa	(7) Cristalina extremadamente gruesa	
16 mm	Calcirudita gruesa		
4 mm	Calcirudita mediana		4 mm
1 mm	Calcirudita fina	(6) Cristalina muy gruesa	1 mm
0.5mm	Calcarenita gruesa	(5) Cristalina gruesa	
0.25mm	Calcarenita media		0.25mm
0.125mm	Calcarenita fina	(4) Cristalina mediana	
0.0625mm	Calcarenita muy fina		0.0625mm
0.03125mm	Calcilutita gruesa	(3) Cristalina fina	
0.015625mm	Calcilutita mediana		0.015625mm
0.0078125mm	Calcilutita fina	(2) Cristalina muy fina	
0.00390625mm	Calcilutita muy fina		0.00390625mm
0.001953125mm		(1) Afano cristalina	
0.0009765625mm			0.0009765625mm

Figura 16. Clasificación de las calizas según el tamaño de los componentes transportados y autógenos.

Fuente: Folk, (1962).

2.2.19. Clasificación de Rocas Carbonatado-Detríticas según Correns (1949)

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 permite 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.

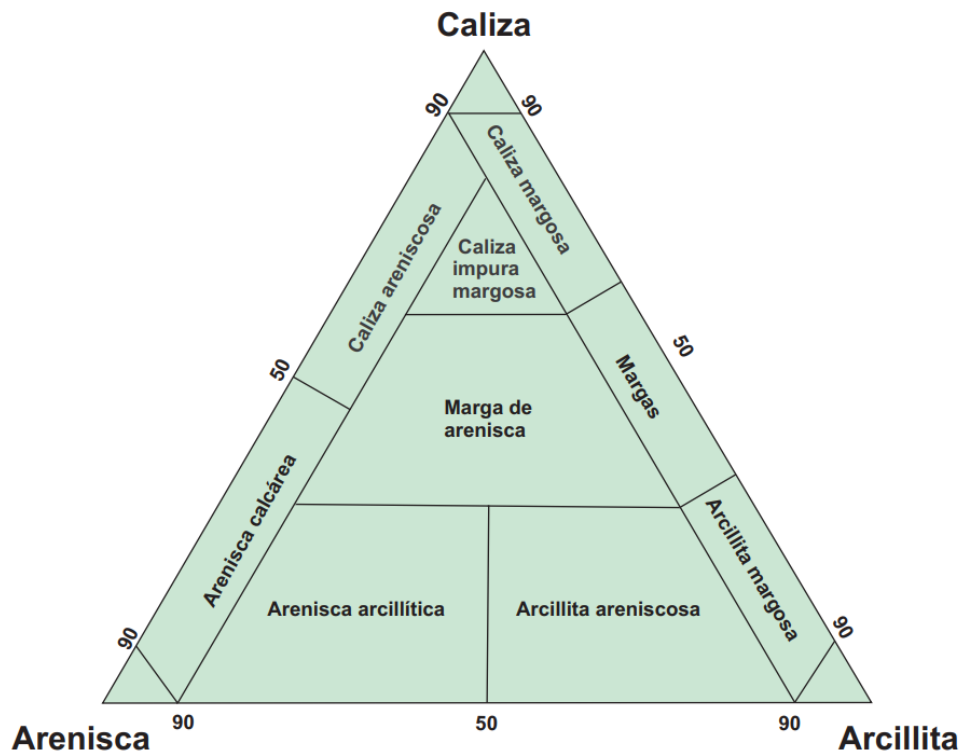


Figura 17. Triángulo de clasificación de rocas carbonatadas detríticas e intermedias. Fuente: Correns, (1949).

2.2.20. Ambiente de Plataforma Carbonatada

Las plataformas de ambientes carbonatados se desarrollan en áreas donde el influjo de terrígenos no existe o es mínimo. El aporte de terrígenos en la mayor parte de las márgenes continentales afecta directamente el crecimiento de los organismos productores de carbonatos, especialmente en los constructores de arrecifes. Como resultado, los arrecifes se desarrollan en áreas donde no existe una fuente de terrígenos. En estas plataformas existe un equilibrio dinámico entre la producción de carbonatos y la subsidencia, para permitir acumulaciones gruesas y mantener la profundidad adecuada para favorecer continuamente el aporte de CaCO_3 (Mantilla, 2007).

2.2.21. Facies

Se denomina facies al conjunto de características litológicas y paleontológicas que identifican un depósito sedimentario. El concepto de facies no implica una distribución espacial. En su acepción abstracta, facies es un conjunto de propiedades (por lo tanto, carece de dimensiones) que caracterizan a los materiales estratificados. En otros casos, en su acepción concreta, se usa para denominar a un volumen de materiales caracterizados por sus propiedades y, por lo tanto, si tiene dimensiones. En esta observación hay que tomar en cuenta los datos geométricos (espesor y forma de los estratos) y los relativos a las propias rocas (litología, textura, estructuras sedimentarias, fósiles, color), destacando aquellos que sean más representativos de su génesis. No obstante, hay autores que usan el término facies con un sentido genético, dado que el aspecto de los materiales está controlado por su génesis, por Ejemplo: facies turbidíticas o facies pelágicas, facies fluviales. Para evitar introducir un término subjetivo se debe emplear el término facies en su acepción concreta, basado en criterios objetivos, es decir en el conjunto de propiedades que definen a los materiales o a los materiales con dichas características. Por Ejemplo: facies de calizas micríticas de 50 cm de espesor, con laminación paralela y pelecípodos y gastrópodos, es un dato objetivo, en cambio la indicación del ambiente o medio sedimentario de depositación es interpretativo. En la nomenclatura para las facies carbonatadas Dunham (1962) propone la siguiente, donde cada tipo de facies tiene una letra mayúscula alusiva

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

2.2.22. Tipos de Facies

Dado que son diversos los aspectos que se pueden observar en las rocas (o conjuntos de rocas) se puede hablar de varios tipos de facies. Se usan términos restrictivos del tipo de propiedades (litofacies y biofacies) (Vera, 1994).

2.2.22.1. Litofacies

El término litofacies se usa para referirse exclusivamente a los aspectos litológicos (no los paleontológicos) de un conjunto de estratos y correlativamente para las condiciones físico-químicas (no biológicas) que presidieron durante el depósito.

2.2.22.2. Biofacies

El término biofacies 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". Según Hallam (1981), hacer la división de facies en litofacies y biofacies es redundante, ya que los fósiles forman parte de la roca, hasta el punto de considerar sinónimos los términos facies y litofacies, y no usar el de biofacies.

2.2.22.3. Microfacies

Es un término introducido en la nomenclatura estratigráfica desde el mundo de la Geología del Petróleo para denominar al conjunto de características litológicas y paleontológicas que se observan al microscopio en lámina delgada y, correlativamente, a las condiciones genéticas que controlaron su depósito.

2.2.23. Asociaciones de Facies

Se denomina Asociación de facies a la distribución ordenada de varias facies elementales, genéticamente relacionadas (Vera, 1994).

2.2.24. Correlación Estratigráfica

La correlación estratigráfica es una de las técnicas de mayor interés en Estratigrafía y consiste en comparar dos o más secciones estratigráficas, de un intervalo de tiempo semejante, estableciendo la equivalencia entre los niveles o superficies de estratificación reconocibles en cada una de ellas. El objetivo fundamental de la correlación estratigráfica es ampliar la validez de los datos estratigráficos locales. Al comparar varias secciones estratigráficas se puede ver la relación lateral entre las diferentes unidades estratigráficas representadas en ellas, los cambios de facies y de espesor. y con ello deducir las características estratigráficas de una región más amplia. La correlación estratigráfica entre dos o más secciones estratigráficas locales relativamente cercanas entre sí (correlación local) permite reconstruir la geometría de las unidades litoestratigráficas, valorar su posición en el tiempo, conocer sus cambios laterales. Con ello se elabora una sección estratigráfica compuesta local en la que quedarán destacados los rasgos más significativos de las unidades estratigráficas presentes en un sector determinado. La correlación regional, constituyen el elemento esencial para realizar el análisis estratigráfico de la cuenca, incluido el estudio paleogeográfico de la misma. En conclusión, la correlación estratigráfica, en sus diversas escalas, facilita la correcta interpretación de los rasgos observados en una sección estratigráfica concreta dentro de un contexto regional.

2.2.25. Biocorrelación

Correlación bioestratigráfica Intenta establecer la correspondencia entre dos niveles fosilíferos, basándose en la presencia de ciertos fósiles y en su posición bioestratigráfica. En la biocorrelación tiene un enorme interés el reconocimiento de los biohorizontes de primera aparición y los de última presencia de los fósiles característicos en diferentes secciones estratigráficas.

2.2.26. La Cronocorrelación o Correlación Cronoestratigráfica

Tiene como finalidad el establecimiento de la correspondencia de superficies isócronas y el reconocimiento de su posición cronoestratigráfica. Consiste en la comparación temporal de dos o más secciones estratigráficas, para lo cual, se seleccionan los rasgos estratigráficos que indiquen simultaneidad y faciliten el establecimiento de la correspondencia de todas las unidades estratigráficas representadas.

2.2.28. Principios de la Estratigrafía

2.2.28.1. Principio de la Horizontalidad

Este principio indica que, al formarse los estratos por primera vez, sus superficies son casi horizontales a la superficie de sedimentación y que ahora se encuentran inclinados debido a que han sido deformados posteriormente.

2.2.28.2. Principio de la Superposición

Consiste en que en una sucesión de materiales estratificados que no han sido deformados, un estrato es más joven en su formación que aquel que está debajo y más antiguo al que tiene encima.

2.2.28.3. Principio del Uniformismo

Indica que todos los fenómenos ocurridos han sido uniformes y semejantes a los actuales. Los grandes procesos geológicos habían ocurrido siempre y en la actualidad siguen teniendo lugar, uniformemente, diferenciándose sólo en su intensidad y tiempo de duración.

2.2.28.4. Principio del Actualismo

Este principio fue generalizado y enunciado por Charles Lyell. Los fenómenos geológicos que ocurrían en otras épocas tenían las mismas causas o los mismos condicionantes que los fenómenos actuales. Este principio constituye el fundamento básico de la geología, pues es el punto básico de toda interpretación o análisis interpretativo. La frase con la que se simplifica este principio es, “el presente es la clave del pasado”.

2.2.28.5. Principio de la Sucesión Faunística

Este principio indica que los fósiles que se encuentran en los estratos superiores serán más modernos a aquellos que se encuentran en los estratos inferiores. Además, en cada intervalo de tiempo de la historia geológica, los organismos que vivieron y, que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles.

1.2.29. La Ley de Walther

De acuerdo con esta ley, cuando tienen lugar cambios oblicuos, las facies se presentan ordenadas simultáneamente en sentido lateral y vertical, de manera que las facies en la actualidad se encuentran yuxtapuestas se disponen, además, superpuestas formando una asociación de facies, que en la vertical se refleja en una secuencia de facies. Esta ley da una perfecta descripción de cómo el tiempo es registrado como rocas o superficies, justo como es puesto ahora en práctica por la estratigrafía genética, también resaltó la importancia de integrar no solamente los datos paleontológicos sino también el balance de masa de sedimentos (en volumen) con el fin de seguir la línea del tiempo (Blandon, 2002).

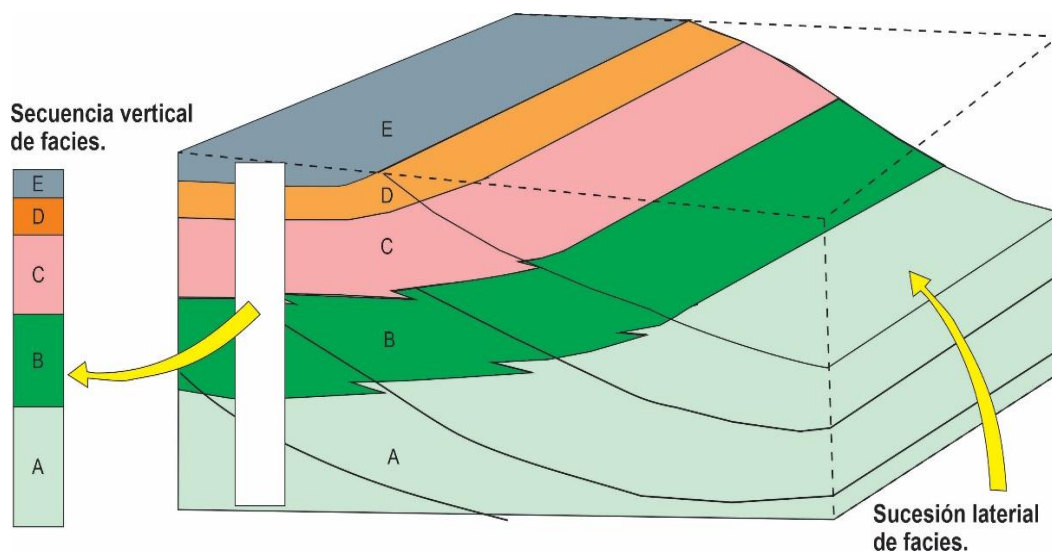


Figura 18. Ley de Walther. Block diagrama donde se representa una secuencia vertical de facies corresponde al registro a través del tiempo de su sucesión lateral.
Fuente: Blandon, (2002).

2.2.30. Método de Correlación de Shaw (1964)

Para realizar la correlación litoestratigráfica de dos columnas levantadas en un área determinada, se utiliza el sistema de correlación de Shaw. Este método consiste en primer lugar en la selección de una sección estratigráfica con un horizonte guía de referencia con respecto a otras secciones para comparar y correlacionar. Esta sección de referencia debería ser la sección con mayor espesor disponible, debería estar libre de fallamientos u otras complicaciones estructurales. La sección de referencia se mide y se muestrea tan completamente como sea posible, y las facies que contiene esta sección. Este sistema de representación consiste en colocar las dos secciones o perfiles estratigráficos (X e Y), en un eje de coordenadas dibujados con la misma escala. El eje de coordenadas se hace coincidir con una superficie de correlación (isócrona) reconocible en la base de cada una de las secciones, la cual servirá de referencia para iniciar la correlación. A partir de ella se van comparando los diferentes niveles de facies. Este procedimiento produce una serie de puntos que tienden a agruparse alrededor de una línea recta. Esta línea se puede dibujar visualmente para producir la línea de mejor ajuste. Las coordenadas X e Y de cualquier punto sobre esta línea proporciona una correlación estratigráfica precisa entre las dos secciones. Todos los puntos que queden situados sobre la línea o muy cerca de la misma, se consideran isócronos en ambas secciones, mientras que aquellos que se separen de la línea marcarán posibles fenómenos. Además, por su utilidad en correlación entre dos secciones estratigráficas, el método de correlación gráfico también proporciona una herramienta útil para evaluar diferencias en tasas de sedimentación. La pendiente de la línea de mejor ajuste indica la tasa relativa de sedimentación entre dos áreas. Si un cambio abrupto ocurre en esta pendiente, este cambio sugiere un incremento o decrecimiento repentino en las tasas de sedimentación en las secciones.

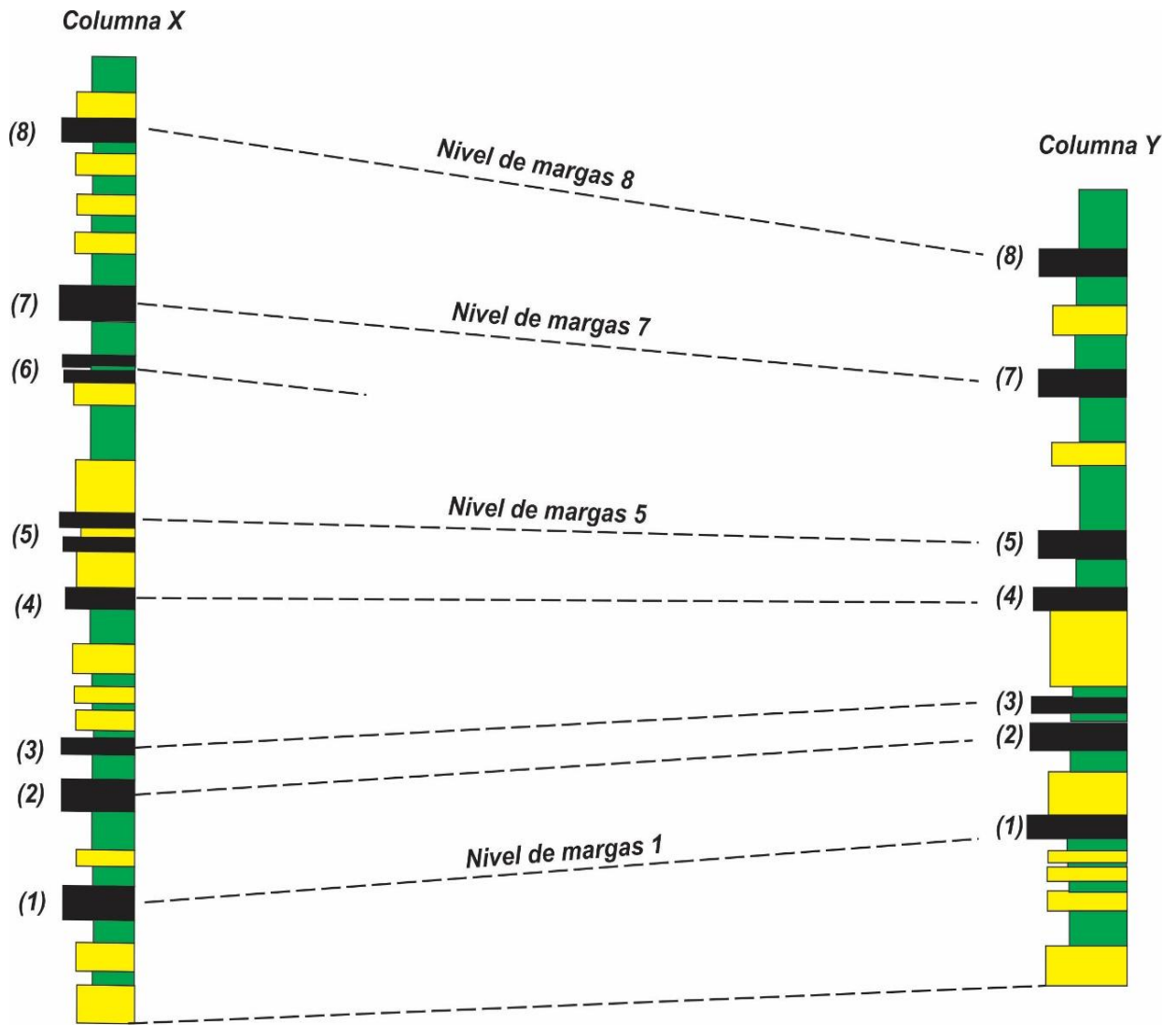


Figura 19. Correlación entre dos columnas estratigráficas.
Fuente: Shaw, (1964).

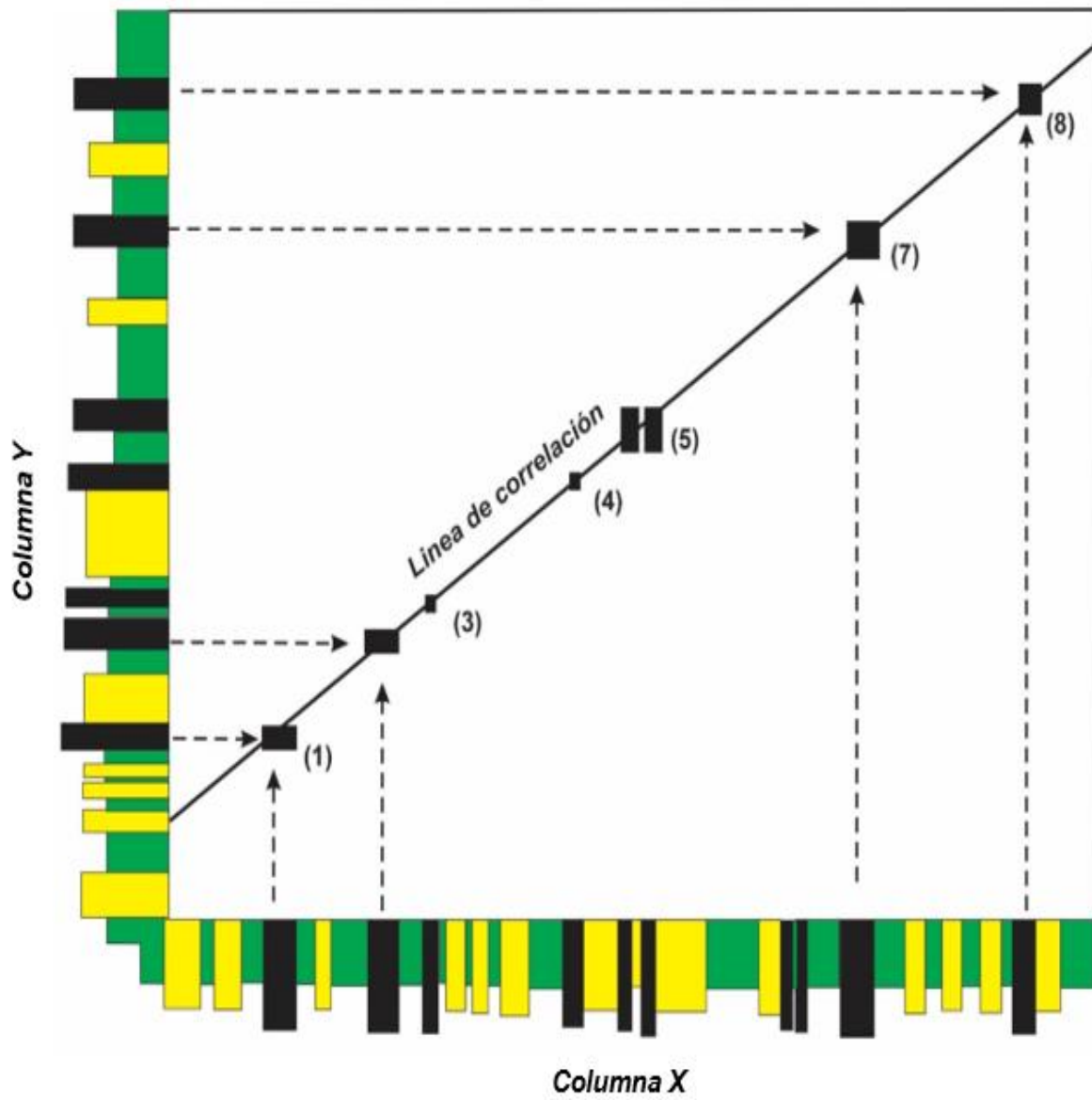


Figura 20. Línea de correlación de Shaw.
Fuente: Shaw, (1964).

Correlación tipo A

La correlación tipo A de dos columnas estratigráficas, indica el mismo espesor entre ambas columnas. Aquellos niveles que están fuera de la línea se consideran niveles diacrónicos.

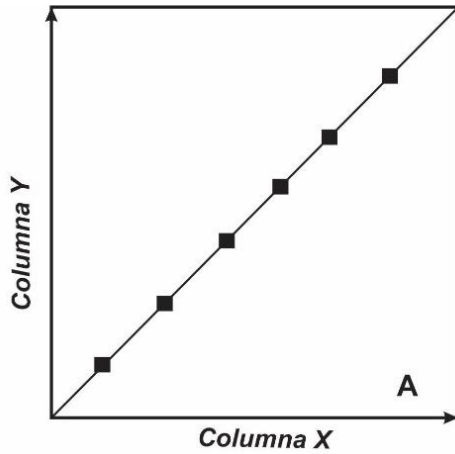


Figura 21. Línea de correlación de Shaw tipo A.
Fuente: Shaw, (1964).

Correlación tipo B

La correlación tipo B de dos columnas estratigráficas en la que la columna X tiene un mayor espesor por consiguiente una mayor tasa de sedimentación.

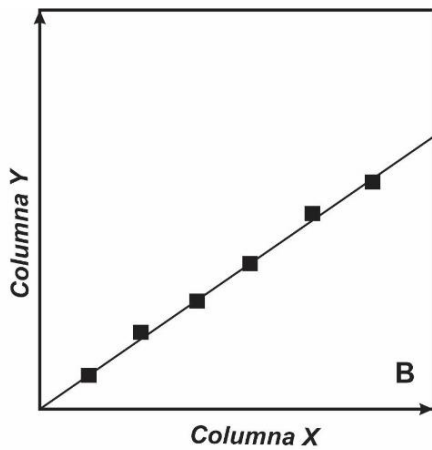


Figura 22. Línea de correlación de Shaw tipo B.
Fuente: Shaw, (1964).

Correlación tipo C

La correlación tipo C de dos columnas estratigráficas en la que la columna Y tiene un mayor espesor por consiguiente una mayor tasa de sedimentación.

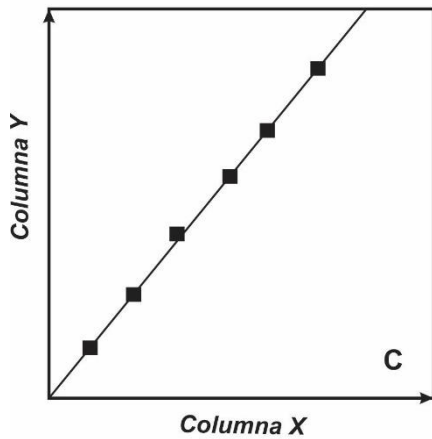


Figura 23. Línea de correlación de Shaw tipo C.
Fuente: Shaw, (1964).

Correlación tipo D

La correlación tipo D de dos columnas estratigráficas en la que la columna X muestra una superficie de no deposición.

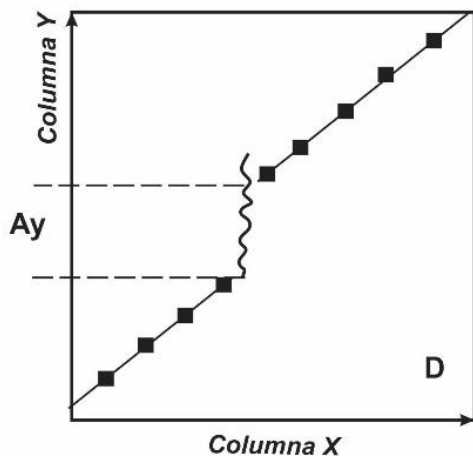


Figura 24. Línea de correlación de Shaw tipo D.
Fuente: Shaw, (1964).

Correlación tipo E

La correlación tipo E de dos columnas estratigráficas en la que la columna Y muestra una superficie de no deposición.

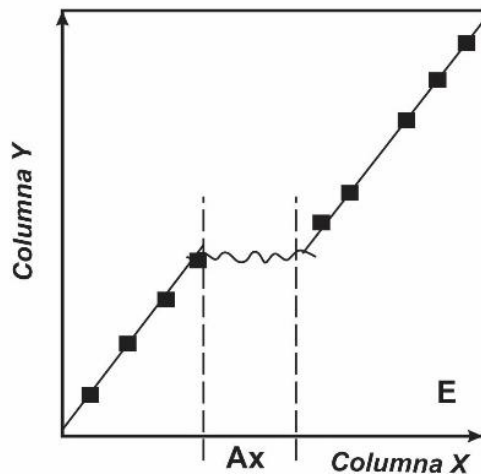


Figura 25. Línea de correlación de Shaw tipo E.
Fuente: Shaw, (1964).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

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

Arcillita: roca sedimentaria clástica compuesta esencialmente de arcillas. Los ambientes de formación de las arcillitas son mares de poca profundidad (Dávila, 2011).

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).

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).

Isocrono: término que indica 2 o más sucesos, procesos o seres vivientes que se han producido, formado o desarrollado en un mismo periodo de tiempo (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. 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).

Bioestratigrafía: datación geológica basada en el estudio de los fósiles encontrados en los estratos. Estrato o capa definida por su contenido fosilífero y se diferencia de los estratos adyacentes (Dávila, 2011).

Caliza: roca sedimentaria calcárea compuesta por CaCO_3 principalmente. Los ambientes de formación de las calizas son mares profundos o batiales (Dávila, 2011).

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).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. Geográfica

El Distrito de Jorge Chávez se ubica en la parte norte del Perú, en el departamento de Cajamarca, al sur de la provincia de Celendín y al norte del distrito de Sucre.



Figura 26. Ubicación Geográfica del distrito de Jorge Chávez.
Fuente: Google Earth, (2022).

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS-84 del área de investigación.

Vértices	COORDENADAS	
	Longitud	Latitud
A	819193	9234141
B	824193	9234103
C	824148	9228103
D	819148	9228140

3.1.2. Política

El área de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Celendín y distrito de Jorge Chávez. Su capital es la ciudad de Lucmapampa. El distrito de Jorge Chávez se compone de 20 centros poblados: Animas Potrero, Atuyunga, Campanaorco, Casha Pampa, Churupampa, Cismalca, Conga de La Laguna, Cotorbamba, Cungat, El Puquio, El Trapiche, Huasapampa, Jacada, La Lima, La Morada, Lajapampa, Lucmapampa, Macas. El distrito de Jorge Chávez posee una superficie de 54000 km² y está ubicado a una altitud de 2630 msnm.

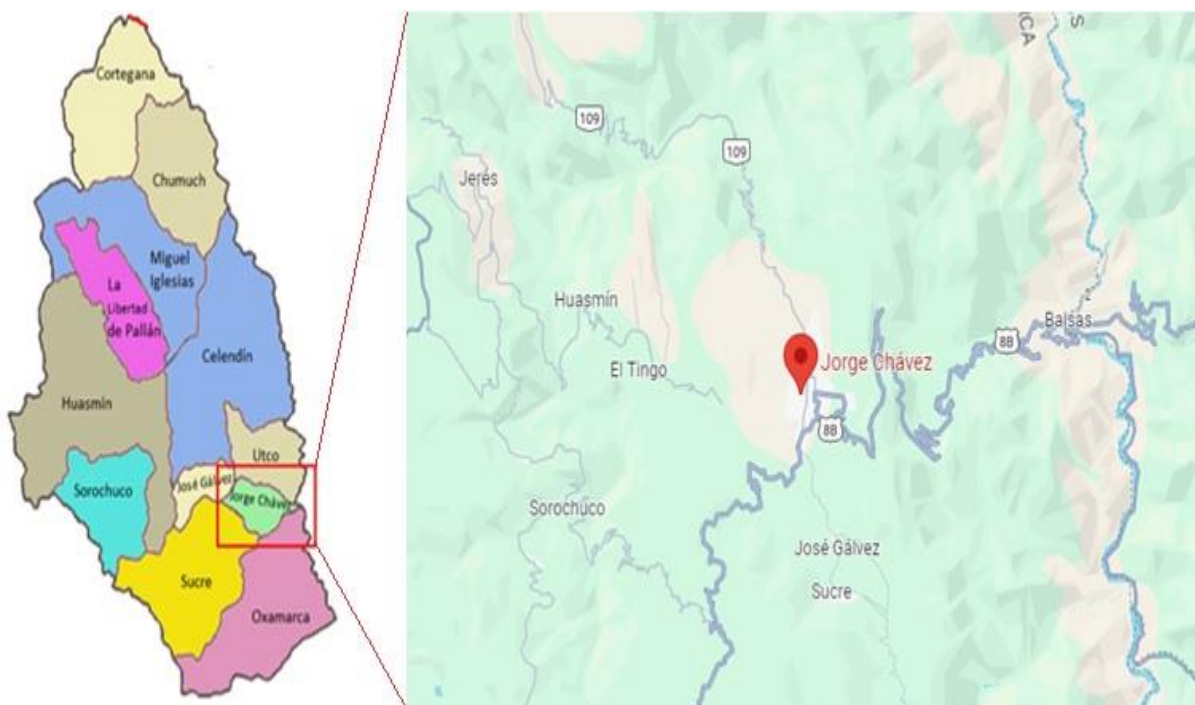


Figura 27. Ubicación Política del Distrito de Jorge Chávez, provincia de Celendín, Cajamarca.

3.2. ACCESIBILIDAD

Los accesos al distrito de Jorge Chávez son abundantes y se puede llegar de las siguientes maneras:

Tabla 2. Accesibilidad al área de estudio.

Tramo	Tipo	Tiempo (hrs)
Cajamarca- Celendín	Asfaltado	2.5
Celendín- Jorge Chávez	Afirmado	0.20
Loma del Indio – Jorge Chávez	Herradura	0.45

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

En el Distrito Jorge Chávez, afloran rocas del Cretácico al Reciente.

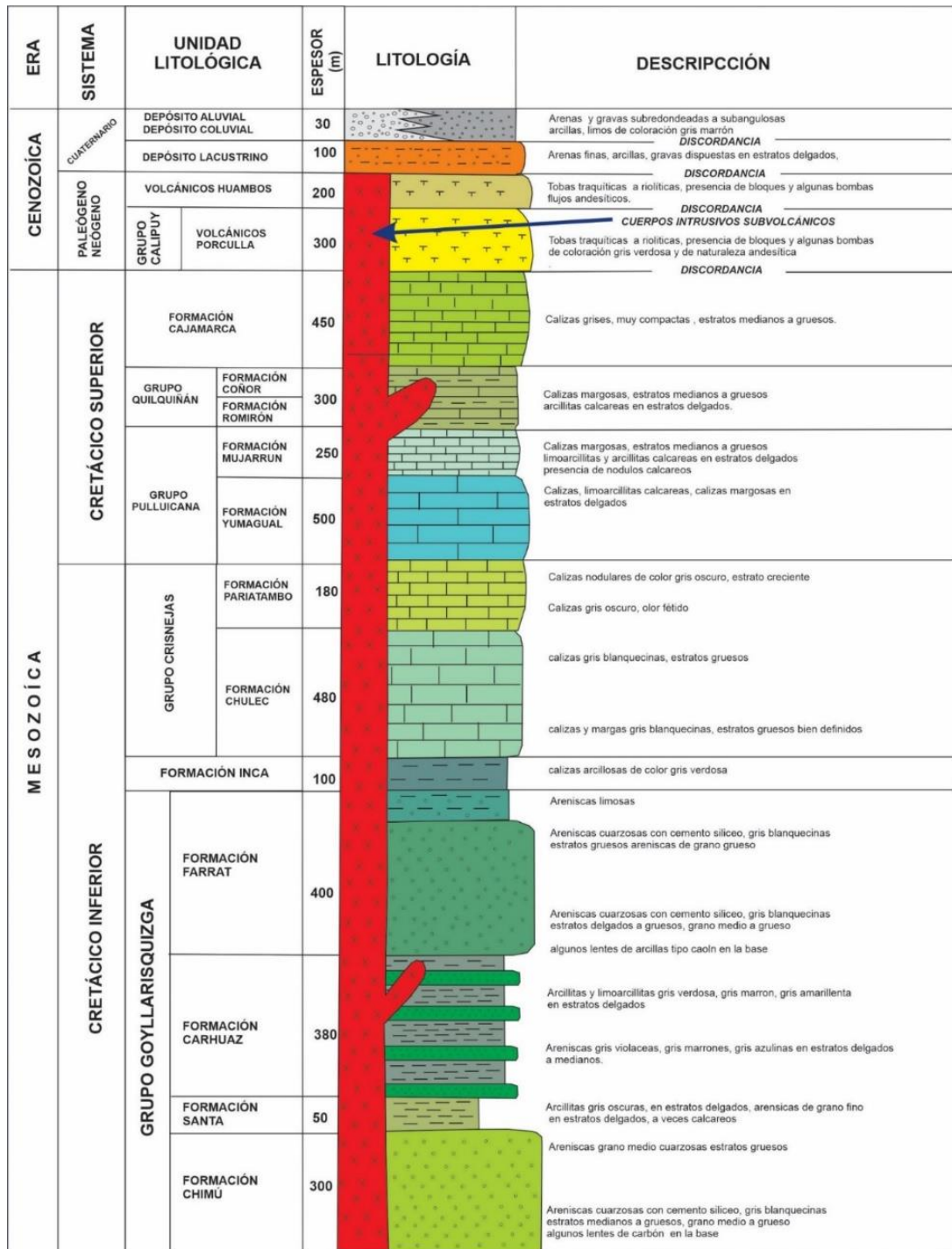


Figura 28. Columna geológica generalizada del departamento de Cajamarca. Fuente: Modificado de (Reyes, 1980).

3.3.1. Cretácico Superior

3.3.1.1. Grupo Quilquiñán- Mujarrúm (Ks- qm)

En esta investigación se considera como Grupo Quilquiñán- Mujarrúm al igual que Reyes (1980). En el distrito de Jorge Chávez, en la parte inferior se observan calizas de una coloración gris oscuras dispuestas en estratos delgados, que aumentan su espesor hacia la parte superior. Descansa en forma concordante a la Formación Yumagual en infrayace en la misma relación a la Formación Cajamarca.

3.3.1.2. Formación Cajamarca (Ks- ca)

En el distrito de Jorge Chávez, litológicamente está constituida en la parte media de calizas macizas mudstone de coloración gris. Estratigráficamente está compuesta por estratos medianos a gruesos. Es frecuente encontrar estructuras de disolución. Tanto en la parte inferior como superior existe una alternancia de calizas mudstone, packstone y margas.



Figura 29. Afloramientos¹ de Calizas de la Formación Cajamarca, con coordenadas E: 814610, N: 9238867.

3.3.1.3. Formación Celendín

⁷ En el distrito de Jorge Chávez, esta unidad representa el ciclo regresivo por lo que está conformada mayormente por una alternancia de margas y calizas packstone y grainstone, sobreyace discordantemente sobre¹ la Formación Cajamarca e infrayace en la misma relación a la Formación Chota, esta unidad es muy fosilífera.

23 3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. 2 Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación

Tipo de Investigación: el tipo de investigación es descriptiva – explicativa, ya que se describirá aspectos en campo para compararlos según la litología, cambios de facies, la ubicación y posición de las secuencias bioestratigráficas, ya que se centra en la observación directa en campo de parámetros geológicos.

Nivel de Investigación: el nivel de investigación es correlativa – explicativa, porque nos permitirá determinar la relación y correspondencia lito y bioestratigráficas que existe en la zona de estudio.

Finalidad: aplicada la cual explicará 2 cómo ocurrieron ciertos eventos y en qué condiciones se formaron ciertas características encontradas en el área de estudio.

Diseño de Investigación: documental porque se nos basamos en documentos establecidos en 2 los fenómenos tal y como ocurre naturalmente.

Periodo: transversal, debido a que se estudia en un momento determinado de tiempo.

Naturaleza o Modo: cualitativa, 2 porque induce de principios explicativos a partir de los eventos observados, y después en una segunda etapa, se construye enunciados que los contengan y se refieren a los eventos.

Tabla 3. Tipo de Investigación.

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE INVESTIGACIÓN
29 Según el nivel	Descriptiva/ explicativa
Según el diseño	Documental
9 Según su naturaleza o modo	Cualitativo
Según la finalidad	Aplicativa
Según el período	Transversal en el tiempo

Fuente: Modificado de (Supo, 2016).

3.4.2. Población de Estudio

Todos los afloramientos de la Formación Cajamarca que se encuentran en la localidad de Jorge Chávez – Provincia de Celendín, en un área de 30 hectáreas aproximadamente.

3.4.3. Muestras

Se analizaron muestras de rocas, espesor de la litología y fósiles pertenecientes a la Formación Cajamarca.

3.4.4. Unidad de Análisis

Corresponden a los estratos de la Formación Cajamarca.

3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.5.1. Técnicas

Se ha realizado en 3 etapas. En la primera, se obtuvo la información bibliográfica referente a la investigación, involucró la búsqueda y revisión de informes y trabajos realizados sobre el área de estudio, además se procedió a la elaboración y obtención de imágenes satelitales, planos topográficos y planos geológicos, los cuales fueron procesados en softwares como el ArGis v10.8, así como a la obtención y revisión del estado de los equipos a emplear (GPS, cámara).

En la segunda etapa se realizó varias visitas al campo para la recopilación de datos, necesarias para la elaboración de la columna estratigráfica de las unidades LitoBioestratigráficas que conforman la Formación Cajamarca.

En la tercera etapa se ha realizado la elaboración de la columna estratigráfica y posterior análisis de los datos obtenidos de campo, así como la redacción del informe final.

3.4.5.2. Instrumentos y equipos

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.

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

Brújula tipo Brunton: instrumento que nos ayuda 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

Picota del geólogo: se utiliza para obtener una superficie fresca de una roca con el fin de determinar su composición, su naturaleza, la mineralogía.

Protáctor a escala 1/10000

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

Libreta de campo: es una herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando ejecutan trabajos de campo.

Cámara fotográfica digital Marca Canon: 15 Mpx, Usado para tomar fotos, y de este modo, evidencia de las estructuras estudiadas.

Fichas y formatos: Tomados para descripción de rocas Arapa V. (2019), columnas estratigráficas Quispe, Z. (2017).

3.4.6. Análisis e interpretación de datos

Tanto los análisis e interpretaciones se realizaron en gabinete, como material de apoyo se tuvo los planos geológicos, las imágenes satelitales, las columnas estratigráficas. Los datos recolectados en campo fueron plasmados en las libretas de campo los que posteriormente fueron analizados y procesados mediante el software ArcGIS 10.8 para la elaboración de los mapas y columnas geológicas.

2 **CAPÍTULO IV** **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1. GENERALIDADES DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA

Para realizar la caracterización litoestratigráfica de la Formación Cajamarca se hizo un recorrido por las dos zonas donde aflora esta formación (ver anexo 1).

Se realizaron mediciones de los estratos para la confección de dos columnas litoestratigráficas, también se obtuvieron muestras de rocas para el estudio petrológico y análisis químico. La Formación Cajamarca está constituida por una intercalación de calizas, limoarcillitas y margas las cuales serán descritas a continuación:

4.1.1. Caracterización Litológica de la Formación Cajamarca

A la Formación Cajamarca se puede dividir litoestratigráficas, en tres miembros bien definidos denominados como: (Ver Figura 30).

Miembro inferior (MI): Representa el paso transicional del Grupo Quilquiñán-Mujarrúm, litológicamente por calizas packstone, limoarcillitas y margas.

Miembro medio (MM): Presenta mayor espesor, se caracteriza contener calizas con alto contenido de carbonatos, litológicamente por una intercalación de calizas mudstone y packstone. En menor proporción limoarcillitas y margas.

Miembro superior (MS): Relación directa con el paso transicional a la Formación Celendín, litológicamente por una intercalación de calizas mudstone y packstone. En menor proporción limoarcillitas y margas.



Figura 30. ² Afloramientos de calizas de la Formación Cajamarca en el distrito de Jorge Chávez, en donde se observan al miembro inferior, miembro medio y miembro superior, con coordenadas E: 814224, N: 9240717.

4.1.1.1. Miembro Inferior.

El miembro representa el paso transicional del Grupo Quilquiñán- Mujarrúm a la Formación Cajamarca.

1. Característica Litológica

Está compuesta litológicamente por calizas packstone, limoarcillitas y margas de coloración gris plomizas a gris marrones.

2. Características Estratigráficas

Posee estratos delgados de 0.10 m que se intercala con estratos medianos de hasta 1.0m. Se clasifica como una sucesión negativa (estrato creciente).

3. Estructuras Sin- sedimentaria

Las estructuras sedimentarias encontradas según la clasificación de Arche, (2010) son: Estratificación planar, Estratos delgados, Laminación interna.



Figura 31. Estratos delgados de calizas de forma tabular, formando una secuencia estrato creciente, con coordenadas E: 815118, N: 9241346.



Figura 32. Laminación interna dentro de los estratos del miembro medio, con coordenadas E: 815118, N: 9241346.

4. Estructuras Post- sedimentarias

Estructuras de carga, Estilolitas, Lenares, Estructuras de disolución (lapiáz), Estructuras nodulosas.



Figura 33. Estructuras nodulosas producidas por la erosión de las calizas arcillosas, con coordenadas E: 815211, N: 9241476.



Figura 34. Lenares en las calizas, estructuras formadas por erosión – disolución, identificadas en el miembro inferior.



Figura 35. Estilolitas (estructuras de contacto irregular producidas por presiones elevadas).

4.1.1.2. Miembro Medio

El miembro es de mayor espesor, se caracteriza contener calizas con alto contenido de carbonatos.

1. Característica Litológica

Está compuesta litológicamente por una intercalación de calizas mudstone y packstone. En menor proporción limoarcillitas y margas. Se caracteriza por poseer una coloración gris plomiza a gris azulinas, coloración homogénea en todo el afloramiento.

2. Características Estratigráficas

Posee estratos de un metro a 2 metros. Se clasifica como una sucesión negativa (estrato creciente) y una sucesión positiva (estrato decreciente hacia la parte superior de esta unidad). Los estratos son tabulares.

3. Estructuras Sin- sedimentaria

Las estructuras sedimentarias encontradas según la clasificación de Arche, (2010) son: Estratificación planar, Estratos gruesos, Laminación interna.

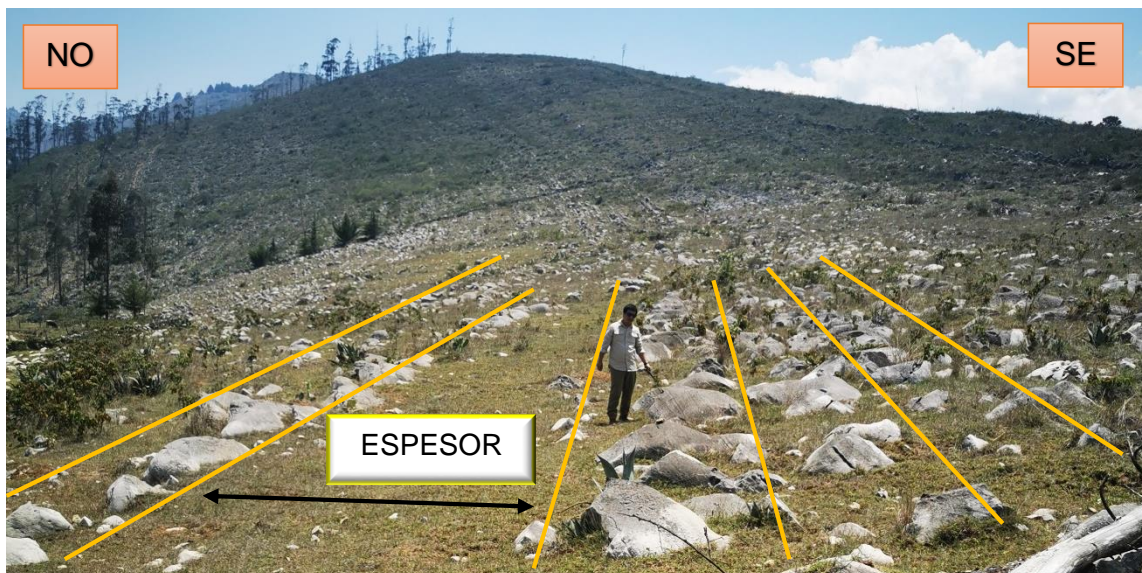


Figura 36. Estratificación planar, con coordenadas E: 815235, N: 9241389.



Figura 37. Estratos gruesos (hasta 1.80 cm de espesor), en el miembro medio, con coordenadas E: 815242, N: 9241372.

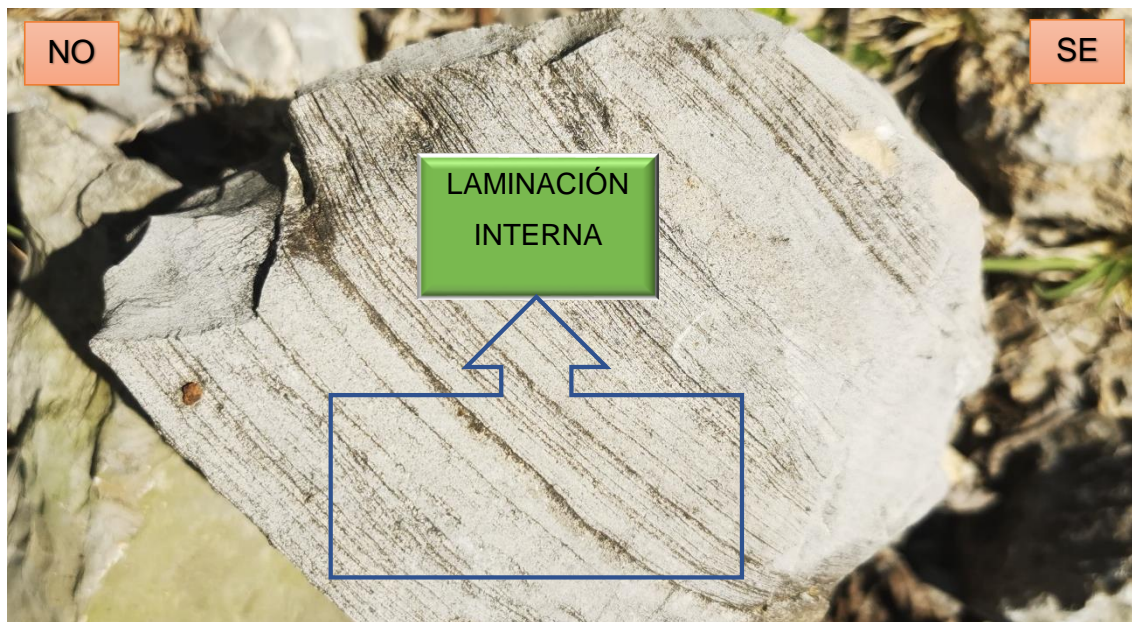


Figura 38. Laminación interna en el miembro medio, con coordenadas E: 815242, N: 9241372.

4. Estructuras Post- sedimentarias

Estructuras de carga, Oxidación, Estructuras de disolución (Oquedades).



Figura 39. Estructuras de Carga, formadas por diferencia de densidad de los sedimentos, con coordenadas E: 815239, N: 9241381.



Figura 40. Oquedades, formado por disolución de las calizas, con coordenadas E: 814733, N: 9238072.

4.1.1.3. Miembro Superior

El miembro superior guarda una relación directa con el paso transicional a la Formación Celendín.

1 Característica Litológica

Está compuesta litológicamente por una intercalación de calizas packstone wackstone. En menor proporción limoarcillitas y margas. Se caracteriza por poseer una coloración gris plomiza a gris azulinas.

2 Características Estratigráficas

Posee estratos delgados de 0.20 m que se intercala con estratos medianos de hasta 1.0m. Se clasifica como una sucesión positiva (estrato decreciente). Los estratos son macizas y tabulares.

3 Estructuras Sin- sedimentaria

Las estructuras sedimentarias encontradas según la clasificación de Arche, (2010) son: Estratos medianos, Estratificación planar, Bioturbaciones.



Figura 41. Estratos medianos en forma tabular, en el miembro superior, con coordenadas E: 814733, N: 9238072.



Figura 42. Estratos medianos ² de Calizas intercaladas con Margas dentro del miembro superior, con coordenadas E: 816595, N: 9240118.

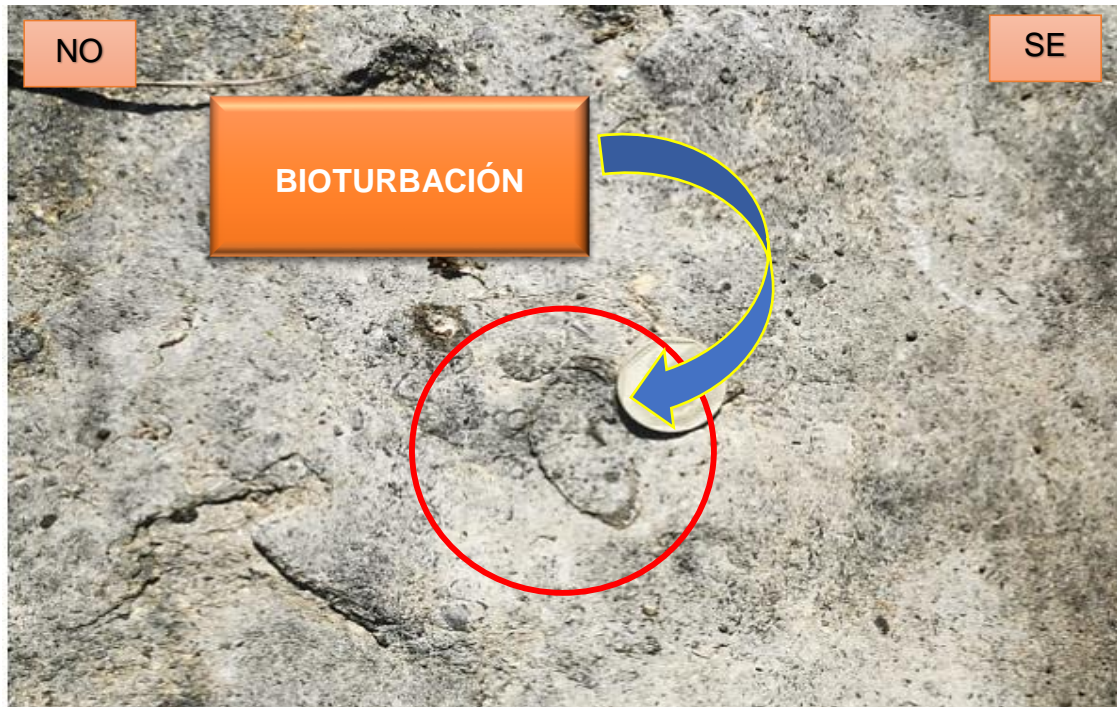


Figura 43. Bioturbación observada en las rocas calcáreas del miembro superior, con coordenadas E: 816789, N: 9239280.

4 Estructuras Post- sedimentarias

Presencia de oxidación por ferromagnesianos, Estructuras de disolución (Lapiaz).

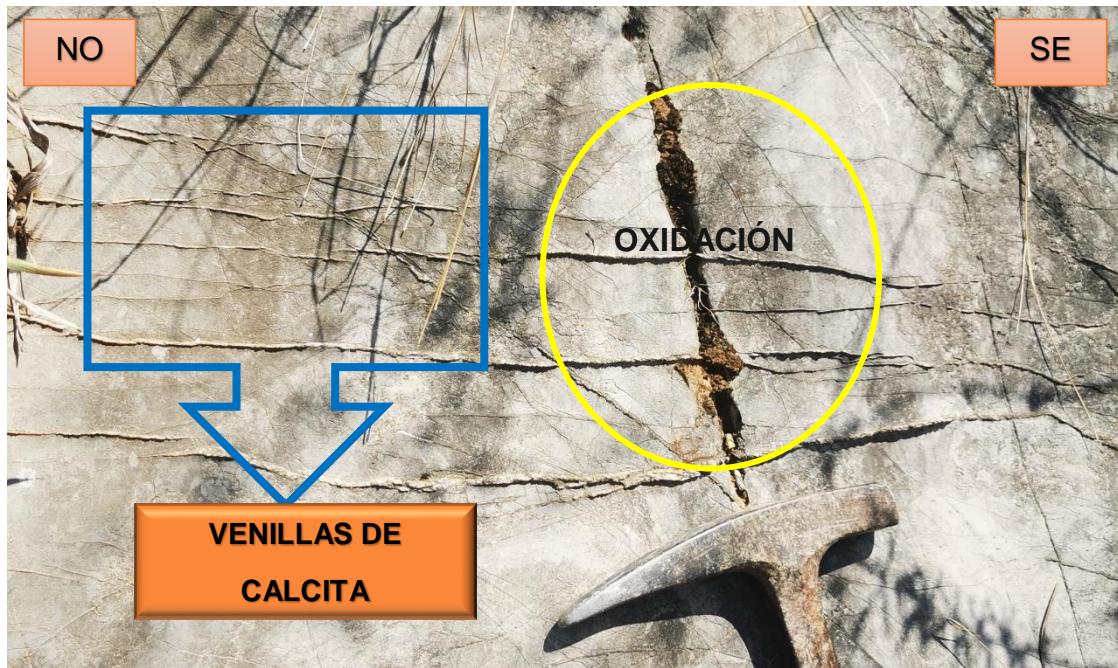


Figura 44. Venillas de calcita y presencia de oxidación en las rocas calcáreas del miembro superior, con coordenadas E: 814631, N: 9238112.



Figura 45. Estructuras de disolución tipo Lapiaz, que se observan en el miembro superior, con coordenadas E: 817341, N: 9239285.

4.1.1.4. Interpretación

De acuerdo al modelo simplificado de asociaciones de facies de Vera (1994), se observa una combinación de los modelos A (columna estratigráfica 1) y B (columna estratigráfica 2). En el miembro inferior del modelo A presenta un porcentaje bajo del aporte de carbonatos y un alto porcentaje de arcillas coincidente con el modelo B. En el miembro medio del modelo B el porcentaje de carbonatos hacia la cuenca es bastante alto con un pequeño porcentaje de arcillas acorde con el modelo A. En el miembro superior el aporte de carbonatos vuelve a disminuir siendo muy parecidos en los modelos A y B (Vera, 1994).

4.1.2. Análisis de las Columnas Estratigráficas 1 y 2

Luego de proceder a medir los estratos desde la base al tope de la Formación Cajamarca se efectuó la construcción de dos columnas estratigráficas denominadas como: Columnas 1 y Columna 2 en donde están bien representadas los miembro inferior, miembro medio y miembro superior.

La Columna 1: posee un espesor de 450 m (ver anexo 2.1)

Miembro inferior con 130 m

Miembro medio con 235 m

Miembro superior con 85 m

La Columna 2: posee un espesor de 420 m (ver anexo 2.2)

Miembro inferior con 115 m

Miembro medio con 275 m

Miembro superior con 60 m

4.1.3. Correlación Local

Aplicación del Método de la Correlación de Shaw

Se han levantado dos columnas estratigráficas de la Formación Cajamarca denominadas columna 1 y columna 2. La columna 1 ubicada a 2 km aprox. al oeste del distrito de Jorge Chávez y la Columna 2 ubicada a 2km aprox. al este del distrito de Jorge Chávez. Al aplicar el método de análisis de Correlación de Shaw (1968) se aprecia que coincide al modelo C de Shaw. La línea de correlación posee un ángulo de 48° , esto indica que la columna vertical (columna 1) posee mayor tasa de sedimentación que la columna dispuesta en forma horizontal (columna 2) (ver anexo 2.3).

4.1.3.4. Interpretación del Diagrama de Shaw

Durante el Jurásico superior se produce la tectónica Nevadiana que genera un levantamiento en la parte Central (Alto del Marañón) causando la división de dos cuencas una Occidental y otra oriental, cerca al área de estudio se ubica el lado Oeste del Alto del Marañón por lo que representa el límite oriental de la cuenca Cretácica. Debido a ello los espesores de las Formaciones Cretácicas se adelgazan (Reyes, 1980).

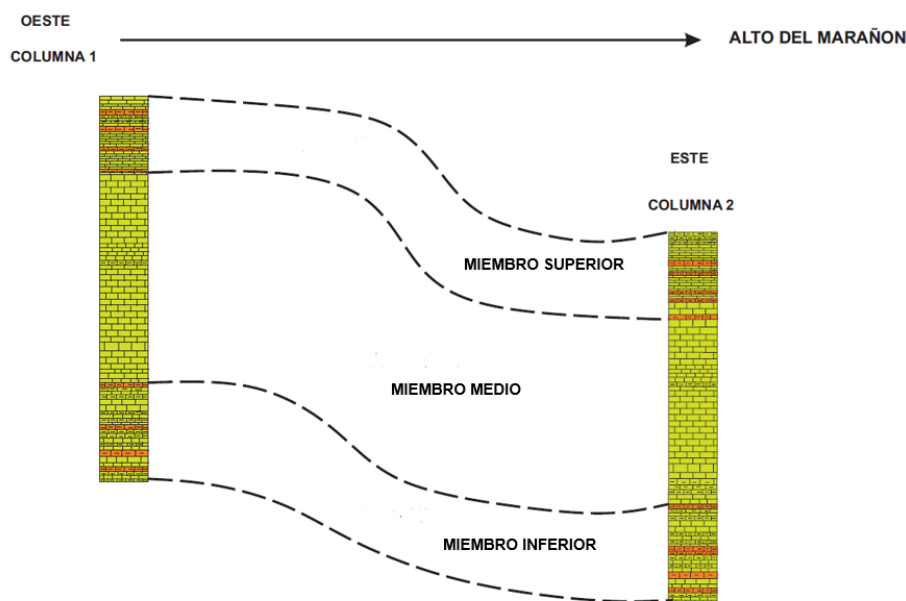


Figura 46. Correlación de las dos columnas estratigráficas en donde se aprecia un adelgazamiento hacia el Este.

4.1.4. Migración del Depocentro del Mar Cajamarca

Siguiendo el modelo migración de depocentros de Vera (1963). El miembro inferior de la Formación Cajamarca coincide con el número 1 de la figura, en donde el depocentro se ubica cerca de la zona de aporte. El miembro medio coincide con el número 2, en donde el depocentro se aleja del área de aporte. El miembro superior es concordante con el número 3 en donde el depocentro vuelve a acercarse a la zona de aporte. Esto explica el alto contenido de arcillas en los miembros inferior y superior y el alto contenido de CO_3Ca en el miembro medio.

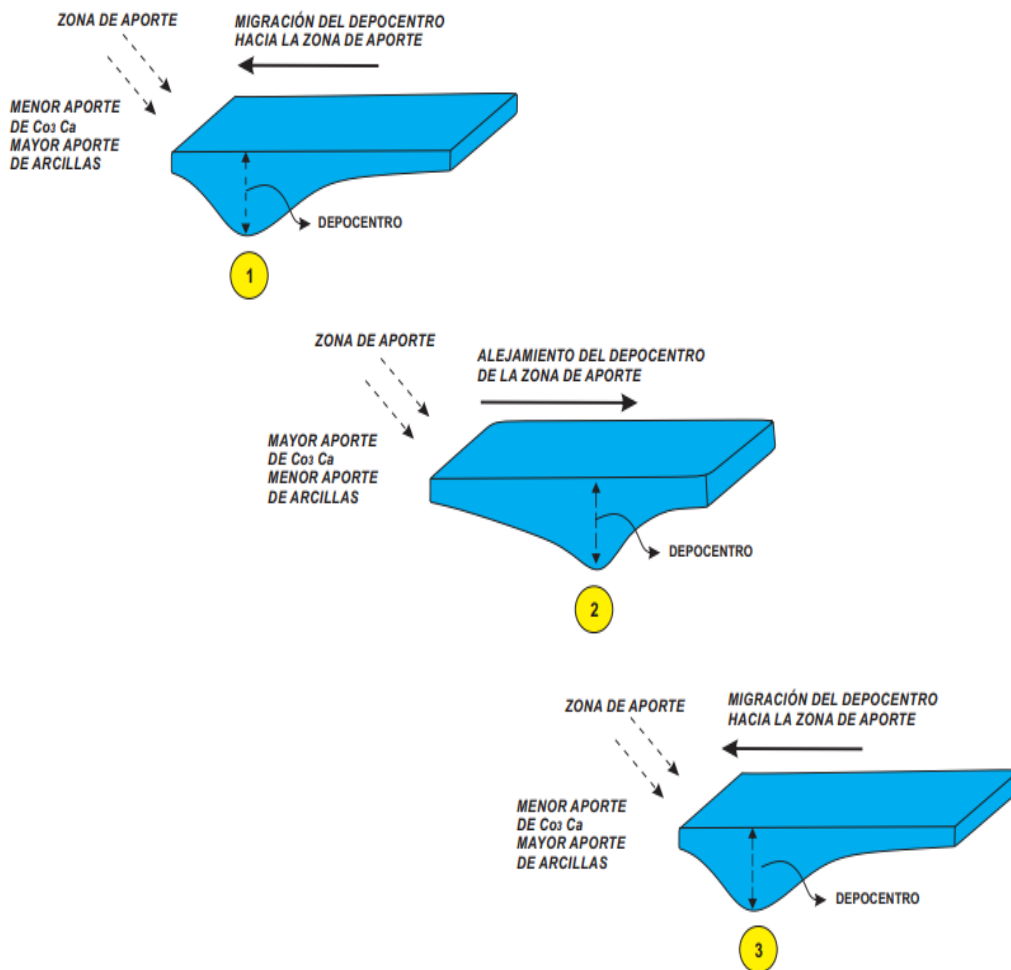


Figura 47. Migración del depocentro de la Formación Cajamarca.

Fuente: Vera, (1963).

4.1.5. Estudio Petrográfico de las Calizas de la Formación Cajamarca

Se han recolectado seis muestras de rocas para el estudio petrográfico. Procediendo de la siguiente manera: en primer lugar, se seleccionó el lugar en donde los afloramientos de rocas eran representativos para luego proceder a obtener las muestras de rocas con la ayuda del martillo del geólogo. En segundo lugar, se procedió a colocarlos en bolsas de muestreo con su codificación y ubicación en coordenadas UTM (ver anexo 1.5.). También se hizo una breve descripción de la geología del lugar donde se obtuvo la muestra. En gabinete se procedió al estudio petrográfico (Ver Tablas 5 al 10).

Tabla 4. Ubicación de las muestras de rocas para el análisis macroscópico.

Muestra N°	Código	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
01	JCH-01	9231900.45	820000.10
02	JCH-02	9230300.64	820100.81
03	JCH-03	9230100.51	820150.01
04	JCH-04	9231950.28	820900.43
05	JCH-05	9230100.73	823000.68
06	JCH-06	9229600.21	823600.09

Tabla 5. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 01.


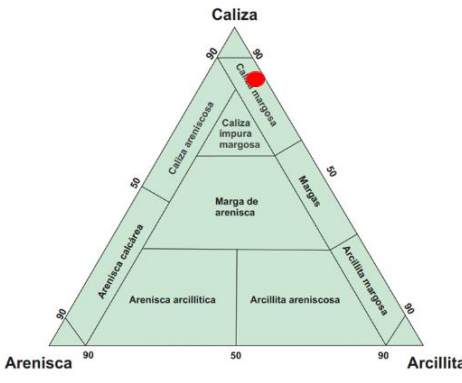
Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 01
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro inferior
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9231900.45, E820000.10
Color roca fresca	Gris marrón
Color por intemperización	Gris marrón amarillento
Dureza	Baja
Peso específico	Medio
Efervescencia al HCl	Baja
Presencia de restos fosiles	Escaso
Aspecto del afloramiento	Afloramientos de calizas con buzamiento 40° al SO. Paso transicional del Grupo Quilquiñán-Mujarrúm.
Energía de depositación	Energía media
Clasificación	
Según Correns, (1949)	Caliza margosa
Comentarios: Contenido de arcilla alrededor del 15%. Está dispuesta en estratos delgados.	
 	
Nombre: Caliza margosa	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

Tabla 6. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 02.


Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 02
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro medio
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9230300.64, E820100.81
Color roca fresca	Gris plomizo
Color por intemperización	Gris marrón
Dureza	Alta
Peso específico	Alto
Efervescencia al HCl	Alta
Presencia de restos fosiles	Escaso
Aspecto del afloramiento	Rocas duras resistentes con buzamientos 40° al SO
Energía de depositación	Energía baja
Clasificación	
Según Dunham,(1962)	Caliza mudstone
Comentarios: Roca muy dura. Casi siempre muestra estructuras de disolución en su superficie.	
	
Nombre: Caliza mudstone	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

Tabla 7. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 03.


Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 03
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro superior
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9230100.51, E820150.01
Color roca fresca	Gris plomizo
Color por intemperización	Gris marrón a gris amarillento
Dureza	Baja
Peso específico	Medio
Efervescencia al HCl	Baja
Presencia de restos fósiles	Escaso
Aspecto del afloramiento	Representa el paso transicional con la Formación Celendín.
Energía de depositación	Energía media
Clasificación	
Según Correns, (1962)	Caliza margosa
Comentarios: Roca con contenido de arcillas 15% aproximadamente.	
 	
Nombre: Caliza margosa	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

Tabla 8. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 04.


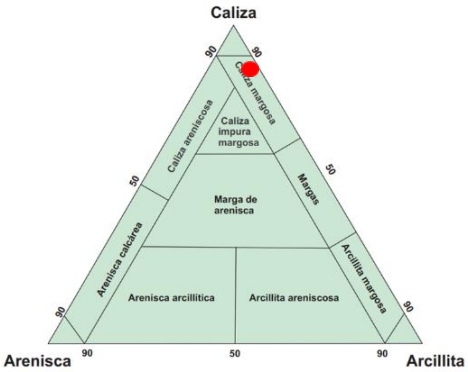
Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 04
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro inferior
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9231950.28, E820900.43
Color roca fresca	Gris plomizo
Color por intemperización	Gris marrón a gris amarillento
Dureza	Baja
Peso específico	Medio
Efervescencia al HCl	Baja
Presencia de restos fósiles	Escaso
Aspecto del afloramiento	Representa el paso transicional con el Grupo Quilquiñán- Mujarrúm
Energía de depositación	Energía media
Clasificación	
Según Correns, (1949)	Caliza margosa
Comentarios: Con un 10% de contenido de arcilla, dispuesta en estratos delgados.	
 	
Nombre: Caliza margosa	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

Tabla 9. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 05.

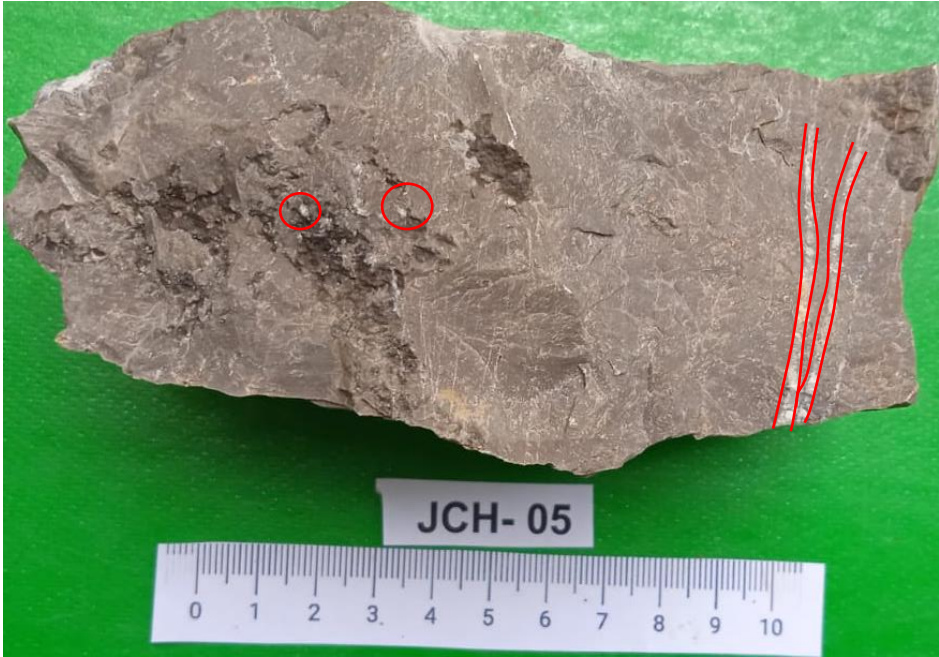

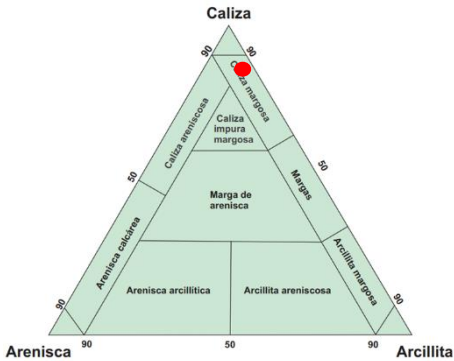
Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 05
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro medio
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9230100.73, E823000.68
Color roca fresca	Gris plumizo
Color por intemperización	Gris marrón
Dureza	Alta
Peso específico	Alto
Efervescencia al HCl	Alta
Presencia de restos fósiles	No
Aspecto del afloramiento	Roca muy resistente a la erosión
Energía de depositación	Energía baja
Clasificación	
Según Dunham, (1962)	Caliza mudstone
Comentarios: Muestra abundantes vetillas de calcita. Se presenta en estratos gruesos.	
	
Nombre: Caliza mudstone	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

Tabla 10. Estudio macroscópico de la muestra JCH- 06.

Descripción macroscópica de roca	
Código de muestra	JCH- 06
Unidad geológica	Formación Cajamarca
Ubicación en la columna estratigráfica	Miembro superior
Edad	Turoniano superior (Reyes 1980)
Lugar	Alrededores del Distrito de Jorge Chávez
Coordenadas UTM	N 9229600.21, E823600.09
Color roca fresca	Gris marrón
Color por intemperización	Gris anaranjado
Dureza	baja
Peso específico	Medio
Efervescencia al HCl	Baja
Presencia de restos fósiles	Escaso
Aspecto del afloramiento	Representa el paso transicional a la Formación Celendín.
Energía de depositación	Energía media según Folk (1962) y Correns (1949)
Clasificación	
Según Correns, (1949)	Caliza margosa
Comentarios: Contenido de arcilla aproximadamente 10%.	
 	
Nombre: Caliza margosa	
Fuente: Modificado de (Arapa, 2019).	

4.1.6 Bioestratigrafía de la Formación Cajamarca

La descripción de los fósiles recolectados en campo y analizados en gabinete en la localidad de Jorge Chávez, se tomó como fuente principal Benavides, (1956), donde nos muestra sus categorías principales: Reino, Phylum, Clase, Orden, Familia, Genero y Especie (Ver tablas 11, al 14).

4.1.7. Estudio paleontológico de la Formación Cajamarca

Reyes en (1980) reporta los siguientes fósiles en esta Formación:

3 Coilopoceras newelli BENAVIDES

Inoceramus sp

Ostrea (Lopha) sp

Hemiaster fournelli DEHAYES

Cardium sp

El Coilopoceras newelli asigna a la Formación Cajamarca al Turoniano superior (Reyes 1980).

Tabla 11. Clasificación Sistemática fósil 01.

Ubicación		Norte	9237659.17
6	Coordenadas (UTM-WGS 84) Zona 17 S	Este	814542.52
		Cota (m.s.n.m)	2794.08
		Procedencia estratigráfica	Formación
		Distrito	Jorge Chávez
Fósil		Edad relativa	Turoniano Superior (CSI, 2019) 2
Sistema (Linneo, 1731)	Reino	Animalia	
	Phyllum	Mollusca	
	Clase	Cephalopoda	
	Orden	Ammonoidae	
	Familia	Coilopoceratidae	
	Genero	Coilopoceras	
	Especie	Newelli	



Nombre del Fósil: **Coilopoceras Newelli**
 Modificado por: Huaripata Goicochea Berg Hoffman Nessler
 Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 12. Clasificación Sistemática fósil 02.

Ubicación		Norte	9237632.14
16 Coordenadas (UTM-WGS 84) Zona 17 S	Este		814567.91
	Cota (m.s.n.m)		2791.43
	Procedencia estratigráfica		Formación
		Distrito	Jorge Chávez
Fósil		Edad relativa	Turoniano Superior 2 (CSI, 2019)
Sistema (Linneo, 1731)	Reino	Animalia	
	Phyllum	Mollusca	
	Clase	Bivalva	
	Orden	Nuculida	
	Familia	Nuculidae	
	Genero	Nucula	
	Especie	Pectinata	
			
Nombre del Fósil: Pectinata			
Modificado por: Huaripata Goicochea Berg Hoffman Nessler			

Fuente: Modificado de ² (Benavides, 1956).

Tabla 13. Clasificación Sistemática fósil 03.

Ubicación 6 Coordenadas (UTM-WGS 84) Zona 17 S	Norte	9237666.60
	Este	814581.74
	Cota (m.s.n.m)	2792
Procedencia estratigráfica	Formación	Cajamarca
	Distrito	Jorge Chávez
Fósil	Edad relativa	Turoniano Superior 2 (CSI, 2019)
Sistema (Linneo, 1731)	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalva
	Orden	Nuculida
	Familia	Nuculidae
	Genero	Nucula
	Especie	Ovata



Nombre del Fósil: **Nucula Ovata**

Modificado por: Huaripata Goicochea Berg Hoffman Nessler

Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).

Tabla 14. Clasificación Sistemática fósil 04.

Ubicación 6 Coordenadas (UTM-WGS 84) Zona 17 S		Norte	9237681.57
		Este	814566.82
		Cota (m.s.n.m)	2782.29
Procedencia estratigráfica		Formación	Cajamarca
		Distrito	Jorge Chávez
Fósil		Edad relativa 2 Turoniano Superior (CSI, 2019)	
Sistema (Linneo, 1731)	Reino	Animalia	
	Phyllum	Mollusca	
	Clase	Gasterópodo	
	Orden	Caenogastropoda	
	Familia	Naticidae	
	Genero	Natica	
	Especie	Natica sp	
 <p>The image block contains three photographs. On the left is a top-down view of a brown, rounded fossil shell next to a ruler, with a green label 'Vista en planta' below it. In the center is a side view of the same shell, showing its irregular, somewhat elongated shape, also next to a ruler, with a green label 'Vista Frontal' below it. On the right is a field photograph showing a dirt road curving through a grassy, hilly landscape with some rocky outcrops and a person in the distance.</p>			
Nombre del Fósil: Natica sp Modificado por: Huaripata Goicochea Berg Hoffman Nessler Fuente: Modificado de (Benavides, 1956).			

4.2 Geomorfología

4.2.1 Ambientes Morfogenéticos

El agua, el viento y el hielo son agentes morfogenéticos que causan erosión o deposición de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Las geoformas resultantes son generalmente más homogéneas que las geoformas controladas por la estructura interna (Zinck, 2012).

4.2.1.1 Agentes Geomorfológicos

Son todos los elementos naturales móviles capaces de desprender, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización y de la sedimentación; siendo los más importantes el agua de lluvias y de escorrentías; las olas, corrientes costeras y de mares; los glaciares, el viento; a estos se agregan los animales y el mismo hombre (Jiménes, 1983).

- **La Colina**

Una colina es una elevación natural del terreno con desniveles mayores a 100 m, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente (Jiménes, 1983).



Foto 48. Colinas en la Fm. Cajamarca con coordenadas E: 817340, N: 9239287.

- 1 Lomas

Son elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeadas con gradientes entre 8% y 16% (Jiménes, 1983).

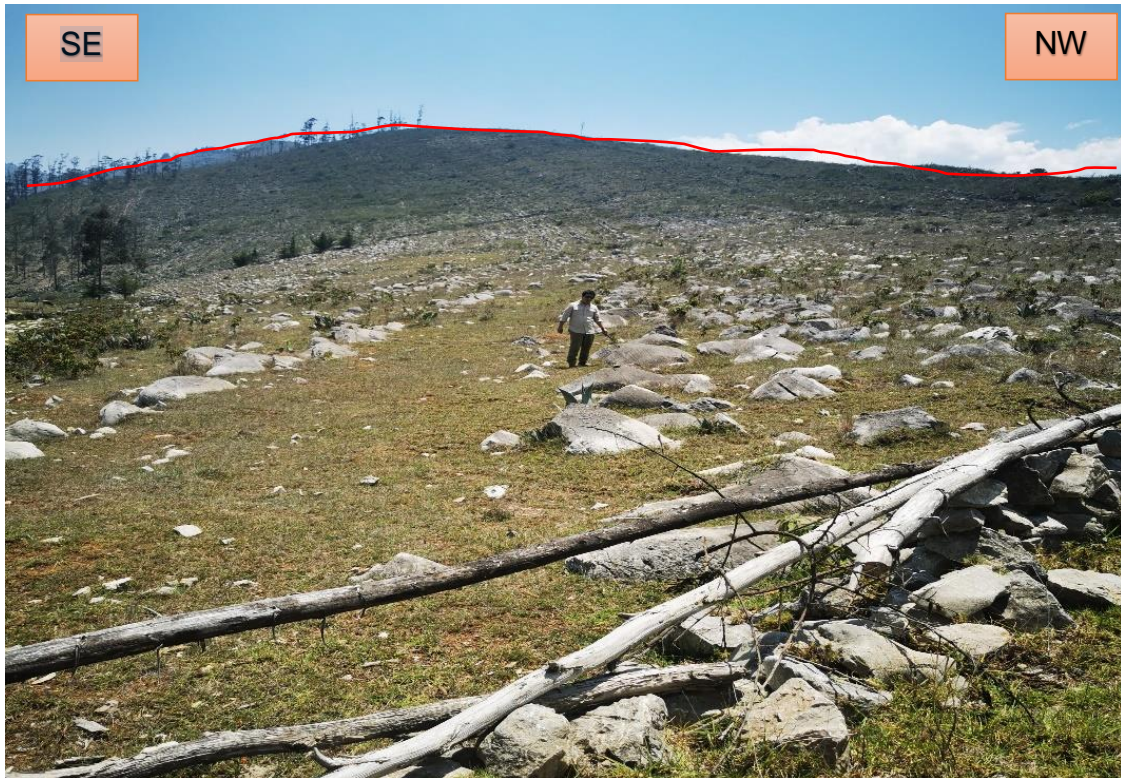


Foto 49. Loma con características redondeadas con elevaciones con coordenadas E: 817340, N: 9239287.

- 1 **La meteorización**

Comprende la desintegración y descomposición de las rocas coherentes e incoherentes en productos solubles e insolubles, algunos de los cuales se recombinan para formar minerales secundarios de diverso grado de complejidad (Jiménes, 1983).



Foto 50. Meteorización química, con coordenadas E: 817355, N: 9239231.

4.2. Geología Estructural

4 Dichas deformaciones dificultan reconocer y separar un evento con otro, además, representa un obstáculo para la comprensión de las relaciones estratigráficas y estructurales de la zona (Estrada, González y Viana, 2001).

- 5 • **Resistencia a la compresión uniaxial (RCU).** Parámetro que permite caracterizar y clasificar la matriz rocosa. La resistencia determina la competencia de la roca para mantener unido todos sus componentes y depende principalmente de la composición mineralógica de la roca y grado de alteración (Rodríguez, 2007).

- **Análisis de cuñas**

4 Cuando la cuña está formada por la intersección de dos discontinuidades o superficies de debilidad, si ambas superficies se inclinan en sentido diferente se denomina cuña directa (Ramírez y Alejano, 2004).

1 Rotura Planar

Este tipo de rotura consiste en el deslizamiento de una masa de roca cuyo buzamiento es paralelo o casi paralelo al buzamiento de la cara del talud y es mucho mayor que su ángulo de fricción.

- 1 • **Rotura en Cuña**

La rotura en cuña ocurre a lo largo de la intersección entre dos discontinuidades, las cuales se mantienen en contacto y los planos, de manera que se produzca la rotura planar (Hoek y Bray, 1981).

- 1 • **Rotura por Vuelco (Toppling).**

La rotura por Vuelco, es un modo de rotura que implica columnas interactivas regularmente espaciadas. Ocurre solo bajo la gravedad cuando las capas están inclinadas hacia la cara del talud (Goodman y Bray, 1976).

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Como hipótesis general mencionamos que: Las características litoestratigráficas de la Formación Cajamarca en el distrito de Jorge Chávez se determinan mediante el análisis de las litologías, texturas, ambiente de sedimentación, estructuras, fósiles y tiempo cronoestratigráfico.

Y como hipótesis específica: El análisis de la litología, fósiles, estructuras y texturas sedimentarias, espesor y tiempo cronoestratigráfico de la Formación Cajamarca en el distrito de Jorge Chávez, indica que esta formación se ha depositado en un ambiente marino profundo.

Con el estudio litológico de las rocas, las muestras de roca extraídas de campo y los fósiles estudiados, se logró diferenciar la caracterización litoestratigráfica de la Formación Cajamarca. Se pudo diferenciar litológicamente tres miembros (inferior, medio, superior) siendo el miembro medio la de mayor espesor. Estratigráficamente se caracteriza por poseer un estilo estrato creciente en la base y un estilo estrato decreciente al tope. El contenido de carbonato de calcio, sobre todo en el miembro medio indica que la Formación Cajamarca corresponde a un ambiente marino profundo y cuyo depocentro estuvo alejado de la zona de aporte, además este contenido disminuye hacia los miembros inferior y superior, por lo que la hipótesis se contrasta positivamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La Formación Cajamarca se caracteriza litoestratigráficamente por poseer tres miembros bien diferenciados (inferior, medio, superior). Las rocas del Miembro Inferior se caracterizan por tener una alternancia de calizas packstone, limoarcillitas y margas, el Miembro Medio conformado mayormente calizas mudstone y el Miembro Superior compuesto por una alternancia de calizas packstone, limoarcillitas y margas.

La Formación Cajamarca se caracteriza por presentar una depositación en un ambiente marino profundo, esto se corrobora por el alto contenido de carbonatos contenidos en las rocas.

Se efectuó la construcción de dos columnas estratigráficas denominadas: Columna 1, posee un espesor de 450 m, Miembro Inferior con 130 m, Miembro Medio con 235 m y Miembro Superior con 85 m y Columna 2, posee un espesor de 420 m, Miembro Inferior con 115 m, Miembro Medio con 275 m y Miembro Superior con 60 m.

Se ha determinado las estructuras sin-sedimentarias y post-sedimentarias: dentro de las primeras están la estratificación planar, estratos delgados, medianos, gruesos, laminación interna, bioturbación. Dentro de las segundas están los lenares, estilolitas, estructuras de carga, oxidación.

5.2 RECOMENDACIONES

A las autoridades de la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica: Continuar con la realización de estudios litoestratigráficos de la Formación Cajamarca en zonas aledañas al área de estudio con la finalidad de conocer el comportamiento regional de esta unidad.

A la Asociación Paleontológica del Perú, enfocar estudios de micropaleontología para determinar especímenes fosilíferos sobre todo en el miembro medio.

A los empresarios dedicados al rubro de la explotación de cal: Financiar campañas de exploración en la Formación Cajamarca del miembro medio por ser el que contiene un porcentaje de carbonato de calcio con valores mayores a 90%.

2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arche, A. 2010. Sedimentología del proceso físico de la cuenca sedimentaria. Gráficas Blanco, S. L. Madrid – España.

Benavidez, V. 1956. Cretaceous System in Northern Peru. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. New York. Vol. 108

1 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. Carrera de Ingeniera Geológica. Potosí- Bolivia. 86pp.

Caicedo, G. 2018. Estudio estratigráfico del cretácico superior en el Morro de Lechería y las islas al norte de Barcelona, estado Anzoátegui, tesis para obtener el grado de Maestro, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 24

1 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.

2 Correns, C. 1949. Einführung in die Mineralogie. 1 ed. Berlín, Springer-Verlag. 282 p

Dunham, R., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture.

13 ELF AQUITAINE, 1977 Essai de caracterisation sedimentologique des depôts carbonates. Elements dinterpretation. Bousens et Pau. Francia.

12 Folk, R. 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.

2 Herrera. 2011. Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los alrededores de la Ciudad de Cajamarca.

1 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.

Navarrete, E. 2014. Apuntes de estratigrafía y sedimentación. Guayaquil – Ecuador-

2 Reyes, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín N°31 INGEMMET. Lima- Perú, 67p.

1 Romero, L.; Aldana, M.; Rangel, C; Villavicencio, E.; Ramírez, J. 1995. Fauna y Flora Fósil del Perú. Boletín N° 17. Serie D. Estudios Especiales. INGEMMET. Impreso: Talleres Gráficos Full Graphic SRL. Lima- Perú.

1 Reguant, S. 2001. Guía Estratigráfica Internacional. Revista de la Sociedad Geológica de España, vol. 14, (3-4)

1 Tafur, I. 1950. Nota Preliminar sobre la Geología del valle de Cajamarca. Tesis Doctoral. Univ. Nac. Mayor de San Marcos, Lima. Facultad de Ciencias Lima – Perú. 56 p.

2 Vera, J. 1984. Estratigrafía. Principio y Métodos. Editorial Rueda. Madrid- España. 829p.

Walther, J. 1892 Facies Modelos: Respuesta a los cambios del nivel del mar. Geology Association Canadá, Dep. Earth Soc. Mem., Universidad Newfound - Tierra, Canadá. 40 p.

ANEXOS

11 1. Planos

- 1.1. Plano de ubicación
- 1.2. Plano topográfico
- 1.3. Plano geológico
- 11 1.4. Plano de ubicación de columnas estratigráficas
- 1.5. Plano de ubicación de muestras de rocas

2. Columnas estratigráficas

- 2.1. Columna estratigráfica 1
- 2.2. Columna estratigráfica 2
- 2.3. Línea de correlación de Shaw

3. Panel fotográfico

2 4. Análisis físico químicos de las muestras de óxido de calcio

- 4.1. Análisis N° 1
- 4.2. Análisis N° 2
- 4.3. Análisis N° 3
- 4.4. Análisis N° 4
- 4.5. Análisis N° 5
- 4.6. Análisis N° 6

5. Fichas y/o Formatos

3. Panel fotográfico



Foto 1. Estratos gruesos del miembro medio.



Foto 2. Estratos delgados del miembro inferior.



Foto 3. Medición de los estratos de caliza del miembro superior.



Foto 4. Estratificación creciente del miembro inferior.



Foto 5. Estratificación creciente del miembro medio.



Foto 6. ² Medición de rumbo y buzamiento de los estratos de calizas del miembro inferior.



Foto 7. Medida de Espesor de los Estratos del miembro inferior.



Foto 8. Toma de muestras de roca caliza miembro medio.

4. ² Análisis Físico - Químicos de las Muestras de Oxido de Calcio

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOCHEA
TESIS : CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ
COORDENADAS : 9231900, 820000
MUESTRA : JCH- 01
UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
FECHA : 10/02/2023

I. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH- 01	86.11

II. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	44.20
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.25
Oxido de magnesio MgO	0.55
Oxido de silicio SiO ₂	14.02
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.55
Perdidas	28.35

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



ing. N^o 50. Hugo Mosqueira Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA TESIS : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOICHEA
: CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.

PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ

COORDENADAS : 9230300, 820100

MUESTRA : JCH- 02

UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA

EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR

FECHA : 10/02/2023

III. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH- 02	92.33

IV. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	45.20
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.34
Oxido de magnesio MgO	0.57
Oxido de silicio SiO ₂	14.33
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.77
Perdidas	27.11

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



ing. Msc. Hugo Mosqueira Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.

PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOCHEA
TESIS : CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ
COORDENADAS : 9230100, 820150
MUESTRA : JCH- 03
UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
FECHA : 10/02/2023

V. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH- 03	87.15

VI. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	39.20
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.77
Oxido de magnesio MgO	0.66
Oxido de silicio SiO ₂	13.07
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.78
Perdidas	29.79

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOCHEA
TESIS : CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ
COORDENADAS : 9231950, 820900
MUESTRA : JCH-04
UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
FECHA : 10/02/2023

VII. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH-04	88.09

VIII. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	36.20
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.99
Oxido de magnesio MgO	0.69
Oxido de silicio SiO ₂	12.02
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.78
Perdidas	29.59

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOCHEA
TESIS : CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ
COORDENADAS : 9230100, 823000
MUESTRA : JCH- 05
UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
FECHA : 10/02/2023

IX. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH- 05	90.02

X. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	43.20
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.77
Oxido de magnesio MgO	0.66
Oxido de silicio SiO ₂	13.07
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.78
Perdidas	29.79

ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estróver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto ambiental, construcción de edificios, obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS- ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: 696826 CELULAR976026950 TELEFONO:354793

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA CALIZA

SOLICITA : BERG HOFFMAN NESSLER HUARIPATA GOICOCHEA
TESIS : CARACTERIZACIÓN LITO- ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CAJAMARCA EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ. PROVINCIA DE CELENDÍN.
PROCEDENCIA : DISTRITO DE JORGE CHAVEZ
COORDENADAS : 9229600 823600
MUESTRA : JCH- 06
UNIDAD : FORMACIÓN CAJAMARCA
EDAD : CRETÁCICO SUPERIOR
FECHA : 10/02/2023

XI. PORCENTAJE (%) DE CO₃ Ca

MUESTRA	% de CO ₃ Ca
JCH- 06	88.22

XII. ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de calcio CaO	36.24
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	1.79
Oxido de magnesio MgO	0.62
Oxido de silicio SiO ₂	13.02
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	1.71
Perdidas	29.81

NOMAS UTILIZADAS:
ASTM C25-96
NTP 334.131- 2008



ing. MSc. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

● 14% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unc.edu.pe Internet	7%
2	hdl.handle.net Internet	4%
3	vsip.info Internet	<1%
4	repository.eafit.edu.co Internet	<1%
5	repositorio.unsch.edu.pe Internet	<1%
6	uncedu on 2023-12-26 Submitted works	<1%
7	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22 Submitted works	<1%
8	qdoc.tips Internet	<1%

9	uncedu on 2024-03-09 Submitted works	<1%
10	saber.ucv.ve Internet	<1%
11	FERNANDEZ PASSARO JOSE MANUEL. "EIA del Proyecto de Relleno d... Publication	<1%
12	Laurenz Schröer, Tim De Kock, Sebastiaan Godts, Nico Boon, Veerle C... Crossref	<1%
13	info.igme.es Internet	<1%
14	uncedu on 2024-03-09 Submitted works	<1%
15	geokniga.org Internet	<1%
16	uncedu on 2023-11-29 Submitted works	<1%
17	uncedu on 2024-02-06 Submitted works	<1%
18	unj on 2023-11-21 Submitted works	<1%
19	Fundación Universitaria del Area Andina on 2023-11-21 Submitted works	<1%
20	patents.glgoo.top Internet	<1%

21	uncedu on 2024-02-13 Submitted works	<1%
22	pt.scribd.com Internet	<1%
23	repositorio.unamba.edu.pe Internet	<1%
24	aulavirtual.cultura.pe Internet	<1%
25	cdn.gob.pe Internet	<1%
26	core.ac.uk Internet	<1%
27	kupdf.net Internet	<1%
28	repositorio.uap.edu.pe Internet	<1%
29	uncedu on 2024-01-26 Submitted works	<1%
30	uncedu on 2024-02-22 Submitted works	<1%
31	repositorio.unsm.edu.pe Internet	<1%

● Excluir del Reporte de Similitud

- Bloques de texto excluidos manualmente

BLOQUES DE TEXTO EXCLUIDOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA P...
repositorio.unc.edu.pe

DISTRITO

www.coursehero.com

CAJAMARCA - PERÚ 2024 AGRADECIMIENTO

uncedu on 2024-02-13

la

hdl.handle.net

a mi asesor Dr

uncedu on 2024-02-22

este trabajo de investigación

uncedu on 2023-11-23

y amigos, por su apoyo constante para hacer realidad este trabajo de investigación

repositorio.unc.edu.pe

III ÍNDICE DE CONTENIDO

repositorio.unc.edu.pe

ÍNDICE DE TABLAS Pág. Tabla 1

uncedu on 2024-03-09

La investigación se realizó en el Distrito de

uncedu on 2023-11-30

al

www.slideshare.net

tres miembros. El miembro inferior

hdl.handle.net

de margas, el miembro superior

hdl.handle.net

a la Formación

repositorio.unc.edu.pe

ABSTRACTThe research was carried out in the

hdl.handle.net

from the

"The Anatomy of Mountain Ranges", Walter de Gruyter GmbH, 1987

members. The lower member is

Khaled Trabelsi, Mohamed Soussi, Jamel Touir, Yessin Houla, Chedly Abbes, Carles Martín-Closas. "Charop..."

with the presence of

repositorio.unican.es

El estudio de las

hdl.handle.net

un alto contenido de carbonato de calcio que

uncedu on 2024-02-22

del distrito de Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

que se

hdl.handle.net

se formuló la siguiente

hdl.handle.net

el distrito

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

en el Distrito de Jorge Chávez -Provincia de Celendín

www.cyclopaedia.es

litoestratigrafía de la Formación

hdl.handle.net

de la litología

hdl.handle.net

indica que esta

repositorio.unc.edu.pe

en el distrito de Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

del modo de depositación

repositorio.unc.edu.pe

La recolección de muestras de rocas y la

repositorio.unc.edu.pe

investigación se ha estructurado en V capítulos: El Capítulo I

hdl.handle.net

En el Capítulo II

repositorio.unc.edu.pe

definición de términos básicos

repositorio.unc.edu.pe

la investigación y

repositorio.unc.edu.pe

del área de estudio

uncedu on 2024-03-09

los procedimientos, la metodología

repositorio.unc.edu.pe

se

uncedu on 2024-03-09

El capítulo V, corresponde a las Conclusiones y Recomendaciones donde dichas c...

repositorio.unc.edu.pe

los resultados con la hipótesis

repositorio.unc.edu.pe

2CAPÍTULO IIMARCO TEÓRICO2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS2.1.1 Internacionales

uncedu on 2023-12-01

unidades del Cretácico Superior, su relación con las áreas de aporte y evolución de...

repositorio.unal.edu.co

las rocas de la Formación Loma Gorda

repositorio.unal.edu.co

se depositaron en el intervalo Turoniano a Paleoceno en un ambiente marino que v...

repositorio.unal.edu.co

gran valor económico no solo por ser rocas generadoras, reservorio y sello en la in...

repositorio.unal.edu.co

2018), estudio estratigráfico del Cretácico Superior en el Morro de Lechería y las is...

saber.ucv.ve

el Cretácico Superior comprende la Formación Querecual que es la base dedicho p...

saber.ucv.ve

el estilo

saber.ucv.ve

en los sinclinalesdel Río Caine y Toro Toro. Departamento de Potosí. La Paz Bolivia

repositorio.unc.edu.pe

Borkowski (1994), catálogo de Minerales Industriales del Perú

hdl.handle.net

laFormación Cajamarca se depositó en Aguas más profundas

repositorio.unc.edu.pe

arcillitas y margas de losmismos colores

uncedu on 2024-03-09

Jaillard (1990), evolución de la Margen Andina en el Norte del Perú desde elAptian...

hdl.handle.net

15-f

hdl.handle.net

la Formación

hdl.handle.net

Los afloramientos de la Formación Cajamarca sonfrecuentes a partir de los ríos Cr...

docplayer.es

Herrera (2011), estudio estratigráfico del Cretáceo Superior en los alrededores del...

hdl.handle.net

Llega a las siguientes conclusiones

repositorio.unc.edu.pe

la fauna y la litología indican un mar somero de plataforma carbonatadaalejada de...

vsip.info

se han encontrado los siguientes fósiles:Coilopoceras newelli BENAVIDES, Inocer...

vsip.info

nota preliminar de la Geología del valle de Cajamarca, Perú

hdl.handle.net

Las calizas presentan variadas texturas, estructuras y fósiles que brindanimportan...

hdl.handle.net

2.2

hdl.handle.net

la margafrecuentemente lleva nódulos de yeso, calcita y pirita, es de color gris clar...

hdl.handle.net

La litología se dedica al estudio de las propiedades químicas y físicas de las rocas...

definicion.de

De acuerdo a la litología,es posible entre varios tipos de rocas

definicion.de

Vera, 1994).2.2

repositorio.unc.edu.pe

Esuna representación gráfica de los diversos materiales que se encuentran, en un...

hdl.handle.net

Superposición de los EstratosSe refiere al orden temporal de los estratos sub-hori...

hdl.handle.net

un punto geográfico donde se acumulan lossedimentos

repository.uamerica.edu.co

Ambiente de Depositación

dspace.unl.edu.ec

formas, composiciones litológicas, propiedades físicas y geoquímicas, sucesiones...

www.colef.mx

Todas estas características sirven para reconocer y reconstruir secuencialmente e...

www.scribd.com

Una característica es una cualidad que permite identificar a algo o alguien, distingu...

www.slideshare.net

Estratigrafía La estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interp...

www.scribd.com

2.2

repositorio.unc.edu.pe

determinando el orden y el momento de los eventos en un

www.scribd.com

Puesto que las rocas sedimentarias son los materiales fundamentales de la estrati...

www.scribd.com

Geometría de los Estratos Según Vera (1994) los estratos a partir de la geometría ...

hdl.handle.net

Tabulares Cuando las dos superficies de estratificación son planas y paralelas entr...

hdl.handle.net

Irregulares con Muro Erosivo Son estratos con una gran extensión lateral, con un m...

hdl.handle.net

Acanalados Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometr...

hdl.handle.net

Forma de CuñaSe trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas e...

hdl.handle.net

LenticularesSon discontinuos, con el muro plano y el techo convexo, su variante s...

hdl.handle.net

OnduladosSe caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, co...

es.scribd.com

Fuente

kupdf.net

Según Vera (1994), los estratos basada en criterios de tipo descriptivo se clasific...

hdl.handle.net

1. UniformeLos espesores de los estratos sucesivos tienen unos valores análogos...

vsip.info

Estrato Creciente (secuencia negativa)Los espesores tienen una ordenación en lot...

hdl.handle.net

disminución de los espesores de los estratos hacia eltecho. A este tipo de ordena...

hdl.handle.net

En HacesLos espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de esp...

hdl.handle.net

La Ciclicidad en el Registro

hdl.handle.net

que llega a

qdoc.tips

Cuando estos dos factores permaneceninvariables, en un área de una cuenca sedi...

qdoc.tips

Ciclicidad Cuando en una sucesión estratigráfica

qdoc.tips

las características litológicas se repiten ordenadamente se dice que presenta una ...

qdoc.tips

En el caso de la ritmicidad, el módulo que se repite está formado exclusivamente p...

qdoc.tips

A. Sección estratigráfica cíclica, el módulo que se repite (ciclo) está constituido po...

qdoc.tips

C. Ciclossimétricos: los tres términos litológicos que forman el módulo, se dispon...

qdoc.tips

Escala o Rango de los Ciclos y Ritmos Los ciclos y los ritmos pueden ser de espes...

qdoc.tips

De acuerdo con el valor del espesor se pueden diferenciar cuatro grandes grupos d...

qdoc.tips

Segundo Rango Ciclos o ritmos observados a nivel de estrato, de espesor decimétr...

qdoc.tips

Tercer Rango Ciclos a escala de afloramiento (mesoescala) que normalmente se ...

qdoc.tips

Ciclos y Ritmos de la Banda de Frecuencia de Milankovitch

qdoc.tips

Se utiliza para denominar a los ciclos o ritmos

qdoc.tips

cuyagénesis puede ser diversa y entre los que se incluyen los ciclos de Milankovit...

pt.scribd.com

En los ritmos

qdoc.tips

Las alternancias decalizas/margas en numerosas ocasiones forman ciclos de vari...

qdoc.tips

de asociacionesde ritmos calizas/margas

qdoc.tips

asociación de cinco ritmosen los que hacia el techo aumenta el contenido en carb...

qdoc.tips

asociación de cinco ritmos en los que disminuyen el contenido decarbonatos, y au...

qdoc.tips

Modelos simplificados de asociaciones de ritmos calizas/margas

qdoc.tips

contenidode carbonatos y

qdoc.tips

son restos de organismos completos o de parte de ellos. Los esqueletos

hdl.handle.net

2.2.11

hdl.handle.net

2.2.11

hdl.handle.net

taxonomía de los fósiles

hdl.handle.net

Taxonomía de los FósilesLa

hdl.handle.net

la base de la sistemática biológica.Clase

hdl.handle.net

organismos que pertenecen a la misma Clase, pero tiene algunadiferencia que per...

hdl.handle.net

Los organismos se pueden clasificar de diferentes maneras, incluyendo el hábitat(...

idoc.pub

dentro de una jerarquía de diferentes categorías teniendo en cuentael número de c...

idoc.pub

BioestratigrafíaLa Bioestratigrafía es la parte de la Estratigrafía que se ocupa del e...

repositorio.unc.edu.pe

conservados en los estratos y de la organización de éstos enunidades definidas c...

repositorio.unc.edu.pe

Cuenca SedimentariaEs una

nluisraul2021.blogspot.com

El término depocentro es aplicable a unidades litoestratigráficas en la que hayaca...

idoc.pub

los depocentros sesuperponen, de manera que el máximo espesor de las unidade...

qdoc.tips

hacia el interior de lacuenca sedimentaria indicando un desplazamiento progresiv...

qdoc.tips

2.2

hdl.handle.net

de un

www.proteccioncivil.org

posición de

www.slideshare.net

medir el rumbo y buzamiento de los estratos

hdl.handle.net

espesor de un estrato (distancia entre los planos de estratificación que lo limitan,...

hdl.handle.net

la estratigrafía

livrosdeamor.com.br

de las edades relativas se hace aplicando los principios fundamentales de la Estrat...

qdoc.tips

perfiles sísmicos los niveles reflectantes observados en los mismos son superficie...

qdoc.tips

La edad absoluta de una roca es la medida del tiempo transcurrido desde su forma...

qdoc.tips

las medidas

fr.scribd.com

En la actualidad, son tres los métodos más usuales de datación radiométrica aplic...

qdoc.tips

La desintegración del mismo suministra un 11% de Ar y un 89% de ^{40}Ca , al tiempo ...

qdoc.tips

2.2

vsip.info

distingue dos tipos de carbonatos (rocas y sedimentos)

www.coursehero.com

textura matriz soportada con menos del 10% de granos.2

idoc.tips

textura matriz soportada con más del 10% de granos

hdl.handle.net

los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debid...

hdl.handle.net

textura grano soportada y con matriz

hdl.handle.net

textura grano soportada y sin matriz micrítica

hdl.handle.net

Clasificación de rocas carbonatadas

hdl.handle.net

Clasificación de rocas carbonatadas

hdl.handle.net

Clasificación según Folk (1962) Folk establece una clasificación de calizas teniend...

hdl.handle.net

10% de granos. Dentro de las calizas aloquímicas se distingue entre: calizas esparí...

hdl.handle.net

Rudstone Textura grano soportado, en la que los clastos tienen un tamaño mayor a...

hdl.handle.net

Floatstone Textura matriz soportada, en la que los clastos tienen un tamaño mayor...

hdl.handle.net

Bafflestone Tipo de bioconstrucción en la que los organismos atrapan sedimentos ...

hdl.handle.net

de la

vdocuments.mx

granos de 1 a 4 micras de diámetro

hdl.handle.net

se forma por precipitación química

www.proteccioncivil.org

granos o cristales de 10 micras de diámetro y se distingue de la

vsip.info

calcita

www.proteccioncivil.org

una clasificación

hdl.handle.net

representan la estructura de la roca; las conchas, oolitas

vdocuments.mx

calizas. El

vdocuments.mx

las corrientes no fueron

vdocuments.mx

que consisten, casi

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Los tipos I, II y III de la clasificación de

patents.glgoo.top

Clasificación de Rocas Carbonatado-Detríticas según Correns (1949)

hdl.handle.net

las rocas intermedias o

hdl.handle.net

de Plataforma CarbonatadaLas plataformas de ambientes carbonatados se desarr...

idoc.pub

El aporte de terrígenos en la mayorparte de las márgenes continentales afecta dire...

documents.mx

conjunto de características litológicas y paleontológicas queidentifican un depósit...

hdl.handle.net

Se denomina facies al

repositorio.unc.edu.pe

El concepto de facies no implica unadistribución espacial. En su acepción abstract...

rhinnasexo.weebly.com

En esta observación hay que tomar en cuenta los datosgeométricos (espesor y for...

hdl.handle.net

cada tipo de facies tiene una letra mayúscula alusiva

hdl.handle.net

2.2

hdl.handle.net

de facies

hdl.handle.net

2.2

hdl.handle.net

La correlación estratigráfica entre dos o más secciones estratigráficaslocales rela...

qdoc.tips

correlación regional

repositorio.unc.edu.pe

la correlación estratigráfica, en sus diversas escalas, facilita la correcta interpretac...

qdoc.tips

Correlación bioestratigráfica Intenta establecer la correspondencia entre dos nivel...

hdl.handle.net

Principios

repositorio.unc.edu.pe

indica que, al formarse los estratos por primera vez, sus superficies son casi horiz...

hdl.handle.net

que en una sucesión de materiales estratificados que no han sido deformados, un ...

hdl.handle.net

todos los fenómenos ocurridos han sido uniformes y semejantes a los actuales. Lo...

hdl.handle.net

indica que los fósiles que se encuentran en los estratos superiores serán más mod...

hdl.handle.net

De acuerdo con esta ley, cuando tienen lugar cambios oblicuos, las facies se prese...

hdl.handle.net

una perfecta descripción de cómo el tiempo registrado como rocas o superficie...

repositorio.unc.edu.pe

una secuencia vertical de facies corresponde al registro a través del tiempo de su ...

repositorio.unc.edu.pe

de Correlación de Shaw

hdl.handle.net

se utiliza el sistema de correlación de Shaw

hdl.handle.net

la selección de una sección estratigráfica con

hdl.handle.net

y las facies que contiene esta sección. Este sistema de representación consiste en...

hdl.handle.net

La pendiente de la línea de mejor ajuste indica la tasa relativa de sedimentación en...

hdl.handle.net

Correlación tipo A

hdl.handle.net

correlación tipo B

hdl.handle.net

correlación tipo C

hdl.handle.net

mayor tasa de sedimentación. Figura

hdl.handle.net

Correlación tipo D

hdl.handle.net

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

repositorio.uap.edu.pe

se disponen paralelamente y una sobre otras (Dávila, 2011)

hdl.handle.net

Arcillita: roca sedimentaria clástica compuesta esencialmente de arcillas. Losamb...

hdl.handle.net

Laminación: proceso geológico mediante el cual las rocas de textura fina (arcillas)...

idoc.pub

Dávila,2011

hdl.handle.net

Isocrono: término que indica 2 o más sucesos, procesos o seres vivos que se...

hdl.handle.net

Dávila,2011).Unidades Litoestratigráficas: son un conjunto de estratos en los que ...

hdl.handle.net

Los límites de una unidad litoestratigráfica deben tomarse en zonas donde haya un...

hdl.handle.net

Bioestratigrafía: datación geológica basada en el estudio de los fósiles encontrados...

hdl.handle.net

Litología: ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas(Dávil...

hdl.handle.net

45CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS 3.1

repositorio.unc.edu.pe

ubica

prezi.com

sur

dokumen.tips

del distrito de Jorge Chávez.Fuente

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

Coordenadas UTM WGS-84 del área de investigación

repositorio.unc.edu.pe

departamento

uncedu on 2024-03-09

Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

El distrito de Jorge Chávez se

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

centros poblados:Animas Potrero, Atuyunga, Campanaorco, Casha Pampa, Churup...

mapas.deperu.com

El distrito

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

del Distrito de Jorge Chávez, provincia de Celendín,Cajamarca

mapas.deperu.com

al distrito de Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

Tabla 2. Accesibilidad al área de estudio.TramoTipoTiempo

repositorio.unc.edu.pe

Quilquiñán- Mujarrúm (Ks- qm)En

uncedu on 2024-03-09

En el distrito de Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22

delgados, que aumentan suespesor hacia la parte superior

repositorio.unc.edu.pe

en forma

repositorio.unc.edu.pe

En el distrito de Jorge Chávez

Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-22