

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“LITOFACIES DE LA FORMACIÓN CHONTA EN LAS  
SECCIONES DEL CODO DEL TAMBO Y PONGO DE MAINIQUE  
(CUENCA UCAYALI SUR)”**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**DANITZA GABRIELA RAMOS APAZA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERU**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

“LITOFACIES DE LA FORMACIÓN CHONTA EN LAS SECCIONES DEL  
CODO DEL TAMBO Y PONGO DE MAINIQUE (CUENCA UCAYALI SUR)”

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. DANITZA GABRIELA RAMOS APAZA**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO GEÓLOGO**

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06-10-2017



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE:**

Ing. LUIS VICENTE ORTIZ GALLEGOS

**PRIMER MIEMBRO:**

M.SC. AGUSTIN VICTOR VELEZ VILCA

**SEGUNDO MIEMBRO:**

Ing. RONALD QUIZA VILCA

**DIRECTOR / ASESOR:**

M.SC MIGUEL ELIAS CALCINA BENIQUE

ÁREA : GEOLOGÍA REGIONAL

TEMA : LITOFACIES

## DEDICATORIA

*Como sencillo gesto de agradecimiento, dedico mi Tesis a mis padres Roger y Primitiva, por ser los pilares de mi vida, apoyándome en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

*A mis hermanos Edilberto y Katherin, por darme el mejor ejemplo a seguir y guiarme como profesional.*

*A toda mi familia por su apoyo constante e incondicional.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios padre por las infinitas bendiciones que me da cada día.

A mis padres por toda la paciencia, esfuerzo y sacrificio que han hecho para lograr me profesional, a mis hermanos por sus consejos tan importantes.

Al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) por haberme permitido aprender en el Proyecto GR19C “Actualización de los cuadrángulos de Poyeni (23o1, 23o2), Sepahua (23p2, 23p3, 23p4), Quirigueti (24p1, 24p2, 24p4), Camisea (24q2, 24q3), Río Cashpajali (24r3), Río Picha (25p1) y Timpia (25q4), a escala 1:50,000”.

Al Ing. Pedro Navarro Colque y a la Dra. Mirian Mamani por brindarme facilidades para desarrollar la presente tesis. Al Ing. Walther León por impartirme sus conocimientos, Dr. Juan Pablo Navarro por sus enseñanzas en campo, las que han sido fundamentales para la elaboración de esta Tesis.

A la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica cuyos docentes me impartieron conocimientos y enseñanzas muy importantes para mi formación como profesional.

Agradezco al M.Sc. Miguel Calcina Benique asesor académico de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), por su apoyo y sugerencias en la elaboración y culminación de esta tesis.

Agradecimiento especial al Ing. Rildo Rodríguez, Elizabeth Ordoñez, Claudia Fabian y Marco Chumpitaz por su apoyo y consejo constante.

A cada miembro de mi familia por sus recomendaciones y apoyo moral. A mis amigos Yeny Quispe, Evelyn López, Litza Lujano, Cledy Fernández, Baclimer Quispe.

**INDICE GENERAL**

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>         | <b>I</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>      | <b>II</b>  |
| <b>INDICE GENERAL.....</b>      | <b>III</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>   | <b>VII</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>    | <b>XI</b>  |
| <b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....</b> | <b>XII</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>             | <b>XIV</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>            | <b>XV</b>  |

**CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

|  |   |
|--|---|
| 1.1 ANTECEDENTES.....                                | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                  | 3 |
| 1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....                  | 4 |
| 1.4 HIPOTESIS.....                                   | 4 |
| 1.5 OBJETIVO GENERAL.....                            | 5 |
| 1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                     | 5 |

**CAPÍTULO II****REVISIÓN LITERARIA**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....  | 6  |
| 2.1.1 CONTEXTO LITOESTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA UCAYALI.....                         | 8  |
| 2.1.1.1 Formación Contaya- Ordovícico .....   | 9  |
| 2.1.1.2 Grupo Cabanillas- Devónico (Siegeniano-Fameniano).....                      | 9  |
| 2.1.1.3 Grupo Ambo- Grupo Excélsior - Carbonífero(Inferior).....                    | 11 |
| 2.1.1.4 Grupo Copacabana/ Tarma- Carbonífero (Superior)- Pérmico<br>(Inferior)..... | 11 |
| 2.1.1.5 Grupo mitu- Formación Ene- Pérmico (medio-superior).....                    | 11 |
| 2.1.1.6 Formación Mainique - Río Tambo– Pérmico (Superior).....                     | 12 |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.1.7 Triásico a Jurásico.....                                     | 12 |
| 2.1.1.8 Mega- Secuencia del Cretáceo.....                            | 13 |
| 2.1.1.9 Secuencia Terciario.....                                     | 15 |
| 2.2 MORFOESTRUCTURAS.....  | 15 |
| 2.2.1 LLANURA AMAZÓNICA.....   | 15 |
| 2.2.2 ZONA SUBANDINA.....  | 16 |
| 2.3 AMBIENTES DE SEDIMENTACION.....                                  | 16 |
| 2.3.1 AMBIENTES DE TRANSICIÓN.....                                   | 17 |
| 2.3.1.1 Ambientes deltaico.....                                      | 18 |
| 2.3.1.2 Llanura de mareas o marismas.....                            | 18 |
| 2.3.2 AMBIENTES MARINOS.....   | 19 |
| 2.3.2.1 Ambiente de Plataforma.....                                  | 19 |
| 2.4 FACIES SEDIMENTARIAS.....  | 20 |
| 2.4.1 LAS BIOFACIES.....   | 20 |
| 2.4.2 LAS LITOFACIES.....  | 21 |
| 2.5 ANALISIS PETROGRÁFICO DE ROCAS SEDIMENTARIAS.....                | 27 |
| 2.5.1 COMPONENTES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.....                    | 27 |
| 2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.....                  | 28 |
| 2.5.3 TEXTURAS.....  | 29 |
| 2.5.3.1 Rocas detríticas o clásticas.....                            | 29 |
| 2.5.3.2 Rocas Carbonatadas o de precipitación (bio)(geo)química..... | 33 |

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 40 |
| 3.1.1 ETAPA DE GABINETE.....              | 40 |
| 3.1.1.1 Recopilación Bibliográfica.....   | 40 |
| 3.1.1.2 Fotointerpretación Geológica..... | 41 |
| 3.1.2 ETAPA DE CAMPO.....                 | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.2.1 Levantamiento de Columnas estratigráficas y recolección de muestras..... | 41 |
| 3.1.3 ETAPA DE GABINETE Y LABORATORIO.....                                       | 43 |
| 3.1.3.1 Análisis e Interpretación de Litofacies.....                             | 43 |
| 3.1.3.2 Estudio Petrográfico de Secciones Delgadas.....                          | 44 |
| 3.2 MATERIALES.....  | 45 |
| 3.2.1 MATERIALES PRE-CAMPO O GABINETE 1.....                                     | 45 |
| 3.2.2 MATERIALES DE CAMPO.....   | 46 |
| 3.2.3 MATERIALES DE POST CAMPO O GABINETE 2.....                                 | 46 |

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

|  |    |
|--|----|
| 4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....                         | 49 |
| 4.2 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA DE LAS AREAS DE ESTUDIO..... | 50 |
| 4.2.1 GRUPO ORIENTE.....                                   | 50 |
| 4.2.2 FORMACIÓN CHONTA.....                                | 52 |
| 4.2.3 FORMACIÓN VIVIAN.....                                | 53 |
| 4.3 ANALISIS DE LITOFACIES.....                            | 55 |
| 4.3.1 LITOFACIE Sf.....                                    | 56 |
| 4.3.2 LITOFACIE Sb.....                                    | 57 |
| A. Petrografía.....  | 57 |
| 4.3.3 LITOFACIE Sw.....                                    | 58 |
| A. Petrografía.....  | 59 |
| 4.3.4 LITOFACIE Sh.....                                    | 60 |
| A. Petrografía.....  | 60 |
| 4.3.5 LITOFACIE Sm.....                                    | 61 |
| A. Petrografía.....  | 62 |
| 4.3.6 LITOFACIE Fp*.....                                   | 62 |
| A. Petrografía.....  | 63 |
| 4.3.7 LITOFACIE Fn.....                                    | 64 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3.8 LITOFACIE FI.....  | 65        |
| A. Petrografía.....  | 65        |
| 4.3.9 LITOFACIE Fp.....  | 66        |
| 4.3.10 LITOFACIE Wb.....   | 66        |
| 4.3.11 LITOFACIE Wf.....   | 67        |
| 4.3.12 LITOFACIE Wh.....   | 68        |
| 4.3.13 LITOFACIE Wn.....   | 68        |
| 4.3.14 LITOFACIE Mb.....   | 69        |
| A. Petrografía.....  | 69        |
| 4.3.15 LITOFACIE Mf.....   | 70        |
| A. Petrografía.....  | 70        |
| 4.4 ASOCIACIÓN DE LITOFACIES E INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES<br>SEDIMENTARIOS..... | 76        |
| 4.4.1 ASOCIACIÓN DE LITOFACIES.....  | 72        |
| 4.4.2 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS .....                            | 73        |
| 4.4.2.1 Sección: Codo del Tambo.....   | 74        |
| 4.4.2.2 Sección: Pongo de Mainique.....  | 77        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>81</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>83</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>84</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>98</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| N°              | Descripción   | Pág. |
|-----------------|---|------|
| <b>Fig. 1:</b>  | Extensión de la Cuenca Ucayali. ....  | 8    |
| <b>Fig. 2:</b>  | Litoestratigrafía de la Cuenca Ucayali.....   | 10   |
| <b>Fig. 3:</b>  | Esquema tridimensional generalizado de los modelos de ambientes<br>de deposición sedimentaria.....                    | 17   |
| <b>Fig. 4:</b>  | Relación entre medio, proceso, facies y tiempo en una cuenca<br>sedimentaria teórica. (ARCHE, 2010).....              | 20   |
| <b>Fig.5:</b>   | Granulometría y nombres correspondientes de rocas clásticas.<br>(CASTRO, 1989).....                                   | 22   |
| <b>Fig. 6:</b>  | Rizaduras de distintas tipologías en el mismo afloramiento.....   | 23   |
| <b>Fig. 7:</b>  | Grietas de desecación.....  | 23   |
| <b>Fig. 8:</b>  | Marcas de gotas de lluvia.....  | 24   |
| <b>Fig. 9:</b>  | Sección con laminación cruzada por rizaduras ascendentes<br>(climbing ripples).....                                   | 24   |
| <b>Fig. 10:</b> | Scour marks.....  | 25   |
| <b>Fig. 11:</b> | Flue marks.....   | 25   |
| <b>Fig. 12:</b> | Bioturbaciones verticales.....  | 26   |
| <b>Fig. 13:</b> | Clases granulométricas y nombres correspondientes de rocas<br>detríticas. (CASTRO, 1989). ....                        | 30   |
| <b>Fig. 14:</b> | Patrones para determinar el grado de redondez: a) alta y<br>b) baja esfericidad. (CASTRO, 1989). ....                 | 30   |
| <b>Fig. 15:</b> | Patrones para determinar el sorting en rocas detríticas<br>(principalmente rocas de grano arena), (CASTRO, 1989)..... | 31   |

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig. 16:</b> Diagrama de flujo para determinar la madurez textural en areniscas, (CASTRO, 1989).....                           | 32 |
| <b>Fig. 17:</b> Clasificación de las rocas por precipitación química, (CASTRO, 1989).....   | 34 |
| <b>Fig. 18:</b> Aspecto microscópico de los principales tipos de componentes carbonatadas, (CASTRO, 1989).....                    | 36 |
| <b>Fig. 19:</b> Clasificación de texturas depositacionales de Dunham.....   | 37 |
| <b>Fig. 20:</b> Metodologías para la realización de la investigación.....   | 40 |
| <b>Fig. 21:</b> Levantamiento de Columna estratigráfica. ....   | 42 |
| <b>Fig. 22:</b> Recolección de muestras. ....   | 43 |
| <b>Fig. 23:</b> Esquema para la clasificación de rocas siliciclásticas (areniscas, limolitas y lutitas) Picard (1971).....        | 45 |
| <b>Fig. 24:</b> Esquema de clasificación para rocas intermedias para rocas detríticas y carbonatadas, Fuchtbauer (1959).....      | 45 |
| <b>Fig. 25:</b> Diagrama de clasificación de areniscas, según su composición, Pettijohn (1987) y Dickinson (1970). ....           | 45 |
| <b>Fig. 26:</b> Máquina para cortar y tallar la muestra marca BALIMA.....   | 47 |
| <b>Fig. 27:</b> Maquina desbastadora de muestras marca LAP-1.....   | 47 |
| <b>Fig. 28:</b> Bálsamo de Canadá.....  | 48 |
| <b>Fig. 29:</b> Porta objetos y cubre Objetos.....  | 48 |
| <b>Fig. 30:</b> Microscopio óptico marca LEICA.....   | 48 |
| <b>Fig. 31:</b> Afloramientos de rocas pertenecientes al Grupo Oriente en la sección del Codo del Tambo. ....                     | 51 |
| <b>Fig. 32:</b> Afloramientos de rocas pertenecientes a la Formación Chonta<br>A) Codo del Tambo, B) y C) Pongo de Mainique. .... | 52 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig. 33:</b> Afloramientos de rocas pertenecientes a la Formación Vivian   |    |
| A) Codo del Tambo y B) Pongo de Mainique. ....  | 54 |
| <b>Fig. 34:</b> Roca arenisca cuarzosa de gran fino, se observa la<br>estratificación cruzada.....                          | 57 |
| <b>Fig. 35:</b> A) y B) Icnofósiles Thalassinoides, los que son propios de<br>ambientes marinos someros. (FREY, 1998) ..... | 58 |
| <b>Fig. 36:</b> Arenisca Limolítica, con laminación definida.....   | 58 |
| <b>Fig. 37:</b> A) Vista de perfil de la laminación ondulosa de limos y arcillas<br>y B) Se observan los ripples.....       | 59 |
| <b>Fig. 38:</b> Calciarenita, muestra GR19C-16-133.....   | 59 |
| <b>Fig. 39:</b> A) Se observa el estrato de arenisca, B) Se observa una fractura<br>fresca de la arenisca. ....             | 60 |
| <b>Fig. 40:</b> Calciarenita, muestra GR19C-16-021.....   | 61 |
| <b>Fig. 41:</b> Se observa el afloramiento de arenisca masiva.....  | 61 |
| <b>Fig. 42:</b> Calciarenita, muestra GR19C-16-121.....   | 62 |
| <b>Fig. 43:</b> Caliza Floatstone con hard ground y bioturbaciones.....   | 63 |
| <b>Fig. 44:</b> Caliza Floatstone, muestra GR19C-16-043.....  | 64 |
| <b>Fig. 45:</b> Estrato de lutitas con superficie nodular. ....   | 64 |
| <b>Fig. 46:</b> A) y B) Estratos de limo arcillas abigarradas. ....   | 65 |
| <b>Fig. 47:</b> Limoarenita, muestra GR19C-16-016.....  | 66 |
| <b>Fig. 48:</b> A) Caliza Wackestone y B) Caliza con pisolitos<br>(concreciones esféricas).....                             | 67 |
| <b>Fig. 49:</b> A) Caliza con estratificación mixta (cruzada). ....   | 67 |
| <b>Fig. 50:</b> Caliza con estratificación sub-horizontal. ....   | 68 |
| <b>Fig. 51:</b> Caliza con nódulos. ....  | 68 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig. 52:</b> Marga con icnofacies (bioturbaciones).....                      | 69 |
| <b>Fig. 53:</b> Marga, muestra GR19C-16-052.....                                | 70 |
| <b>Fig. 54:</b> Estrato de caliza en intercalación con lutitas abigarradas..... | 70 |
| <b>Fig. 55:</b> Caliza Mudstone, GR19C-16-144.....                              | 71 |
| <b>Fig. 56:</b> Identificación de litofacies de la Formación Chonta.....        | 72 |
| <b>Fig. 57:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 75 |
| <b>Fig. 58:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 75 |
| <b>Fig. 59:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 76 |
| <b>Fig. 60:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 77 |
| <b>Fig. 61:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 79 |
| <b>Fig. 62:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 79 |
| <b>Fig. 63:</b> Asociación de litofacies.....                                   | 80 |
| <b>Fig. 64:</b> Ambientes identificados.....                                    | 80 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| N° | Descripción  | Pág. |
|----|--|------|
|    | <b>Tabla 1:</b> Ejemplo del esquema de Litofacies para depósitos Fluviales,<br><br>(MIALL A. , 1990).....                          | 43   |
|    | <b>Tabla 2:</b> Accesibilidad al Codo del Tambo.....   | 50   |
|    | <b>Tabla 3:</b> Accesibilidad al Pongo de Mainique.....  | 50   |
|    | <b>Tabla 4:</b> Litofacies identificadas en la Formación Chonta en las Secciones de<br><br>Codo del Tambo y Pongo de Mainique..... | 56   |
|    | <b>Tabla 5:</b> Asociación de litofacies para la Formación Chonta. ....  | 73   |
|    | <b>Tabla 6:</b> Interpretación de los ambientes sedimentarios según las litofacies<br><br>de la Formación Chonta. ....             | 73   |

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- CGN:** Carta Geológica Nacional
- cm:** Centímetro
- Cp-t:** Grupo Tarma
- Cm-a:** Grupo Ambo
- D-c:** Grupo Cabanillas
- E:** Este (Punto cardinal)
- FIGIM:** Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica
- Fn:** Limo arcillas con nódulos
- Fl:** Limo arcillas con laminaciones
- Fp\*:** Floaststone con pellets
- INGEMMET:** Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Km:** Kilómetro
- Ks-v:** Formación Vivian
- Ks-ch:** Formación Chonta
- Ki-o:** Formación Oriente
- m:** Metro
- Ma. :** Millones de años
- m.s.n.m:** Metros sobre el nivel del mar
- mm:** Milímetro
- Mb:** Marga con bioturbación
- Mf:** Mundstone con estratificación mixta
- NQ-u:** Formación Ucayali

**N:** Norte (Punto cardinal)

**P-y:** Formación Yahuarango

**PK-2:** Formación Nia (medio)

**PK-1:** Formación Nia (inferior)

**P-m:** Formación Shinai

**P-e?:** Formación Ene- Noi

**PEc-c:** Grupo Copacabana

**Qh-al:** Deposito aluvial

**S:** Sur (Punto cardinal)

**SF-S-P:** Sistema de Falla San Francisco – Satipo – Pangoa

**Sf:** Arenisca fina con estatificación Flaser

**Sb:** Arenisca fina con bioturbación

**Sw:** Arenisca fina con estratificación ondulante

**Sh:** Arenisca fina de estratificación horizontal

**Sm:** Arenisca media masiva

**UTM:** Universal Transverse Mercator

**W:** Oeste (Punto cardinal)

**Wb:** Wackestone bioturbada

**Wf:** Wackestone estratificación Flaser

**Wh:** Wackestone con laminación horizontal

**Wn:** Wackestone con nódulos

**WGS84:** World Geodesic System 1984

## RESUMEN

La presente tesis muestra los resultados obtenidos del análisis de litofacies y los estudios petromineralógicos que se realizaron en la Formación Chonta, en dos secciones puntuales, el Codo del Tambo y el Pongo de Mainique comprendidos en los cuadrángulos Poyeni (23o1 y 23o2) y Timpia (25q4) en el sector Sur de la Cuenca Ucayali. Se tiene como objetivo general definir los ambientes sedimentarios de esta formación Cretácea aplicando la metodología descriptiva, interpretativa y analítica de los datos obtenidos en campo y procesados en gabinete. Se realizó el estudio y análisis de litofacies presentes en las columnas sedimentarias levantadas en estas dos secciones, una columna de 98m en el Codo del Tambo y dos columnas de 56 y 60m cada una en el Pongo de Mainique, como resultado se identificaron quince litofacies *Sf* (Arenisca fina con estratificación Flaser), *Sb* (Arenisca fina con bioturbación), *Sw* (Arenisca fina con estratificación ondulante), *Sh* (arenisca fina de estratificación horizontal), *Sm* (Arenisca media masiva), *Fp* (Limo arcillas con microfósiles), *Fn* (Limo arcillas con nódulos), *Fl* (Limo arcillas con laminaciones), *Fp\** (Floaststone con pellets), *Wb* (Wackestone bioturbada), *Wf* (Wackestone estratificación Flaser), *Wh* (Wackestone con laminación horizontal), *Wn* (Wackestone con nódulos), *Mb* (Marga con bioturbación) y *Mf* (Mundstone con estratificación mixta), cuyas asociaciones nos han permitido determinar los ambientes y sub-ambientes en las dos secciones; Los cuales son: ambiente Transicional y Marino, y como sub ambientes se han identificado el Pro-delta, Llanura de Marea media o mixta, Llanura de Marea alta o fangosa y el Ambiente de Plataforma, producto de la transgresión y regresión marina del Cretáceo. Así mismo se realizó el análisis petrográfico de once muestras para determinar la composición de estas rocas y posterior clasificación sedimentaria, se tiene como resultado rocas calciarenitas, margas, caliza; con lo que se ha confirmado la influencia mareal al momento de la depositación de los sedimentos de la Formación Chonta en ambas secciones.

**Palabras claves (Keywords):** Ambiente sedimentario, Cuenca Ucayali, Formación Chonta, litofacies, petrografía.

## ABSTRACT

The present thesis shows the results obtained from the analysis of lithofacies and the petromineralogical studies that were performed in the Chonta Formation, in two punctual sections, The Codo of Tambo and Pongo of Mainique included in the quadrangles Poyeni (23o1 and 23o2) and Timpia (25q4) in the southern sector of the Ucayali Basin. The general objective is to define the sedimentary environments of this Cretaceous formation using the descriptive, interpretative and analytical methodology of the data obtained in the field and processed in the office. It has been made the study and analysis of lithofacies present in the sedimentary columns raised in these two sections, a column of 98m. in the Codo of Tambo and two columns of 56 and 60m. each in the Pongo de Mainique, as a result were identified fifteen lithofacies Sf (Fine sandstone with stratified Flaser), Sb (Fine sandstone with bioturbation), Sw (Fine sandstone with undulating stratification), Sh (Sandstone of horizontal stratification), Sm (Massive medium sandstone), Fp (Silt clays with microfossils), Fn (Silt clays with nodules), Fl (Silt clays with laminations), Fp\* (Floaststone with pellets), Wb (Wackestone bioturbated), Wf (Wackestone with stratified Flaser), Wh (Wackestone with horizontal stratification), Wn (Wackestone with nodules), Mb (Marl with bioturbation) and Mf (Mudstone with mixed stratification), whose associations have allowed us to determine the environments and sub-environments in the two sections; which are: Transitional and Marine environment, and as sub-environments have been identified the Pro-delta, Plain of medium or mixed tide, Plain of high tide or muddy and the Platform environment product of the Cretaceous transgression and marine regression. Likewise it has been made the petrographic analysis of eleven samples to determine the composition of these rocks and subsequent sedimentary classification, is as a result calciarenite rocks, marls, limestone; thereby confirming the tidal influence at the time of deposition of the sediments of the Chonta Formation in both sections.

**Keywords:** Sedimentary environment, Ucayali Basin, Chonta Formation, lithofacies, petrographic.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 ANTECEDENTES

En los años 50 se iniciaron los estudios geológicos en el Sur de la Cuenca Ucayali con Kummel (1946), quien realizó estudios de forma regional en el sector, definiendo su estratigrafía (2,000 a 10,000 m de espesor), a la base se presentan series sedimentarias del Paleozoico superior la cual reduce en espesor hacia la faja Subandina, posteriormente ocurre sobre yaciendo el Grupo Tarma el Grupo Copacabana; luego sobre yace la Formación Ene de edad Permiana, encima la serie mesozoica, a la base aflora el Grupo Oriente, seguidamente se encuentra la Formación Chonta con más de 300 m de espesor, luego se encuentran las areniscas de la Formación Vivian. La Formación Chonta perteneciente al Cretáceo Superior de edad entre el Cenomaniano y el Santoniano (100.5 – 86.3±0.3 Ma), la cual debe su nombre a Morán y Fyfe (1933), quienes observaron y describieron una excelente exposición en la isla de Chonta, en el río Pachitea. Durante el cartografiado de la Carta Geológica Nacional (CGN) (LEÓN y DE LA CRUZ 1998) describieron a la Formación Chonta con relieves suaves, conformada por arenisca calcárea

intercalada con limolitas y limo arcillitas, margas en estratos tabulares intercalados con limolitas, y culmina la secuencia con estratos de limolitas calcáreas, separadas por limo arcillitas gris oscuras. Posteriormente, Zarate, Galdos y Geldres (1998), observaron la Formación Chonta en varios puntos (Río Manu, río Sotileja, quebrada Pariado, quebrada Meshiquiari) describiéndola como una secuencia de lutitas grises, calizas gris claras y marrones, margas y areniscas glauconíticas, como resultado de depósitos marinos producto de la transgresión del Cretáceo inferior. En el Pongo de Mainique esta Formación es descrita como secuencias de Limoarcillas, areniscas calcáreas, arcillas margosas, con niveles de calizas muy delgadas (DE LA CRUZ, ZAPATA y LARICO 1998). La Formación Chonta es descrita a grandes rasgos como areniscas marinas y fluviales, hacia arriba son estuarinas (de ambiente deltaico), intercaladas con lodolitas (ZAVALA, GUADALUPE y CARRILLO 2007). Sánchez y La torre (2012) observan la Formación Chonta en el Codo del Tambo, describiéndola como una intercalación de areniscas con niveles de lutitas grises intercalándose esporádicamente con areniscas de cemento carbonatado. En base a la información reunida de estudios anteriores se sabe que la transgresión marina fue el factor más importante para la depositación de la Formación Chonta. Por ello, se desarrolla este trabajo, el cual proveerá información sobre los ciclos de sedimentación (litofacies) ocurridos durante la transgresión, para lo cual se estudiaron dos secciones estratigráficas (Codo del Tambo, Pongo de Mainique), secciones que han sido medidas anteriormente, información de campo que fue actualizada con registros de campo obtenidos en el año 2016.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Formación Chonta es de composición muy variable, en el área Sur de la Cuenca Ucayali fue estudiada en numerosas quebradas, con lo que se ha logrado diferenciar una litología generalizada para este sector, sin embargo dichos estudios carecen de mayor información para determinar los ambientes de sedimentación donde se originó a esta formación.

Por lo cual se realizó estudios en dos secciones importantes como son: el Codo del Tambo y el Pongo de Mainique, en las cuales se realizaron análisis de litofacies apoyados por estudios de petromineralogía, con cuyos resultados podremos responder las interrogantes que se tienen.

### 1.2.1 FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

***Pregunta general:***

- ¿Cuáles son las litofacies de la Formación Chonta en las secciones de Codo del Tambo y Pongo de Mainique (Cuenca Ucayali Sur)?

***Preguntas específicas:***

- ¿Cuáles son los elementos estructurales de los sedimentos pertenecientes a las Formación Chonta en las secciones de Codo del Tambo y el Pongo de Mainique en el área sur de la Cuenca Ucayali?
- ¿Cuáles son las texturas sedimentarias de los sedimentos pertenecientes a las Formación Chonta en las secciones de Codo del Tambo y el Pongo de Mainique en el área sur de la Cuenca Ucayali?

- ¿Cuál es la petromineralogía de la formación Chonta en las secciones de Codo del Tambo y el Pongo de Mainique en el área sur de la Cuenca Ucayali?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La Formación Chonta en el área Sur de la Cuenca Ucayali fue estudiada por diversos autores y en numerosas quebradas, con lo que se ha logrado diferenciar su litología y asignarle una edad en base a su contenido fósil. Sin embargo, en las áreas del Codo del Tambo y en el Pongo de Mainique carecen de columnas estratigráficas detalladas, León (1998). Así como de otros estudios además de lo paleontológico, es por ello, que el presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de conocer los ambientes de sedimentación, identificar e interpretar los ciclos de sedimentación, información que se podrá obtener analizando la variabilidad de las facies sedimentarias; así mismo ahondar y apoyar la teoría con estudios petrológicos y petrográficos.

### **1.4 HIPÓTESIS**

Con el estudio de litofacies en base a texturas, elementos estructurales y petromineralogía se determinará el ambiente de sedimentación, las similitudes y diferencias entre dos secciones estratigráficas de la Formación Chonta (Codo del Tambo y Pongo de Mainique).

### **1.5 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el ambiente de sedimentación de la Formación Chonta mediante estudios de litofacies y petromineralógicos, y así conocer las similitudes y

diferencias entre las dos secciones a estudiar (Codo del Tambo y Pongo de Mainique).

### 1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Precisar los ambientes de sedimentación de la Formación Chonta realizando estudios de litofacies sedimentarias en las secciones de Codo del Tambo (Poyeni, 23o1 y 23o2) y el Pongo de Mainique (Timpia, 25q4) en el área Sur de la Cuenca Ucayali.
- Estudiar la petromineralogía de la Formación Chonta, en base a secciones delgadas aplicando diagramas de Fuchtbauer (1959), Picard (1971), Dickinson (1970) y Pettijohn (1987) para su clasificación.

## CAPÍTULO II

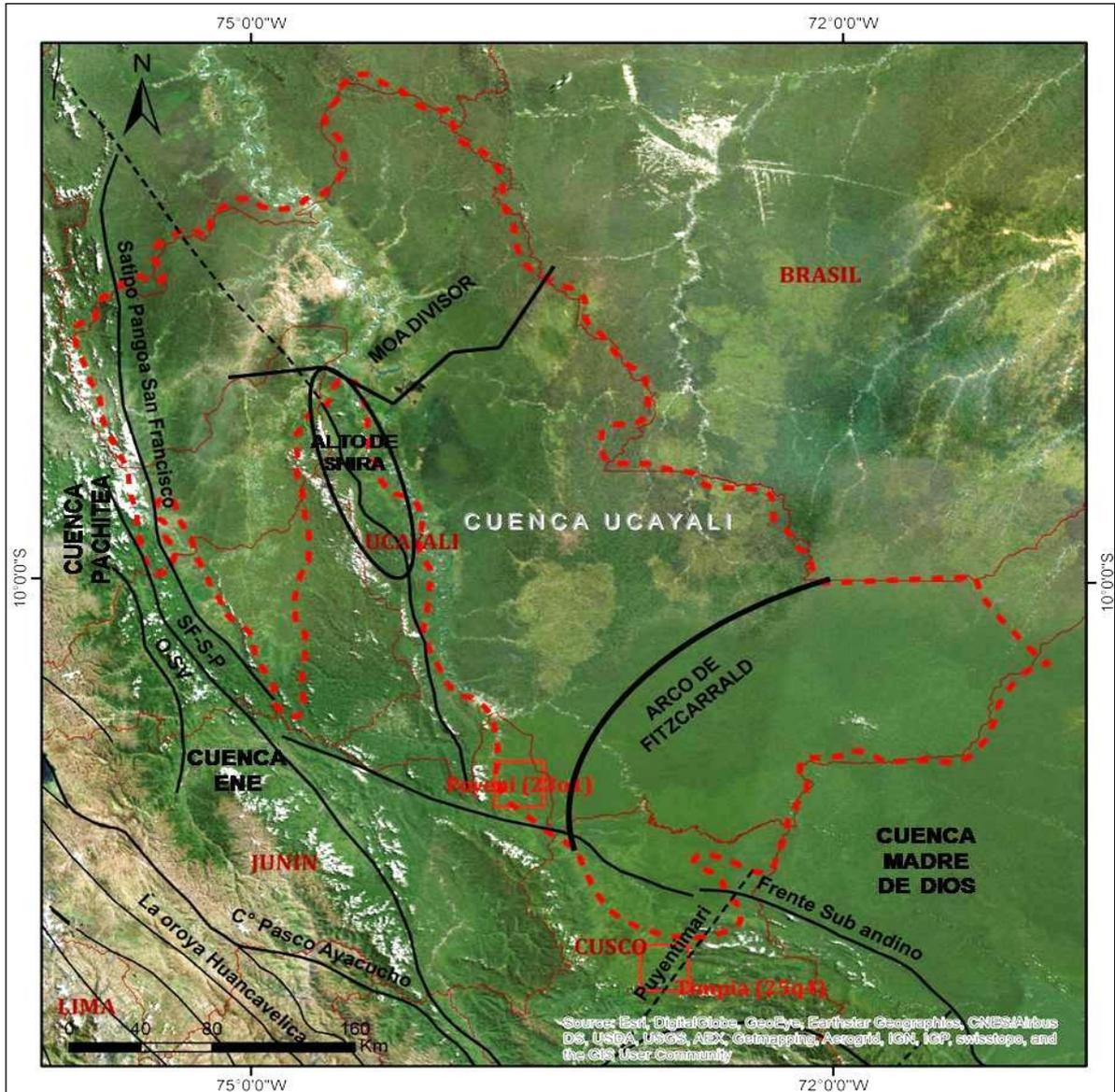
### REVISIÓN LITERARIA

#### 2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL:

Las cuencas sub-andinas peruanas se han formado a partir de la tectónica estructural (tectónica de placas), y están divididos en dos sectores bien marcados: al norte las cuencas Marañón, Santiago y Huallaga se encuentran deformados por una tectónica de basamento (acortamiento de la corteza que involucra rocas basales); al sur las cuencas Ucayali y Madre de Dios, han sido deformadas por una tectónica de cobertura (deformación de rocas producida por fallas superficiales) e importantes sistemas de corrimientos (conjunto de estructuras asociadas entre sí). Las cuencas subandinas presentan un relleno sedimentario constituido por areniscas, lutitas, limolitas y calizas, que abarcan edades que van desde el Paleozoico (Ordovícico) al Cenozoico (Neógeno). En el contexto general peruano, las cuencas subandinas corresponden al “antepaís” (depresión flexural ubicada detrás de una cordillera en donde se acumulan sedimentos provenientes principalmente de la misma) amazónico. La actual cuenca de antepaís amazónica se emplaza sobre la margen oriental de los Andes, su estructuración se inició durante el Cretácico Superior en medio

marino (BARRAGÁN, CHRISTOPHOULI y WHITE 1999). A partir del Mioceno Superior, el levantamiento de los Andes se aceleró y comenzó a desarrollarse un sistema de drenaje E-W en toda la región amazónica, afectando el funcionamiento de la cuenca antepaís y desligándose de los Andes septentrionales y meridionales (HOORN, y otros 1995). Es en este período que empieza a formarse la zona subandina actual y las sub-cuencas asociadas (BABY, y otros 2005)

La cuenca Ucayali es una de las típicas cuencas subandinas (situado al pie de los andes) de ante país, situada entre las cuencas Madre de Dios, Ene, Pachitea, Huallaga y Marañón, entre los 7° y 12° de latitud sur y los 71° y 76° de longitud oeste. Está separada hacia el oeste de la cuenca (depresión de la corteza terrestre de origen tectónico donde se acumulan sedimentos) Pachitea por el alto de Shira (Fig.1), con orientación estructural de dirección NW-SE. Hacia el este, la cuenca Ucayali se extiende en la llanura amazónica hasta el divisor Moa, mientras que hacia el NE se encuentra limitada por el Arco (relieve poco elevado de gran extensión) de Contaya que la separa de la cuenca Marañón, al W-NW por la zona subandina, y al S-SE por el Arco de Fitzcarrald con dirección estructural E-W (MINAYA 2008).



**Figura 1:** En líneas rojas entrecortadas indica la extensión de la Cuenca Ucajali. Los cuadros rojos indican las áreas de estudio. SF-S-P = Sistema de Falla San Francisco – Satipo – Pangoa.

**2.1.1 CONTEXTO LITOSTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA UCAYALI:**

La sección sedimentaria de la Cuenca de Ucajali varía en espesor de 1.000 a 10.000 m, con edades de secuencias sedimentarias desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. La evolución estratigráfica de la cuenca puede ser descrita por dos sistemas tectónicos. El primero, el Sistema pre-andino, abarca tres ciclos de edades Ordovícica, Devoniana y Permo-Carbonífera. El segundo, el

Sistema Andino, se inició con la subducción a lo largo del margen occidental del Perú, y abarca varias secuencias mega-sedimentarias con numerosos ciclos sedimentarios menores, que van desde el Pérmico Tardío hasta la Edad Reciente. Las secuencias Ordovícica y Devoniana se depositaron en un rift (fosa tectónica alargada producto de la separación de placas tectónicas) junto con el Permo-Carbonífero. La secuencia del Pérmico-Jurásico Tardío fue depositada en las hendiduras del rift post-rift, y las secuencias del Cretácico-Terciario en un entorno antepais. La breve revisión estratigráfica se basa principalmente en la estratigrafía de toda la cuenca (PARSEP 2003) y la estratigrafía de la cuenca meridional de Ucayali (BRISSON, y otros 2003). La estratigrafía general de la cuenca Ucayali se muestra en la figura 2.

#### **2.1.1.1. Formación Contaya- Ordovícico**

La secuencia Ordovícica está representada por la Formación Contaya, la que aflora en el Arco de Contaya, al norte y sur de la Cuenca Ucayali, respectivamente, donde sus litologías son principalmente limolitas gris-negras y pizarras con intercalaciones de areniscas de grano fino (DE LA CRUZ, ZAPATA y LARICO 1998).

#### **2.1.1.2. Grupo Cabanillas- Devónico (Siegeniano-Fameniano)**

El Grupo Cabanillas de la Edad Devoniana se encuadra de forma supra yacente a la Formación Ordovícica Contaya, tiene una amplia distribución y variación de grosor, se compone generalmente de lutitas gris oscuro, limolitas y areniscas (DE LA CRUZ, ZAPATA y LARICO 1998).



### **2.1.1.3. Grupo Ambo- Grupo Excélsior- Carbonífero (Inferior)**

El Grupo de Ambo es bien conocido en la cuenca meridional de Ucayali, donde generalmente sobreyace al Grupo Cabanillas. Se espesa de norte a sur en la Cuenca Ucayali, al norte es muy delgado y en algunas áreas, completamente ausente donde existen los paleo-altos, está constituido predominantemente por areniscas con intercalación de limolitas, lutitas grises con intercalaciones carbón o de esquisto carbonáceo. Estos intervalos de roca de la fuente muestran una cuña de pizarras negras continuas de hasta 150 m de espesor en afloramientos en las montañas de Shira (BRISSON, y otros 2003).

### **2.1.1.4. Grupo Copacabana/ Tarma- Carbonífero (Superior)- Pérmico (Inferior)**

El Grupo Tarma/Copacabana es, de lejos, la unidad Pre-cretácea de amplia distribución en las cuencas subandinas, incluidas las Cuencas Ucayali y Ene. El Grupo Tarma se divide en un intervalo inferior clástico que contiene una unidad de roca arenisca basal (informalmente arenisca verde) y un intervalo superior grueso compuesto principalmente de calizas (IBAÑEZ y CARLOS 2001).

### **2.1.1.5. Grupo Mitu- Formación Ene- Pérmico (medio-superior)**

La estratigrafía del Pérmico medio a tardío, al Norte de la Cuenca Ucayali es bastante diferente de la zona sur, el espesor varía sustancialmente, las areniscas Ene que se mapearon de secciones sísmicas (PARSEP 2003) mostraron una sección espesa del Pérmico que es probablemente la Formación Ene se divide en tres miembros: la arenisca de Ene, Noipatsite y

Shinai. Los miembros de Ene Sandstone (arenisca) y Noipatsite (LEÓN y DE LA CRUZ 1998).

#### **2.1.1.6. Formación Mainique- Río Tambo – Pérmico (Superior)**

La Formación Mainique (Grupo de Capas Rojas del Pérmico Superior) suprayace a la Formación Ene y la que ha sido identificada en el Pongo de Quebrada Mainique/Camisea al Sur de la Cuenca Ucayali, revelando la presencia de la secuencia Pérmica Tardía superior. La Formación de Mainique se divide en dos unidades, la unidad de arenisca inferior (de hasta 135 m de espesor) y la unidad media (90-175 m) se compone principalmente de limolitas y calizas micríticas menores, con dos camas de anhidrita maciza de 10 m de espesor.

#### **2.1.1.7. Triásico a Jurásico:**

La mega-secuencia sedimentaria más joven del sistema tectónico andino se conserva en las partes occidental y noroeste de la Cuenca Ucayali (PARSEP 2003).

- **Grupo Mitu (Triásico inferior):** Se considera que es la secuencia depositada en grabens formada dentro de una sección paleozoica, en el norte de Ucayali se encuentra como una delgada capa de conglomerado.
- **Grupo Pucará (Triásico - Jurásico):** Es una secuencia de carbonato/evaporita y se subdivide en tres unidades, con las unidades de Chambará y Aramachay y Condorsinga que forman el ciclo regresivo

superior. El Condorsinga está cubierto por los depósitos predominantemente evaporíticos de la Formación Callanayacu o los lechos rojos de la Formación Sarayaquillo, La unidad de Chambará del Pucará inferior, compuesta de calizas micríticas/limos y limos calcáreos, La unidad de Aramachay también está compuesta de rocas calcáreas y lutitas calcáreas y mantiene su carácter rico en orgánicos, La unidad de Condorsinga de la parte superior de Pucará consiste en una secuencia siliciclásticas descansando sobre la unidad de Aramachay.

- **Formación Sarayaquillo (Jurásico superior):** Esta unidad se compone de areniscas, limolitas y lutitas depositados en ambientes eólicos, fluviales y lacustres. La terminación de la deposición de Sarayaquillo coincide con el final del Jurásico.

#### 2.1.1.8. Mega- Secuencia del Cretáceo:

La mega-secuencia del Cretácico cubre toda la Cuenca Ucayali con un adelgazamiento regional desde el Norte hacia el Sur, las formaciones Cushabatay y Raya del Cretácico Inferior, al este de esta tendencia se encuentra la Formación Agua Caliente que se encuentra de forma discordante sobre la secuencia pre-Cretácica que se superpone a la Formación de Copacabana, las formaciones Chonta y Vivian pertenecientes al Cretácico Superior están presentes en toda la Cuenca Ucayali (LEÓN y DE LA CRUZ 1998).

- **Formación Cushabatay (Cretáceo inferior):** Consiste en una gruesa variedad de capas de arenisca de estratificación cruzada de baja sinuosidad.

- **Formación Raya (Cretáceo inferior):** Se compone de lutitas marinas a areniscas finas, que termina la amplia tendencia transgresiva registrada por el Cushabatay.
- **Formación Agua Caliente (Aptiano superior- Albiano inferior):** Ocurre bajo lutita continua que se puede correlacionar a través del área, aunque la parte superior lito estratigráfica de este intervalo puede de hecho extenderse hacia arriba, representaría la continuación ascendente de una secuencia predominantemente transgresora de canales de arenisca y de barro.
- **Formación Chonta (Albiano - Santoniano):** Está presente en toda la Cuenca Ucayali. Marca el fin de una transgresión regional y el comienzo de un episodio regresivo. La superficie de inundación máxima que ocurrió durante la deposición de Chonta representa más o menos la división entre los intervalos de Chonta superior e inferior. Durante la época de máxima inundación, las condiciones marinas fueron prevalentes en toda la cuenca del Ucayali y la deposición consistía principalmente en lutitas marinas y calizas. En el área de Camisea este intervalo tiene excelentes características de sello, conteniendo varios lechos de anhidritas dentro de su sección superior. El Chonta se adelgaza al este y al sureste hacia los bordes de la cuenca donde tiene un espesor mínimo de 150 m.
- **Formación Vivian (Santoniano Superior- Maestrichtiano):** Incluye un complejo de roca arenisca extensa a nivel regional. Se subdivide en tres

unidades con dos secuencias de arena: la Vivian superior e inferior, separada por el intervalo de Cachiyacu (arenas rojas y arcillas). Las arenas son muy finas a muy gruesas y muestran moderada a buena porosidad intergranular. El Vivian superior tiene típicamente arcillas antigénicas y caoliniticas, mientras que el Vivian inferior tiene un carácter mucho más limpio de la arena.

#### **2.1.1.9. Secuencia Terciaria:**

Está ampliamente distribuida en toda la cuenca, se compone de la capa roja inferior del Paleoceno (Formación Yahuarango), arena/pizarra de la formación Pozo del Eoceno superpuesta y secuencias de capas rojas del Oligoceno Superior, La unidad Superior de Upper Red Bed (Areniscas de capas rojas) incluye las formaciones Chambira e Ipururo.

En la cuenca meridional de Ucayali, el miembro Upper Red Bed consiste en arenas (hasta 15 m de espesor) y arcillas limosas intercaladas con arcillas y conglomerados (LEÓN y DE LA CRUZ 1998).

## **2.2 MORFOESTRUCTURAS**

Las secciones de estudio se encuentran en la parte sur-este del Perú, en los cuadrángulos de Poyeni (23o2) y Timpia (25q4), Junín y Cusco respectivamente, morfológicamente se encuentra abarcando la Llanura Amazónica y la Zona Subandina, (DE LA CRUZ, ZAPATA y LARICO 1998). Ver anexo A-01.

### **2.2.1 LLANURA AMAZÓNICA**

Consta de una superficie ondulada y relativamente sub-horizontal que empieza al pie de la Faja Subandina. Se encuentra dividida por la prolongación hacia el sur por el Arco de Fitzcarrald (cadena montañosa que separa las cuencas Ucayali y Madre de Dios) en dos zonas las que se encuentran tanto en el noreste del cuadrángulo de Timpia y noreste del Cuadrángulo Río Providencia. Las principales características fisiográficas de esta morfo estructura son las altitudes inferiores a 500 msnm, superficie ondulada, desnivel topográfico e inclinación uniforme de este-sureste, además de la cadena de cerros bajos (cadena subandina) la que podría considerarse como una zona de transición entre la faja Subandina y la Llanura Amazónica.

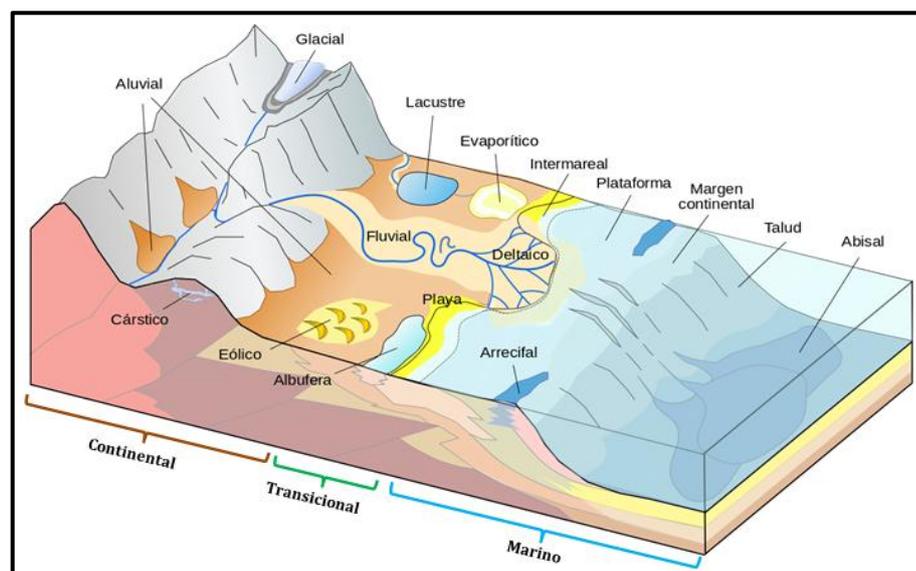
### **2.2.2 ZONA SUBANDINA**

La altura máxima esta sobre los 2 790 msnm, debido a sus características fisiográficas se le ha tomado como unidad independiente, la cual está de forma paralela al Flanco Oriental de la Cordillera Oriental ocupando una delgada y orientada franja de SE-NO, la cual se amplía grandemente hacia el oeste. Constituida por una cadena de montañas truncadas que dejan percibir valles moderadamente profundos, en la parte media del Cuadrángulo de Timpia; la faja subandina se junta a la cadena de cerros que forma el pongo de Mainique. El relieve subandino se caracteriza por anchos alineamientos montañosos que se extienden longitudinalmente.

### **2.3 AMBIENTES DE SEDIMENTACION:**

Según TARBUCK & LUTGENS (2005), un ambiente sedimentario es definido como un punto geográfico donde se acumulan los sedimentos, cada ambiente

tiene características particulares resultado de una combinación de procesos geológicos (procesos sedimentarios) y condiciones ambientales (físicas, químicas y biológicas) que la diferencian de otros ambientes adyacentes. Algunos sedimentos, como los sedimentos químicos que precipitan en cuerpos acuáticos, son únicamente el producto de su ambiente sedimentario. Es decir, los minerales que los componen se originaron y se depositaron en el mismo lugar. Los ambientes sedimentarios suelen estar localizados en una de las tres categorías: continental, marina o de transición (línea de costa) (Fig. 3). Cada uno consiste en un área donde el sedimento se acumula y donde los organismos viven y mueren. Cada uno produce una roca o una agrupación sedimentaria característica que refleja las condiciones predominantes.



**Figura 3:** Esquema tridimensional generalizado de los modelos de ambientes de depositación sedimentaria, continental, transicional y marino, tomado de Wikipedia.org.

**2.3.1 AMBIENTES DE TRANSICIÓN:** Son ambientes situados en la zona límite continente-mar, y los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. La fuerte intensidad de sedimentación da lugar a cambios continuos en la morfología y delimitación en la línea de costa, por lo

que los ambientes sedimentarios que aparecen, son de gran complejidad y a veces de difícil separación.

**2.3.1.1 Ambiente deltaico:** Se localiza en las desembocaduras fluviales, donde descarga la mayor parte del sedimento transportado, provocando un avance de las zonas que se rellenan con sedimentos sobre el mar. Por su morfología, se pueden distinguir deltas aislados de los complejos deltaicos, según la separación e interacción entre las desembocaduras fluviales. La formación de deltas y sus características morfológicas depende de la cantidad de sedimentos aportados por el río, del grado de dispersión en la desembocadura y de los mecanismos marinos de eliminación y redistribución del sedimento.

**2.3.1.2 Llanura de mareas o marismas:** Corresponden a costas muy planas, donde la marea cubre alternativamente superficies extensas, y pueden presentarse también en el interior de zonas protegidas por barreras o arrecifes. Las facies corresponden a sedimentos muy finos, con gran actividad orgánica y fuerte bioturbación, y donde las amplias variaciones en morfología que se presentan durante los ciclos maréales originan grandes variaciones de facies en los sedimentos. Suelen distinguirse llanuras de mareas terrígenas, con la aportación de sedimentos finos terrígena, y llanuras de mareas carbonatadas con aportación de fangos con composición de carbonato cálcico, a veces también transportado en suspensión desde el mar, o generado en la propia marisma por actividad orgánica, fundamentalmente de algas. En climas áridos, se forman sedimentos dolomíticos incluso depósitos de yeso y anhidrita por la fuerte evaporación del agua intersticial durante los momentos de bajada de

mareas. En climas húmedos puede haber un fuerte desarrollo de vegetación continental que provocará la formación de extensos depósitos de turberas que posteriormente pueden evolucionar a carbón.

**2.3.2 AMBIENTES MARINOS:** Corresponden a ambientes en que la energía de transporte es función de la dinámica marina, y donde los sedimentos llegan generalmente a través de los ambientes de transición, ya sea por removilización y erosión, o porque los sedimentos los atraviesan sometidos a la influencia de su mecanismo de transporte. Los ambientes marinos se dividen según su profundidad:

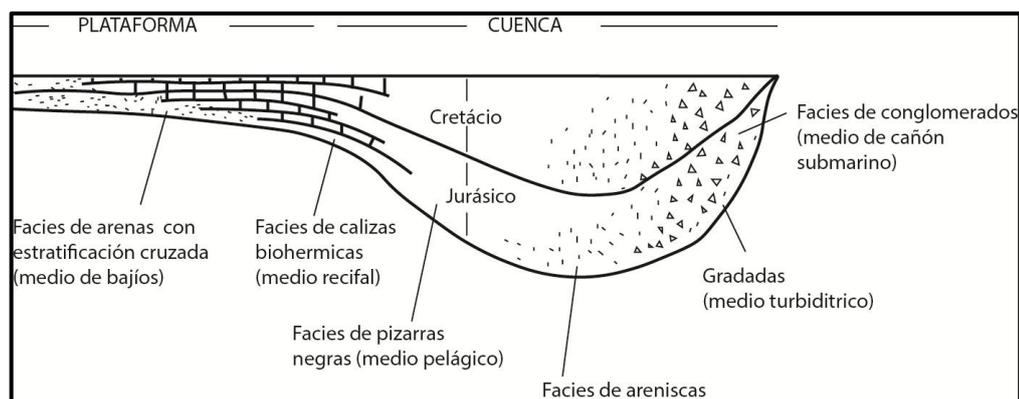
**2.3.2.1 Ambiente de plataforma:** Se extiende por toda la plataforma continental, desde el borde de la zona submareal, y una de sus características es la fuerte dispersión a que están sometidos los sedimentos por la acción del oleaje, mareas, corrientes marinas y tormentas. La litología es muy variable, predominando las arenas en las zonas más agitadas y próximas a las zonas de aporte (costas), y limos y arcillas finas en las zonas más alejadas y en calma. En las zonas más alejadas de la costa, o de los lugares de aportación de los sedimentos, son frecuentes largos episodios de interrupción o atenuación de la sedimentación, y acusa en un endurecimiento de la superficie del sedimento, los suelos endurecidos o hard ground, generalmente acompañados por procesos de diagénesis, pudiendo estar representados, en pequeños espesores, grandes periodos de tiempo, llamándose estas delgadas sucesiones series condensadas. Las secuencias están, al igual que en la sedimentación litoral, con la que enlazan lateralmente, muy influenciadas por

procesos de transgresión y regresión. En su conjunto la sucesión de una serie transgresiva y regresiva definen un ciclo sedimentario.

## 2.4 FACIES SEDIMENTARIAS

El termino Facies deriva del latín Facia que significa apariencia externa; De acuerdo con Selley (1985), se definirán las facies como un conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles.

La figura 4, muestra las relaciones entre facies, medios sedimentarios, procesos y tiempo; *por ejemplo*, una facies de pizarras bituminosas se deposita en un medio marino profundo por un proceso de decantación en el Jurásico, o bien, una facies de areniscas gradadas se deposita en un medio de borde pre continental por un proceso de corriente de turbidez en el Cretácico (SELLEY 1985).



**Figura 4:** Relación entre medio, proceso, facies y tiempo en una cuenca sedimentaria teórica. (ARCHE 2010).

Las facies descriptivas pueden subdividirse en litofacies y biofacies.

**2.4.1 LAS BIOFACIES:** En estas priman el contenido de organismos fósiles (macro- y/o microfósiles) característicos de un medio particular; por lo tanto,

puede haber varias biofacies contemporáneas adyacentes y estructuras orgánicas

**2.4.2 LAS LITOFACIES:** Son unidades de rocas definida por un conjunto de características físicas tales como *tamaño de grano*, *composición mineralógica*, *estructuras sedimentarias* y *tipo de estratificación*, presentes en las rocas sedimentarias, que permiten caracterizar el ambiente sedimentario en el que se depositaron, término empleado para referirse a un grupo de rocas que presentan características litológicas comunes (BERMÚDEZ, LÓPEZ y TROCONIS 2003).

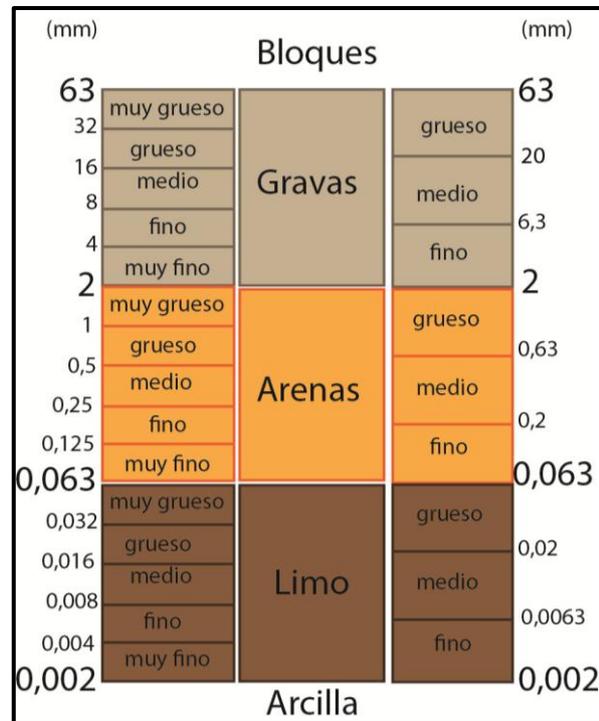
- **Tamaño de grano:** El tamaño de grano de los componentes clásticos es el criterio fundamental para clasificar las rocas sedimentarias detríticas, siendo su morfología y su naturaleza composicional criterios adicionales para adjetivar las rocas. Figura 5.

Los clastos se clasifican según su tamaño en:

- **Grava:** > 2 mm
  - **Arena:** 2 mm - 62 micras (1 mm = 1000 micras)
  - **Limo:** 62 - 4 micras
  - **Arcilla:** < 4 micras
- **Composición mineralógica:** Según Castro (1989) los minerales que conforman las rocas sedimentarias pertenecen a dos tipos diferentes de minerales:

**Detríticos:** Son minerales resistentes (anfíbol, clorita, fluorita, cuarzo, feldespato, plagioclasas, zircón, calcedonia, etc.) liberados de las rocas

madres o meteorización o intemperismo, transportados mecánicamente y depositados posteriormente.



**Figura 5:** Granulometría y nombres correspondientes de rocas clásticas. (CASTRO 1989).

**Químicos:** Son minerales que se precipitan de una solución y son generalmente compuestos hidratados (calcita, dolomita, siderita, halita, limonita, etc), como es de esperarse en las sustancias que se forman en un ambiente rico en agua.

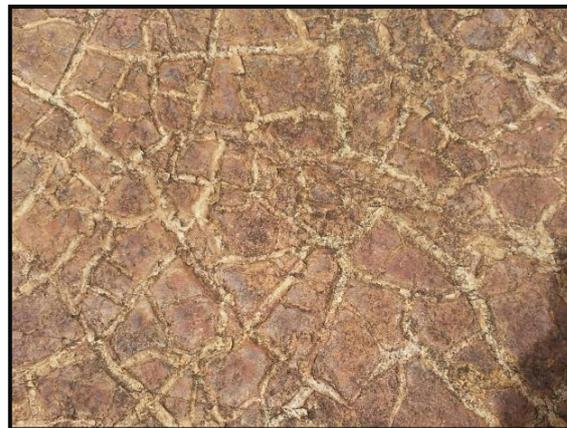
- **Estructuras Sedimentarias:** Son rasgos de las rocas sedimentarias que se observan frecuentemente en los planos de estratificación, se forman debido a los procesos de sedimentación estas pueden ser estructuras **primarias** o **secundarias** (CABALLERO 2016).
  - **Estructuras primarias,** Se forman en relación directa con el evento sedimentario principal. Se producen rápidamente pero de igual manera pueden ser erosionadas fácilmente y desaparecer.

**Rizaduras u ondulitas (ripple marks):** que pueden ser simétricas (de oscilación) o asimétricas (de corriente). Las de mayor tamaño se denominan dunas.



*Figura 6: Rizaduras de distintas tipologías en el mismo afloramiento, tomado de Caballero (2016)*

**Grietas de desecación (mud cracks):** grietas poligonales presentes en materiales arcillosos debido a la contracción provocada por la deshidratación.



*Figura 7: Grietas de desecación, tomado de Caballero (2016)*

**Marcas de gota de lluvia:** producidas por impacto de las gotas de lluvia en una base no consolidada, generalmente limo-arcillosa. Al impactar los sedimentos son lanzados a los lados, dejando pequeños cráteres.



*Figura 8: Marcas de gotas de lluvia, tomado de Caballero (2016)*

**Estratificación laminar, estratificación cruzada, gradada, estratificación inclinada:** Se presentan los diferentes tipos de laminación dependiendo de la morfología del sustrato en el que se depositen los sedimentos, la continuidad, la densidad del agente de transporte (agua, viento), el grado de energía del medio de deposición, el tamaño y densidad de las partículas sedimentarias, así como de su mineralogía (algunos materiales pueden ser disueltos o meteorizados más rápidamente que otros, desapareciendo de la estratificación).



*Figura 9: Sección con laminación cruzada por rizaduras ascendentes (climbing ripples), tomado de Caballero (2016)*

**Marcas de corriente (sole marks):** Scour marks: producidas por corrientes turbulentas, son surcos formados por la erosión de una corriente sobre un

fondo arcilloso o limoso, que posteriormente es rellenado por un sedimento de granulometría mayor, normalmente arena, obteniendo el molde en relieve inverso que se conserva en la base de los estratos en sedimentos antiguos.



*Figura 10: Scour marks, tomado de Caballero (2016)*

**Calcos de flujo (flute marks):** surcos discontinuos alargados en dirección del flujo y asimétricos. El extremo proximal es redondeado contornos fuertes. En la zona distal se atenúa el relieve hasta desaparecer.



*Figura 11: Flute marks, tomado de Caballero (2016)*

- **Estructuras diagenéticas:** se forman con posterioridad a la sedimentación, durante la diagénesis, y sin relación directa con el evento sedimentario principal (nódulos de yeso, paleosuelos hidromorfos, etc.).

- **Estructuras de deformación:** se originan después de la sedimentación, pueden ser de carga (calcos de carga, areniscas almohadilladas), de escape de fluidos (*convolute lamination*, volcanes y diques de arena) y de deslizamiento (olistostromas, *slumps*, estructuras contorsionadas, etc.).
- **Estructuras inorgánicas:** Su génesis está dominada por procesos físico-químicos.
- **Estructuras orgánicas:** Su génesis está dominada por procesos biológicos (estromatolitos, bioturbación, pistas, etc.).



*Figura 12: Bioturbaciones verticales, tomado de Caballero (2016)*

- **Tipos de Estratificación:**
  - **Estratificación laminar o horizontal:** Se le llama "láminas" a los depósitos de sedimento que, aunque distinguibles, no alcanzan el grosor de un estrado. En este tipo de estratificación, las láminas varían en espesor desde sólo unos pocos diámetros de partícula hasta un centímetro. Su característica esencial es que la extensión de sus estratos es mucho mayor que su grosor.

- **Estratificación cruzada:** Común en depósitos fluviales o eólicos. Es una característica que se produce en varias escalas, y se observa en conglomerados y areniscas. Refleja el transporte de la grava y la arena por las corrientes que fluyen sobre la superficie del sedimento.
- **Estratificación gradada:** Este tipo de estratificación refleja el transporte por corrientes de densidad (o turbidez) o, en ciertos casos, depósitos varados. Las corrientes de turbidez se originan en la pendiente entre las plataformas continentales y las cuencas de aguas profundas. Ocurre por fallas de pendiente, después de que la acumulación de sedimentos haya acentuado la pendiente por un tiempo, Lostipos.com, 2017.

## 2.5 ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Castro (1989), aborda la descripción física en términos visuales de las rocas, mediante la microscopía de luz polarizada (luz transmitida, aunque también reflejada). Estos estudios ofrecen una valiosa información la cual permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones cualitativas o semicuantitativas de formación, así como posibles procesos evolutivos.

### 2.5.1 COMPONENTES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Los componentes principales son:

- **Componentes Terrígenos o Clásticos:** Cristales sueltos, fragmentos de cristales o fragmentos de rocas procedentes de rocas preexistentes

por procesos de alteración y disgregación. Su morfología y tamaño están directamente relacionadas con el transporte sufrido desde el área fuente al área de depósito.

- **Componentes Ortoquímicos:** Materiales formados por precipitación química o bio-química directa en la propia zona de sedimentación, durante o inmediatamente después del depósito.
- **Componentes Aloquímicos:** Materiales de origen químico o bio-químico formados en la propia cuenca de sedimentación pero que se incorporan al sedimento como clastos.
- **Componentes bio-geo-químicos:** aplica al carbonato de calcio (calcita y/o aragonito) de los sedimentos.

## 2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

En función de sus componentes, las rocas sedimentarias se clasifican en:

- **Rocas detríticas o clásticas:** (más del 50% de terrígenos). Ruditas o conglomerados (pudingas y brechas), areniscas, lutitas (limolitas, arcillas o arcillitas).
- **Rocas no detríticas:** (menos del 50% de terrígenos), que a su vez pueden subdividirse en:
  - **Rocas de precipitación química o biogeoquímica:** Calizas, dolomías, evaporitas, rocas silíceas (silex, chert). Dentro de este grupo

se incluyen las rocas residuales (rocas aluminosas o bauxitas y rocas ferruginosas o lateritas).

- **Rocas organógenas:** (depósito de fragmentos orgánicos de animales y/o vegetales). Carbón, petróleo.

**2.5.3 TEXTURAS:** las rocas sedimentarias presentan texturas según su origen, los tipos clástico (rocas detríticas en sentido amplio) y secuencial (rocas organógenas y de precipitación química), o una combinación de ambos.

**2.5.3.1 Rocas detríticas o clásticas:** Las rocas detríticas presentan textura clástica, esto es, formadas por clastos embutidos en una matriz de grano más fino, y pueden estar cementadas o no por material ortoquímico y/o diagenético (formado con posterioridad al depósito del sedimento). El cemento suele estar formado por material carbonatado, silíceo o ferruginoso. Las características que definen la textura de las rocas sedimentarias detríticas son las siguientes:

- **Tamaño, morfología y naturaleza de los clastos:**

El tamaño de grano de los componentes clásticos es el criterio fundamental para clasificar las rocas sedimentarias detríticas, siendo su morfología y su naturaleza composicional criterios adicionales para adjetivar las rocas, los clastos se clasifican según su tamaño en:

- Grava: > 2 mm
- Arena: 2 mm - 62 micras (1 mm = 1000 micras)

- Limo: 62 - 4 micras
- Arcilla: < 4 micras

| Diámetro |        |     | Clase            | Roca                               |
|----------|--------|-----|------------------|------------------------------------|
| mm       | micras |     |                  |                                    |
| 4,096    | -      | -12 | GRAVA<br>Bloques | CONGLOMERADOS                      |
| 256      | -      | -8  |                  |                                    |
| 64       | -      | -6  |                  |                                    |
| 4        | -      | -2  | Cantos           | ARENISCAS                          |
| 2        | -      | -1  | Arena muy gruesa |                                    |
| 1        | -      | 0   | Arena gruesa     |                                    |
| 0,5      | 500    | 1   | Arena media      |                                    |
| 0,25     | 250    | 2   | Arena fina       |                                    |
| 0,125    | 125    | 3   | Arena muy fina   | LUTITAS<br>LIMOLITAS<br>ARCILLITAS |
| 0,062    | 62     | 4   | Limo grueso      |                                    |
| 0,031    | 31     | 5   | Limo medio       |                                    |
| 0,016    | 16     | 6   | Limo fino        |                                    |
| 0,008    | 8      | 7   | Limo muy fino    |                                    |
| 0,004    | 4      | 8   | Arcilla          |                                    |
|          |        |     | FANGO            |                                    |
|          |        |     |                  |                                    |

Figura 13: Clases granulométricas y nombres correspondientes de rocas detrítica, modificado (CASTRO 1989).

- **Morfología de Clastos - Redondez y esfericidad de los cristales:**  
Aunque existen expresiones numéricas para describir la forma de los granos, visualmente se pueden clasificar en función de sus grados de redondez y de esfericidad.

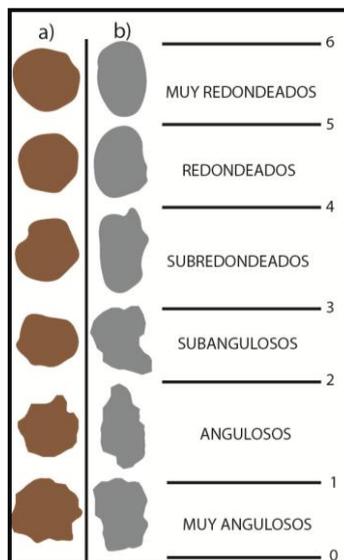
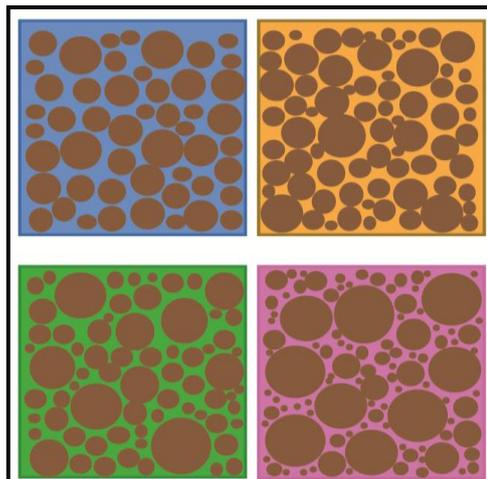


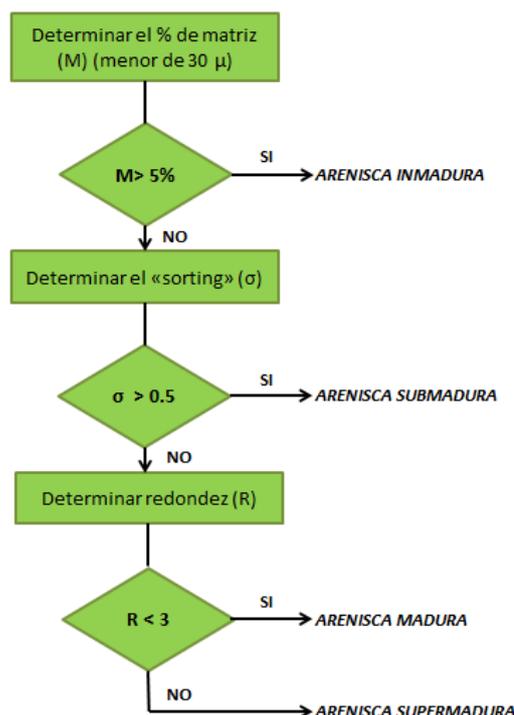
Figura 14: Patrones para determinar el grado de redondez: a) alta y b) baja esfericidad, modificado (CASTRO 1989)

- **Distribución de Tamaños (Sorting):** La dispersión de tamaños de grano es un reflejo de las condiciones de transporte y sedimentación, por lo que es un dato de mucha importancia sedimentológica. El sorting se simboliza por  $\sigma$  (sigma), puede ser conocido de forma aproximada utilizando los patrones de la figura 15.



**Figura 15:** Patrones para determinar el sorting en rocas detríticas (principalmente rocas de grano arena), modificado (CASTRO 1989).

- **Madurez Textural:** Referida al contenido en material fino, al grado de redondez de los clastos y dispersión de los tamaños de grano del sedimento. Sedimentos **inmaduros** texturalmente son aquellos que tienen más del 5% de matriz fina, los cantos están poco redondeados y la dispersión de los tamaños de grano es elevada (coeficiente alto). Sedimentos **supermaduros** son aquellos que no presentan fracción fina, los cantos están bien redondeados y la dispersión de los tamaños de grano es baja (coeficiente bajo). Entre ambos existen términos intermedios denominados **submaduros** y **maduros**.



**Figura 16:** Diagrama de flujo para determinar la madurez textural en areniscas, (CASTRO 1989).

- **Matriz:** La composición de los granos de la **matriz** suele ser similar a la de los clastos que sustenta, ya que su formación es contemporánea con la sedimentación de los clastos.
- **Cemento** ejerce una función de consolidante natural, es un material formado con posterioridad al depósito de los clastos y la matriz, los cementos pueden tener un tamaño de grano variable, mayor o menor que el de los clastos y/o matriz, según sea su naturaleza y el proceso genético que los formó.
  - **Cementos silíceos:** Constituidos por cuarzo microcristalino, sílice microcristalina o criptocristalina (chert), o material amorfo opalino.
  - **Cementos carbonáticos:** Suelen estar compuestos por calcita

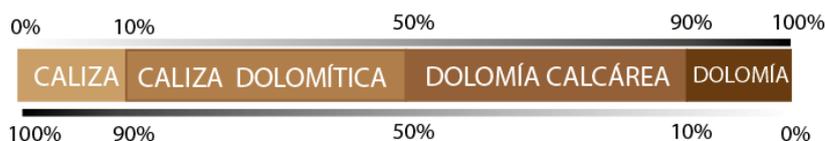
- **Cementos ferruginosos:** Están compuestos por óxidos y hidróxidos de Fe (y algo de Mn).

Morfológicamente, los cementos se pueden clasificar en:

- **Cementos de contacto:** Una pequeña película de material mineral que envuelve y une los granos entre ellos en los puntos de contacto.
- **Cementos de poros:** El cemento rellena los poros entre los granos y matriz.
- **Cementos basales:** El cemento de poros se puede denominar basal si ocupa grandes volúmenes de la roca con empaquetamientos flotantes de los granos.

### 2.5.3.2 Rocas Carbonatadas o de precipitación (bio)(geo)química:

Las *rocas de precipitación química s.s.* incluyen una variedad de tipos como rocas carbonatadas, silex (rocas compuestas por sílice criptocristalina) y evaporitas (sales solubles como yeso o halita). Las *rocas de precipitación biogeoquímica* incluyen también una variedad de tipos entre los cuales las carbonatadas y radiolaritas son el más importante. Los componentes minerales más importantes de las rocas carbonatadas son la calcita (carbonato de Ca) y la dolomita (carbonato de Ca y Mg), gran parte de ellas constan casi exclusivamente del calcita, denominándose la roca caliza, o de dolomita, denominándose la roca dolomía. Cuando existen ambos minerales la roca puede denominarse caliza dolomítica (calcita > dolomita) o dolomía calcítica o calcárea (calcita < dolomita) (CASTRO 1989).

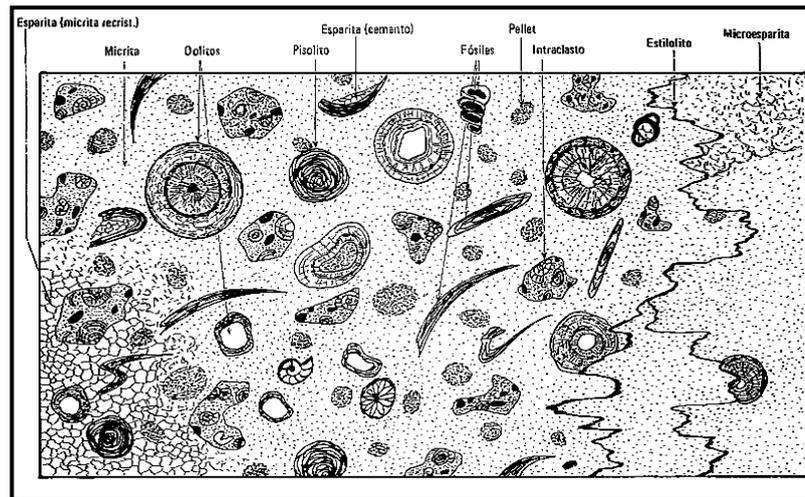


**Figura 17:** Clasificación de las rocas por precipitación química, (CASTRO 1989).

- **Componentes de las rocas carbonatadas:** Las rocas carbonatadas no detríticas deben contener menos del 50% de terrígenos (denominados litoclastos). Los componentes principales son, por lo tanto, **aloquímicos** y **ortoquímicos** (Figura 18).
- **Ortoquímicos**, materiales carbonatados inorgánicos precipitados directamente a partir del agua, llamados también componentes carbonatados micríticos y esparíticos.
  - La **micrita** es el sedimento carbonatado menor de 5 micras, por lo que no pueden observarse granos discretos al microscopio, sino una masa informe de tonos más o menos oscuros.
  - La **esparita** consiste en granos de calcita de tamaño de grano superior a las 5 micras. Normalmente, cuando el tamaño de grano está entre 5 y 10 micras se denomina **microesparita**, reservándose el término de esparita para los granos de tamaño superior.
- **Aloquímicos**, Son agregados organizados de sedimentos carbonatados que se han formado dentro de la cuenca de depósito.
  - **Ooides u oolitos**, Son granos esféricos o elipsoidales, de diámetro menor de 2 mm, que presentan una estructura interna constituida por

láminas concéntricas regulares de calcita desarrolladas alrededor de un núcleo de origen diverso.

- **Peloides**, Son granos más o menos redondeados compuestos por micrita y no presentan estructura interna, gran parte de ellos son productos fecales de animales comedores de fango, denominándose entonces pellets.
- **Oncoides u oncolito**, Son granos redondeados de diámetro mayor de 2 mm que presentan una capa exterior laminada concéntrica sobre un núcleo de origen diverso..
- **Pisoides o pisolitos**, Son granos redondeados de diámetro mayor de 2 mm similares a los oncolitos, que presentan igualmente una capa exterior laminada concéntrica, pero cuyo origen es inorgánico, generalmente bajo condiciones subaéreas.
- **Bioclastos (o fósiles)**, Son patriculas esqueletales residuos completos o fragmentados de las partes duras de organismos secretores de carbonatos. Estas partes duras son generalmente conchas de una gran variedad de organismos, las partes duras de estos organismos son originalmente de calcita o aragonito
- **Intraclastos**, Son fragmentos de sedimentos carbonatados que fueron depositados sobre la cuenca y que posteriormente fueron removilizados (retrabajados) para dar granos sedimentarios nuevos.

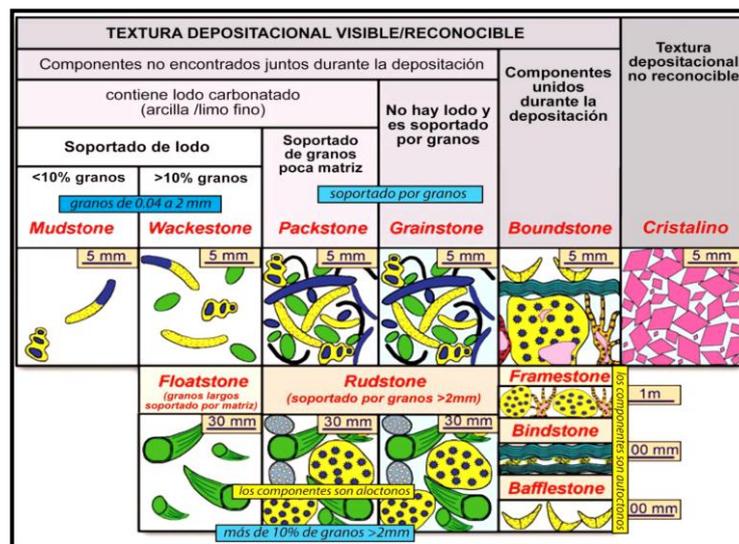


**Figura 18:** Aspecto microscópico de los principales tipos de componentes aloquímicos y ortoquímicos de rocas carbonatadas sedimentarias., (CASTRO 1989).

- **Compactación de las rocas carbonatadas:** La compactación produce una importante reducción de la porosidad en los sedimentos, este proceso se da cuando el sedimento carbonatado queda cubierto por otros materiales sedimentarios, soportando cierta presión, tras este proceso de compactación, el sedimento puede considerarse ya una roca consolidada (QUISPE 2016).
- **Porosidad de las rocas carbonatadas:** La porosidad de las rocas carbonatadas puede ser de origen primario, formada en la roca desde su depósito, o secundario, formada con posterioridad durante los procesos de diagénesis, y/o alteración de la misma, son muy variados, como **intergranulares** (localizada entre los granos aloquímicos, en la matriz), **intragranulares** (localizada dentro de granos particulares, como bioclastos), **móldica** (producto de disolución de los bioclastos), **fracturas** (a lo largo de fracturas discretas), **canalizada** (dispuesta según sistemas canales variados), **vacuolar** (en espacios discretos más o menos esféricos), por

**brechificación** (irregularmente distribuida por rotura extensiva), debida a organismos excavadores y comedores de fango.

- **Clases de texturas depositacionales:** Según el ordenamiento de los componentes de las rocas carbonatadas, y su aspecto general, las rocas carbonatadas pueden clasificarse hasta en 6 tipos de calizas: *mudstone*, *wackestone*, *packstone*, *grainstone*, *floatstone* y *rudstone* (Figura 19).



**Figura 19:** Clasificación de texturas depositacionales de Dunham (1962) y modificada por Embry & Klovan (1971), y Hallsworth & Knox (1999).

- **Caliza mudstone:** compuesta por más del 75% en lodo calcáreo (<62 μm) y menos del 10% de granos/clastos/fragmentos. Su textura es lodosa a microcristalina (grano muy fino), puede ser masivo, laminado, bioturbado. Puede haber micritas-dolomicritas (ausencia de granos, o <1%) y dismicritas (bird-eyes).
- **Caliza wackestone:** Roca matriz soportada, carbonatada con menos del 75% de lodo calcáreo (<62 μm) y más del 10% de granos/clastos/fragmentos (componentes aloquímicos). Su textura

es lodosa a microcristalina (grano muy fino), laminado, bioturbado, masivo, granular (o grumosa).

- **Caliza *floatstone*:** Son calizas tipo *packstone* en el cual al menos 10% de los granos son del tamaño de una grava (i.e. mínimo 2 mm). Son rocas carbonatadas con soporte de granos.
  - **Caliza *packstone*:** Roca carbonatada grano-soportado con espacios rellenos por matriz micrítica. Usualmente tiene al menos más del 1% de micritas como matriz, >60% de granos, con bioclastos y/o pellets, ooides, intraclastos.
  - **Caliza *grainstone*:** Roca grano-soportada, (granular), con escasa o sin matriz micrítica. Los granos pueden ser abundantes (>75%), con abundantes fósiles, ooides e intraclastos. Estas rocas comúnmente pueden contener granos de cuarzo.
  - **Caliza *rudstone*:** de textura muy gruesa en la cual su matriz puede estar conformada generalmente por *grainstones* o *mudstones* (grano - soportado) en los cuales al menos 10% de los granos son del tamaño de una grava (>2 mm).
- **Clases de texturas biogénicas:**
- **Caliza *boundstone*:** Los componentes originales de la roca fueron modificados por acción de las plantas y animales (bioconstructores). En estas rocas se observa intercrecimiento de material esquelético, laminación contraria a la gravedad, o cavidades selladas por sedimentos, y al techo, cubiertos por material orgánico. Se entiende por "*boundstone*" como rocas carbonatadas en los cuales sus

componentes han sido unidos durante el proceso de construcción orgánica.

- **Caliza *framestone***: Es un tipo de roca que se forma en ambientes de arrecife y consiste en un determinado conjunto de colonias de conchas o esqueletos, con cavidades internas rellenas por sedimentos finos.
- **Caliza *bafflestone***: Son calizas tipo boundstones en los cuales los materiales orgánicos están compactados y asemejan estar influidos por corrientes de agua. En este tipo de calizas, los organismos de alguna bioconstrucción atrapan sedimentos por efecto “pantalla”, por ejemplo, *mud mounds*.
- **Caliza *bindstone***. Son un tipo de bioconstrucción por organismos (esqueléticos o no) los cuales se incrustan y atrapan el sedimento (este caso es un estromatolito o corales).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este proyecto se aplicó la Investigación Científica, que consta de la metodología descriptiva, interpretativa y analítica mediante el procesamiento de los datos obtenidos en las distintas etapas de estudio las cuales son:



*Figura 20: Metodologías para la realización de la investigación.*

#### 3.1.1 ETAPA DE GABINETE:

##### 3.1.1.1 Recopilación Bibliográfica

La recopilación bibliográfica, se inició con la indagación de información relacionada a las secciones de estudio, geología, topografía, etc., con el objetivo de obtener una noción pre-campo del trabajo a efectuar. Se realizó la consulta de libros, boletines, artículos científicos sobre litofacies para llevar a cabo una correcta descripción y posterior interpretación. Así mismo se precisó la bibliografía correspondiente a estudios de rocas sedimentarias en secciones delgadas, para el estudio petrográfico de las muestras obtenidas en campo.

### **3.1.1.2 Fotointerpretación Geológica**

Se elaboraron mapas geológicos preliminares a través de la interpretación fotogeológica en el software ArcGis 10.1, haciendo uso de imágenes satelitales LandSat (Anexo A-02) y Anáglifo (Anexo A-03) las que abarcan las hojas de Poyeni y Timpia, estos mapas geológicos se elaboraron a escala 1: 50 000, Zona 18, en el sistema WGS84.

## **3.1.2 ETAPA DE CAMPO**

### **3.1.2.1 Levantamiento de Columnas Estratigráficas y Recolección de Muestras**

En esta etapa se realizó el levantamiento y descripción geológica de las Columnas estratigráficas estudiadas y la colecta de muestras, esta se realizó en 2 salidas al campo, en la primera salida de campo se levantó la columna estratigráfica de la Formación Chonta en la Sección del Codo del Tambo (Junín), y la segunda en la sección del Pongo de Mainique (Cusco).

- **Levantamiento de Columnas estratigráficas:** Se recolectaron datos de los espesores de estratos, estructuras sedimentarias, etc. de las columnas estudiadas, cuyo posicionamiento se realizó a través del GPS Garmin serie 64s, datos que fueron transferidos a los respectivos mapas geológicos utilizando el Software ArcGis 10.1.



**Figura 21:** Levantamiento de Columna estratigráfica de la formación Chonta- Codo del Tambo.

- **Colecta de muestras:** Consistió en el muestreo estratigráfico (aleatorio y proporcional) que representa al estrato (composición mineralógica y facies), limpiando previamente las alteraciones, en promedio el peso de la muestra debe ser de 1 kg.



*Figura 22: Recolección de muestras.*

### 3.1.3 ETAPA DE GABINETE Y LABORATORIO

#### 3.1.3.1 Análisis e Interpretación de Litofacies

El análisis de litofacies que se presenta en este proyecto de investigación se realizó en base a los datos obtenidos en campo, para lo cual se tomaron en cuenta las características litológicas de las rocas, que fueron descritas durante las dos etapas de campo las que son: tipo de roca, color de roca, espesor, la textura y estructura de la roca, etc., utilizando la metodología de Miall, 1990.

**Tabla 1:** Ejemplo del esquema de Litofacies para depósitos Fluviales, (A. MIALL 1990)

| <b>CODIGO</b> | <b>LITOFACIES</b>                         | <b>ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS</b>        |
|---------------|---|---|
| <b>Gms</b>    | Masiva, grava soportada por matriz        | Ninguna                                 |
| <b>Gm</b>     | Masiva, grava estratificada               | Estratificación horizontal, imbricación |
| <b>Gt</b>     | Grava estratificada                       | Estratificación cruzada festoneada      |
| <b>Gp</b>     | Grava estratificada                       | Estratificación cruzada planar          |
| <b>St</b>     | Arena media a muy gruesa, hasta guijarros | Estratificación cruzada festoneada      |
| <b>Sp</b>     | Arena media a muy gruesa, hasta guijarros | Estratificación cruzada planar          |

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
| <b>Sr</b>               | Arena muy fina a gruesa                     | Rizaduras de todos tipos                             |
| <b>Sh</b>               | Arena muy fina a muy gruesa, hasta gujarros | Laminación horizontal                                |
| <b>Sl</b>               | Arena fina                                  | Est. Cruzada de bajo ángulo                          |
| <b>Se</b>               | Rellenos de erosión con intraclastos        | Estratificación cruzada                              |
| <b>Ss</b>               | Arena fina a gruesa, gujarros               | Rellenos someros, incluyendo estratificación cruzada |
| <b>Sse,<br/>She,Spe</b> | Arena                                       | Similar a Ss, Sh, Sp                                 |
| <b>Fl</b>               | Arena, lutita, lodo                         | Laminación fina, rizaduras muy pequeñas              |
| <b>Fsc</b>              | Lutita, lodo                                | Laminar a masiva                                     |
| <b>Fcf</b>              | Lodo (arcilla)                              | Masiva, con moluscos de agua dulce                   |
| <b>Fm</b>               | Lutita, lodo                                | Masiva, grietas de desecación                        |
| <b>Fr</b>               | Lutita, lodo                                | Raíces   |
| <b>C</b>                | Carbón, lodos carbonaceos                   | Plantas, películas de lodo                           |
| <b>P</b>                | Carbonato                                   | Fabrica pedogenetica                                 |

### 3.1.3.2 Estudio Petrográfico de Secciones Delgadas

Se realizó el estudio petrográfico convencional a cada una de las secciones delgadas de las muestras que pertenecen a las columnas estratigráficas levantadas, este estudio se realizó a través del microscopio óptico Leica (laboratorio de petrografía de la FIGIM), en luz normal y luz polarizada, se realizaron observaciones respecto a textura, composición, porosidad, etc., información que fue recopilada para cada sección delgada y debidamente descrita en el formato de estudios petrográficos; para determinar correctamente el tipo de roca estos datos se usaron los diagramas para rocas sedimentarias de Picard (1971), Fuchtbauer (1959), Pettijohn (1987) y Dickinson (1970).

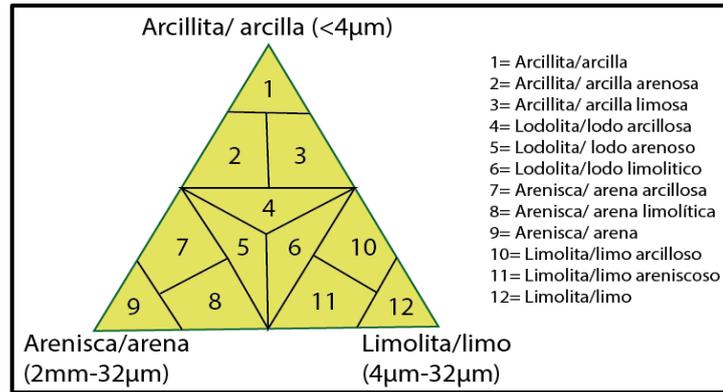


Figura 23: Esquema para la clasificación de rocas siliciclásticas (areniscas, limolitas y lutitas) Picard (1971).

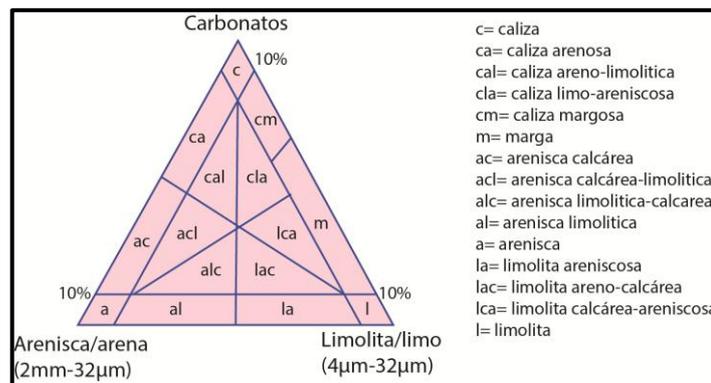


Figura 24: Esquema de clasificación para rocas intermedias para rocas detríticas y carbonatadas, Fuchtbauer (1959),

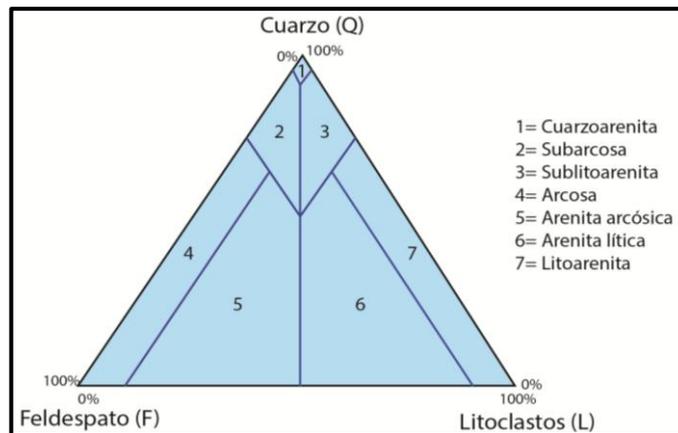


Figura 25: Diagrama de clasificación de areniscas, según su composición, Pettijohn (1987) y Dickinson (1970).

### 3.2 MATERIALES

#### 3.2.1 MATERIALES PRE-CAMPO O GABINETE 1

Software para la generación de geodatabases:

- ArcGis – ArcMAP versión 10.1
- Adobe Illustrator C6 CC-2015
- Microsoft Excel versión 2010
- Google Earth Pro -2015

### **3.2.2 MATERIALES DE CAMPO**

Materiales de geología:

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin Serie 64s
- Picota Estwing
- Brújula Brunton
- Lupa Iwamoto
- Libreta de campo
- Lápiz y colores
- Formatos para levantamiento de Columnas estratigráficas-  
INGEMMET
- Bolsas de muestreo
- Cinta adhesiva
- Plumones indelebles
- Reactivos (ácido clorhídrico).

### **3.2.3 MATERIALES DE POST CAMPO O GABINETE 2**

Para la descripción de muestras de Mano:

- Lupa Iwamoto
- Reactivos (ácido clorhídrico).

Para la elaboración de SD (Secciones delgadas de roca), elaboradas por el Laboratorio de INGEMMET, se requiere:



**Figura 26:** Máquina para cortar y tallar la muestra marca BALIMA.



**Figura 27:** Máquina desbastadora de muestras marca LAP-1.

- Abrasivos: Carburo de silíceo de grado 100 hasta 1000, óxido de aluminio de 0,005  $\mu\text{m}$



**Figura 28:** Bálsamo de Canadá



**Figura 29:** Porta objetos y cubre Objetos

Para la digitalización e interpretación de Litofacies de las Columnas estratigráficas, se requiere:

- Adobe Illustrator C6 CC-2015

Para la descripción de muestras en SD, se requiere:



**Figura 30:** Microscopio óptico marca LEICA, con aumentos de 50x, 20x, 10x y 4x.

- Software LAS EZ V2, Para la obtención de fotografías de las SD.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD:

Las secciones de trabajo están comprendidas específicamente en los cuadrángulos de Poyeni (23o1) y Timpia (25q4), en los departamentos de Junín y Cusco en las localidades de Codo del Tambo y el Pongo de Mainique respectivamente, las localidades, se mencionan de norte a sur, delimitadas por coordenadas UTM. Ver Anexo A-04.

Las zonas de estudio son las siguientes:

- **El Codo del Tambo:** Que está ubicado a 83 km al Sureste de Puerto Ocopa, en el distrito de río Tambo provincia de Satipo, departamento de Junín. Se encuentra a una altitud de 270 msnm (Tabla 2).
- **El Pongo de Mainique:** Se encuentra a 210 km al Noreste del distrito de Ivochote, provincia de La Convención, departamento de Cusco. Esta localidad está ubicada a una altitud aproximada de 460 msnm (Tabla 3).

**Tabla 2:** Accesibilidad al Codo del Tambo

| N° | TRAMO                         | DISTANCIA<br>(Km) | TIEMPO<br>(horas) | TIPODE VIA |
|----|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1  | Lima – La Merced              | 311               | 08:00             | Asfaltada  |
| 2  | La Merced – Satipo            | 104               | 02:00             | Asfaltada  |
| 3  | Satipo – Puerto Ocopa         | 62                | 01:00             | Asfaltada  |
| 4  | Puerto Ocopa – Codo del Tambo | 83                | 03:00             | Fluvial    |

**Tabla 3:** Accesibilidad al Pongo de Mainique

| N° | TRAMO                        | DISTANCIA<br>(Km) | TIEMPO<br>(horas) | TIPODE VIA          |
|----|------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 1  | Lima – Cusco                 | 1 108             | 01:00             | Aérea               |
| 2  | Cusco Quillabamba            | 215               | 04:00             | Terrestre asfaltada |
| 3  | Quillabamba - Ivochote       | 210               | 03:00             | Terrestre trocha    |
| 4  | Ivochote – Pongo de Mainique | 90                | 03:00             | Fluvial             |

## 4.2 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA DE LAS AREAS DE ESTUDIO

### 4.2.1 GRUPO ORIENTE (Fm. Agua Caliente)- Aptiano superior-Albiano inferior

En trabajos realizados por Kummel (1946), en la parte Centro Oriental del Subandino, se le describe por primera vez una secuencia de areniscas cuarzosas bajo el término de Formación Oriente, posteriormente se le re categoriza como Grupo Oriente (ZEGARRA y OLAECHEA 1970), quienes lo dividen en las Formaciones Cushabatay, Esperanza y Agua Caliente.

En la Sección del Codo del Tambo se observó la parte superior del Grupo Oriente denominado Formación Agua Caliente la cual se compone litológicamente por areniscas cuarzosas blancas en estratos tabulares, que presentan estratificación festoneada (cruzada), seguido de areniscas calcáreas intercaladas con limo arcillitas rojas y abigarradas y son cubiertas por arenisca cuarzosas de grano fino de color pardo amarillento en estratos delgados. Se le estima un grosor de 200m.

En la Sección del Pongo de Mainique se observó a la Formación Agua Caliente como una secuencia detrítica de granulometría variable (grueso-medio), con algunos estratos de arenisca fina, se observan también intercalaciones de limonitas color marrón claro en láminas, areniscas gris blanquecinas las que tienen estratificación cruzada con algunas capas de areniscas de grano fino en color rojizo de granos subangulosos a subredondeados, esta formación tiene un espesor de 37m aproximadamente. Figura 31.



**Figura 31:** Afloramientos de rocas pertenecientes al Grupo Oriente en la sección del Codo del Tambo.

#### 4.2.2 FORMACIÓN CHONTA- Albiano-Santoniano

Formación descrita por primera vez como rocas calcáreas, series de limoarcillas, limolitas calcáreas y capas de margas que afloran en la Isla de Chonta en el río Pachitea del departamento de Huánuco de donde deriva su nombre (MORAN y FYFE 1933), esta secuencia estratigráfica tiene una amplia distribución estratigráfica en la Faja subandina, se encuentra cubierta en concordancia por las areniscas cuarzosas de la Fm. Vivian.



**Figura 32:** Afloramientos de rocas pertenecientes a la Formación Chonta A) Codo del Tambo, B) y C) Pongo de Mainique.

En la Sección del Codo del Tambo se ha observado que los estratos están de forma sub-horizontal, se levantó una columna estratigráfica de 98 m. la cual se describe, hacia la base limoarcillas de color rojizo oscuro, intercalada con areniscas limosas de grano fino, seguida de areniscas de grano medio con matriz calcárea con bioclastos, margas con estratificación subhorizontal intercaladas con limolitas grises de estratificación fina, la secuencia termina con lutitas abigarradas. Ver anexo A-05.

Como resultado del análisis petrográfico realizado a cinco muestras de esta sección se ha observado la predominancia de los carbonatos como matriz de las rocas calciarenita, marga, caliza; así también se observó la presencia de minerales pesados (zircones, magnetita) en las areniscas, estratos intercalados con micritas (limo arcillas) , Anexos B-01 al B-11.

En la Sección del Pongo de Mainique la Formación Chonta se encuentra de forma vertical, de la cual se levantó dos columnas estratigráficas por encontrarse parcialmente cubierta en ambos lados del Pongo, las que miden aproximadamente 116m, que se describen de la siguiente manera; La Formación Chonta en la primera columna (56 m), se observa en la base arenisca de matriz carbonatada, seguida de una intercalación de limolitas y areniscas clásticas de grano fino a medio, seguido de una delgada capa de caliza, esta secuencia es repetitiva; en la segunda columna (60 m) se observa la ciclicidad de limoarcillas de color gris oscuro con briozonas, calizas de estratificación subhorizontal, areniscas cuarzosas de grano medio, en la parte superior se observaron calizas bioclásticas intercaladas con pelitas, hacia el techo se encuentran areniscas de matriz carbonatada. Ver anexos A-06 y A-07. En el estudio petrográfico de seis muestras se ha podido observar que las rocas dominantes son las areniscas de matriz carbonatada (Calciarenita), sedimentos finos (limoarcillas) y caliza, Anexos B-01 al B-11.

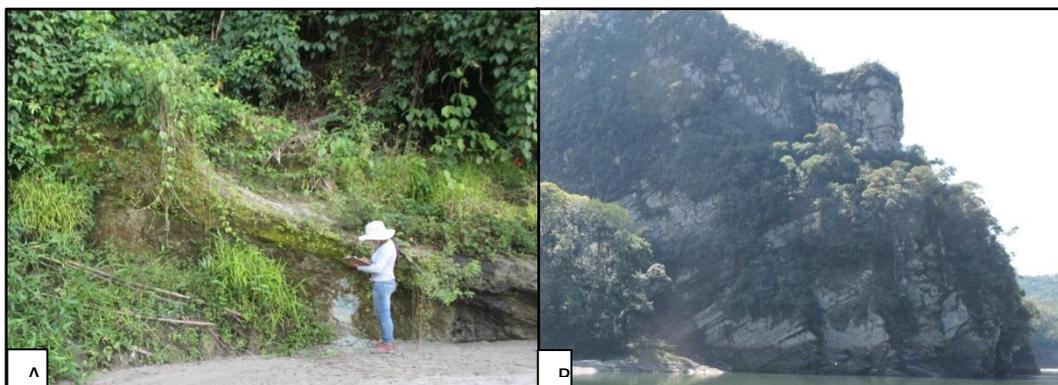
#### **4.2.3 FORMACION VIVIAN – Santoniano Superior – Maestrichtiano inferior**

Descrita en la quebrada Vivian de los cerros de Contamana como una secuencia de rocas silico-clásticas constituida por arenisca cuarzosa

blanquecina (areniscas de azúcar), que se observan en toda la secuencia del Subandino ( KUMELL B. 1946).

En la Sección del Codo del Tambo tiene un espesor de aproximadamente 60 m, La base de esta formación se inicia con rocas que son características de esta formación, las areniscas cuarzosas de grano fino a medio de color blanquecino intercalado con capas delgadas de limoarcillas abigarradas en estratos subhorizontales continua con limolitas y areniscas lodolíticas rojizas con cuarzo subredondeado y clastos intercalándose con calcarenitas rojizas de grano fino que contienen cuarzo y opacos con cemento carbonatado.

En la Sección del Pongo de Mainique el espesor de la Formación Vivian no excede de los 50 m. y se presenta hacia la base como areniscas de grano grueso sub-redondeados de color blanquecino (areniscas de azúcar) características de esta formación, seguida de conglomerados de clastos sub-redondeados, en la parte superior se tienen estratos de areniscas de grano fino a medio de colores entre blanco y crema intercalado con arcillas de color gris. Ver anexos A-08, A-09, A-10 y A-11.



**Figura 33:** Afloramientos de rocas pertenecientes a la Formación Vivian **A)** Codo del Tambo y **B)** Pongo de Mainique.

### 4.3 ANÁLISIS DE LITOFACIES

El estudio y determinación de las litofacies se ha basado en la información obtenida de los afloramientos durante los trabajos realizados en campo, así también con los estudios petrográficos de 11 láminas delgadas. La determinación de cada una de las litofacies se ha establecido de acuerdo a las características macroscópicas (composición, estructuras sedimentarias, etc.) de las rocas, siguiendo los modelos clásicos de facies sedimentarias de Miall (1996), el cual menciona que cada litofacie representa un evento depositacional individual las que pueden ser agrupadas en asociaciones de litofacies las que son una base para definir un modelo de facie, las que suelen ser cíclicas.

Para la determinación e interpretación de las litofacies en estas dos secciones (Codo del Tambo y Pongo de Mainique), se ha tomado como referencia el *“Estudio de Litofacies, diagénesis, procedencia y quimioestratigrafía de la Formación Cerro Pelado, Cuenca de Falcón- Venezuela”* realizado por Bermúdez, López & Troconis (2003), cuya área de estudio es muy similar sedimentológicamente a las secciones estudiadas en este proyecto, donde se explica la codificación, asociación e interpretación de las litofacies.

En la Tabla 4, se muestran los códigos usados y su interpretación sedimentológica; Estos códigos consisten en dos partes, la primera letra en mayúscula correspondiente a la litología y una letra minúscula que indica la característica resaltante de la roca (estructura primaria)

- **S**= Sandstone (arena); **F**= tamaño fino; **W**= Wackestone; **M**= Marga;

**M=** Mundstone

- **m**=masiva; **l**=laminación; **n**=nódulos y concreciones; **b**= bioturbación intensa; **l\***=estratificación mixta lentiforme; **w**=estratificación mixta ondulosa; **f**=estratificación mixta flaser; **h**=laminación horizontal gruesa; **p**= estratificación entrecruzada planar; **p\***= pellets.

**Tabla 4:** Litofacies identificadas en la Formación Chonta en las Secciones de Codo del Tambo y Pongo de Mainique. Modificado de MIALL (1996).

| COLOR | CODIGO | LITOFACIE               | ESTUCTURA SEDIMENTARIA                    |
|-------|--------|-------------------------|---|
|       | Sf     | Arenisca de grano fino  | Estratificación mixta Flaser (cruzada)    |
|       | Sb     | Arenisca de grano fino  | Bioturbación                              |
|       | Sw     | Arenisca de grano fino  | Estratificación ondulosa y nódulosa mixta |
|       | Sh     | Arenisca de grano fino  | Estratificación horizontal                |
|       | Sm     | Arenisca de grano medio | Masiva con matriz carbonatada             |
|       | Fp     | Lutita, limo arcilla    | Pellets (microfósiles)                    |
|       | Fn     | Lutita gris clara       | Nódulos                                   |
|       | Fl     | Lutitas, limoarcillas   | Laminación                                |
|       | Fp*    | Floatstone              | Pellets                                   |
|       | Wb     | Wackestone              | Bioturbaciones                            |
|       | Wf     | Wackestone              | Estratificación mixta Flaser (cruzada)    |
|       | Wh     | Wackestone              | Laminación horizontal                     |
|       | Wn     | Wackestone              | Nódulos                                   |
|       | Mb     | Marga                   | Bioturbación y microfósiles               |
|       | Mf     | Mundstone               | Estratificación mixta                     |

#### 4.3.1 Litofacie Sf

Esta litofacie consta de arenisca cuarzosa de grano fino bien escogidas, tiene un color que varía de parda oscura a parda clara, En la sección que se le

observo presenta estratos que van desde 30 cm a 2 metros de espesor, la característica de esta litofacie es la estratificación mixta tipo Flaser, esta litofacie es observable en la sección del Codo del Tambo (a los 77m, 83m).



**Figura 34:** Roca arenisca cuarzosa de gran fino, se observa la estratificación mixta tipo Flaser-Codo del Tambo.

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

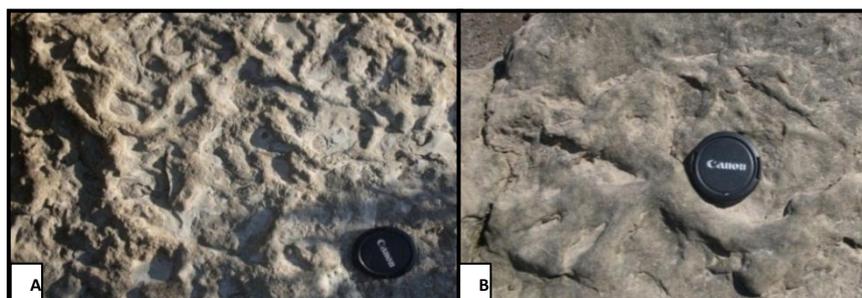
#### 4.3.2 Litofacie Sb

Litofacie compuesta por areniscas de granulometría fina a media de matriz carbonatada con laminaciones de limo arcillas, de color pardo claro, esta litofacie se caracteriza por la presencia de abundantes bioturbaciones (alteración producida por seres vivos) o también conocidos como icnofósiles estos estratos tienen espesores que van aproximadamente desde los 30 cm a 7 m de espesor. Esta facie se puede observar en la parte media de las columnas estudiadas en el Codo del Tambo (a los 56 m.) y el Pongo de Mainique (A- 40m; B-24m). Figura 35.

**A. Petrografía:**

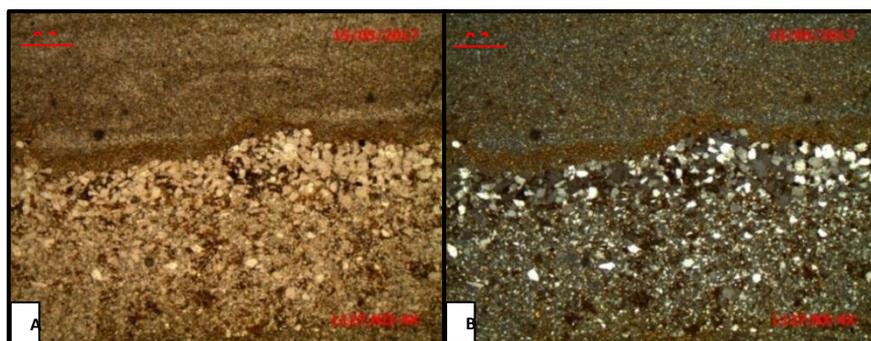
**Arenisca limolítica:** Roca sedimentaria clástica de textura cristalina, matriz soportada (granos dispersos que no tienen contacto entre si, sostenidos por la

matriz)- grano soportada (granos en contacto entre si), se observa intercalación laminada entre cuarzo 40% ( $\pm 0.1$ ), limos 30% ( $<0.1$ ), óxidos 10% ( $<0.1$ ) y minerales opacos 5% ( $<0.1$ ), cuya laminación es definida por los cambios de granulometría (Figura 36).



**Figura 35: A) y B)** Se observa los icnofósiles *Thalassinoides*, los que son propios de ambientes marinos someros. (FREY 1998)

Muestra GR19C-16-127, cuyos resultados se observan en el Anexo B-01.

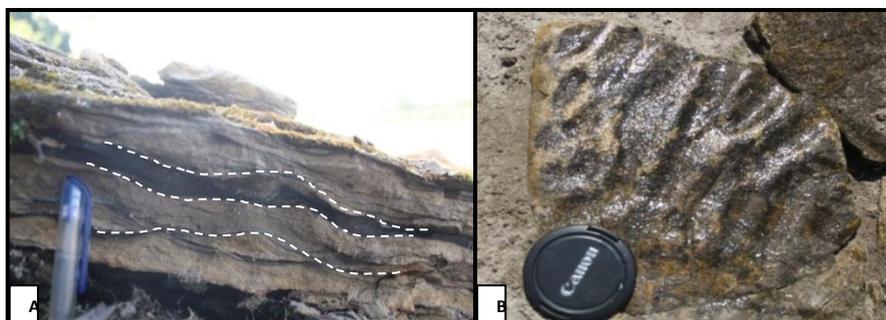


**Figura 36:** Arenisca Limolítica, con laminación definida. **A)** muestra GR19C-16-127 en nicoles paralelos. **B)** muestra GR19C-16-127 en nicoles cruzados.

### 4.3.3 Litofacie Sw

Litofacie compuesta por arenisca cuarzosa de grano fino a medio de color parda con matriz carbonatada, láminas delgadas de limo arcillas de color café, caracterizando esta litofacie por la estratificación ondulosa (ripples) simétricos que se observan a detalle en la parte superior del estrato, también se observaron nódulos ovalados de tamaños variables, compuestos por limolitas y

areniscas de grano muy fino, litofacie que es observable en el Codo del Tambo (a los 29 m) y Pongo de Mainique (A- 10 y 40 m).

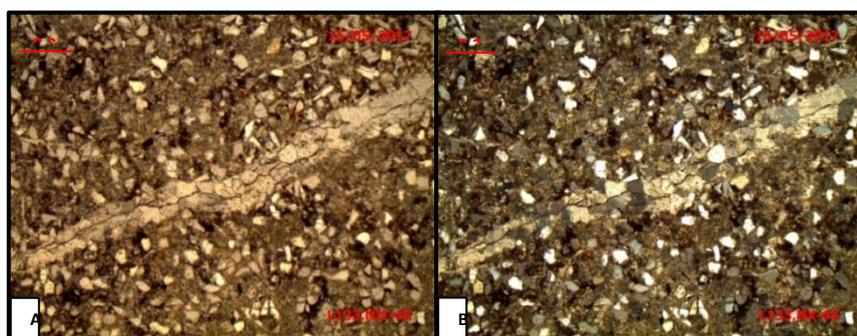


**Figura 37:** A) Vista de perfil de la laminación ondulosa de limos y arcillas y B) Se observan los ripples desde la parte superior.

#### A. Petrografía:

**Calciarenita (arenisca calcárea):** Roca sedimentaria clástica de textura cristalina, grano soportada, con matriz carbonatada micrítica, que contiene cuarzo 40% (< 0.1) de color gris con extinción recta, feldespatos 15% (< 0.1) subangulosos blanquecinos, calcita 15% (>0.2) parda que está en proceso de alteración, óxidos 8% (<0.1) y minerales opacos 5% (<0.1) dispersos en la matriz (Figura 38).

Muestra petrográfica GR19C-16-133, cuyos resultados se observan en el Anexo B-02.



**Figura 38:** Calciarenita, A) muestra GR19C-16-133 en nicols paralelos. B) muestra GR19C-16-133 en nicols cruzados.

#### 4.3.4 Litofacie Sh

Litofacie caracterizada por estar compuesta de areniscas con tamaño de grano fino a medio, que contienen clastos, presenta variedad de colores desde blanco a gris claro, tonalidades rojizas producto de la meteorización, así mismo contienen delgadas láminas de material arcilloso. La estructura que caracteriza a esta litofacie es la estratificación horizontal las cuales varían entre 0.5 mm a 1 cm (Figura 39); observable en las secciones del Codo del Tambo y Pongo de Mainique.

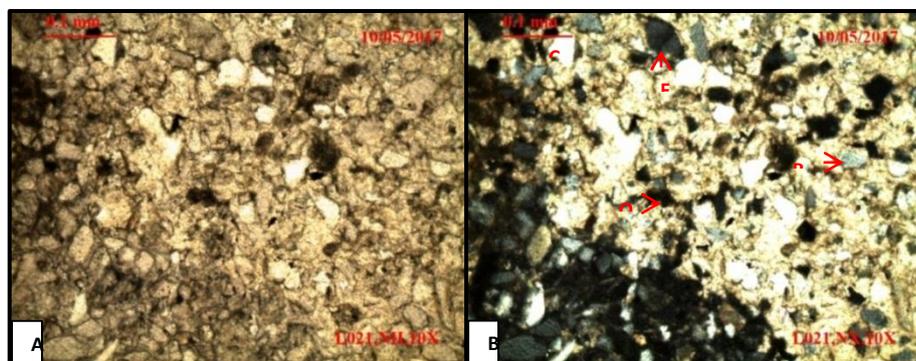


**Figura 39:** **A)** Se observa el estrato de arenisca, **B)** Se observa una fractura fresca de la arenisca.

#### A. Petrografía:

**Calciarenita (arenisca calcárea):** Roca sedimentaria clástica de textura granular de grano fino- matriz soportada, con matriz carbonatada micrítica, abundante contenido de cuarzo 35% ( $< 0.05$ ) cristales de hábito granular de relieve bajo, carbonatos 40%, feldespatos 8% ( $< 0.1$ ) cristales subhedrales dispersos en la matriz, plagioclasas 5% ( $< 0.1$ ) de hábito tabular a granular con

maclas polisintéticas y minerales opacos 5% ( $<0.1$ ) cristales granulares distribuidos por toda la matriz (Figura 40).



**Figura 40:** Calcarenita, **A)** muestra GR19C-16-021 en nicoles paralelos. **B)** muestra GR19C-16-021 en nicoles cruzados.

Muestras petrográficas GR19C-16-021, GR19C-16-136 y GR19C-16-140; cuyos resultados se observan en los Anexos B-03, B-04 y B-05.

#### 4.3.5 Litofacie Sm

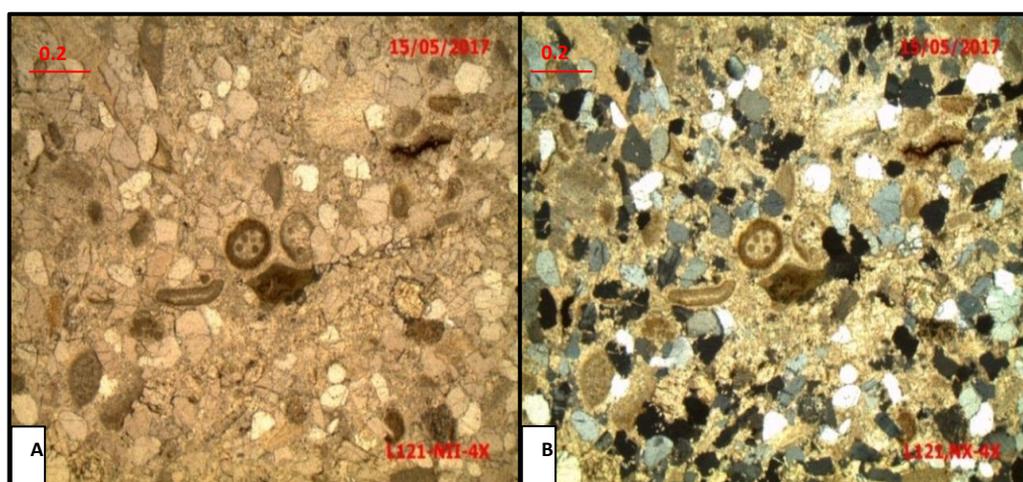
La litología de esta facies es la arenisca masiva de grano fino a medio con matriz pelítica, formada por estratos tabulares de 0.5 mm a 5 cm con coloración parda clara, esta facie se encontró en la base la de columna levantada en la Sección del Pongo de Mainique (A-0 m) se observa en la figura 41.



**Figura 41:** Se observa el afloramiento de arenisca masiva- Pongo de Mainique.

## A. Petrografía:

**Calciarenita (arenisca calcárea):** Roca sedimentaria clástica de textura cristalina, grano soportada, con matriz carbonatada micrítica, que consiste de cuarzo 30% ( $\leq 0.1$ ) cristales subangulosos de tamaños variables dentro de la matriz calcárea, carbonatos 35% calcita de textura micrítica con intercalación de arcillas carbonatadas, calcita 15% ( $> 0.2$ ) cristales esparíticos subangulosos, minerales opacos 3% ( $< 0.01$ ) de habito granular con forma subhedrica dispersos junto con los carbonatos, óxidos 5% cristales anhedrales e irregulares, bioclastos 8% ( $> 0.1$ ) de tamaños irregulares dispersos en la muestra reemplazada por carbonatos (Figura 42).



**Figura 42:** Calciarenita, **A)** muestra GR19C-16-121 en nicoles paralelos, **B)** muestra GR19C-16-121 en nicoles cruzados, muestra con aumento de 4X.

Muestra petrográfica GR19C-16-121, cuyo resultado se observa en el Anexo B-06.

### 4.3.6 Litofacie Fp\*

Litofacie caracterizada por estar compuesta de calizas Floatstone de color pardo con microfósiles (pellets), se observa también el hard ground

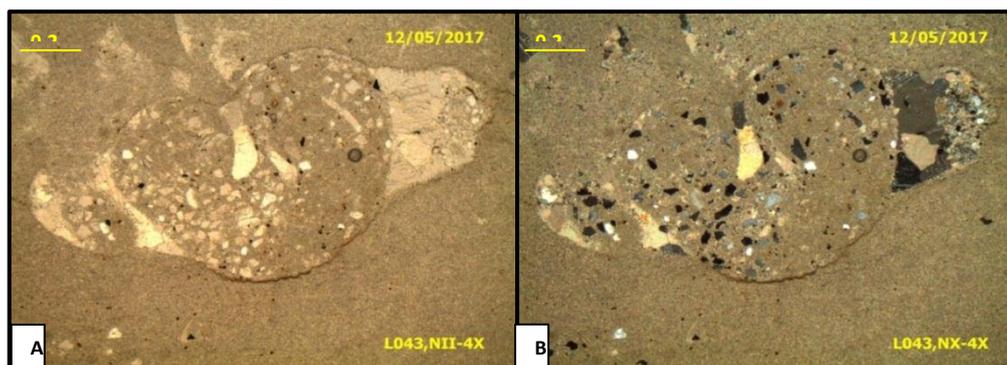
(sedimentos cementados de fondo marino de carácter carbonatado); En las columnas estudiadas esta facie se asocia mucho con la facie Fl. Esta facie tiene espesores que van desde 20 cm a 50 cm aproximadamente, observable en las secciones del Codo del Tambo y Pongo de Mainique (figura 43).



**Figura 43:** Caliza Floatstone con hardground y bioturbaciones de tipo Gastrocanolitos. (FREY 1998)

#### A. Petrografía:

**Caliza Floatstone:** Roca sedimentaria carbonatada de textura micrítica en la matriz, fragmentos líticos constituidos por bioclastos (gasterópodo) 45%(>1) que se presentan en forma elipsoidal relleno de cuarzo, calcita, óxidos y minerales opacos, carbonatos 25% (< 0.01), Calcita 10% (<0.1) cristales subangulosos que se encuentran como agregados, cuarzo 10% (<0.1) cristales subangulosos con extinción ondulante, Opacos 5% (<0.1) micro cristales subredondeados de óxidos 3% (<0.1) dispersos en la matriz con los fragmentos de roca (Figura 44).



**Figura 44:** Caliza Floatstone, **A)** muestra GR19C-16-043 en nicoles paralelos, **B)** muestra GR19C-16-043 en nicoles cruzados, muestra con aumento de 4X.

Muestra petrográfica GR19C-16-043, cuyo resultado se observa en el Anexo B-07.

#### 4.3.7 Litofacie Fn

Se compone de lutitas masivas de color gris claro, la característica principal es la presencia de nódulos ovalados de tamaño variable (arenisca fina), los que se encuentran de forma paralela a la estratificación, no se encontraron fósiles. Esta litofacie se observó en la columna estratigráfica del Codo del Tambo con un espesor de 30 cm (Figura 45).

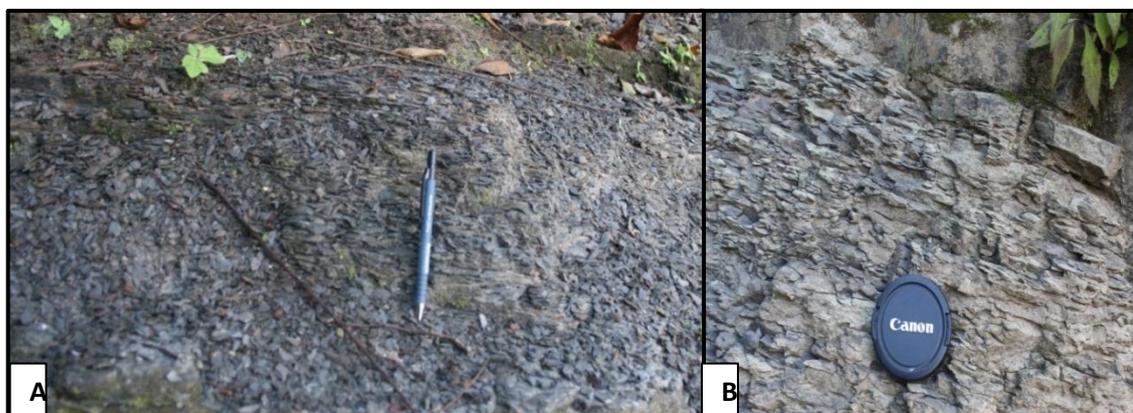


**Figura 45:** Estrato de lutitas con superficie nodular.

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.8 Litofacie F1

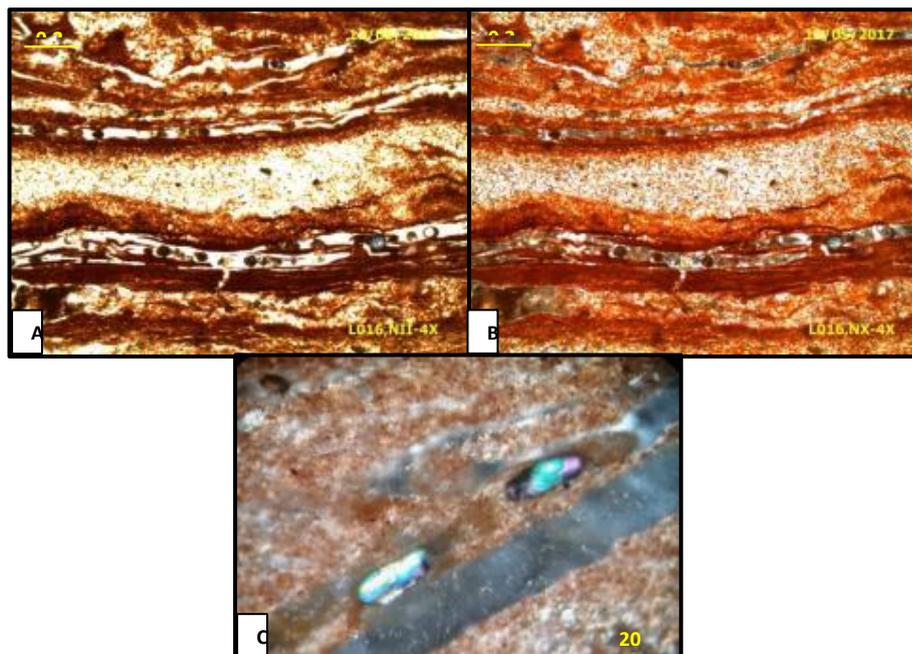
Limo arcillas laminadas, en colores que varían desde gris oscuro a pardo rojizas, la estructura característica de esta facie es la laminación horizontal la cual es variable desde muy fina a media (1 a 3 mm). El espesor de esta facie es muy variable y va desde 30cm a 10 m, no se encontraron fósiles ni moldes de estos, esta facie es la más dominante en las dos secciones estudiadas (figura 46).



*Figura 46: A) y B) Estratos de limo arcillas abigarradas.*

#### A. Petrografía:

**Limoarenita:** Roca sedimentaria micrítica de textura matriz soportada, compuesta por cuarzo mono cristalino de grano fino y cuarzo que rellena venillas 40% ( $< 0.1$ ), limo arcillas de color rojizo en laminaciones 30% ( $< 0.05$ ), óxidos que están asociados con las arcillas 25% ( $< 0.05$ ) y por último se observaron minerales opacos 5% ( $< 0.1$ ) y minerales pesados como zircones, magnetita; dispersos en la matriz (Figura 47).



**Figura 47:** Limoarenita: **A)** muestra GR19C-16-016 en nicoles paralelos, **B)** muestra GR19C-16-016 en nicoles cruzados, muestra con aumento de 4X, **C)** Zircones.

Muestra petrográfica GR19C-16-016, cuyo resultado se observa en el Anexo B-08.

#### 4.3.9 Litofacie Fp

Limo arcillas en tonalidades de color pardo, caracterizadas por la presencia de microfósiles (carofitas), esta litofacie tiene estratificación sub-horizontal, con un espesor promedio de 30 a 50cm. Observable en la sección del Pongo de Mainique.

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.10 Litofacie Wb

Caliza Wackestone de color parda claro, facie caracterizada por la presencia de bioturbación originada por microorganismos, así también se observaron ripples

en algunos estratos, esta litofacie tiene un espesor promedio de 30 cm. La cual se puede observar en la Sección del Codo del Tambo.



**Figura 48:** **A)** Caliza Wackestone y **B)** Caliza con pisolitos (concreciones esféricas).

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.11 Litofacie Wf

Litofacie caracterizada por estar compuesta por Caliza Wackestone de color parda con estructuras de sedimentación Flasher mixta y ripples, esta litofacie tiene un espesor promedio de 50 cm a 1.50 m., está presente en la Sección del Codo del Tambo ver figura 49.



**Figura 49:** **A)** Caliza con estratificación mixta (cruzada).

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.12 Litofacie Wh

Esta litofacies está formada por *Wackestone* grisáceos, laminados horizontalmente. Se presentan en capas tabulares, de base y techo netos, con espesores variables que van desde 15 cm a 4 m. En general esta litofacies se encuentra asociada a los *Mudstone* macizos.



*Figura 50: Caliza con estratificación sub-horizontal.*

**A. Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.13 Litofacie Wn

Caliza *Wackestone* de color gris claro, que presenta nódulos ovalados de tamaños variables con contenido de laminaciones de limos y arcillas, esta litofacie tiene un espesor promedio de 2 m, la cual se observó en la sección del Codo del Tambo.



*Figura 51: Caliza con nódulos- Codo del Tambo.*

A. **Petrografía:** No se elaboró muestra para estudio petrográfico.

#### 4.3.14 Litofacie Mb

Compuesta por margas de color pardo oscuro a claro, con presencia de bioturbaciones, esta facie se presenta en capas tabulares en espesores de 30 cm a 4 metros, en esta facie se encontró material fósil (bivalvos), la cual solo se observó en la Sección del Codo del Tambo (Figura 52).

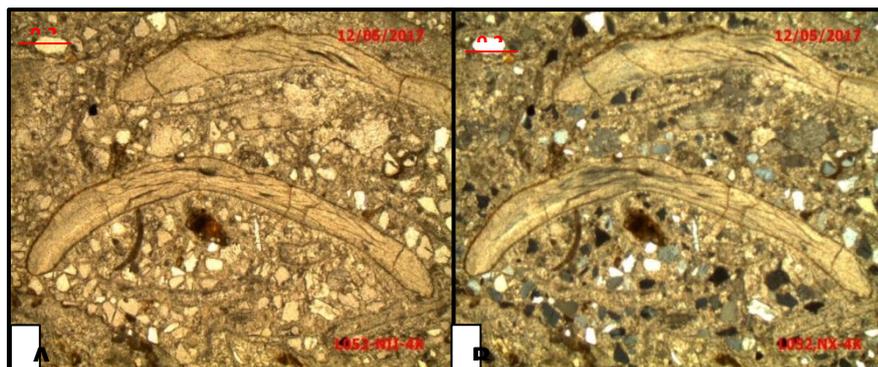


*Figura 52: Marga con icnofacies (bioturbaciones) de Thalassinoides. (FREY 1998)*

A. **Petrografía:**

**Marga:** Roca sedimentaria de textura matriz soportada compuesta bioclastos (fragmentos redondeados de bivalvos preservados en forma de moldes) 25% (>1) dentro de una matriz esparítica de carbonato, fragmentos anhedrales de cuarzo 15% (<0.1), calcita de cristales anhedrales con maclas polisintéticas 5% (<0.1), feldespatos (apatito) 5% (<0.1), óxidos y minerales opacos dispersos en la matriz 5% (<0.1) (Figura 53).

Muestras petrográficas GR19C-16-025 y GR19C-16-052, cuyos resultados se observan en los Anexos B-09 y B-10.



**Figura 53:** Marga, **A)** muestra GR19C-16-052 en nicoles paralelos, **B)** muestra GR19C-16-052 en nicoles cruzados, muestra con aumento de 4X.

#### 4.3.15 Litofacie Mf

Calizas Mudstone de color gris en intercalación con lutitas abigarradas con estratificación Flasher mixta, tiene un espesor promedio de 3 a 3.5 m, se encuentra en la parte superior de la columna levantada en el Pongo de Mainique (Figura 54).

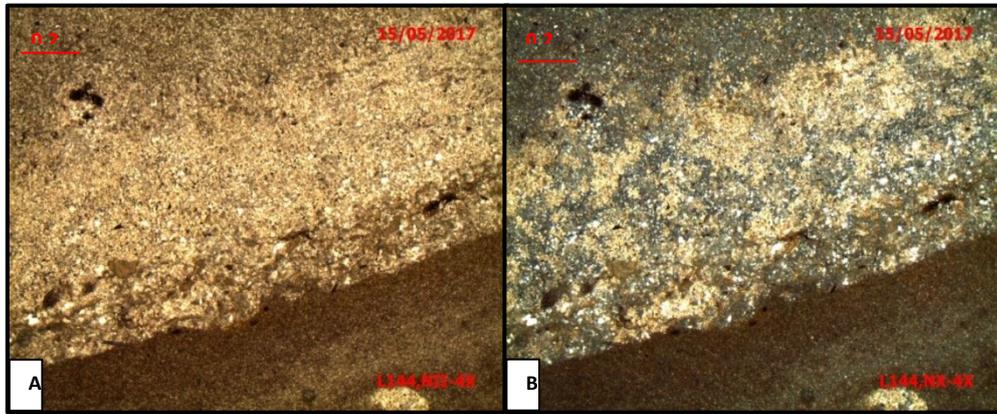


**Figura 54:** Estrato de caliza en intercalación con lutitas abigarradas-Pongo de Mainique.

#### A. Petrografía:

**Caliza Mudstone:** Roca sedimentaria carbonatada de textura matriz soportada, con contenido de carbonatos como matriz micrítica 50% ( $< 0.001$ ), cristales

subredondeados de cuarzo dispersos en la matriz 25% ( $< 0.1$ ), se observa contenido de limos con óxidos micríticos 15% ( $< 0.1$ ) y minerales opacos 5% ( $< 0.1$ ) dispersos en la matriz (Figura 55).



**Figura 55:** Caliza Mudstone, **A)** muestra GR19C-16-144 en nicoles paralelos, **B)** muestra GR19C-16-144 en nicoles cruzados, muestra con aumento de 4X.

Muestra petrográfica GR19C-16-144, cuyo resultado se observa en el Anexo B-11.

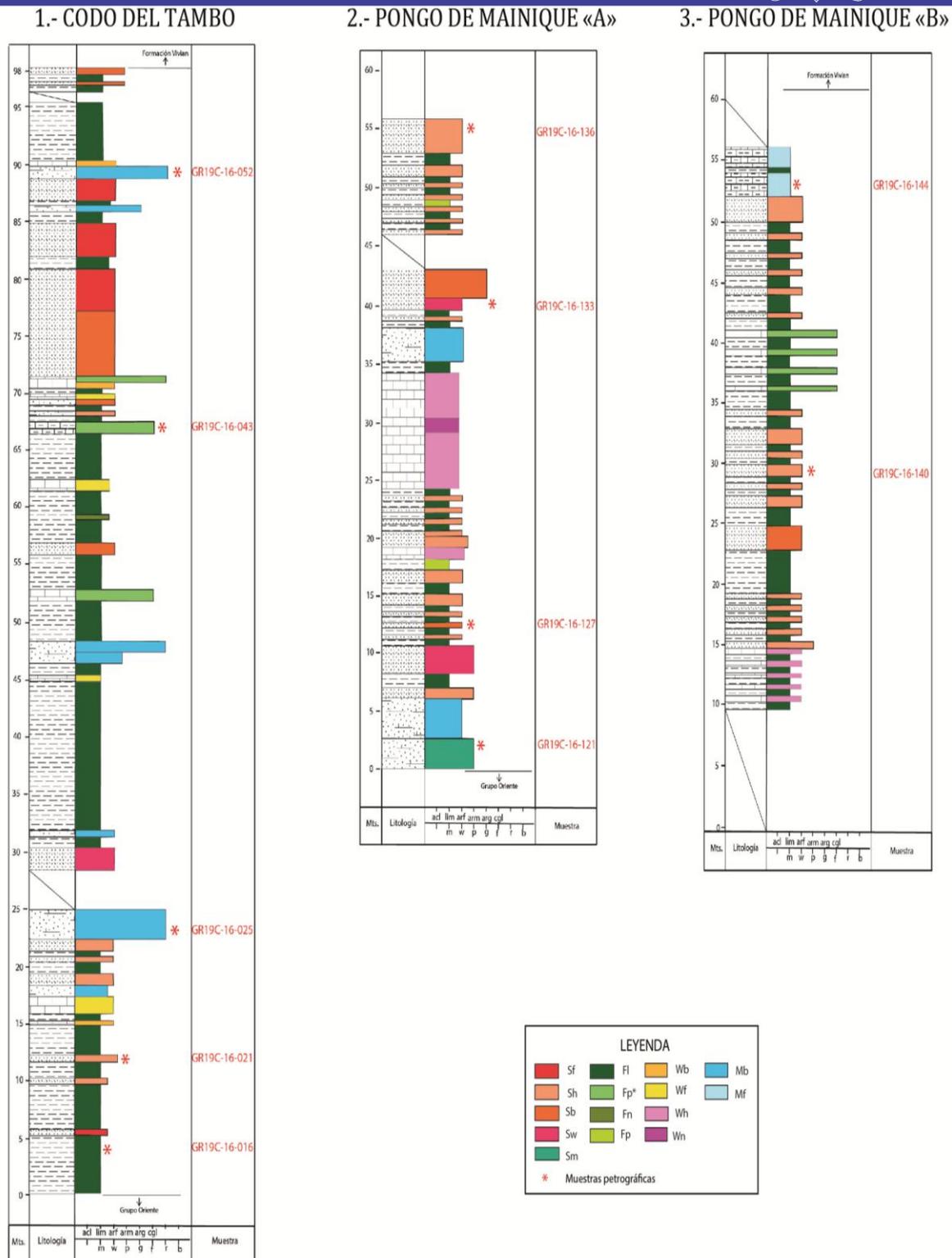


Figura 56: Identificación de litofacies de la Formación Chonta 1) Codo del tambo, 2) y 3) Pongo de Mainique- Anexos A-12, A-13 y A-14.

#### 4.4 ASOCIACIÓN DE LITOFACIES E INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS

##### 4.4.1 ASOCIACIÓN DE LITOFACIES

Según las litofacies identificadas en las columnas levantadas en campo se realizaron las asociaciones de litofacies predominantes para poder identificar los ambientes de sedimentación.

**Tabla 5:** Asociación de litofacies para la Formación Chonta.

| ASOCIACIÓN DE LITOFACIES                   | AMBIENTE SEDIMENTARIO<br>(interpretación) |
|--|---|
| <i>Fl, Sh, Sf, Sb</i>                      | Deltaico                                  |
| <i>Fl, Fn, Sh, Sf, Sb, Mb, Mf, Wh, Wb,</i> | Llanura de Marea (transición)             |
| <i>Sh, , Wh, Mf, Fp*</i>                   | Plataforma (transición)                   |

#### 4.4.2 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los ambientes de deposición de los sedimentos de la Formación Chonta han sido determinados según la asociación de las litofacies observadas en campo los que son Ambiente Deltaico, Ambiente de Llanura de Marea y Ambiente de Plataforma, cuyos sub-ambientes sedimentarios son:

**Tabla 6:** Interpretación de los ambientes sedimentarios según las litofacies de la Formación Chonta.

| ASOCIACIÓN DE LITOFACIES                      | AMBIENTE SEDIMENTARIO<br>(interpretación) | SUB-AMBIENTE SEDIMENTARIO                                       |
|---|---|---|
| <i>Fl, Sh, Sf, Sb</i>                         | Deltaico                                  | Pro-delta   |
| <i>Fl, Fn, Sh, Sf, Sb<br/>Mb, Mf, Wh, Wb,</i> | Llanura de Marea (transición)             | Llanura de Marea media o mixta, Llanura de Marea alta o fangosa |
| <i>Sh, , Wh, Mf, Fp*</i>                      | Plataforma (transición)                   |   |

#### 4.4.2.1 Sección: Codo Del Tambo

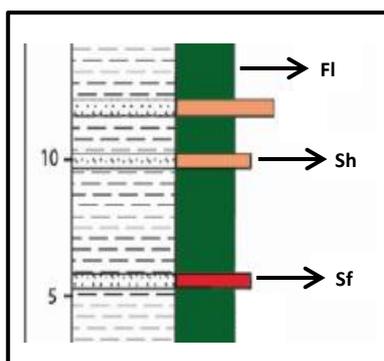
Según los estudios realizados por INGEMMET (LEÓN y DE LA CRUZ 1998), indican brevemente y de forma general que el ambiente sedimentario al que la Formación Chonta pertenece en esta sección es el Fluvial- Fluvial marino.

Según el análisis y estudio de las litofacies de la Formación Chonta en el Codo del Tambo que se obtuvo del levantamiento de una columna estratigráfica que inicia en las coordenadas 8753684N, 640918E y concluye en 8750190N, 637966, UTM WGS84, presenta un espesor de 98 metros (Anexo A-12) se obtuvieron como resultado tres ambientes:

##### - Depósitos de Ambiente Deltaico

La base de la sección del Codo del Tambo se aprecia sedimentos depositados en un sub-ambiente **Pro-delta**, sedimentación de grano fino, limo arcillas transportados en suspensión con pequeñas capas de arena fina, estos sedimentos se caracterizan por la intercalación de limo arcillas con estructuras laminares (Fl) de un aproximado de entre 2 y 5m, con areniscas de grano fino a medio de estructura estratificación horizontal (Sh), así también se aprecia areniscas con estratificación Flaser en pequeños estratos no mayores a 50 cm (Sf). Las que indican las variaciones de los niveles de energía (Anexo A-12), el contacto superior es con sedimentos de Llanura de marea.

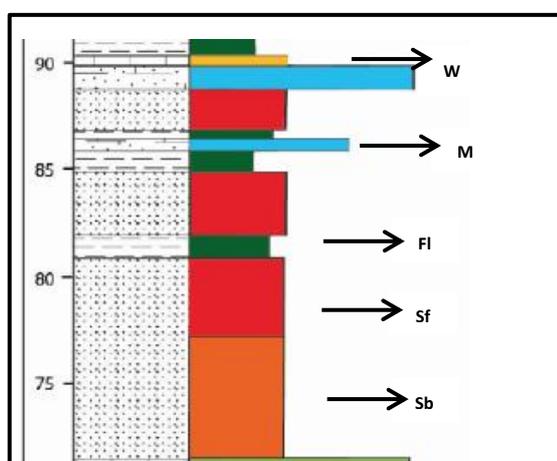
En la sección estudiada, estos depósitos están representados por las litofacies Sh, Fl, Sf, Sb, a veces variando esta configuración, con la ausencia de algunas litofacies.



**Figura 57:** Asociación de litofacies – sub-ambiente Pro-delta-Codo del Tambo.

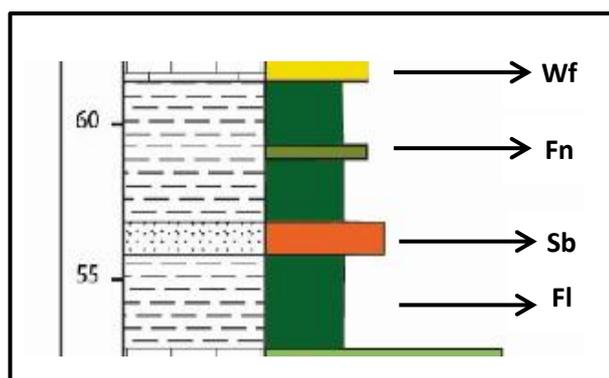
### - Depósitos de Ambiente Llanura de Marea

La presencia de paquetes de areniscas de matriz carbonatada con bioturbación y capas de areniscas con estratificación Flaser representadas por las litofacies Sb y Sf respectivamente, así como los intercalaciones con laminaciones de limo arcillas (FI), calizas Mudstone (Mb) y Wackestone (Wb) indican la considerable influencia mareal en el área costera, características que indican un Sub-ambiente transicional de **Llanura de marea media o mixta** donde la sedimentación es controlada por el flujo y reflujos de la marea, las areniscas Sb y Sf tienen un espesor promedio de entre 3 y 7 m, siendo estas intercaladas con láminas de limo arcillas con espesores de 50cm a 1m y por la parte superior las rocas carbonatadas (Mb y Wb).



**Figura 58:** Asociación de litofacies – sub-ambiente Llanura de Marea media o mixta- Codo del Tambo.

Los depósitos sedimentarios compuestos por potentes estratos de limo arcillas (FI) que van desde 4m hasta 15 m aproximadamente, areniscas de grano fino de entre 1m y 3 m (Sf y Sb) en estratos más reducidos y carbonatos de entre 30cm a 2 m (Wf, Mb) son litofacies características del ambiente **Llanura de marea alta o fangosa**, este ambiente se encuentra sumergido durante los periodos próximos a la pleamar, cuando las corrientes tienden a ser cero, durante el repunte del pleamar las limo arcillas que están en suspensión pueden depositarse, la característica de los estratos es la laminación paralela, así también contiene cantidades mínimas de arenas y carbonatos, la actividad orgánica es considerable (bioturbación).



**Figura 59:** Asociación de litofacies – sub-ambiente Llanura de marea alta o fangosa- Codo del Tambo

Estos depósitos están representados por las litofacies FI, Fn, Sh, Sf, Sb Mb, Mf, Wh, Wb, a veces variando esta configuración, con la ausencia de algunas litofacies, según sea el sub-ambiente.

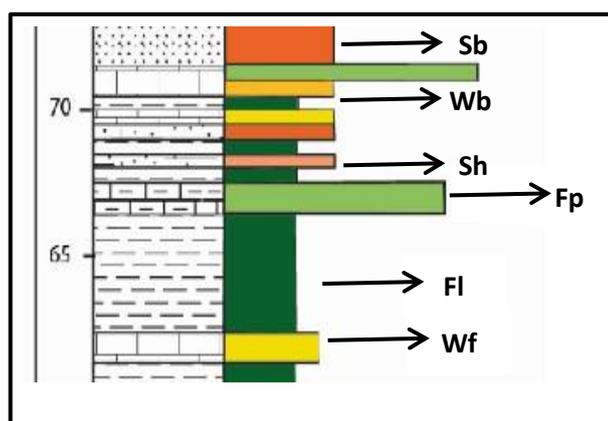
#### - Depósitos de Ambiente de Plataforma

Este ambiente de sedimentación se caracteriza por la fuerte dispersión a que están sometidos los sedimentos por la acción del oleaje, cuya litología es muy variable, predominando las arenas (Sh, Sb) en las zonas más agitadas

y próximas a las zonas de aporte (costas), y limos y arcillas finas (FI) en las zonas más alejadas y en calma, las capas arenosas que tienen origen durante grandes tormentas, estos sedimentos están frecuentemente bioturbados. Esta plataforma también contiene precipitación de carbonatos lo que origina sedimentos de marga, y roca carbonatadas (Wb. Wf, Fp\*).

En las zonas más alejadas de aportación de los sedimentos, son frecuentes largos episodios de interrupción de la sedimentación lo que resulta a un endurecimiento de la superficie del sedimento o hard ground. Las secuencias están, al igual que en la sedimentación litoral, con la que enlazan lateralmente, muy influenciadas por procesos de transgresión y regresión.

Por lo cual podemos asociar las litofacies de limo arcillas laminares (FI) con espesores promedio de entre 1 y 5 m, Areniscas de grano fino de estratificación horizontal y areniscas bioturbadas (Sh, Sb) de estrados entre 30 y 50 cm, y rocas carbonatadas (Wb. Wf, Fp\*) que van desde 20 a 50 cm.



**Figura 60:** Asociación de litofacies – Ambiente de Plataforma - Codo del Tambo.

#### 4.4.2.2 Sección : Pongo de Mainique

Los estudios realizados por INGEMMET (DE LA CRUZ, ZAPATA y LARICO 1998), indican de forma general como ambiente sedimentario el ambiente marino para Formación Chonta.

Según el análisis y estudio de las litofacies de la Formación Chonta en el Pongo de Mainique que se obtuvo del levantamiento de dos columnas estratigráficas "A" que inicia en las coordenadas 8647679N, 737056E y concluye en 8647870N, 737050E; "B" que inicia en 8647867N, 736917E y culmina en 8647922N 736939E, UTM WGS84, presentan espesores de 56 y 57 metros respectivamente (Anexo A-13 y A-14) se obtuvieron como resultado tres ambientes:

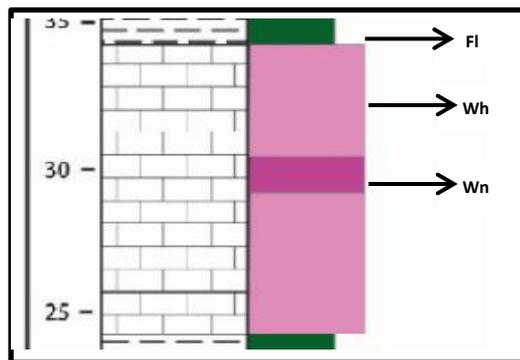
#### - Depósitos de Ambiente Deltaico

La base de la sección presenta características de los depósitos de ambiente Deltaico y sub ambiente **Prodelta** ambiente de sedimentación fina donde comienza la sedimentación de limo arcillas transportados en suspensión con pequeñas capas de arena fina, En la sección del Pongo de Mainique se caracteriza por la intercalación de limo arcillas con estructuras laminares (Fl) de un aproximado de 4m, con areniscas de estratificación horizontal, areniscas ligeramente bioturbadas con representantes de los icnofósiles Thalassinoides perpendiculares a la estratificación, de grano fino a medio (Sh, Sf) de 30 cm, indicando posibles variaciones de los niveles de energía, el contacto superior es con sedimentos de Llanura de marea.

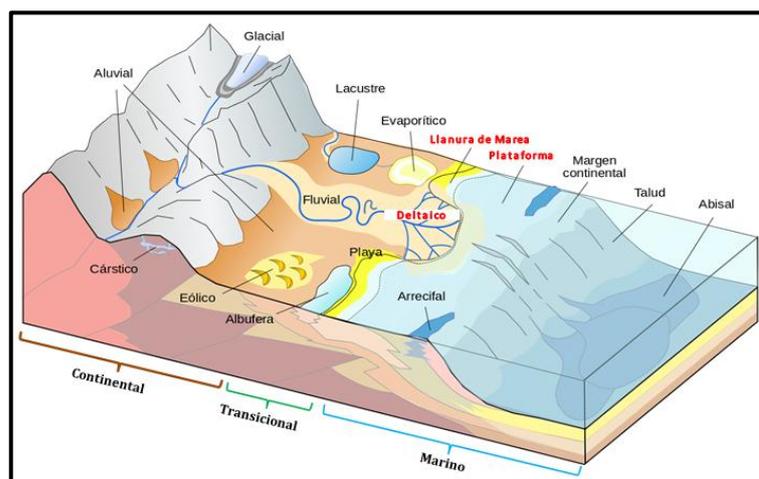


En esta parte de la sección se ha observado el dominio de la precipitación carbonatada en este ambiente, el cual ha estado sometido al oleaje, corrientes marinas y las precipitaciones de carbonatos, por lo cual genera una litología predominada por roca Wackestone de estratificación horizontal (Wh), Wackestone nodular (Wn) con nódulos de limo arcillas y laminación de limo arcillas (FI). Esta secuencia está influenciada por los procesos de transgresión y regresión.

Las litofacies dominantes son las carbonatadas, la litofacie Wh tiene un espesor de entre 5 a 7 m., Wn consta de 1m aproximadamente y FI de entre 1 y 2m.



**Figura 63:** Asociación de litofacies – Ambiente de Plataforma - Pongo de Mainique.



**Figura 64:** Ambientes identificados en las Secciones del Codo del Tambo y Pongo de Mainique (nombrados con color rojo.)

## CONCLUSIONES

- Se determinaron quince litofacies para la Formación Chonta en las Secciones del codo del Tambo y el Pongo de Mainique, que se codificaron como: **Sf** (Arenisca fina con estatificación Flaser), **Sb** (Arenisca fina con bioturbación), **Sw** (Arenisca fina con estratificación ondulante), **Sh** (arenisca fina de estratificación horizontal), **Sm** (Arenisca media masiva), **Fp** (Limo arcillas con microfósiles), **Fn** (Limo arcillas con nódulos), **Fl** (Limo arcillas con laminaciones), **Fp\*** (Floaststone con pellets), **Wb** (Wackestone bioturbada), **Wf** (Wackestone estratificación Flaser), **Wh** (Wackestone con laminación horizontal), **Wn** (Wackestone con nódulos), **Mb** (Marga con bioturbación) y **Mf** (Mundstone con estratificación mixta).
- Los ambientes de sedimentación interpretados para la Formación Chonta son: Ambiente Deltaico (transición), Ambiente de Llanura de Marea (transición) y Ambiente de Plataforma (Marino). En la sección del Codo del Tambo se han identificado los siguientes sub-ambientes sedimentarios: Pro-delta (Ambiente Deltaico); Llanura de Marea media o mixta, Llanura de Marea alta o fangosa (Ambiente de Llanura de Marea) y los Depósitos de Ambiente de Plataforma. Para la sección del Pongo de Mainique se han identificado los sub-ambientes sedimentarios: Pro-delta (Ambiente Deltaico); Llanura de Marea media o mixta (Ambiente de Llanura de Marea) y Depósitos de Ambiente de Plataforma.

- En el Codo del tambo se observa la asociación de litofacies **Fi**, **Sf**, **Sb**, **Wf** y **Mb** caracterizando el Sub- ambiente Llanura de marea alta o fangosa, lo cual indica una mayor influencia mareal, Sub- ambiente no presente en la Sección del pongo de Mainique.
- Como resultado del análisis de las once muestras petrográficas (05 del Codo del Tambo y 06 del Pongo de Mainique) se obtuvo que las rocas predominantes son: calciarenitas, limo arenitas, margas y calizas; con alto contenido de carbonatos y microfósiles lo que indica la influencia mareal, reafirmando los resultados de litofacies.

## RECOMENDACIONES

- Estudiar, identificar e interpretar las litofacies de una sección intermedia completa a las ya estudiadas en el Sector Sur de la Cuenca Ucayali; para determinar con mayor precisión los ambientes depositacionales y la influencia mareal de la cuenca.
- Realizar estudios detallados de procedencia sedimentaria para las rocas areniscas con características necesarias, para ambas secciones.
- Realizar estudios de porosidad y permeabilidad a las secciones delgadas, para determinar si la Formación Chonta es o fue de utilidad como depósito de hidrocarburos en la Cuenca Ucayali.
- Utilizar el microscopio Electrónico de Barrido como herramienta para la mejor identificación de elementos componentes de las rocas sedimentarias de la formación Chonta en estas secciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANZULOVICH, F., S. SCIAMANNA, y S. REINANTE. Análisis estratigráfico y modelado de los sistemas petroleros en las cuencas de Ucayali y Madre de Dios. Perú, 2005.
- ARCHE, A. Sedimentología del Proceso Físico a la cuenca Sedimentaria. España: Gráficas Blanco S.L., 2010.
- BABY, P., W. HERMOZA, L. NAVARRO, y R. BOLAÑOS. Geodinámica Mio-Pliocena de las cuencas subandinas peruanas: un mejor entendimiento de los sistemas petroleros. INGEPET 2005, 2005: 14.
- BARRAGÁN, R., F. CHRISTOPHOULI, y H. WHITE. Estratigrafía secuencial del cretácico de la Cuenca Oriente del Ecuador. Toulouse-Francia: Universidad Paul sabatier, 1999.
- BERMÚDEZ, E., M. LÓPEZ, y E. TROCONIS. Estudio de litofacies, diagénesis, procedencia y quimioestratigrafía de la Formación Cerro Pelado, Cuenca de Falcón, como herramienta para determinar su potencialidad generadora y almacenadora de hidrocarburos. Caracas, 2003.
- BRISSON, I., M. AYALA, L. ANZULOVICH, O. JOFRE, y S. CORSICO. Hydrocarbon habitat in the Southern Ucayali Basin. VIII Simposio Bolivariano-Exploración Petrolera en las Cuenas Subandinas, 2003: 227-239.
- BURGOS, J., P. BABY, F. CHRISTOPHOUL, JC. SOULA, y P. ROCHAT. Cuantificación de las erosiones terciarias y pli-ocuaternarias en la parte sur de la cuenca Oriente. Lima: Barragán R., 2004.
- CABALLERO, C. Estructuras sedimentarias. Mexico: UNAM, 2016.
- CASTRO, A. Petrografía Básica: Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Paraninfo, 1989.
- CHACALTANA, C., y E. ROBERT. La Formación Chonta en el pongo de Manseriche: Nuevos registros, organización biozonal y puesta en evidencia del Albiano inferior. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú (Boletín de la sociedad Geológica del Perú), 2005: 37-48.
- DE LA CRUZ, N., A. ZAPATA, y W. LARICO. Geología de los cuadrangulos de Timpia, Calangato y Río Providencia. Perú: INGEMMET, 1998.
- DICKINSON, W. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. Journal Sedimentology Petrology, 1970: 695-707.

- EMBRY, A., y J. KLOVAN. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NW Territories. *Bulletin of Canadian Petroleum Geologists*, 1971: 730-781.
- FREY, R. *Ichnology Atlas*. Geology Research Group, 1998.
- FUCHTBAUER, H. *Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine*. Erdol- Hamburg, 1959: 605-613.
- GIL, W. Evolución lateral de la Deformación de un Frente Orogenico, ejemplo de las cuencas Subandinas entre 0° y 16° S. *Boletín de la sociedad Geológica del Perú (Boletín de la sociedad Geol)*, 2001: 4.
- GRESSLY, A. *Observations Geologiques Sur le Jura Soleurois*. Ges.Naturrw, 1838.
- HALLSWORTH, C.R., y R. KNOX. *Classification of sediments and sedimentary rocks*. British Geological Survey Research Report, 1999.
- HERNANDÉZ, S., C. FERNÁNDEZ, y P. BAPTISTA. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A., 2003.
- HIGUERAS, P., y R. OYARZUN. *Manual On-line de Recursos Minerales*. 2004.
- HOORN, C., J. GUERRERO, SARIENTO G., y LORENTE M. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, Vol 23, 1995: 237-240.
- IBAÑEZ, M., y W. CARLOS. *Estudio Geológico y económico de las cuencas petrolíferas Marañon y Ucayali*. Lima: Universidad Nacional Mayor de san Marcos, 2001.
- INGEMMET. *Geología del Perú*. Lima: INGEMMET, 1995.
- KUMELL B. *Estratigrafía de la Región Santa Clara*. Lima: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 1946.
- LEÓN, W., y O. DE LA CRUZ. *Geología de los Cuadrangulos de Poyeni y Cutivireni*. Lima: INGEMMET, 1998.
- MIALL, A. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Ontario, Canada: Springer, 1990.
- MIALL, A.D. *The geology of Fluvial DEposit: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Berlin: Springer-Verlag., 1996.
- MINAYA, I. *Modelado de los Sistemas Petroleros en las Cuencas Subandinas del Perú (Cuencas: Madre De Dios, Ucayali, Huallaga, Santiago Y Marañón)*. LIMA: Universidad Nacional de Ingenieria, 2008.

- MORAN, R., y D. FYFE. Geología del Bajo Pachitea. Lima: INGEMMET, 1933.
- PARSEP. Ucayali and Ene Basins Technical Report, as part of The Hydrocarbon Potential of the Southern Sub-Andean Basins Project Ucayali, Ene and Madre de dios Basins. ITP 22174-22178, 2003.
- PERÚ, REPSOL EXPLORACIÓN. Reporte de Campo-Lote 57. Lima: Repsol, 2005.
- PETTIJOHN, F., P. POTTER, y R. SIEVER. Sand and Sandstone. New York: Springer Science+Business Media, 1987.
- PICARD, M. Classification of fine grained sedimentary rocks. 1971: 179-195.
- PINTO, C. Análisis petrofísico de las rocas carbonáticas permicas al sur de la cuenca Ucayali. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú , 2013: 49-55.
- QUISPE, Y. Facies y Geoquímica de rocas carbonatadas del Jurásico inferior-medio de la Cuenca Arequipa en el departamento de Tacna: Paleogeografía y Geodinámica. Puno: UNAP, 2016.
- ROBERT, E., y otros. La transgresión del Cretáceo inferior en el margen Andino (Perú-Ecuador). Sociedad Geológica del Perú-Volumen especial, 1998: 331-335.
- SANCHEZ, J., y O. LA TORRE. Reporte de geología de campo- ONSHORE PERÚ- CUENCA MADRE DE DIOS. Lima, 2012.
- SELLEY, R. Elements of Petroleum Geology. New York: W.H. Freeman, 1985.
- SEMINARIO, F., y CHUNG J. Conocimientos, identificación y potencial de los depósitos eólicos de mega dunas en la formación Lower Nia, Area de camisea- Cuenca Ucayali. XII Congreso Peruano de Geología, 2004: 4.
- SMITH, G. The influence of explosive volcanism on fluvial sedimentation. Journal of Sedimentary Petrology, 1987: 613-629.
- TARBUCK, E., y F. LUTGENS. Ciencias de la Tierra- Una introducción a la geología física. Madrid: Pearson, 2005.
- ZÁRATE, H., J. GALDOS, y M. GELDRES. Geología de los cuadrángulos de Sepahua 23p, Miraría 23q, Unión 23r, Quirigueta 24p, Camisea 24q y Río Cashpajali 24r. Lima: INGEMMET, 1998.
- ZAVALA, A., E. GUADALUPE, y N. CARRILLO. El gas de camisea: Geología economía y usos. Revista del Instituto de Investigadores FIGMMG, 2007: 113-119.

ZEGARRA, J., y J. OLAECHEA. Observaciones geológicas del Cretaceo marino en el Nororiente Peruano. Lima: Congreso Latinoamericano de Geología, 1970.

- **WEBGRAFIA**

- Lostipos.com. (2017). Tipos de estratificación. *Gaceta Educativa*.
- <https://geologiadeexplotacion.files.wordpress.com/2012/03/6-ambientes-sedimentarios-1.pdf>
- <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/61-AmbS.pdf>
- <https://cniesrc.files.wordpress.com/2010/12/tema-7-compr.pdf>
- <https://infogeologia.wordpress.com/2016/04/24/llanura-de-marea-o-marisma/>
- <http://www.geociencias.unam.mx/~rmolina/documents/Llanurasdemarea.pdf>
- <http://geologiavenezolana.blogspot.pe/2012/10/ambiente-sedimentario-marino.html>

# ANEXOS

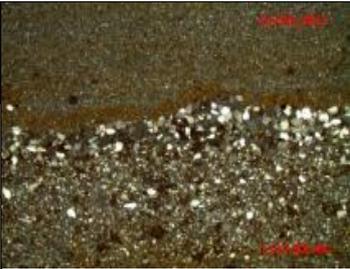
# **ANEXOS “A”**

## **MAPAS Y COLUMNAS**

# **ANEXOS “B”**

## **ESTUDIOS PETROGRÁFICOS**

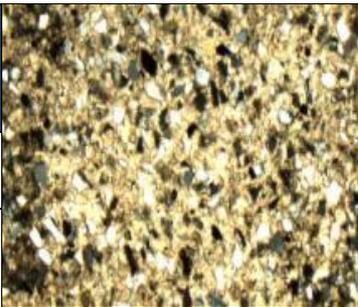
**B-01. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-127**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>  |                     |    |                           |
|--|---------------------|---|---------------------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>   | GR19C-16-127        |   |                           |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Fuchtbauer (1959)</b>  | Arenisca limolítica |   |                           |
| <p><b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria clástica de textura cristalina, matriz soportada- grano soportado, se observa intercalación laminada entre cuarzo (arenisca) y finos (limolita), la laminación está definida por cambios de granulometría.</p> |                     |   |                           |
| <b>MINERALOGÍA</b>   |                     |   |                           |
| MINERAL  | TAMAÑO (mm)         | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS   | ALTERACIÓN                |
| Cuarzo (40%)   | ± 0.1               | Cristales subangulosos (<0.1), cristales subredondeados (<0.01), de coloración gris con extinción normal, se observan de forma gradacional. |                           |
| Limos (30%)  | <0.1                | Matriz micrítica, de coloración pardo a rojiza que se observa entre los cuarzoes de mayor tamaño.   | Remplazo parcial a óxidos |
| Óxidos (10%)   | <0.1                | Cristales subhedrales de color pardo oscuro, dispersos en la matriz, se observan con mayor abundancia en los cambios de granulometría       |                           |
| Minerales opacos (5%)  | <0.1                | Micro cristales subhedrales de color gris oscuro dispersos en la matriz.  |                           |
|  |                     |   |                           |
| <b>TEXTURAS:</b> Grano soportado –Matriz soportado   |                     |   |                           |
| <b>ALTERACIONES:</b> oxidación moderada  |                     |   |                           |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -   |                     |   |                           |
|  |                     |   |                           |

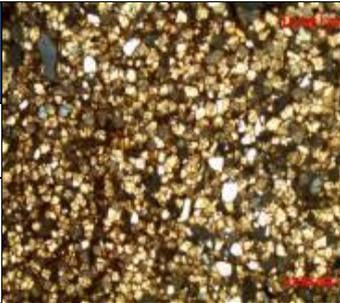
**B-02. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-133**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |                                  |         |                  |
|---|----------------------------------|--|------------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-133                     |  |                  |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Fuchtbauer (1959)</b>   | Calciarenita (Arenisca calcárea) |  |                  |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria clástica de textura cristalina, grano soportada, con matriz carbonatada micrítica, que contiene cuarzo de color gris con extinción recta, feldspatos subangulosos blanquecinos, calcita parda que está en proceso de alteración, óxidos y minerales opacos dispersos en la matriz. |                                  |  |                  |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |                                  |  |                  |
| MINERAL   | TAMAÑO (mm)                      | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS  | ALTERACIÓN       |
| Cuarzo (40%)  | <0.1                             | Cristales subangulosos de grano medio de coloración gris blanquecino, con extinción recta. |                  |
| Feldspatos (15%)  | <0.1                             | Cristales subangulosos de color blanquecino, dispersos en la matriz                        |                  |
| Carbonatos (20%)  | -                                | Matriz micrítica, de abundancia variable según la laminación de sedimentos.                |                  |
| Calcita (15%)   | >0.2                             | Cristales de calcita de color pardo claro las que se están alterando a arcillas            |                  |
| Óxidos (8%)   | <0.01                            | Cristales anhedrales de color pardo oscuro dispersos dentro de la matriz micrítica.        | Ligera oxidación |
| Minerales opacos (5%)   | < 0.1                            | Cristales subangulosos de coloración gris oscura que se encuentran dispersos en la matriz. |                  |
| <b>TEXTURAS:</b> Grano soportado, cristalina.   |                                  |  |                  |
| <b>ALTERACIONES:</b> ligera oxidación   |                                  |  |                  |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -  |                                  |  |                  |

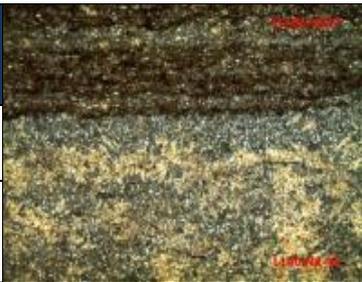
**B-03. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-021**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>  |  |   |                             |
|--|--|---|-----------------------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>   | GR19C-16-021                                   |   |                             |
| <b>CLASIFICACION ROCA –Según Fuchtbauer (1959)</b>   | Calciarenita (Arenisca calcárea) de grano fino |   |                             |
|   |  |   |                             |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria clástica de textura micrítica, de grano fino, con abundante contenido de cuarzo subanguloso de habito granular, feldespatos subangulosos de color pardo, plagioclasas con maclas polisintéticas de color gris claro y minerales opacos y micas todos ellos en una matriz carbonatada. |  |   |                             |
| <b>MINERALOGÍA</b>   |  |   |                             |
| MINERAL  | TAMAÑO (mm)                                    | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS   | ALTERACIÓN                  |
| Cuarzo (35%)   | < 0.05   | Cristales subangulosos prismáticos de habito granular, extensión recta y relieve bajo.              |                             |
| Feldespatos (8%)   | < 0.1  | Cristales subangulosos de color de interferencia pardo claro, dispersos en la matriz.               |                             |
| Plagioclasas (5%)  | < 0.1  | De hábito tabular a granular, con maclas polisintéticas y de contacto, de color gris claro.         |                             |
| Micas (3%)   | < 0.05   | Cristales tabulares de color marrón en NII, e isótopos en NX, que se alteran a arcillas.            |                             |
| Minerales opacos (5%)  | < 0.1  | Cristales granulares subangulosos de color de interferencia negro, distribuidos por toda la matriz. | Presencia parcial de óxidos |
| Carbonatos (40%)   | -  | Matriz micrítica de coloración parda.   |                             |
| Óxidos (2%)  | < 0.1  | Microcristales de forma anhedrales de coloración rojizo oscuro dispersos en la matriz micrítica.    |                             |
| <b>TEXTURAS:</b> Granular de grano fino – matriz soportada   |  |   |                             |
| <b>ALTERACIONES:</b> oxidación.  |  |   |                             |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -   |  |   |                             |

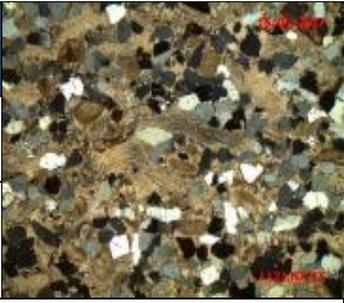
**B-04. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-136**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |              |  |            |
|---|--------------|--|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-136 |  |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Fuchtbauer (1959)</b>   | Calcarenita  |  |            |
|    |              |  |            |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria grano soportada, compuesta por cuarzo subredondeado de color gris, feldespato subheral de color blanquecino , oxidos anhedrales de coloracion rojiza, se observan zircons con colores de interferencia altos , dispersos en la lamina; todo ello dentro de matriz carbonatada. |              |  |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |              |  |            |
| MINERAL   | TAMAÑO mn    | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS  | ALTERACIÓN |
| Cuarzo (30%)  | < 0.1        | Cristales subredondeados inequigranulares, de color de interferencia gris claro.   |            |
| Feldespato (18%)  | < 0.1        | Cristales subhedrales con presencia de la macla de Carlsbad, en matriz calcárea.   |            |
| Limo arcillas calcáreas (15%)   | < 0.1        | Cristales subhedrales Micro cristalinos, de color grisáceo con colores de interferencia superiores, con maclas polisintéticas. |            |
| Carbonatos (25%)  | -            | Matriz micrítica, levemente ferruginosa con coloración naranja claro.  |            |
| Óxidos (5%)   | < 0.1        | Cristales anhedrales intergranulares en la matriz de coloración rojiza.  | Oxidación  |
| Min. Opacos (5%)  | < 0.1        | Cristales subhedrales dispersos en la matriz de colores de interferencia oscuros.  |            |
| Minerales accesorios  |              | Cristales de Zircón dispersos en la matriz.  |            |
| <b>TEXTURAS:</b> Grano soportada  |              |  |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Ligera oxidación   |              |  |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -  |              |  |            |

**B-05. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-140**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>  |                              |   |            |
|--|------------------------------|--|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>   | GR19C-16-140                 |  |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Fuchtbauer (1959)</b>  | Arenisca limolítica calcárea |  |            |
| <p><b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria silicificada, con abundante cuarzo subredondeados de grano fino a medio de coloración gris-blanquecina intercalado con laminaciones de limos de color pardo a pardo oscuro por el contenido de óxidos, carbonatos micríticos de cloración parda y minerales opacos diseminados en la matriz. Por sé de una granulometría muy fina no se logra identificar con claridad toda la composición de la roca.</p> |                              |  |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>   |                              |  |            |
| MINERAL  | TAMAÑO mm                    | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS  | ALTERACIÓN |
| Cuarzo (35%)   | < 0.1                        | Micro cristales subredondeados de coloración gris-blanquecino de extinción normal.   |            |
| Limos (20%)  | < 0.1                        | Micro cristales de limos de coloración parda oscura obtenida por el contenido de óxidos.   | Oxidación  |
| Carbonatos (18%)   | < 0.1                        | Matriz micrítica de color parda clara.   |            |
| Óxidos (13%)   | < 0.1                        | Cristales dispersos en la matriz de carbonatos, relleno de fisuras, así también junto a los limos dándole coloración pardo rojiza. |            |
| Minerales opacos (10%)   | < 0.1                        | Cristales de color gris oscuro acumulado y diseminado en la matriz.  |            |
|  |                              |  |            |
| <b>TEXTURAS:</b> grano soportado/ matriz soportado   |                              |  |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Ligera oxidación  |                              |  |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -   |                              |  |            |

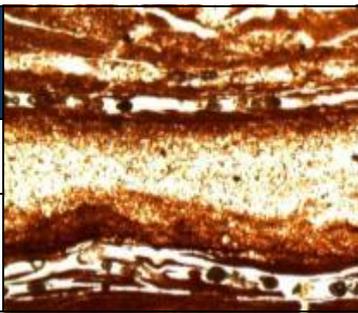
**B-06. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-121**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>  |                                  |   |   |
|--|----------------------------------|---|---|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>   | GR19C-16-121                     |   |  |
| <b>CLASIFICACION ROCA –Según Fuchtbauer (1959)</b>   | Calciarenita (Arenisca calcárea) |   |   |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria clástica, compuesta por cristales de cuarzo subanguloso, calcita esparítica subangulosa, minerales opacos subhedricos y anhedricos, óxidos y bioclastos (reemplazado por carbonatos) los que se encuentran en una matriz micrítica carbonatada. |                                  |   |   |
| <b>MINERALOGÍA</b>   |                                  |   |   |
| <b>MINERAL</b>   | <b>TAMAÑO (mm)</b>               | <b>CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS</b>  | <b>ALTERACIÓN</b>   |
| Carbonato (matriz) (35%)   | < 0.0005                         | Calcita de textura micrítica con color de interferencia marrón de orden superior, intercalación de arcillas carbonatadas. |   |
| Cuarzo (30%)   | ≤0.1                             | Cristales subangulosos, de tamaños variables dentro de una matriz calcárea.   |   |
| Calcita (15%)  | >0.2                             | Cristales esparíticos subangulosos dentro de una matriz micrítica   |   |
| Minerales opacos(3%)   | < 0.01                           | De habito granular, con forma subhedrica y anhedrica, dispersos en la matriz conjuntamente con carbonatos                 |   |
| Óxidos (5%)  |                                  | Cristales anhedrales e irregulares dispersos escasamente en la matriz   |   |
| Bioclastos (8%)  | >0.1                             | Completo e irregular, disperso en la muestra, reemplazado por carbonatos.   |   |
| <b>TEXTURAS:</b> Grano soportado   |                                  |   |   |
| <b>ALTERACIONES:</b> Ligera oxidación  |                                  |   |   |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -   |                                  |   |   |

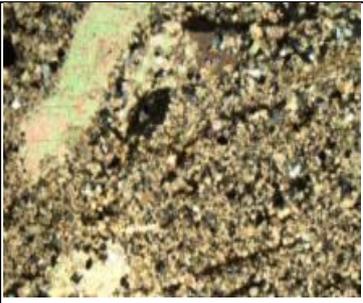
**B-07. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-043**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>  |                   |                                   |            |
|--|-------------------|--|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>   | GR19C-16-043      |  |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA –Según Embry &amp; Kloven (1971)</b>   | Caliza Floatstone |  |            |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b>   |                   |  |            |
| <p>Roca sedimentaria carbonatada de textura micrítica, matriz soportada que contiene gasterópodos rellenos por cristales subangulosos de cuarzo de color grisáceo, calcita de coloración parda, se observa oxidación al borde del gasterópodo el cual ha sido disuelto, dispersos en la matriz también se observan minerales opacos.</p> |                   |  |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>   |                   |  |            |
| MINERAL  | TAMAÑO mm         | CARACTERISTICAS Y OCURENCIAS   | ALTERACIÓN |
| Bioclastos (45%)   | > 1               | Presenta forma elipsoidal, relleno de cuarzo, calcita, óxidos y minerales opacos.                                    |            |
| Carbonatos (25%)   | < 0.01            | Matriz micrítica de color pardo claro, con ligera coloración de interferencia.                                       |            |
| Calcita (10%)  | < 0.1             | Cristales subangulosos, en agregados con exfoliación marcada, con colores oscuros en NX y tonalidades pardas en NII. |            |
| Cuarzo (10%)   | < 0.1             | Subangulosos con extinción normal de color grisácea, minerales dispersos en la matriz carbonatada.                   |            |
| Opacos (5%)  | < 0.1             | Micro cristales subredondeados dispersos y asociados a la matriz.  |            |
| Óxidos (3%)  | < 0.1             | Micro cristales dispersos en la matriz, estos se observan en las fracturas   | Oxidación  |
| <b>TEXTURAS:</b> matriz soportada  |                   |  |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Ligera oxidación  |                   |  |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> Gasterópodo   |                   |  |            |
|  |                   |  |            |

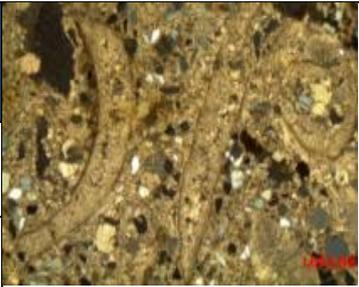
**B-08. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-016**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |              |   |            |
|---|--------------|---|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-016 |   |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA –Según Fuchtbauer (1959)</b>  | Limoarenita  |   |            |
|    |              |   |            |
| <p><b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria de textura micrítica, compuesta por cristales de cuarzo micro granular (sin genético) vetillas (de segunda generación), en alternancia con laminaciones de arcillas con alto contenido de óxido de hierro, también se observaron micro cristales de minerales opacos subangulosos, minerales pesados como el zircón, magnetita y hematita y minerales accesorios como micas todos estos dispersos en la matriz.</p> |              |   |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |              |   |            |
| MINERAL   | TAMAÑO (mm)  | CARACTERÍSTICAS Y OCURRENCIAS   | ALTERACIÓN |
| Cuarzo (40%)  | < 0.1        | Cristales de habito micro granular de color pardo, formando capas o bandas de forma anhedrica y subhedrica, considerado cuarzo sin genético con contenido de micas. |            |
|   | < 0.1        | De segunda generación (vetillas) con extensión ondulante de color gris, que cortan de forma concordante y discordante a las arcillas en estratificación.            |            |
| Óxidos (25%)  | < 0.05       | Cristales micro granulares, asociado con las arcillas, le da una coloración pardo rojiza.   |            |
| Arcillas (30%)  | < 0.05       | De color rojizo por el contenido de óxido de hierro, se encuentran en laminaciones intercaladas con los cristales de cuarzo.  | Oxidación  |
| Minerales opacos (5%)   | < 0.1        | Micro cristales subangulosos de color gris claro Dispersos en la matriz arcillosa   |            |
| Minerales pesados (3%)  | < 0.1        | Zircón, magnetita y hematita, cristales de colores de interferencia alto de extinción recta, dispersos en la lámina.  |            |
| Minerales accesorios  |              | Micas (moscovita, augita) dentro del cemento silíceo.   |            |
| <b>TEXTURAS:</b> Matriz soportado   |              |   |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Oxidación  |              |   |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -  |              |   |            |

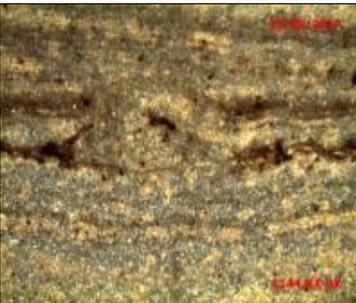
**B-09. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-025**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |                           |   |            |
|---|---------------------------|---|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-025              |   |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Fuchtbauer (1959) Correns (1949)</b>  | Marga (Marga de arenisca) |   |            |
|    |                           |   |            |
| <b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria de textura micrítica, matriz soportada con cristales de calcita mono cristalina de exfoliación marcada, cuarzo anhedrales en agregados, óxidos en cristales anhedrales y en fracturas y clastos de roca subangulosos de color gris, se observan nódulos con contenido de cuarzo, todos estos cristales dispersos en la matriz carbonatada. |                           |   |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |                           |   |            |
| MINERAL   | TAMAÑO (mm)               | CARACTERISTICAS Y OCURENCIAS  | ALTERACIÓN |
| Carbonatos (30%)  | -                         | Matriz micrítica en agregados de color pardo claro.   |            |
| Calcita (25%)   | > 0.5                     | Cristales subhedrales mono cristalina, con exfoliación marcada, en NX se observa en tonalidades verdes con fucsia |            |
| Cuarzo (15%)  | < 0.05                    | Cristales anhedrales de color gris que se encuentran en agregados dispersos en la matriz carbonatada.             |            |
| Clastos de roca (15%)   | < 0.1                     | Cristales subangulosos de color grisáceo, asociado a cuarzo de color amarillento y óxidos dispersos en la matriz. |            |
| Minerales opacos (5%)   | < 0.05                    | Cristales irregulares subredondeados ,dispersos en la matriz  | óxidos     |
| Óxidos (5%)   | < 0.05                    | Cristales anhedrales de coloración naranja a rojiza, asociados a micro fracturas.                                 |            |
| <b>TEXTURAS:</b> Grano soportado/ matriz soportado  |                           |   |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Oxidación moderada   |                           |   |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -  |                           |   |            |
|   |                           |   |            |

**B-10. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-052**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |                        |                       |            |
|---|------------------------|--|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-052           |  |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA – Según Correns (1949)</b>  | Marga (Caliza Margosa) |  |            |
| <p><b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria de textura micrítica, matriz soportada compuesta por minerales de cuarzo anhedrales de color gris-blanquecino, feldespatos subangulosos, calcita anhedrales que se están alterando, óxidos y bioclastos (fragmentos redondeados de bivalvos preservados en forma de moldes) dentro de una matriz esparítica de carbonato.</p> |                        |  |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |                        |  |            |
| MINERAL   | TAMAÑO mm              | CARACTERISTICAS Y OCURENCIAS   | ALTERACIÓN |
| Carbonatos (40%)  | <0.1                   | Matriz calcárea compuesta por calcita micrítica de color pardo oscura.                                   |            |
| Bioclastos (25%)  | >1                     | Bivalvos disueltos y rellenos de micro cristales de cuarzo, caparazón disuelto y relleno por calcita.    |            |
| Cuarzo (15%)  | <0.1                   | Cristales anhedrales de extinción normal con color gris blancuecino, disperso en la matriz.              |            |
| Feldespatos (5%)  | <0.1                   | Cristales subangulosos con ondulación oblicua (apatito)  |            |
| Calcita (5%)  | <0.1                   | Cristales anhedrales con maclas polisintéticas, alterándose a arcillas.                                  |            |
| Minerales opacos y óxidos (5%)  | <0.1                   | Óxidos asociados a los bioclastos disueltos (borde oxidado), también se observan dispersos en la matriz. | Oxidación  |
| <b>TEXTURAS:</b> matriz soportado   |                        |  |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Oxidación  |                        |  |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> Bivalvos   |                        |  |            |
|   |                        |  |            |

**B-11. ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA GR19C-16-144**

| <b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>   |                             |       |            |
|---|-----------------------------|--|------------|
| <b>CODIGO DE MUESTRA</b>  | GR19C-16-144                |  |            |
| <b>CLASIFICACION ROCA –Según Embry &amp; Kloven (1971)</b>  | Caliza Mudstone ferruginosa |  |            |
| <p><b>DESCRIPCION MICROSCOPICA:</b> Roca sedimentaria carbonatada, textura matriz soportada, se observa contenido de limos con óxidos micríticos y minerales opacos dispersos en la matriz; no se puede observar con claridad la composición mineralógica de esta muestra, por ser de grano muy fino y a un mayor aumento esta información es muy difusa.</p> |                             |  |            |
| <b>MINERALOGÍA</b>  |                             |  |            |
| MINERAL   | TAMAÑO mm                   | CARACTERISTICAS Y OCURRENCIAS  | ALTERACIÓN |
| Carbonatos (50%)  | < 0.001                     | Matriz micrítica compuesta por calcita de coloración parda clara.                        |            |
| Cuarzo (25%)  | < 0.1                       | Cristales subredondeados de color gris oscuro con extinción recta dispersos en la matriz |            |
| Óxidos (15%)  | < 0.1                       | Micro cristales de coloración rojiza oscura Dispersos en la matriz y en laminaciones.    | Oxidación  |
| Minerales opacos (5%)   | < 0.1                       | Cristales anhedrales de coloración gris oscuro, diseminados en la matriz.                |            |
|   |                             |  |            |
| <b>TEXTURAS:</b> Matriz soportado   |                             |  |            |
| <b>ALTERACIONES:</b> Oxidación  |                             |  |            |
| <b>POBLACIÓN PALEONTOLÓGICA:</b> -  |                             |  |            |
|   |                             |  |            |