

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



TESIS

**"CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE
LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR
ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

Bach. Flores Valera Yohel Clodomiro

ASESOR:

Dr. Ing. Lagos Manrique Alejandro Claudio

CAJAMARCA- PERÚ

2023

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Geológica Yohel Clodomiro Flores Valera

de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique con el software antiplagio Urkund que indica 11% (**once por ciento**) del índice de similitud asignándole el código D157024896

Cajamarca, 27 de enero del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACION FI



Dra. Yvonne Katherine Fernández León
DIRECTORA

Cc.
Archivo

DEDICATORIA

A mis queridos padres que,
con sus buenos actos,
consejos y ejemplos,
pacientemente fueron
formándome como persona y
profesional.

Yohel

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica; a todos mis docentes, por todas sus enseñanzas que me brindaron y en especial a mi asesor Dr. Ing. Alejandro Lagos Manrique que con su constante orientación y revisión fue posible la elaboración y culminación de la presente tesis.

Yohel

ÍNDICE

Ítems	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.3. Antecedentes Locales.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. El medio de depositación marino.....	4
2.2.2. Ambiente silicoclástico.....	5
2.2.3. Rocas siliciclásticas.....	5
2.2.3.1. Esqueleto.....	5
2.2.3.2. Matriz.....	5
2.2.4. Ambiente carbonatado.....	6
2.2.5. Principios fundamentales de la estratigrafía.....	7

	Pág.
2.2.5.1. Principio de la horizontalidad original	7
2.2.5.2. Principio de la superposición	7
2.2.5.3. Principio del uniformismo o actualismo	8
2.2.5.4. Principio de la sucesión faunística o de la correlación	8
2.2.5.5. Principio de la simultaneidad de eventos	8
2.2.6. Paleoambiente	9
2.2.7. Bioestratigrafía	9
2.2.8. Tipos de Estratificación	9
2.2.8.1. Por la geometría de los estratos	9
2.2.9. Asociación de estratos	10
2.2.10. Tasa de sedimentación.....	11
2.2.11. Factores que controlan la sedimentación	12
2.2.12. Paleoambiente	12
2.2.13. Facies.....	13
2.2.14. Columnas estratigráficas.....	13
2.2.15. La ley o regla de Walther.....	13
2.2.16. Correlación estratigráfica	14
2.2.17. Bioestratigrafía	15
2.2.18. Textura de Rocas Clásticas	15
2.2.19. Clasificación de Rocas Carbonatadas.....	17
2.2.20. Piso	18
2.2.21. Zona	18
2.2.22. Importancia de los Fósiles.....	19
2.2.23. Dispersión de Organismos	19
2.2.24. Medios ambientes Continentales	21

	Pág.
2.2.25. Ambiente Marino	23
2.2.25.1. Ambiente sedimentario nerítico	23
2.2.25.2. Ambientes sedimentario batial.....	23
2.2.25.3. Ambientes sedimentario abisal.....	23
2.2.26. Ambientes sedimentarios mixtos o de transición.....	25
2.2.26.1. Ambientes sedimentario deltaico.....	25
2.2.26.2. Ambientes sedimentario estuarino	25
2.2.26.3. Ambientes sedimentario costero	25
2.2.27. Características del ambiente de los ammonites	25
2.2.27.1. Distribución temporal.....	26
2.2.27.2. Interés científico	26
2.2.27.3. Modo de vida.....	27
2.2.27.4. Relación de la forma de la concha con los ambientes sedimentarios.....	27
2.2.27.5. Criterios de clasificación.....	27
2.2.28. Biocorrelación.....	29
2.2.29. Correlación de zonas de conjuntos	31
2.2.30. Correlación por zonas de abundancia	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
 CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	 35
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.1. Ubicación Política.....	35
3.1.2. Ubicación Geográfica	35
3.1.3. Accesibilidad	35

	Pág.
3.1.4. Clima	36
3.1.5. Vegetación.....	36
3.2. PROCEDIMIENTOS	37
3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete	37
3.2.2. Etapa de Campo	37
3.2.3. Etapa de Análisis e Interpretación	37
3.3. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.3.1. Tipo de investigación	37
3.3.2. Nivel de investigación	37
3.3.3. Diseño de investigación	37
3.3.4. Población de Estudio	38
3.3.5. Muestra	38
3.3.6. Unidad de Análisis	38
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	38
3.4.1. Técnicas	38
3.4.2. Instrumentos y equipos	38
3.5. GEOLOGIA REGIONAL	40
3.5.1. Grupo Goyllarisquizga	42
3.5.3. Paleógeno– Neógeno.....	44
3.5.4. Cuaternario.....	45
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.1. ANÁLISIS LITOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO.....	47
4.1.1. Formación Chimú.....	47
4.1.1.1. Características litológicas	47

	Pág.
4.1.1.2. Características estratigráficas.....	47
4.1.1.3. Estructuras sedimentarias.....	48
4.1.1.4. Edad y correlación	48
4.1.1.5. Ambiente de sedimentación.....	48
4.1.2. Formación Santa.....	51
4.1.2.1. Características litológicas	51
4.1.2.2. Características estratigráficas.....	51
4.1.2.3. Estructuras sedimentarias.....	51
4.1.2.4. Edad y correlación	51
4.1.2.5. Ambiente de depositación.....	52
4.1.2.6. Estudio paleontológico	52
4.1.3. Formación Carhuáz.....	56
4.1.3.1. Características litológicas	57
4.1.4. Formación Farrat	62
4.1.5. Formación Inca	67
4.1.5.1. Características litológicas	67
4.1.5.2. Características estratigráficas.....	67
4.1.5.3. Edad y correlación	68
4.1.5.4. Ambiente de sedimentación.....	68
4.1.5.5. Estudio paleontológico	69
4.1.6. Formación Chulec.....	73
4.1.6.1. Características litológicas	73
4.1.6.2. Características estratigráficas.....	73
4.1.6.3. Estructuras sedimentarias.....	73
4.1.6.4. Edad y correlación	74

	Pág.
4.1.6.5. Ambiente de sedimentación.....	74
4.1.6.6. Estudio paleontológico.....	75
4.1.7. Formación Pariatambo.....	80
4.1.7.1. Características estratigráficas.....	81
4.1.7.2. Estructuras sedimentarias.....	81
4.1.7.3. Edad y correlación.....	81
4.1.7.4. Ambiente de sedimentación.....	81
4.2. DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN DE LAS UNIDADES DEL CRETACICO INFERIOR.....	85
4.2.1. Determinación de la profundidad de depositación.....	85
4.2.2. Determinación de la salinidad de las aguas.....	86
4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	89
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1. CONCLUSIONES.....	90
5.2. RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	95
Anexo 1 Plano de ubicación.....	96
Anexo 2 Plano topográfico.....	97
Anexo 3 Plano geológico.....	98
Anexo 4 Plano de ubicación de columnas estratigráficas.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de rocas silicoclásticas	6
Figura 2. Tipos más simples de geometrías de estratos de acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor (Vera, 1994).	10
Figura 3. Factores que controlan el proceso de sedimentación.	12
Figura 4. Ley de Walter. Block diagrama donde se representa una secuencia vertical de facies corresponde al registro a través del tiempo, de su sucesión lateral.....	14
Figura 5. Ejemplo de Correlación litoestratigráfica (Blandon, 2002).....	14
Figura 6. Correlación bioestratigráfica. Nótese que las unidades A y B que pertenecen a las columnas x e y respectivamente son correlacionables biestratigráficamente.	15
Figura 7. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas (Dunham, 1962).	18
Figura 8. Subdivisiones del ambiente marino: dominios pelágicos (toda la columna de agua) y bénticos para el fondo marino (Boggs, 1995).....	20
Figura 9. Perfil generalizado de una isla de barrera y de los ambientes costeros (Walker, 1980).	20
Figura 10. Diferentes tipos de facies en un ambiente transicional (Walker, 1980).	21
Figura 11. Dominio continental, transicional y marino. Walker (1980).	21
Figura 12. Ambiente sedimentario continental, marino y transicional (Walker, 1980).	24
Figura 13. Sección transversal de un Ammonite en el plano de simetría.	29
Figura 14. Diagrama general que ilustra el principio de correlación por zonas de conjunto de tres columnas estratigráficas en tres áreas adyacentes. (Arkell et al, 1957).	31
Figura 15. Ubicación política.	36
Figura 16. Columna litológica generalizada de la zona de estudio.....	41
Figura 17. Mapa geológico de la zona de estudio.	42

	Pág.
Figura 18. Volcánicos San Pablo que aflora al NO del distrito de Urubamba...	45
Figura 19. Depósitos coluviales que se observa al NO del distrito de Urubamba.	46
Figura 20. Columna estratigráfica de la Formación Chimú.	49
Figura 21. Ambiente de depositación de la Formación Chimú.	50
Figura 22. Estudio paleontológico del fósil de la Formación Santa.	52
Figura 23. Estudio paleontológico del fósil Lucina.....	53
Figura 24. Reconstrucción del ambiente marino transicional de la Formación Santa.....	54
Figura 25. Columna estratigráfica de la Formación Santa levantado en el distrito de Huayllapampa.	55
Figura 26. Laminación sesgada típica de los niveles areniscosos de la Formación Carhuáz. Muestra obtenida en el distrito de Huayllapampa.	56
Figura 27. Laminación paralela que caracteriza a la Formación Carhuaz. Muestra obtenida en el distrito de Huayllapampa.....	56
Figura 28. Areniscas de grano fino de la Formación Carhuaz. Muestra obtenida cerca al distrito de Huayllapampa.	57
Figura 29. Weichselia peruviana ZEILLER, donde se observa un molde interno del tallo. Tomado de Lagos y Quispe (2011).	58
Figura 30. Weichselia peruviana ZEILLER, presencia de Improntas de ramas y hojas. Tomado de Lagos y Quispe (2011).	59
Figura 31. Columna estratigráfica de la Formación Santa levantada en el distrito de Huayllapampa.	60
Figura 32. Reconstrucción de la paleogeografía de la Formación Carhuaz. Se observa un ambiente continental lacustrino con abundancias de Weichselia peruviana.....	61
Figura 33. Afloramiento de la Formación Farrat en la parte NE del distrito de Urubamba.....	63

Figura 34. Conglomerado con clastos subredondeados a redondeados cuarzosos de la Formación Farrat. Muestra obtenida al NE del distrito de Urubamba.....	63
Figura 35. Afloramientos de la Formación Farrat que se observa en el Km 6 de la carretera Cajamarca- Chamis.....	64
Figura 36. Nódulo de óxido de hierro. Nótese el halo de alteración concéntrico. Muestra obtenida al NE del distrito de Urubamba.	64
Figura 37. Columna estratigráfica de la Formación Farrat levantada en el distrito de Huayllapampa.	65
Figura 38. Reconstrucción del Ambiente de depositación de la Formación Farrat.....	66
Figura 39. Suelo rojizo por la meteorización de las rocas de la Formación Inca. Al fondo se observa a las calizas de la Formación Chulec que sobreyacen a esta unidad.....	67
Figura 40. Roca de color gris rojizo por presencia de óxido de hierro, esta coloración indica que esta unidad se depositó en un ambiente con abundante oxígeno.	69
Figura 41. Estudio paleontológico del fósil <i>Cucullaea</i> sp. de la Formación Inca.	69
Figura 42. Estudio paleontológico del fósil <i>Pterotrigonia</i> sp. de la Formación Inca.	70
Figura 43. Columna estratigráfica de la Formación Inca levantada al NE del distrito de Huayllapampa.	71
Figura 44. Reconstrucción del ambiente de depositación de la Formación Inca.	72
Figura 45. Ambiente de depositación de la Formación Inca.....	73
Figura 46. Afloramiento de la Formación Chulec. Foto tomada en la localidad de Urubamba, en el km 12 de la carretera Cajamarca- Chamis.	75
Figura 47. Estudio paleontológico de <i>Núcula</i> turgida RICHARDS.....	75
Figura 48. Estudio paleontológico del fósil <i>Lyelliceras</i> sp. De la Formación Chulec.	76

	Pág.
Figura 49. Estudio paleontológico del fósil Knemiceras Crasinodosum SOMERMEIER. Especimen obtenido dentro de la Formación Chulec en el distrito de Urubamba.	76
Figura 50. Hemiaster perteneciente a la Formación Chulec. Espécimen encontrado en el distrito de Urubamba.	77
Figura 51. Columna geológica de la Formación Chulec.	78
Figura 52. Reconstrucción del ambiente de depositación de la Formación Chulec.	79
Figura 53. Ambiente de depositación óxico (abundante oxígeno) de la Formación Chulec.	80
Figura 54. Estudio paleontológico del fósil Lyelliceras extraído de la Formación Pariatambo.	82
Figura 55. Estudio Paleontológico del fósil Oxitropidoceras carbonarium de la Formación Pariatambo.	82
Figura 56. Columna geológica de la Formación Pariatambo.	83
Figura 57. Reconstrucción del ambiente de depositación de la Formación Pariatambo ubicado en el distrito de Urubamba y Huayllapampa.	84
Figura 58. Ambiente de depositación anoxico (ausencia de oxígeno de la Formación Pariatambo.	85
Figura 59. Ambiente de depositación de las unidades del Cretácico inferior ...	87
Figura 60. Determinación de la salinidad de las aguas de mar donde vivieron los fósiles analizados.	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación del tamaño de los sedimentos.....	16
Tabla 2. Clasificación de los medios sedimentarios	22
Tabla 3. Clasificación de los organismos según su ambiente de vida.....	30
Tabla 4. Coordenadas en UTM- WGS 84, del área de estudio	35
Tabla 5. Accesibilidad a la zona de estudio	35

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

m	:	Metro
cm	:	Centímetro
mm	:	Milímetro
msnm	:	Metros sobre el nivel de mar
h	:	Hora
Km	:	kilómetro
S	:	Sur
N	:	Norte
E	:	Este
O	:	Oeste
NE	:	Noreste
NO	:	Noroeste
SE	:	Sureste
SO	:	Suroeste
min	:	Minuto(s)
Ma	:	Millones de Año
GPS	:	Global Positioning System
UTM	:	Universal Transversal Mercator
Fe	:	Hierro
Ox	:	Óxido
S ₂ Fe	:	Pirita (sulfuro de hierro)

RESUMEN

La investigación se realizó en los distritos de Huayllapampa y Urubamba ubicada en la Provincia de Cajamarca. Los problemas planteados fueron: ¿Cuál es la caracterización estratigráfica y paleoambiental de las secuencias sedimentarias del cretácico inferior que afloran entre las localidades de Huayllapampa y Urubamba; ¿Cual es porcentaje de sedimentos terrígenos y carbonatados? Los objetivos que se plantearon fueron el de: caracterizar estratigráfica y paleoambientalmente las secuencias del cretácico inferior; determinar el porcentaje de sedimentos terrígenos y calcáreos. La metodología utilizada fue el método directo. Las hipótesis planteadas fueron: Las características paleoambientales y estratigráficas que muestran las secuencias del Cretácico inferior, indican que se han depositado en forma continua, en una cuenca oscilante de origen mayormente continental en la base (Formación Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat) y de origen marino al tope (Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo). Se concluye que: las areniscas mayormente cuarzosas, estructuras como: ripless marks, especímenes fosiles como: huellas de plantas, Paraglauconia strombisforme y lucinas halladas en el Grupo Goyllarisquizga indican que estas se depositaron en un ambiente continental playero (Formación Chimú y Farrat), ambiente continental (Formación Carhuáz) y en un ambiente marino muy somero (Formación Santa). La Formación Chulec se depositó en un ambiente marino somero. La Formación Pariatambo a su vez, se depositó en un ambiente marino más profundo y en donde se identificó el espécimen *Oxitropidoceras carbonarium*. Las rocas del Grupo Goyllarisquizga poseen alto porcentaje de sedimentos terrígenos cercano a 90%, este porcentaje disminuye en las rocas de las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo.

Palabras claves: *Secuencia paleoambiental, Paleogeografía, Cuenca Oscilante, Secuencia Sedimentaria.*

ABSTRACT

The research was carried out in the towns of Huayllapampa and Urubamba located in the Province of Cajamarca. In these places emerge rocks ranging from the Early Cretaceous to the recent. The problems raised were: What is the stratigraphic and paleoenvironmental characterization of the Sedimentary Sequences of the Lower Cretaceous that emerge between the localities of Huayllapampa and Urubamba; What is the percentage of terrigenous and carbonated sediments in Cretaceous sequences? The objectives were: to characterize stratigraphically and paleoenvironmentally the sequences of the Lower Cretaceous; determine the percentage of terrigenous and calcareous sediments. The methodology used was the direct method. The hypotheses raised were: The paleoambiental and stratigraphic characteristics that show the sequences of the Lower Cretaceous, indicate that they have been deposited continuously, in an oscillating basin of mostly continental origin at the base (Chimú, Santa, Carhuáz and Farrat Formations) and of marine origin at the top (Inca, Chulec and Pariatambo Formations); the percentage of terrigenous sediments is higher in the Formations of the Goyllarisquizga Group. It is concluded that: mostly quartz sandstones, structures such as: ripple marks, fossil specimens such as: plant footprints, *Paraglauconia strombiforme* and lucinas found in the Goyllarisquizga Group indicate that these were deposited in a continental beach environment (Chimú and Farrat Formation), continental environment (Carhuáz Formation) and in a very shallow marine environment (Santa Formation). The Chulec Formation was deposited in a shallow marine environment. The Pariatambo Formation, in turn, was deposited in a deeper marine environment and where the specimen *Oxitropidoceras carbonarium* was identified. The rocks of the Goyllarisquizga Group have a high percentage of terrigenous sediments close to 90%, this percentage decreases in the rocks of the Inca, Chulec and Pariatambo Formations.

Keywords: Paleoenvironmental sequence, Paleogeography, Sedimentary Sequence.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En las localidades de Huayllapampa y Urubamba ubicadas en el departamento de Cajamarca, afloran secuencias sedimentarias de origen continental y marino y cuyas edades están comprendidas entre el Cretácico inferior al reciente. Una de las características notables de esta sucesión estratigráfica es la de poseer como unidades inferiores rocas de un ambiente continental (Grupo Goyllarisquizga) y las superiores de ambiente marino (Formaciones: Inca, Chulec y Pariatambo. La Formación Chimú forma parte del núcleo del anticlinal de Huayllapampa, mientras que las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo el flanco occidental del Sinclinal Urubamba. Se ha comprobado que no existen estudios puntuales acerca de la caracterización estratigráfica y paleoambiental por lo que genera un problema en la interpretación de los diversos ambientes de depositación de las unidades estratigráficas. Se han formulado las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la Caracterización estratigráfica y paleoambiental de la secuencia sedimentaria que aflora en las localidades de Huayllapampa y Urubamba? y entre los específicos están, ¿cuál es el porcentaje de sedimentos terrígeno y carbonatados en las secuencias Cretácicas?

El objetivo principal de esta investigación es el de determinar la caracterización litoestratigráfica y paleoambiental de la secuencia sedimentaria de las Formaciones Chulec y Pariatambo y el de determinar el porcentaje de sedimentos terrígenos y calcáreos de las secuencias. Dentro de las hipótesis planteadas están: Las características paleoambientales y estratigráficas que muestran las secuencias del Cretácico inferior, indican que se han depositado en forma continua, en una cuenca oscilante de origen mayormente continental en la base (Formación Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat) y de origen marino al tope (Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo).

Esta investigación está organizada en cinco capítulos el cual se puede observar en el índice.

Dentro del Capítulo I se tiene la Introducción,

En el capítulo II, están el Marco Teórico en donde se indican los antecedentes internacionales, nacionales y locales, también las Bases Teóricas y la Definición de Términos Básicos.

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

El capítulo IV, corresponde al análisis y discusión de resultados.

El capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones están relacionados a los objetivos.

En la parte final se tiene a las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Sagasti et al (2006), Bioestratigrafía y paleoambiente de la Formación Agrio (Cretácico Inferior), en la Provincia de Mendoza. Llegan a las siguientes conclusiones: bioestratigráficamente, se han reconocido seis bioeventos de nanofósiles calcáreos de épocas del Valanginiano superior- Hauteriviano superior que se interpretan como asociados a un episodio transgresivo que condujo a condiciones altamente eutróficas en la columna de agua (sugerido por la abundancia de radiolarios) y fondos poco aireados y deficitarios en oxígeno. Continúan condiciones marinas normales, con aguas claras y fondos fangosos bien oxigenados, con nanofósiles y una variada microfauna. Hacia el techo, la abundancia de polimorfínidos, Involutinina y Spirillinina refleja una tendencia a la somerización.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Jacay (2015), en su trabajo titulado Análisis de la sedimentación del Sistema Cretácico de los Andes del Perú Central, llega a las siguientes conclusiones: que los mayores espesores de las secuencias del Cretácico Inferior se dan sobre la zona de talud y el borde de la plataforma, mientras que hacia el alto del Marañón se tiene los espesores menores denotando ser una zona con menor subsidencia (Outer Shelf High), y sobre la actual cuenca oriental y zona subandina. Además, manifiesta que se aprecia un diacronismo en el inicio de la depositación de las arenas transgresivas del Cretáceo Inferior en toda la margen hacia los bordes del sistema transgresivo del Cretáceo Inferior.

2.1.3. Antecedentes Locales

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

Borkowski (1994), afirma que el Grupo Goyllarisquizga aflora en gran extensión en la parte occidental del territorio peruano y que se depositó en una cuenca emergida con una breve interrupción por una transgresión marina parcial Santa entre el Valanginiano Superior y el Hauteriviano.

Mejía (2014), en su estudio de la Sedimentología y Estratigrafía en el caserío de Pulluicana, realiza un análisis de las características geológicas y ambientales del Grupo Goyllarisquizga y concluye que este Grupo se caracteriza por ser una secuencia de ambiente continental regresiva.

Tafur (1950), Nota preliminar sobre la geología de Cajamarca. Describe las unidades geológicas y las correlaciona estratigráficamente, las ubica en el tiempo geológico. Realiza la clasificación bioestratigráfica de la Cuenca Cajamarca en el periodo del Cretácico Inferior.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. El medio de depositación marino

Dávila (1999), define a los lagos como depresiones producidas por diversos 'procesos geológicos colmatadas por agua más o menos tranquilas. Las formas y extensiones son muy variadas dependiendo de la estructura geológica precedente y erosionada, del tipo de roca, de los procesos geológicos desarrollados en el lugar. Los más característicos son: los formados sobre antiguas calderas, sobre cráteres, de orígenes tectónicos, sobre grabens, sobre bloques fallados, de barrera (marinos o litorales, fluviales, glaciares y eólicos). Algunos lagos son tan

extensos que se les denomina mares. Por ejemplo, El Mar Caspio, Mar Rojo, Mar Muerto.

2.2.2. Ambiente silicoclástico

Los ambientes sedimentarios más proximales y de grano más grueso son los abanicos aluviales. Se encuentran al lado de los cinturones montañosos y son producto de dos procesos deposicionales principales: flujos de detritus y flujos no confinados (debris flows y sheet flows). Estos depósitos no-marinos están pobremente representados en el registro geológico, esto principalmente por un problema de preservación (Vera 1984).

2.2.3. Rocas siliciclásticas

Las rocas siliciclásticas, se generan por procesos de erosión, transporte y depositación. Posteriormente tras su depositación sufren una serie de procesos diagenéticos, cuya consecuencia más importante es que la roca se litifica. Dentro de las rocas siliciclásticas, se pueden distinguir tres tipos de componentes:

2.2.3.1. Esqueleto

El esqueleto está formado por los clastos más grandes. Según el tamaño de los mismos podemos encontrar los siguientes tipos de rocas:

Rocas rudáceas: Formadas por clastos > 2 mm.

Rocas samíticas: Clastos entre 0,63 y 2 mm.

Rocas pelíticas: Clastos menores a 0,63 mm.

2.2.3.2. Matriz

Formada por los clastos transportados con un tamaño inferior a los clastos del esqueleto. Generalmente encontraremos los siguientes tipos de matriz: Arenosa:

Formada por clastos tamaño arena, pero de tamaño inferior a los del esqueleto.

Arcillosa: En general se percibe como una matriz de tamaño marrón oscuro en la que no se aprecia el tamaño de grano. Aunque la matriz arcillosa generalmente es deposicional también se puede formar por procesos diagenéticos a partir de la alteración de otros minerales, como los feldespatos, por ejemplo, por procesos de:

Recristalización- Deformación y disgregación de granos, alteración de granos o reemplazamiento de los mismos.

2.2.3.3. Cemento

Se forma por procesos diagenéticos y no por procesos de transporte y sedimentación como los anteriores. Su origen son aguas que circulan entre los poros durante la diagénesis y que tienen una concentración alta del cemento en cuestión.

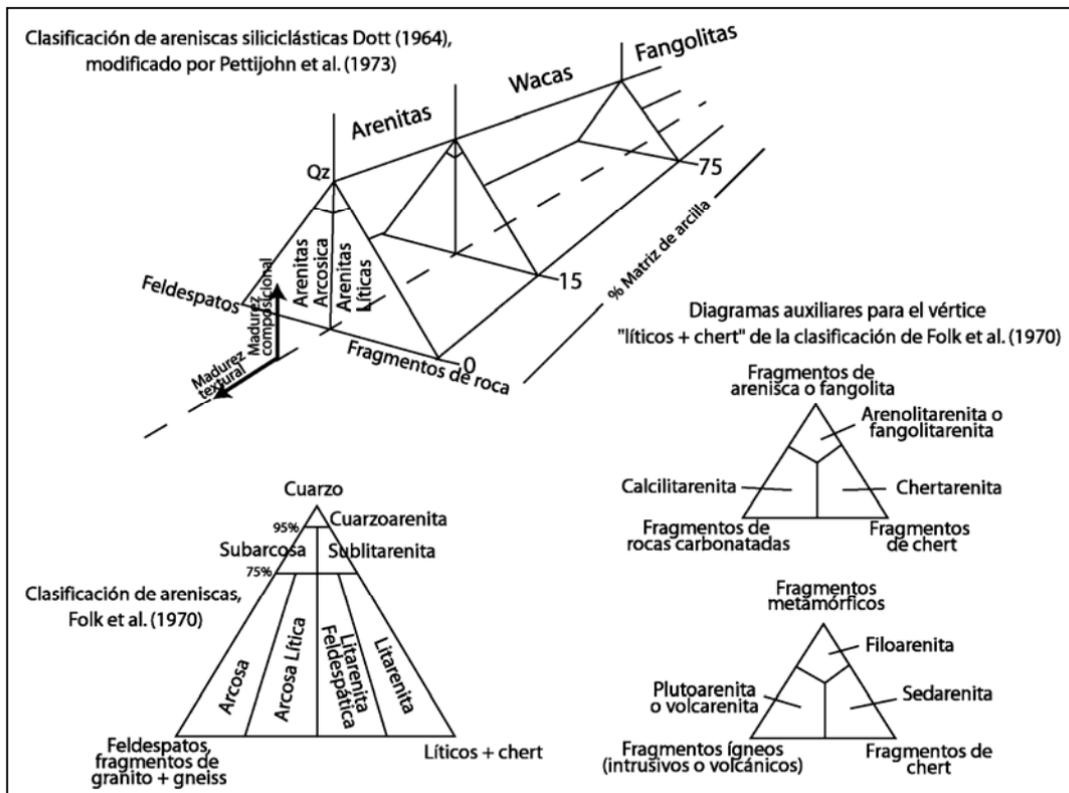


Figura 1. Clasificación de rocas siliciclásticas

Fuente: Pettijohn (1963)

2.2.4. Ambiente carbonatado

El ambiente marino somero carbonatado presenta una distribución global actual restringida comparada con los períodos geológicos de la historia de la Tierra. Mares carbonatados tan extensos como los que existieron durante el Ordovícico, Devónico, Mississippico y Cretácico no existen actualmente. (Krumbein & Sloss, 1969).

2.2.5. Principios fundamentales de la estratigrafía

2.2.5.1. Principio de la horizontalidad original

Definido por Steno, determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral. Los estudios recientes sobre la geometría de los estratos tanto en el campo como, especialmente, por técnicas del subsuelo permite conocer excepciones a este principio en las que los estratos se disponen paralelos a las superficies de depósito, pero no necesariamente horizontales, sino con una ligera inclinación original. La aplicación de este principio ha llevado a la idea actual que considera como isócronas a las superficies de estratificación. (Vera, 1994).

2.2.5.2. Principio de la superposición

Planteado por primera vez por Steno establece que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. El principio es básico para la ordenación temporal de los estratos (o conjuntos de estratos) subhorizontales y se puede aplicar a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos. Existen algunas excepciones donde no se cumple el principio, siempre ligadas a discontinuidades que impliquen etapas de erosión de materiales previos, de manera que los sedimentos nuevos se depositen en cavidades excavadas en el seno de los otros (p.ej. cuevas). En la actualidad, este principio se usa con gran frecuencia, aunque apoyándose además en el uso de criterios de polaridad vertical, y constituye la base del levantamiento de secciones estratigráficas, técnica por otra parte fundamental en todo estudio estratigráfico (Vera, 1994).

2.2.5.3. Principio del uniformismo o actualismo

Manifiesta que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo). El desarrollo de la teoría originaria lleva a su correcta aplicación como método de trabajo con algunas ligeras correcciones. Una primera es considerar que los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, y además en ellos hay un factor no repetible como es los organismos que han ido cambiando de manera lineal (no cíclica) de acuerdo con las pautas establecidas en la teoría de la evolución. La interpretación de los materiales sedimentarios antiguos por comparación con los actuales, es una de las aplicaciones fundamentales de este principio. Igualmente, el principio del actualismo, aunque tomando como referencia "actual" un intervalo de tiempo largo (p.ej. el Cuaternario) constituye la base de muchas de las interpretaciones estratigráficas. La frase originaria con la que se simplifica este principio "el presente es la clave del pasado" ha sido parafraseada por Matthews (1974) diciendo "el Cuaternario es la clave del pasado"(Vera, 1994).

2.2.5.4. Principio de la sucesión faunística o de la correlación

Constituye la base de la datación relativa de los materiales estratificados. Consiste en admitir que en cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o por formaciones), los organismos que vivieron y, que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles. Este principio permite establecer correlaciones (comparaciones en el tiempo) entre materiales de una misma edad de contextos geográficos muy distantes ya que muchos de los organismos tenían una extensión horizontal prácticamente mundial (Vera, 1994).

2.2.5.5. Principio de la simultaneidad de eventos

Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes. Estos eventos (cambios climáticos, cambios del nivel del mar,

cambios en el campo magnético terrestre, grandes terremotos, explosiones de volcanes, etc.) pueden quedar reflejados en los estratos de muy diferentes localidades y constituyen un excelente criterio de correlación, a veces a escala mundial (Vera, 1994).

2.2.6. Paleoambiente

Se denomina paleoambiente al estudio detallado de un ambiente sedimentario antiguo. Su análisis es de suma importancia pues permite reconstruir la historia pasada de los procesos geológicos (Vera 1994).

2.2.7. Bioestratigrafía

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

2.2.8. Tipos de Estratificación

Se basa en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos.

2.2.8.1. Por la geometría de los estratos

a. Estratos tabulares: Cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí.

b. Estratos irregulares, con muro erosivo: Son estratos con gran extensión lateral, con un muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía.

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

d. Estratos en forma de cuña: Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor.

e. Estratos lenticulares: Son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa.

f. Estratos ondulados: Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes o de olas.

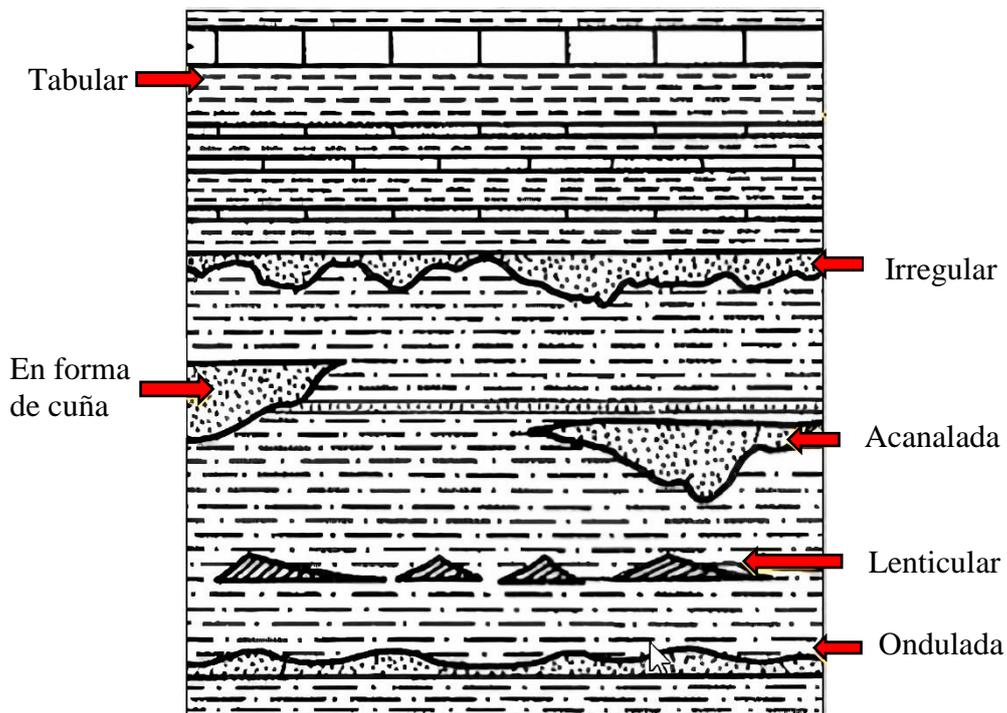


Figura 2. Tipos más simples de geometrías de estratos de acuerdo con su continuidad, forma de las superficies de estratificación y variación lateral de espesor (Vera, 1994).

2.2.9. Asociación de estratos

Cuando se analizan conjuntos de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diferentes tipos genéticos.

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

b. Aleatoria o de espesor variable: Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida.

c. Estratocreciente: Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo, dentro de cada lote. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia negativa (Lombard, 1956).

d. Estratodecreciente: Es el contrario del anterior, o sea, con disminución de los espesores de los estratos hacia el techo en cada lote. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva (Lombard, 1956).

e. En haces: Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes. Un segundo tipo de clasificación estaría basado en la litología de los estratos que se superponen. Se pueden diferenciar los siguientes tipos: homogénea cuando los estratos sucesivos tienen la misma naturaleza, heterogénea cuando estos cambian de manera desordenada, rítmica cuando alternan ordenadamente dos tipos de litología y cíclica cuando el módulo que se repite es de más de dos litologías (Vera, 1994).

2.2.10. Tasa de sedimentación

La tasa de sedimentación correspondiente de un intervalo estratigráfico concreto es la relación entre su espesor y la duración de su intervalo temporal de formación. Por tanto, para poder medir la tasa de sedimentación necesitamos dos magnitudes: el espesor del intervalo estratigráfico seleccionado y la diferencia de tiempo entre los niveles superior e inferior. En medios sedimentarios actuales se estudian los sedimentos más recientes, en especial hasta donde la técnica del carbono-14 puede ser aplicada. En ellos el espesor se obtiene por medida directa, especialmente mediante sondeos, y la diferencia de tiempo por radiometría (Vera, 1994).

Varios factores controlan la sedimentación en cada área concreta del medio receptor. La interacción de estos factores regula la litología de los sedimentos y la tasa de sedimentación. Estos factores son: aportes, subsidencia (y movimientos tectónicos) y los cambios del nivel del mar. Antes de describir el

papel de cada uno de ellos conviene definir el concepto de capacidad de recepción de sedimentos de un medio.

2.2.11. Factores que controlan la sedimentación

Varios factores controlan la sedimentación en cada área concreta del medio receptor. La interacción de estos factores regula la litología de los sedimentos. Estos factores son: aportes, subsidencia (y movimientos tectónicos) y los cambios del nivel del mar. La hipótesis del nivel de equilibrio de un medio, que implica la idea de que en todo medio hay una superficie ideal (nivel de equilibrio) que regula la capacidad de depósito del mismo. En el caso que el nivel de equilibrio esté por debajo del fondo de la cuenca habrá erosión en lugar de depósito. El nivel de equilibrio coincida con el fondo no habrá ni erosión ni depósito. Por el contrario, cuando el nivel de equilibrio está por encima de la superficie topográfica, el volumen comprendido entre ambas superficies es el volumen disponible para un posible depósito.

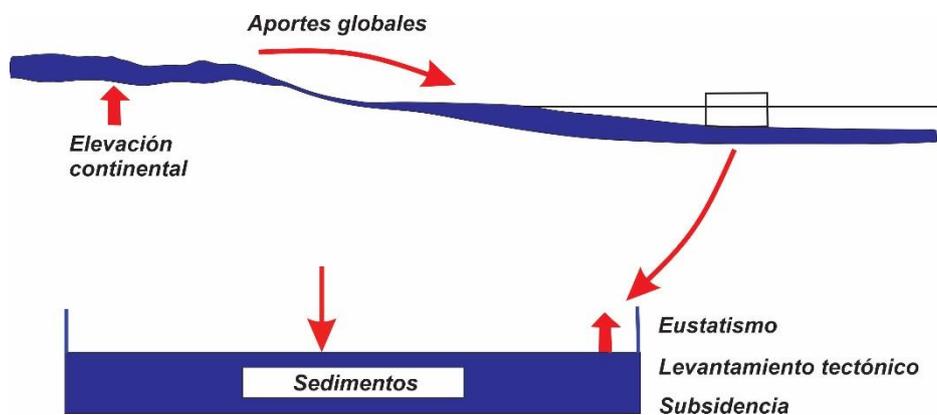


Figura 3. Factores que controlan el proceso de sedimentación.

Fuente: Vera (1994).

2.2.12. Paleoambiente

Es un ambiente o medio sedimentarios antiguo. Su estudio es de mucha importancia pues permite reconstruir la historia pasada de los procesos geológicos (Vera 1994).

2.2.13. Facies

Es el conjunto de características litológicas (composición, textura y estructuras sedimentarias) y paleontológicas que definen a una roca y que permite su diferenciación de las demás. El concepto de asociación de facies es fundamental para definir mecanismos de formación de los depósitos sedimentarios, así como proponer modelos sobre sistemas y ambientes de depósito en una cuenca sedimentaria (Vera 1994).

2.2.14. Columnas estratigráficas

Se define como una representación vertical de la superposición de distintos fenómenos físicos presentes en la naturaleza los cuales, a lo largo del tiempo geológico se depositan los diferentes estratos y que se encuentran presentes en la actualidad. La interpretación de estos fenómenos y los ambientes donde éstos se producen (continentales y/o marinos) es clave para determinar la evolución de los distintos cambios que se han producido a lo largo de la formación de la Tierra (Navarrete, 2014).

2.2.15. La ley o regla de Walther

Walter 1880-1890 lo que hizo fue integrar la litología, los fósiles y el tiempo. Los conceptos desarrollados por Gressly desde sus observaciones litológicas y paleontológicas son conocidos como la ley de Walter. En efecto, Walter dio una perfecta descripción de cómo el tiempo es registrado como rocas o superficies, justo como es puesto ahora en práctica por la estratigrafía genética, también resaltó la importancia de integrar no solamente los datos paleontológicos sino también el balance de masa de sedimentos (en volumen) con el fin de seguir la línea del tiempo (Blandon, 2002).

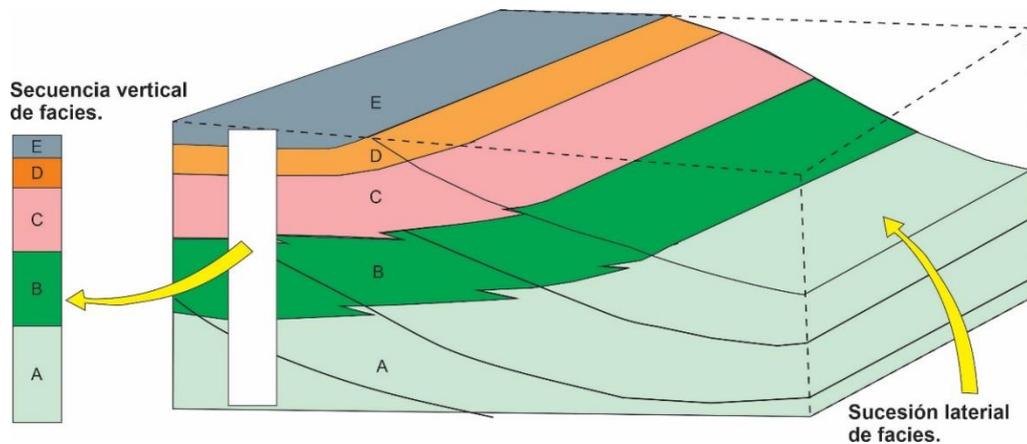


Figura 4. Ley de Walter. Block diagrama donde se representa una secuencia vertical de facies corresponde al registro a través del tiempo, de su sucesión lateral.
Fuente (Blandon, 2002).

2.2.16. Correlación estratigráfica

La correlación estratigráfica es la demostración de equivalencia de unidades estratigráficas. Dos cuerpos de roca se pueden correlacionar como pertenecientes a la misma unidad litoestratigráfica o bioestratigráfica aún si esas unidades son de diferentes edades.

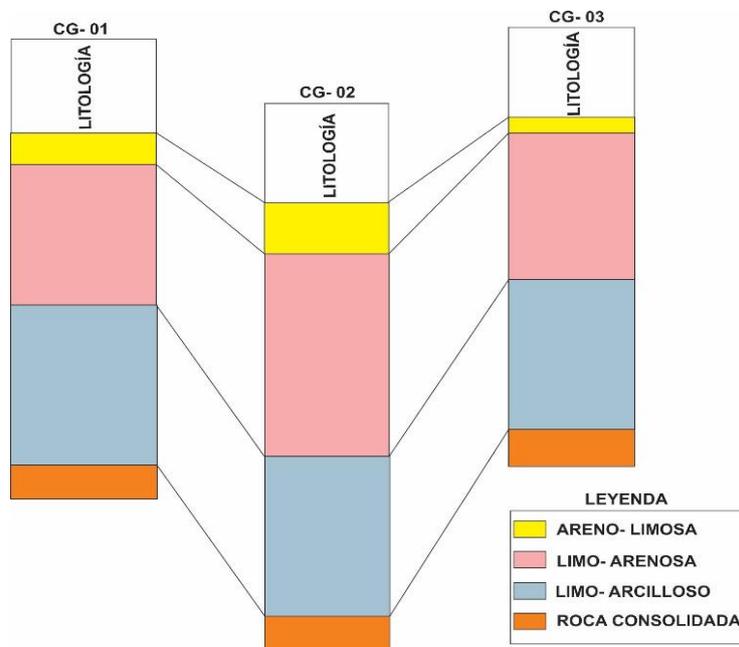


Figura 5. Ejemplo de Correlación litoestratigráfica (Blandon, 2002).

2.2.17. Bioestratigrafía

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

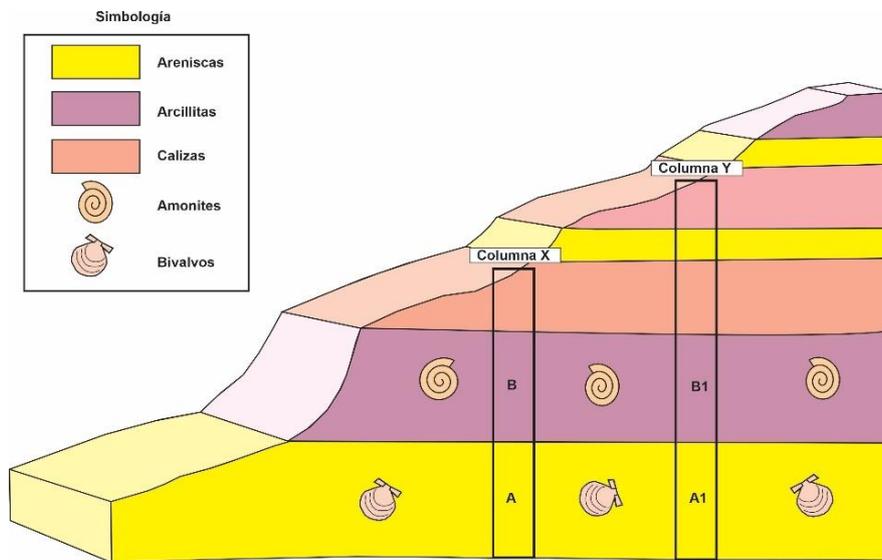


Figura 6. Correlación bioestratigráfica. Nótese que las unidades A y B que pertenecen a las columnas x e y respectivamente son correlacionables bioestratigráficamente.
Fuente: Blandon (2002).

2.2.18. Textura de Rocas Clásticas

El conjunto de propiedades que permiten caracterizar el aspecto de los granos de un depósito sedimentario tiene mucha importancia en las tareas de reconstrucción paleo ambiental. La textura de las rocas sedimentarias puede quedar definida por el tamaño, la forma y la disposición que adoptan los componentes, pero de ellos sin duda el tamaño de grano es el elemento principal en los análisis estratigráficos ya que constituye un factor descriptivo saliente de las rocas que componen las secuencias, tiene valor sistemático y reúne una serie de conceptos de gran utilidad en las reconstrucciones paleo

ambientales (Spalletti, 1980). Los estudios de tamaños comprenden no solo la descripción granulométrica de cada una de las unidades de sedimentación sino la definición de la distribución de frecuencias. Si bien esta última requiere la inserción de técnicas específicas que escapan a las simples caracterizaciones de campo. El resultado de estos análisis podría expresarse en términos de dos aspectos de valor interpretativo. Por un lado, tratar de definir el tamaño medio y máximo de los depósitos, así como apreciar el grado de selección de la unidad y por otro caracterizar la distribución de frecuencias acumulativas.

Tabla 1. Clasificación del tamaño de los sedimentos.

CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS TERRÍGENOS				
Energía de transporte	Tamaño phi (\emptyset)	Tamaño (cm)	Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Muy alta	-6	32	Peñasco	Conglomerado
	-5			
	-4			
	-3			
Alta	-2	16	Matatenas	
	-1			
	0			
	1			
Intermedia	2	8	Gujarros	
	3			
	4			
	5			
Baja	6	4	Granulos	
	7			
	8			
Muy baja		2	Arena muy gruesa	Arenisca muy gruesa
		1	Arena gruesa	Arenisca gruesa
		0.5	Arena mediana	Arenisca mediana
		0.25	Arena fina	arenisca fina
		0.12	Arena muy fina	Arenisca muy fina
		0.06	Limo grueso	Limolita gruesa
		0.03	Limo mediano	Limolita mediana
		0.01	Limo fino	Limolita fina
		0.0005	Limo muy fino	Limolita muy fina
		0.00025	arcillas	Arcillita

Fuente: Wentworth (1922)

A nivel paleo ambiental, los coeficientes más utilizados son: tamaño medio y desviación standard (que permite apreciar la selección del depósito), todos obtenidos por simple cálculo estadístico a partir de parámetros de las distribuciones de frecuencias acumulativas.

La importancia de estas determinaciones estadísticas radica en su valor como indicadores de los procesos de transporte y sedimentación de los componentes clásticos. Así la media constituye un parámetro evaluativo de la energía cinética promedio de los agentes y la desviación standard (o selección) es altamente sensible en definir la fluidez del medio de transporte y sedimentación. De esta manera los depósitos gruesos responden a agentes vigorosos y los mejor seleccionados a corrientes más fluidas (poco densas o poco viscosas), contrariamente, los finos se deben a agentes muy lentos o de energía cinética nula y las de baja selección a corrientes densas y/o viscosas o de muy baja fluidez. En relación con la desviación standard, los resultados alcanzados en los análisis estadísticos son válidos cuando se cotejan muestras de granulometría similar. Al respecto se ha advertido que sobre todo a medida que decrece el tamaño de los depósitos resultantes se produce progresivo incremento en las cifras de la desviación standard lo que en términos sedimentológicos podría ser interpretados como un decrecimiento en la selección resultante.

2.2.19. Clasificación de Rocas Carbonatadas

En esta clasificación se distingue dos tipos de carbonatos (rocas y sedimentos carbonatados), los de textura deposicional reconocible, y los de textura cristalina en donde no es posible reconocer la textura deposicional (Figura 5).

- **Mudstone:** Son rocas con textura matriz soportada con menos del 10% de granos.
- **Wackestone:** Son rocas con textura matriz soportada con más del 10% de granos.
- **Boundstone:** Son rocas calcáreas donde los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debido a la acción de organismos bioconstructores (corales, algas).
- **Packstone:** son rocas que poseen una textura grano soportada y con matriz de lodo calcáreo.

- **Grainstone:** son rocas calcáreas que posee una textura grano soportada y sin matriz micrítica. El espacio intergranular puede estar ocupado por cemento.

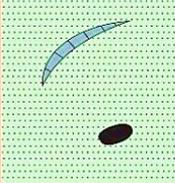
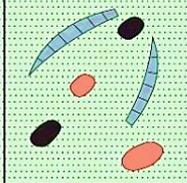
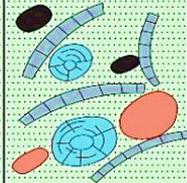
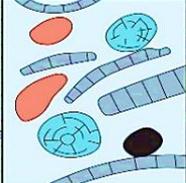
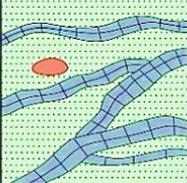
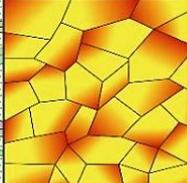
Textura depositacional reconocible					Textura depositacional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado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

Figura 7. Sistema de Clasificación de rocas carbonatadas (Dunham, 1962).

2.2.20. Piso

Se define como piso a grupos de estratos que contienen el mismo conjunto de fósiles. Los límites de los pisos se definen a intervalos marcados por la última aparición o desaparición de conjuntos distintivos de formas de vida. Boggs (1995).

2.2.21. Zona

Están constituidas por unidades de escala pequeña definidas por los rangos estratigráficos de especies de fósiles, no importando la litología de las capas que tienen los fósiles en donde las especies existieron en un corto tiempo geológico. Cada uno de esos conjuntos, está limitado en su base por la aparición de nuevas especies distintivas y en su tope (eso es la base de la sección subsiguiente), por la aparición de nuevas especies. Eso es la yuxtaposición de rangos estratigráficos de las especies que hacen que el

conjunto de fósiles tipifique una zona. Debido a que una zona representa el tiempo entre la aparición de especies escogidas con la base de la zona y la aparición de otras especies escogidas como la base de la próxima zona subsiguiente, el reconocimiento de estas zonas permite la delineación de unidades de tiempo de pequeña escala. A cada una le fue asignada después una especie fósil particular llamada un fósil índice o especie índice; la cual es una especie fósil en el conjunto de especies que caracterizan la zona. El concepto de zona permite la subdivisión de los pisos en dos o más unidades bioestratigráficas distintivas que se pueden reconocer y correlacionar a grandes distancias Boggs (1995).

2.2.22. Importancia de los Fósiles

Los organismos se pueden clasificar de diferentes maneras, incluyendo el hábitat (planctónicos, nectónicos, bentónicos) y la distribución ambiental (litoral, nerítico, batial, abisal). La clasificación taxonómica que se basa en las similitudes morfológicas y evolutivas y en las relaciones genéticas es más adecuada para el reconocimiento y evolución de la zonación bioestratigráfica. Los organismos se suelen agrupar dentro de una jerarquía de diferentes categorías teniendo en cuenta el número de características distintivas compartidas en común. Los organismos en la categoría más baja tienen el mayor número de características comunes; y los de las categorías mayores tienen pocas características comunes Boggs (1995).

2.2.23. Dispersión de Organismos

Los factores que afectan la dispersión de los organismos y plantas terrestres son diferentes a los que controlan la dispersión de los organismos marinos. Igualmente, la distribución de los organismos invertebrados marinos es controlada por factores diferentes a los que controlan la distribución de los grupos vertebrados marinos. (Figuras 6, 7, 8 y 9).

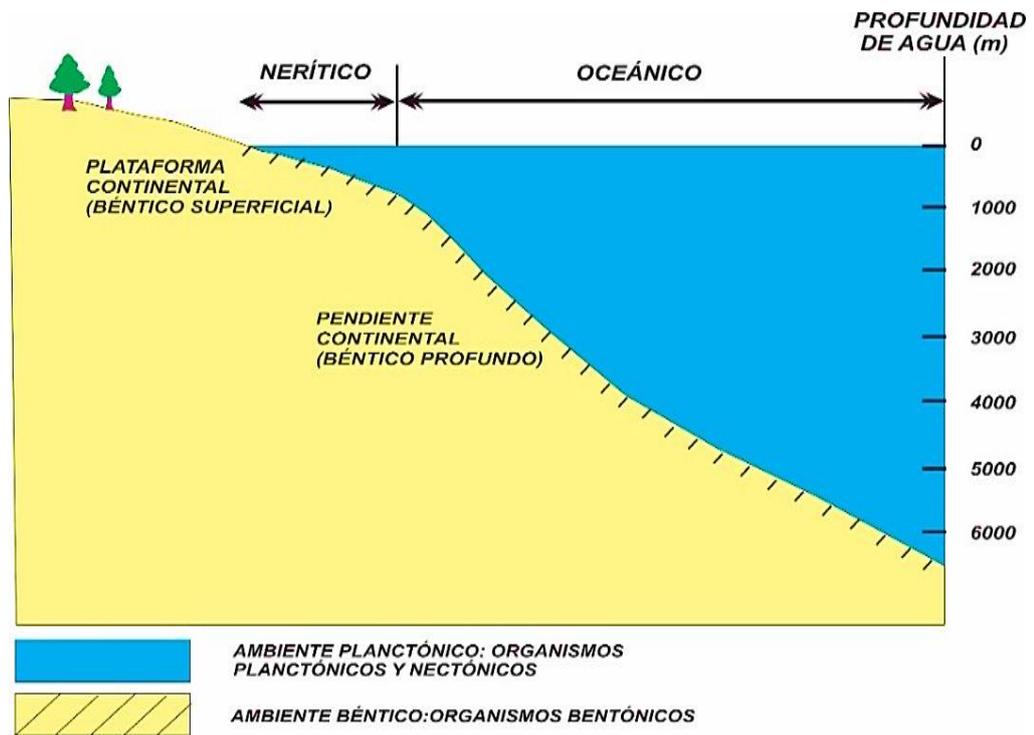


Figura 8. Subdivisiones del ambiente marino: dominios pelágicos (toda la columna de agua) y bénticos para el fondo marino Walker (1980) modificado por Tarbuck (2005).

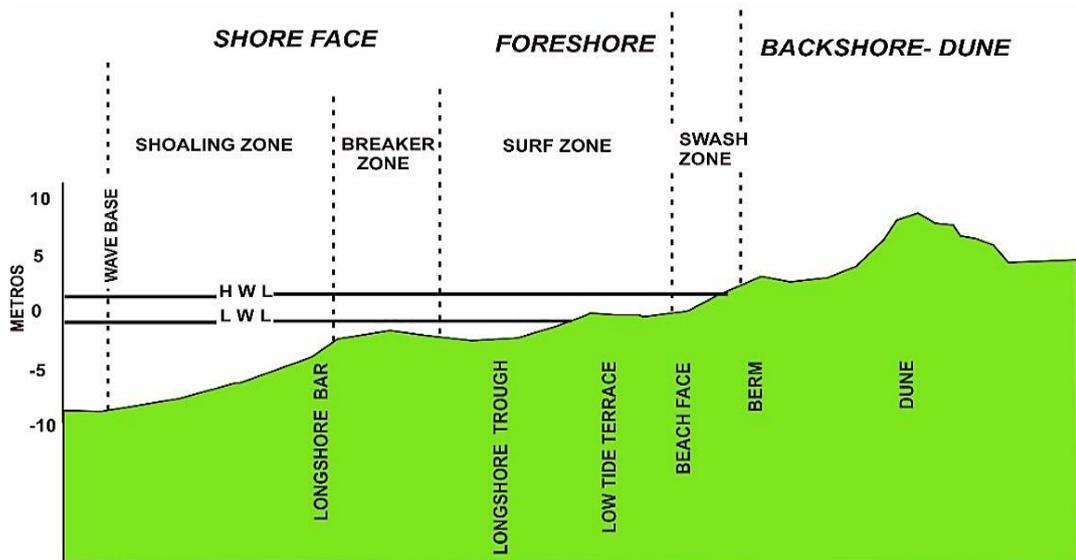


Figura 9. Perfil generalizado de una isla de barrera y de los ambientes costeros Walker (1980) modificado por Tarbuck (2005).

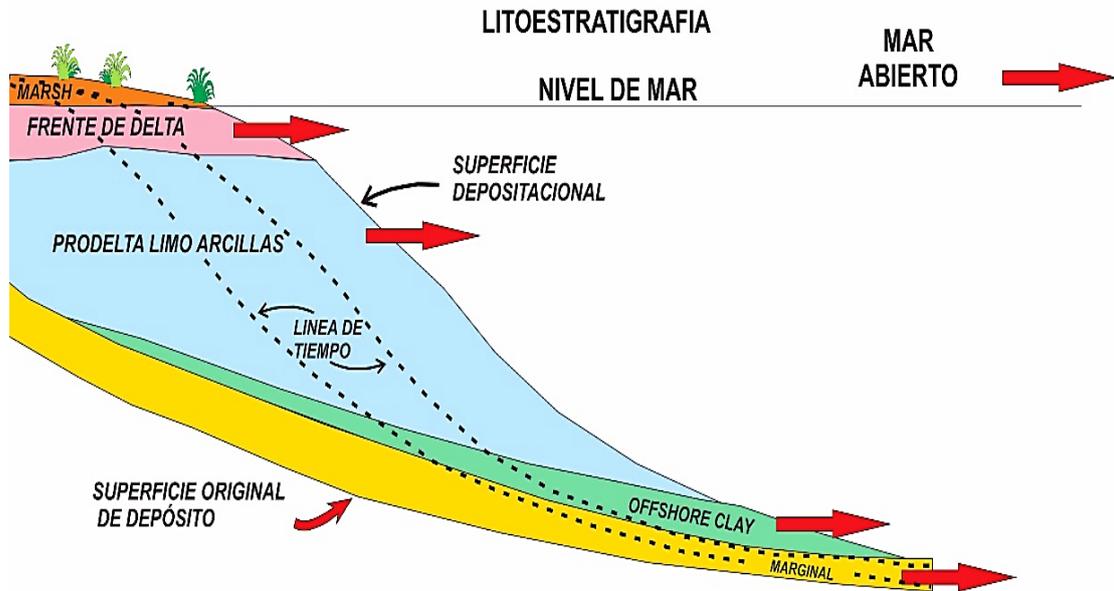


Figura 10. Diferentes tipos de facies en un ambiente transicional (Walker, 1980) modificado por Pisconte (2014).

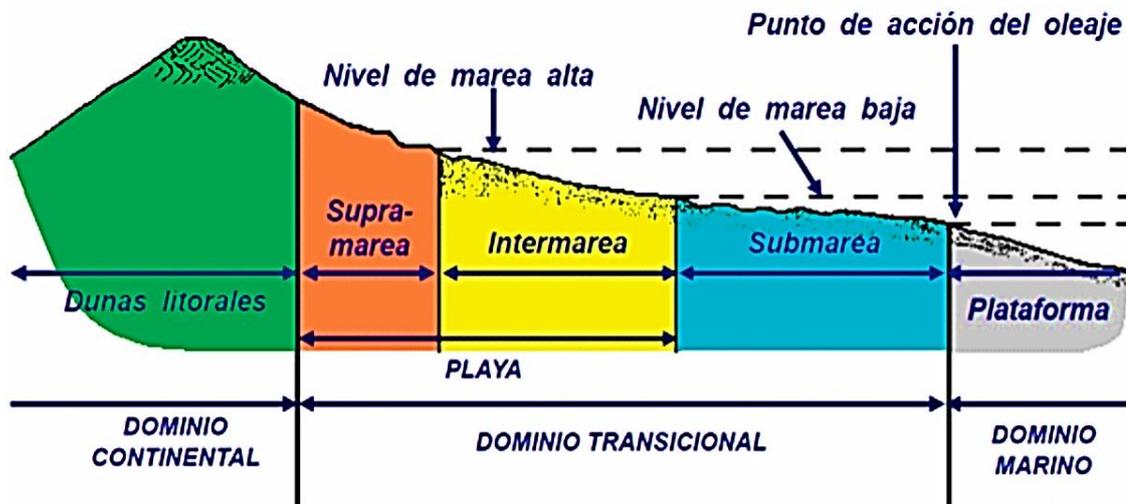


Figura 11. Dominio continental, transicional y marino Walker (1980) modificado por Pisconte (2014).

2.2.24. Medios ambientes Continentales

Los ambientes continentales están dominados por la erosión y la deposición asociada a corrientes en algunas regiones frías, las masas de hielo glacial en movimiento sustituyen el agua corriente como proceso dominante en las regiones áridas (así como en algunos puntos litorales) el viento asume mayor

importancia es evidente que las naturalezas de los sedimentos depositados en los ambientes continentales reciben una fuerte influencia del clima (Dávila, 2011).

Tabla 2. Clasificación de los medios sedimentarios

Continental	Desértico Glaciar Aluvial Fluvial Lacustre
Transicional	Deltaico Playero Estuarino Isla Barrera - Lagoon
Marino	Plataforma Talud Llanura abisal

Fuente: Walker (1980) modificado por Blandon (2002).

El dominio pelágico es habitado por organismos planctónicos y nectónicos; Los organismos bentónicos ocupan los ambientes del fondo del dominio béntico. La distribución de organismos invertebrados marinos es controlada por factores diferentes a los que controlan la distribución de grupos de vertebrados marinos, los organismos invertebrados marinos se pueden dividir en tres tipos de acuerdo a su hábitat: Plancton, necton y bentos. Los organismos planctónicos son de tamaño microscópico que viven suspendidos a profundidades superficiales dentro de la columna de agua y tienen poca habilidad para dirigir sus propios movimientos; se distribuyen más o menos por la acción de las corrientes y de las olas y pueden ocupar amplias áreas dentro de todos los tipos de ambiente del océano abierto debido a que ellos reflejan el hábitat del dominio pelágico y no el ambiente del fondo dentro del cual ellos caen cuando mueren, su presencia en rocas sedimentarias antiguas es de limitado valor en la interpretación ambiental los organismos planctónicos son fósiles excepcionalmente útiles para la zonación y correlación bioestratigráfica debido a su amplia distribución (Blandon, 2002).

2.2.25. Ambiente Marino

Corresponden a ambientes en que la energía de transporte está en 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 atraviezan sometidos a la influencia de su mecanismo de transporte los ambientes marinos se dividen según su profundidad:

2.2.25.1. Ambiente sedimentario nerítico

Se trata del ambiente sedimentario que se forma en los fondos marinos cerca de la costa y en la plataforma continental. Esto abarca desde los 0 m hasta los 200 m de profundidad aproximadamente. En estos ambientes se depositan arcillas, areniscas y restos calcáreos de conchas y otros desechos biológicos. Una variante de este tipo de ambiente son los arrecifes de coral, donde el aporte biológico es fundamental, por los sedimentos calcáreos de los corales. (Castro, 2000).

2.2.25.2. Ambientes sedimentario batial

Este va desde los 200 hasta los 1.800 m de profundidad, es decir más allá de la plataforma continental. Aquí se reciben aportes de sedimentos de las corrientes costeras, el oleaje profundo y por el arrastre de gravedad en la pendiente del borde continental (Castro, 2000).

2.2.25.3. Ambientes sedimentario abisal

Se trata del ambiente sedimentario que se forma en las máximas profundidades marinas, donde son arrastrados muchos tipos de sedimentos finos. Por otra parte, se precipitan al fondo todo tipo de restos biológicos de las partes superiores, siendo un sedimento lodoso con abundantes sales disueltas y detritos orgánicos (Castro, 2000).

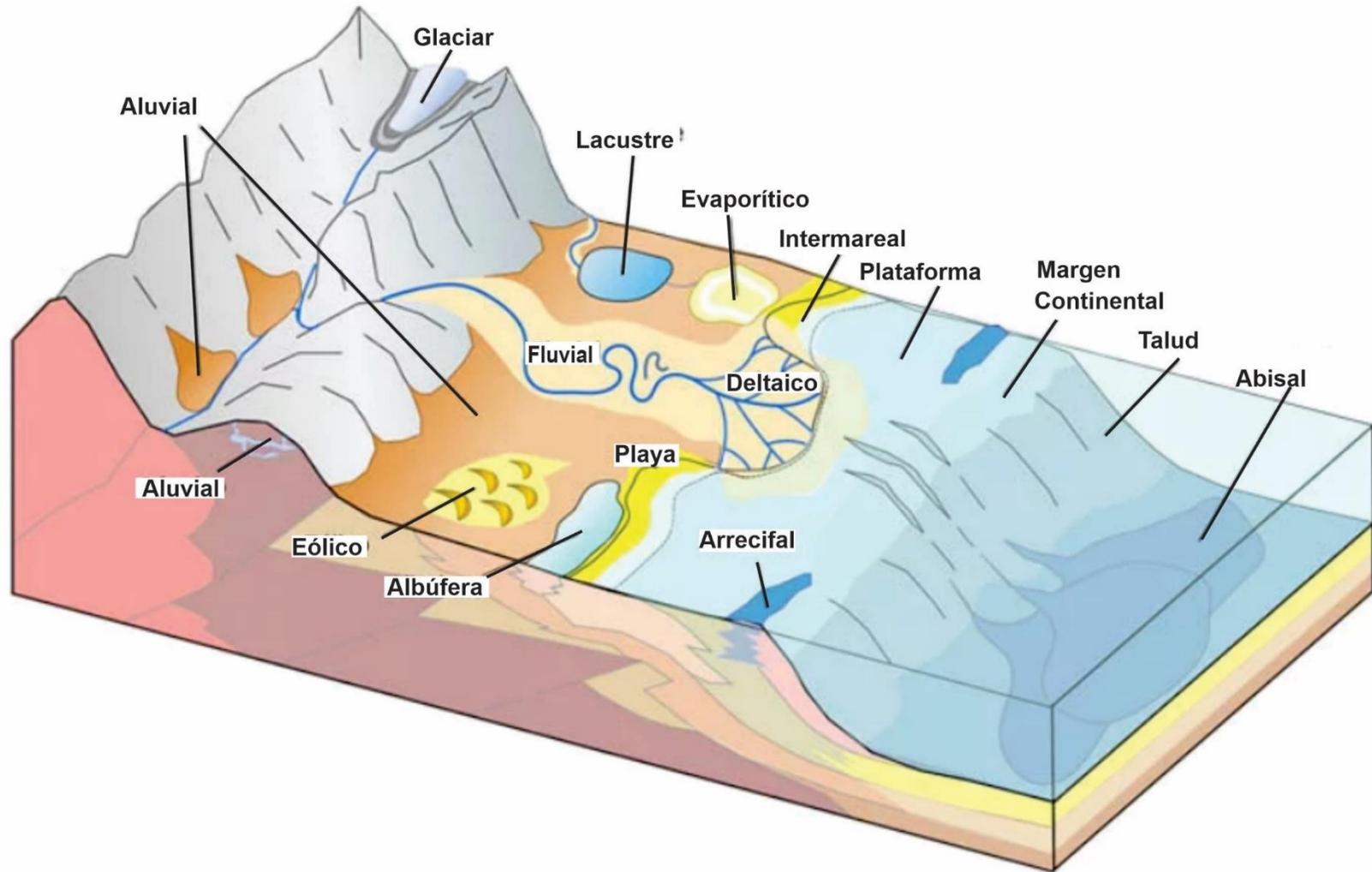


Figura 12. Ambiente sedimentario continental, marino y transicional (Walker, 1980).

2.2.26. Ambientes sedimentarios mixtos o de transición

Se denominan así por tratarse de ambientes a medio camino entre el ambiente terrestre o continental y el marino, por lo que en su formación actúan factores tanto continentales como marinos. Dentro de los ambientes sedimentarios mixtos existen:

2.2.26.1. Ambientes sedimentario deltaico

El delta es un área con varios brazos de un río desembocando al mar y en su formación inciden procesos fluviales, aluviales y mareas. De esta forma se crean ambientes de pantano, llanuras de inundación, depósitos de cantos rodados, entre otros ambientes sedimentarios (Castro, 2000).

2.2.26.2. Ambientes sedimentario estuarino

Los factores que inciden en la formación de este ambiente sedimentario mixto son similares a los del delta. Pero, en este caso no hay numerosos brazos del río, ni meandros, sino una desembocadura única expalada en la boca con penetración marina hacia ella. Aquí la clave está en el flujo y reflujo de las aguas del río y de las mareas marinas, las cuales provocan que en sus orillas se formen áreas pantanosas donde ocurre la sedimentación de material fino. Por otra parte, la entrada de las mareas aporta gran cantidad de sedimentos, incluida una alta carga de sales. Los sedimentos estuarinos son muy ricos en nutrientes, de ahí la alta productividad de estos ecosistemas(Castro, 2000).

2.2.26.3. Ambientes sedimentario costero

La línea de costa es otro ambiente donde la deposición de sedimentos ocurre tanto por influencia marina como por factores continentales, ya que el oleaje arrastra a la costa arena, conchas y otros fragmentos. Por otra parte, el viento y el agua de escorrentía o de ríos contribuyen también a dar forma al ambiente(Castro, 2000).

2.2.27. Características del ambiente de los ammonites

Taxonomía

Fillum: Mollusca (moluscos)

Clase: Cephalopoda (cefalópodos)

Subclase: Ammonoidea (ammonites)

Los ammonoideos (ammonites) son un grupo de cefalópodos (como los pulpos, sepias y calamares) con concha externa dividida en cámaras por tabiques replegados en su contacto con ésta. Los tabiques están atravesados por uno o dos sifones que las comunica, (como los actuales nautilus, pero en posición ventral). La morfología que presentan las conchas es muy variada, aunque mayoritariamente suele ser cónica y enrollada en espiral.

2.2.27.1. Distribución temporal

Aparecen en el Devónico (380 M.a.), desapareciendo en el Cretácico (65 M.a.). Han vivido en aguas pocas profundas, nadadores lentos, evitaban las olas. También se les ha encontrado en mares continentales. Se han descrito alrededor de 2,000 géneros de ammonoideos. La concha de los ammonoideos, salvo algunas excepciones, tiene forma planispiral, compacta. La concha puede ser involuta o evoluta, y su forma general, aplanada, comprimida, globular, subesferoidal, etc. Sus dimensiones oscilan entre 1 cm. y 3 metros. Fueron organismos tetrabranquiales. La posición del sifúnculo fue ventral (en la mayoría), marginal, periférico, o en posición dorsal. Presentaba septas plegadas, con sillas y lóbulos definidos. A diferencia de los nautiloideos, los ammonoideos presentaban a menudo ornamentación variada. Algunos muestran ligeramente costillas, líneas de crecimiento, tubérculos, constricciones (surcos pronunciados que destacan a intervalos entre las costillas), aurículas, quillas, espinas, orejetas).

2.2.27.2. Interés científico

Poseen un inestimable valor estratigráfico, ya que sirven para datar con extrema exactitud los sedimentos marinos con una antigüedad comprendida entre 395 y 65 millones de años. Esto es debido a que fueron animales marinos muy abundantes en ese período de tiempo y a la rápida evolución que sufrieron en la morfología de sus conchas. Se han descrito unas 10.000 especies. A nivel paleoecológico indican ambientes marinos alejados de la costa (sedimentos pelágicos) o de plataforma, como los umbrales jurásicos,

los fondos pelágicos del Cretácico inferior o las plataformas carbonatadas del Triásico medio, más raramente en sedimentos costeros. Arkell et al, (1957).

2.2.27.3. Modo de vida

Se cree que vivían a profundidades comprendidas entre los 50 y 100 m, aunque algunos de ellos podrían hacerlo a profundidades superiores a los 700 m. Su modo de vida era muy variable, existiendo especies prácticamente sésiles y otras que eran excepcionales nadadoras. Como los cefalópodos actuales, debieron ser carnívoros, alimentándose de peces y crustáceos. El representante actual más parecido a ellos es el Nautilus. (Arkell et al, 1957).

2.2.27.4. Relación de la forma de la concha con los ambientes sedimentarios

Arkell et al. (1957), discuten la forma de la concha relacionado a la litología donde se preservan los amonites. Estos están restringidos a estratos de origen marino, teniendo ocurrencias de amonites en diferentes litologías, sin embargo, la mayoría de estos han sido preservados en lutitas y en calizas, por el buen grado de conservación que ofrece la roca. A pesar de ello, se tiene presente que no es un factor determinante considerar a los amonites propios de sedimentos finos y profundos. Se muestra la gran variedad de ambientes que están presentes los cefalópodos, especialmente los amonites. Para conocer el ambiente que habitaban las diferentes especies de amonites, se debe estudiar la posición del centro de gravedad y de flotación de la concha, las cuales determinan la forma de desplazamiento. A partir de estas observaciones medibles se puede hallar la estabilidad estática y dinámica. Por estos criterios se puede determinar si se trataba de buenos o malos nadadores, lo que nos restringe a un determinado medio sedimentario.

2.2.27.5. Criterios de clasificación

Se clasifican en función de la morfología de su concha y de la ornamentación de ésta, teniendo en cuenta las siguientes características:

Tamaño, tipo de enrollamiento de la concha, grado de involución (si al crecer unas cámaras cubren a las anteriores se dice que es involuto, si no las cubre evolutivo), velocidad de crecimiento del diámetro de la espira (si la sección de la espira crece rápidamente o lentamente) y forma de la sección de ésta (circular, ovalada, ojival) entre otras formas (Arkell et al, 1957).

Elementos ornamentales: Ornamentación, la concha de los amonites suele estar recubierta por líneas de crecimiento, abultamientos, líneas de sutura y otros elementos que son esenciales para la determinación del espécimen.

Costillas, se describe la dirección de las costillas, su inclinación, si son largas, cortas, aplanadas, rectas, inclinadas, oblicuas, suaves, toscas, la distancia entre ellas, si son bifurcadas, de triple o más separaciones.

Tubérculos, se refiere a observar y describir las protuberancias existentes en los flancos del amonite. Pueden estar cercanos al vientre, al dorso o zonas intermedias. Se debe apreciar si son redondeados, puntiagudos, toscos, de base ancha, leves, y la relación que tenga con el número de costillas, de preferencia en la última vuelta (Arkell et al, 1957).

Nudos, bullae, clavi, se debe indicar estas protuberancias a modo de botones en la última espira, en los flancos o en la zona ventral. Las protuberancias o nudos elongados y curvados son bullae. Clavi son protuberancias en los vientres o zonas ventrolaterales (hombros), donde las costillas suelen estar curvadas.

Suturas, son líneas o patrones en el molde interno del fragmento por los límites septales. Representan la unión entre las septas y la pared conchífera. Deben ser estudiadas en su totalidad desde ambas zonas dorsales, ya que son de gran valor sistemático. Estas suturas suelen presentar inflexiones (adapicales) conocidas como lóbulos y sillas (adapicales). Se debe indicar si las sillas o lóbulos son redondeados, cuadrados, sub- cuadrados, ramificadas, dentadas, sinuosas. Si se presentan suturas complejas, deberán indicarse si hay lóbulos menores y como es su presentación (Arkell et al, 1957).

Derecha: se muestran el fragmento dividido por septas y la cámara habitación, los que están rodeados por un canal sifonal que les permite regular la profundidad, estructuras basadas en los rasgos de los Nautiloideos. La

flecha negra indica el centro de gravedad aproximado del cuerpo. Derecha: D: diámetro, A: ancho, U: distancia entre el ombligo y el vientre, H: altura de la última vuelta. (Arkell et al, 1957).

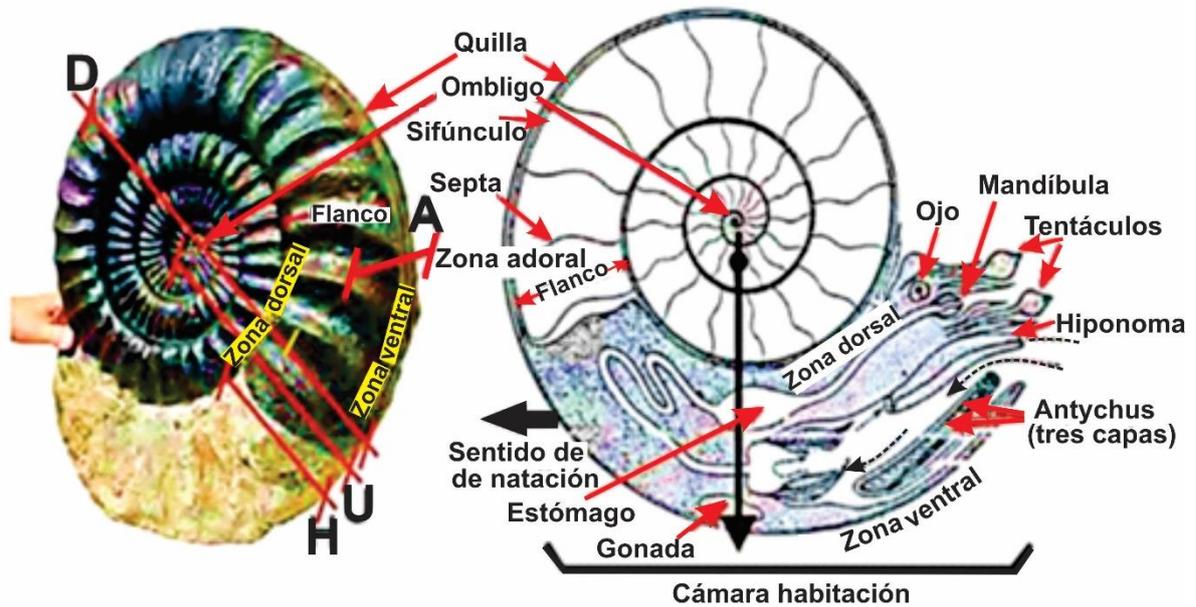


Figura 13. Sección transversal de un Ammonite en el plano de simetría.

Fuente: Arkell et al,(1957) modificado por Blandon, 2002).

2.2.28. Biocorrelación

Las unidades bioestratigráficas son unidades estratigráficas objetivas observables identificadas con base en su contenido fósil, por lo tanto, se pueden trazar y aparear de una localidad a otra tal como se traza una unidad litoestratigráfica. Por ejemplo, las zonas de conjunto y las zonas de abundancia pueden atravesar las líneas de tiempo (diacrónicas) cuando se trazan lateralmente.

De otro lado, las zonas de intervalo, particularmente las definidas por la primera aparición de taxón producen líneas de correlación que coinciden en general con las líneas de tiempo. Las unidades bioestratigráficas se pueden correlacionar independientes de su significado en el tiempo usando los

mismos principios empleados en correlación de unidades litoestratigráficas (apareando por identidad y posición en la secuencia estratigráfica).

Tabla 3. Clasificación de los organismos según su ambiente de vida.

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

Fuente: Arkell et al (1957).

2.2.29. Correlación de zonas de conjuntos

Las zonas de conjunto, se basan en agrupamientos distintivos de tres o más taxa sin registro de sus límites de extensión. Se definen por diferentes sucesiones de faunas o floras y ellas se suceden cada una a la otra en la sección estratigráfica sin vacíos o traslapes. Las zonas de conjunto tienen particular significado como indicadores de ambiente, las cuales pueden variar en gran medida regionalmente. Además, ellas tienden a ser de mayor valor en correlaciones locales. No obstante, algunas zonas de conjunto que se basan con conjuntos planctónicos marinos se pueden usar para correlación en áreas mucho más amplias.

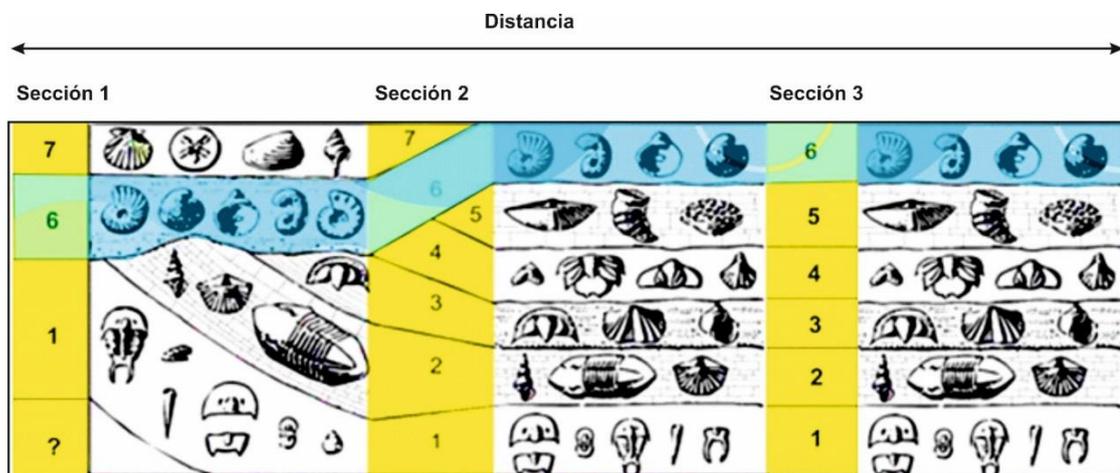


Figura 14. Diagrama general que ilustra el principio de correlación por zonas de conjunto de tres columnas estratigráficas en tres áreas adyacentes. (Arkell et al, 1957).

El color celeste indica que la unidad 6 es correlacionable por el contenido fósilífero en la sección 1, 2 y 3. La distancia suele ser a escala kilométrica incluso. Shaw (1964) anota que los límites entre zonas de conjunto son inherentemente borrosos debido a que los límites arriba y debajo de esta zona serán zonas de transición en las cuales la parte del conjunto fósil característico estará perdido debido a que este aún no ha aparecido o ya se ha desvanecido. Además, hay límites prácticos para la exactitud que se pueden obtener por correlaciones con zonas de conjunto. Parte del problema en la correlación por

zonas de conjunto radica en el hecho que el número de taxa fósil que un bioestratígrafo debe trabajar es tan grande que es difícil visualmente asimilar los datos y dibujar límites de zonas significantes (Figura 9). Para resolver este problema los primeros científicos tendieron a reducir el número de taxa cuya distribución sería estudiada, o ellos trataron de hacer muestras compuestas. Una solución más reciente a este problema es aplicar las técnicas de análisis estadístico multivariado para reconocer y delinear las zonas de conjunto. Esas técnicas cuantitativas proporcionan unas bases estadísticas racionales para delinear zonas con base en gran número de taxa sin tener en cuenta la decisión del bioestratígrafo.

2.2.30. Correlación por zonas de abundancia

Las zonas de abundancia, se definen por la máxima abundancia de una o más especies, géneros u otros taxones antes que por la extensión del taxón. Representan un tiempo o tiempos cuando un taxón particular estuvo en el máximo de su desarrollo con respecto al número de individuos. La opinión prevaleciente es que muchas zonas de abundancia son inciertas y no satisfactorias para correlación estratigráfica del tiempo.

Esta opinión se basa en el hecho aparente que no todas las especies obtienen una máxima abundancia, o que, si ellas lo hacen, este pico no es necesariamente registrado por los estratos de especímenes abundantes. Además, los picos de abundancia que se registran en el registro estratigráfico se pueden relacionar a condiciones ecológicas locales favorables que pueden ocurrir a diferentes tiempos en diferentes áreas y que pueden persistir en un área mucho más tiempo que en otra.

La máxima abundancia puede así representar ambientes locales esporádicamente favorables, ambientes repentinamente desfavorables que causan mortalidad en masa, o concentración mecánica de las conchas de organismos después de muertos. La figura 9 muestra que los picos de abundancia por zonas (que es diagonal) se cruzan con la línea del tiempo que es horizontal.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Bioestratigrafía. Es la datación geológica que se basa en el estudio de los fósiles que se encuentran en los estratos (Dávila, 2011).

Caliza. Es la roca sedimentaria de origen químico que está compuesta esencialmente de carbonato de calcio (Dávila, 2011).

Facies sedimentarias. Se denomina facies sedimentarias al conjunto de características litológicas y fosilífera de una unidad estratigráficas que es de mucha utilidad para distinguirla de las otras facies adyacentes (Gressly, 1838).

Correlación estratigráfica. Es la demostración de la correspondencia en carácter y/o en posición estratigráficas (Reguant, 2001).

Litoestratigrafía. Es la parte de la estratigrafía que se ocupa de la descripción y nomenclatura de las rocas, basándose en su litología y sus relaciones estratigráficas (Reguant, 2001).

Unidades cronoestratigráficas. Son aquellas unidades constituidas por el conjunto de estratos formados durante un tiempo determinado (Navarrete, 2014).

Cuenca sedimentaria. Las cuencas sedimentarias son las áreas de la superficie terrestre en las que se han podido acumular grandes espesores de sedimentos durante un largo intervalo de tiempo. De acuerdo con el esquema del ciclo geológico expuesto anteriormente la existencia de cuencas sedimentarias, donde se acumulan importantes volúmenes de sedimentos, implica la existencia simultánea de sectores de la corteza sometidos a denudación y erosión (Vera, 1994).

Fósiles guía. Nombre que reciben los restos de plantas o animales prehistóricos que aportan información sobre el estrato rocoso en que se encuentran. Los fósiles guía pueden utilizarse para determinar la edad de los sedimentos que forman las rocas o el medio ambiente en el que se depositaron tales sedimentos (ECURED, 2021).

Estrato. Es un conjunto de rocas, que posee un espesor más o menos uniforme, que genéticamente se extiende en sentido horizontal que posee un espesor variable y que está separada de otros estratos. Se depositan en forma horizontal (Vera 1994).

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

Estratigrafía. La estratigrafía tiene especial aplicación en el estudio de la reconstrucción del movimiento de las placas (tectónica de placas) y en desenredar la historia intrincada de los movimientos hacia el mar y la tierra de la línea de costa (transgresiones y regresiones; el ascenso y descenso del nivel del mar a través del tiempo. Esto se puede determinar gracias a los recientes desarrollos de la sismología y el paleomagnetismo (Blandón, 2002).

Formación. Es una secuencia de rocas generalmente de características semejantes en cuanto a litología, fósiles y edad. Por lo tanto, poseen unas facies semejantes y cercanas y fuentes de aportes de materiales también semejantes. Representa la unidad litogenética fundamental en la clasificación local y regional de las rocas. determina también la ubicación exacta en la columna geológica de la región y por lo tanto la edad de las rocas. Algunas formaciones tienen alcance regional y territorial (Dávila, 1999).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Política

Se ubica en la Región Cajamarca, Provincia de Cajamarca, entre las localidades de Huayllapampa y Urubamba.

3.1.2. Ubicación Geográfica

El área de estudio se localiza en la Cordillera Occidental de los andes del Norte peruano en la Región Cajamarca, a una cota superior a 2700 msnm. Geográficamente se encuentra en la Región de Cajamarca, a 15 km aproximadamente. Se ubica con coordenadas sistema UTM, DATUM, WGS-84 y que corresponde a la zona 17S.

Tabla 4. Coordenadas en UTM- WGS 84, del área de estudio

Vértice	Longitud	Latitud
1	768484	9212527
2	768484	9207527
3	760484	9207527
4	760484	9212527

3.1.3. Accesibilidad

El acceso es por la carretera que va desde el Puente Huánuco, Laguna Chamis. La otra carretera es la que va de Cajamarca hacia Cumbemayo-Chetilla.

Tabla 5. Accesibilidad a la zona de estudio

Tramo	Tipo de vía	Distancia	Tiempo
Cajamarca- Huayllapampa	Afirmada	20 km	1 hora
Cajamarca- Cumbemayo	Afirmada	20 km	40 minutos

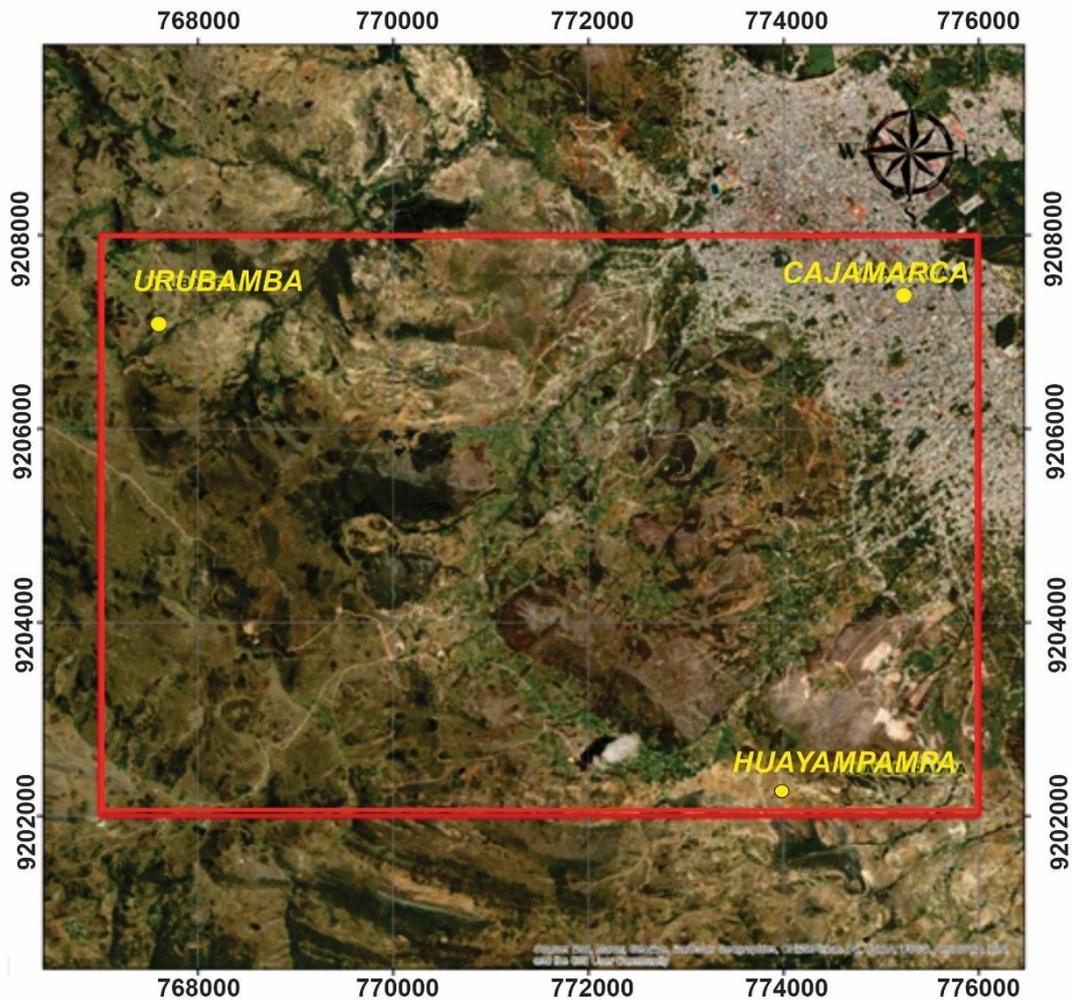


Figura 15. Ubicación política.
Fuente: Google Earth (2022)

3.1.4. Clima

Su clima es templado, seco; soleado durante el día, pero frío durante la noche. Su temperatura media anual es 15.6 °C, siendo época de lluvias de diciembre a marzo.

3.1.5. Vegetación

Abundan los ichus que son propios de zonas frías y de altura. Se observan abundantes plantaciones de pinos, eucaliptos. Se observan muchos terrenos cultivados en suelos que se formaron por la meteorización de las calizas y areniscas.

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete

Esta etapa consistió en la recopilación bibliográfica existente sobre los trabajos anteriores en lo referente a la estratigrafía, sedimentología, paleontología.

3.2.2. Etapa de Campo

En esta etapa se realizó el análisis litológico de las Formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat, Inca, Chulec y Pariatambo.

Para el reconocimiento de las texturas de las calizas se utilizó la clasificación de Dunham (1962). Se identificaron las estructuras de ordenamiento internos tales como: laminación paralela u ondulada y presencia de nódulos en calizas. Los fósiles fueron recolectados para un estudio detallado en gabinete tomando en consideración el Catálogo de fósiles del Perú publicado por el INGEMMET (2020).

La medición del espesor de los estratos fue realizada aplicando el método directo, que consistió en la medida en campo de los afloramientos utilizando la wincha y un flexómetro.

3.2.3. Etapa de Análisis e Interpretación

La información obtenida en campo fue analizada e interpretada en gabinete, además en esta etapa se elaboraron los planos geológicos y columnas estratigráficas.

3.3. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de investigación

De carácter exploratorio, correlacional

3.3.2. Nivel de investigación

De carácter cualitativo y cuantitativo,

3.3.3. Diseño de investigación

De sección transversal pues se estudia en un momento determinado de tiempo y método de investigación de carácter descriptivo y explicativo.

3.3.4. Población de Estudio

Todos los tipos de rocas sedimentarias y fósiles de las secuencias sedimentarias del Cretácico inferior en las localidades de Huayllapampa y Urubamba en un área de 10 km².

3.3.5. Muestra

Se analizó la litología y estratigrafía, se recolectará un total de 30 muestras de fósiles y 10 muestras de rocas.

3.3.6. Unidad de Análisis

Lo constituye las rocas silicoclásticas y carbonatadas; las columnas estratigráficas y el tiempo cronoestratigráfico.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Esta investigación se realizará considerando en su parte inicial de una recopilación bibliográfica consistente en estudios anteriores. Posteriormente, se procederá con salidas al campo en donde se recolectarán las muestras de rocas, de fósiles en forma sistemática, se harán también mediciones de los estratos aplicando técnicas establecidas, para luego elaborar los mapas geológicos, perfiles, columnas estratigráficas y finalmente analizar y procesar los datos para su interpretación de las columnas estratigráficas.

3.4.2. Instrumentos y equipos

GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Sirve para la ubicación en la zona donde se realiza el trabajo de campo a través del sistema de coordenadas (UTM), Datum WGS- 84.

Brújula tipo Brunton. Sirve para medir los rumbos y buzamientos de estratos, para la realización de las columnas estratigráficas.

Protactor 1/1500 y 1/2000. Para plasmar y ubicar en puntos precisos, en los diferentes planos, datos obtenidos en campo.

Lupa 20X (20 aumentos). Equipo que sirvió para el reconocimiento mineralógico y petrográfico en la estratigrafía de las Formaciones Chúlec y Pariatambo.

Lápiz de dureza. Instrumentos utilizados para el reconocimiento de las propiedades físicas de las muestras.

Martillo de geólogo (Picota). Instrumento utilizado para extracción de muestras en cada salida de campo.

Flexómetro. Instrumento para medir longitudes cortas de 3 m, 5 m y hasta 8 m, las cintas son metálicas.

Wincha: Instrumento que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. Con ella se pueden medir líneas y superficies.

Cámara digital de 13 Mpx. Utilizado para la toma de fotografías.

Tablas de levantamiento estratigráfico: Para realizar los registros estratigráficos.

Libreta de campo. Utilizada para la toma de datos de campo y la para la realización de los diferentes croquis o dibujos observados en el campo.

Software Office 2016. Programas usados para la recolección, diseño y elaboración de textos diseñado para ayudarle a crear documentos de calidad profesional.

Software ArcGis v10.3. Programa usado para la elaboración de planos topográficos, geológicos y Satelitales.

Software Google Earth Pro y Sas Planet. Programa diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución de Google Earth. Google Maps.

3.5. GEOLOGIA REGIONAL

En las localidades de Huayllapamba y Urubamba existen rocas cuyas edades van desde Cretácico Inferior al reciente. En estas localidades afloran todas las unidades Cretácicas en aparente concordancia desde la Formación Chimú hasta la Formación Pariatambo. La columna estratigráfica se caracteriza por presentar secuencias clásticas de un ambiente continental a mixta en la parte inferior y una secuencia calcárea, netamente marina en la parte superior.

El Grupo Goyllarisquizga está conformado, en su parte inferior, por rocas de la Formación Chimú correspondiente a un ambiente continental (fluviales a deltaicos), en la parte intermedia facies lutáceas calcáreas marina (Formación Santa) y niveles areniscosos y limoarcillíticos que indican una depositación en un ambiente continental lacustrino (Formación Carhuáz). En la parte superior están las areniscas continentales de la Formación Farrat. Los sedimentos netamente marinos comienzan con el nivel transgresivo de la Formación Inca, seguida por las Formaciones Chulec y Pariatambo. (Benavides, 1956).

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales Dep. lagunares y glaciares			Arenas, gravas. Limos, arcillas.		
		NEOGENO	PLEISTOCENO	Formación Condebamba	150		Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	
			PLIOCENO	Formación Cajabamba	200		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.	
	MIOCENO	Sup.	Formación Bambamarca	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas. Disc. ang.		
		Inf.	Grupo Calipuy	Formación Porculla	2100		Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas rojizas, aglomerados y piroclastos. Dacita	
	PALEOGENO	OLIGOCENO						Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita
		EOCENO				Formación Llama	600	
	PALEOCENO		Formación Chota	500		Disc. ang. Conglomerados con cantos de cuarcita.		
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Celendín	200		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojizas	
				Formación Cajamarca	600-700		Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.	
Grupo Quilquián				500		Calizas gris azuladas, macizas, con delgadas intercalaciones de lutitas y margas.		
Grupo Pullúcana				700		Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo- amarillentas fosilíferas.		
Formación Pariatambo				150-200		Calizas gris parduscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.		
INFERIOR			Formación Chúlec	200-250		Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.		
			Formación Inca	150		Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.		
			Grupo Goyllarisquiza	Formación Farrat	500		Areniscas calcáreas y limolitas ferruginosas.	
				Formación Carhuáz	500		Cuarцитas y areniscas blancas.	
				Formación Santa	150-100		Areniscas rojizas y cuarcitas blancas intercaladas con lutitas grises.	
Formación Chimú		80-600			Lutitas grises y calizas margosas. Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior.			
JURASICO		SUPERIOR	Formación Chicama	500		Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Disc. ang.		
		MEDIO	Formación Oytún	500		Tobas, brechas y derrames andesíticos.		
		INFERIOR	Grupo Pucará	700-800		Tonalita/granodiorita		
TRIASICO		SUPERIOR				Calizas gris azuladas, macizas con nódulos silíceos. Disc. ang.		
PALEOZOICO SUP.	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos. Disc. ang.		
	PALEOZOICO INF.	ORDOVICIANO	Formación Salas	?		Filitas pelíticas y tobáceas de colores marrones y negruzcos con algunas cuarcitas hacia la parte superior. Disc. ang.		
PROTEROZOICO			Complejo Olmos	?		Esquistos gris verdosos y anfibolitas. Disc. ang.		

Figura 16. Columna litológica generalizada Región Cajamarca
Fuente: INGEMMET (2018)

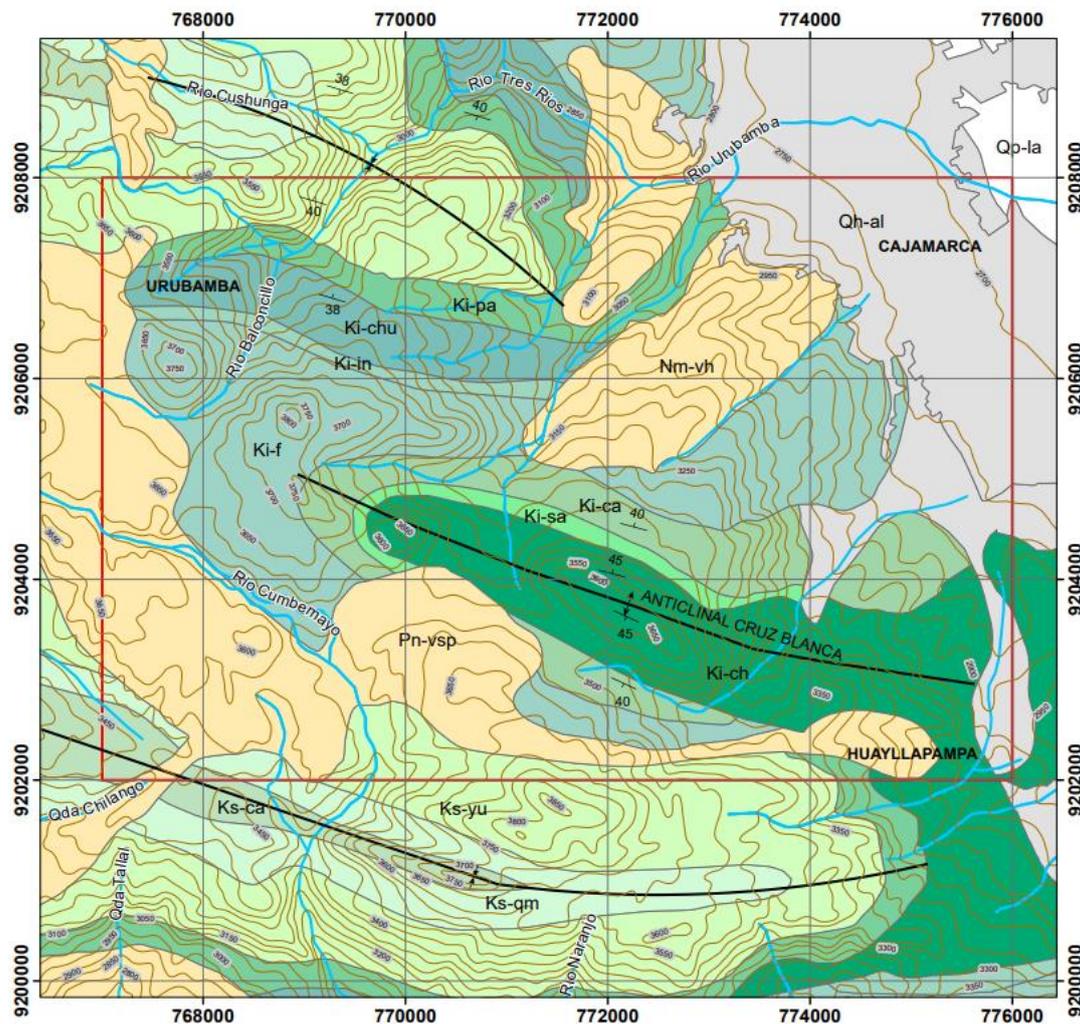


Figura 17. Mapa geológico del área estudiada.
Fuente: INGEMMET (1980).

3.5.1. Grupo Goyllarisquiza

3.5.1.1. Formación Chimú (Ki-chi)

Esta unidad aflora en la esquina Sur-oeste del área de estudio y se encuentra formando el núcleo del anticlinal Cruz Blanca. Litológicamente consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y limo arcillitas en la parte inferior y de una gruesa secuencia de areniscas gris blanquecina en estratos gruesos en la parte superior. Es frecuente encontrar en los niveles inferiores e intermedios de esta formación mantos de carbón. Las areniscas son muy similares a las rocas de la formación Farrat, llegando en algunos casos a confundirse.

3.5.1.2. Formación Santa (Ki-sa)

Regionalmente aflora como una franja muy delgada que es muy difícil su identificación en campo. Está compuesta por una alternancia de arcillitas calcáreas gris oscuras, areniscas de grano fino con algunas capas delgadas de calizas con fósiles, tal como se observa en la quebrada Huayllapampa. Es frecuente encontrar nódulos piritosos. Esta unidad se caracteriza por una estratificación fina y ondulante.

3.5.1.3. Formación Carhuáz (Ki-ca)

Esta secuencia está conformada por areniscas, arcillitas y limo arcillitas en estratos delgados y abigarradas. En algunos lugares presenta delgados niveles carbonosos. Su mejor afloramiento se encuentra en la quebrada Huayllapampa con aproximadamente 450 metros de grosor. Pasa en forma transicional a la Formación Farrat. Las características litológicas indican que esta unidad se depositó en un ambiente lacustrino.

3.5.1.4. Formación Farrat (Ki-fa)

Está constituido por una secuencia areniscosa muy similar a las areniscas de la Formación Chimú. Consta de areniscas cuarzosas gris blanquecinas. Se observan a menudo estratificación sesgada, ondulitas, nódulos ferrosos. Los estratos varían de grosor de varios centímetros a dos metros. Las características litológicas indican que esta unidad se depositó en un ambiente deltaico– fluvial. Se caracteriza por poseer una estratificación gruesa con abundante estratificación sesgada, niveles conglomerádicos, ondulitas y en la parte superior un nivel limoarcillítico de coloración rojizo.

3.5.1.5. Formación Inca (Ki-in)

Consta de una secuencia de areniscas rojizas de grano medio, calizas arenosas y calizas arcillosas que poseen una coloración rojiza por la presencia de limonita y hematita que indica que esta unidad se depositó en un ambiente continental muy oxigenada. En la zona de estudio pasa a veces

en forma transicional a las calizas de la Formación Chulec. Esta unidad indica el inicio del ingreso del mar Cretácico.

3.5.2. Grupo Crisnejas

3.5.2.1. Formación Chulec (Ki-chu)

Esta formación fue determinada por LAUGHLIN (1925) y al igual que en los Andes centrales, se extiende en la zona norte del Perú, sobreyaciendo concordantemente a la Formación Inca e infrayaciendo con la misma relación a la Formación Pariatambo. Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, arcillitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema- amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste. Reyes (1980).

3.5.2.2. Formación Pariatambo (Ki-pa)

Esta unidad fue inicialmente estudiada por LAUGHLIN (1925); en el área consiste de una alternancia de arcillitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente, su espesor oscila entre los 150 a 200 m. La Formación Pariatambo yace concordantemente sobre la Formación Chulec e infrayace, con suave discordancia a la Formación Yumagual. En el sector oriental se hace algo masiva y cambia lateralmente a la facies del valle del Marañón. Las mejores exposiciones de esta unidad se hallan en los alrededores de Cajamarca, La Encañada y San Marcos. Reyes (1980).

3.5.3. Paleógeno– Neógeno

3.5.3.1. Grupo Calipuy

Volcánicos San Pablo

Litológicamente está compuesta por secuencias volcánicas dacíticas y andesíticas. En la parte superior de la secuencia se observan rocas piroclásticas con buena estratificación e intercalada con aglomerados y

brechas. En la zona de Cumbemayo se ha encontrado lechos de calcedonia. Se encuentra aflorando en forma casi horizontal indicando que fue una depositación post- tectónica.

3.5.3.2. Volcánicos Huambos

Litológicamente está compuesta por secuencia de tobas andesíticas y traquíticas. Se encuentran sobreyaciendo indistintamente en discordancia angular a los sedimentos Cretácicos y al volcánico San Pablo. Sus afloramientos se encuentran rellenando paleo- depresiones como se observa en las localidades de Otuzco, Cumbemayo. Estas rocas muestran una morfología ruiniforme producida por la erosión.



Figura 18. Volcánicos San Pablo que aflora al NO del distrito de Urubamba. Coordenadas E: 761625.32, N: 9213856.31.

3.5.4. Cuaternario

3.5.4.1. Depósitos Coluviales

Estos depósitos se han generado por la alteración de las rocas arcillo calcáreas. Estos depósitos se componen por acumulaciones de arcillas y limos. Se ubican mayormente en las partes medias a altas de los cerros. Los pobladores suelen realizar sus cultivos sobre estas acumulaciones. Cabe indicar que, en épocas de intensas lluvias, estos suelos se saturan de agua y tienden a deslizarse.

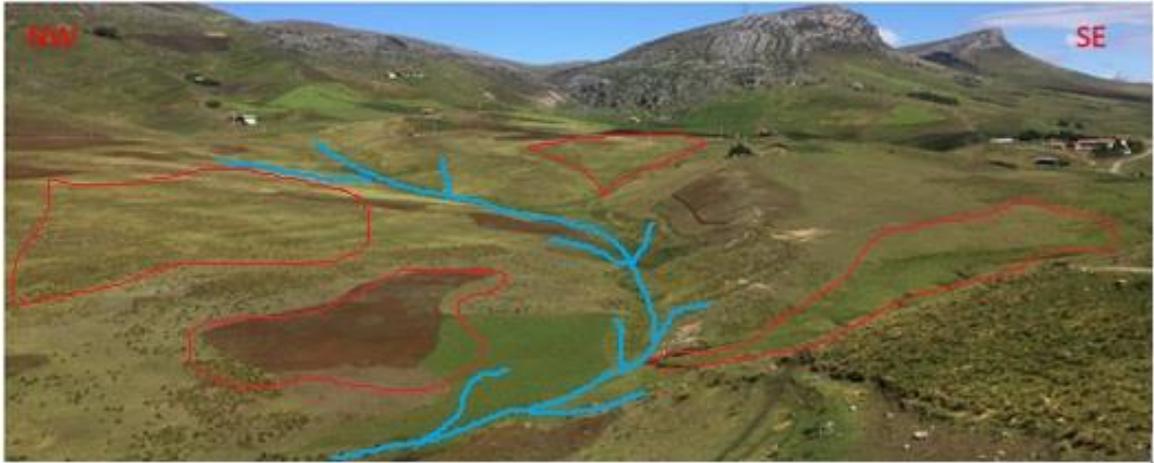


Figura 19. Depósitos coluviales que se observa al NO del distrito de Urubamba. Coordenadas E: 760315.31, N: 9213038.83.

3.5.4.2. Depósitos fluviales

Están ubicados en los lechos de los ríos y en ambas márgenes. Están conformado por acumulaciones de arena fina, media a gruesa y gravas. Estos sedimentos a veces son utilizados por los pobladores para la construcción de sus viviendas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS LITOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

4.1.1. Formación Chimú

Esta unidad aflora en el sector SE. Se encuentra constituyendo el núcleo del anticlinal Cruz Banca. Ver figura 17. Representa la unidad más antigua de la columna geológica. Litológicamente está conformado por estratos de areniscas cuarzosas de color gris blanquecinas. Su espesor promedio oscila entre 350 a 400 m.

4.1.1.1. Características litológicas

Areniscas de color gris blanquecinas
Areniscas cuarzosas con cemento silicio.
Granos subredondeados.
Areniscas de grano medio a grueso.
Niveles conglomerádicos finos en la base.
Niveles de carbón en la base.
Algunas huellas de restos de plantas no identificadas.

4.1.1.2. Características estratigráficas

Estratos gruesos de 1 a 2 metros.
Secuencia estrato decreciente.
Contactos rectos a veces ondulados.
Pasa a la Formación Santa en contacto gradual.
Posee un espesor de 400 metros en la localidad de Huayllapampa.

4.1.1.3. Estructuras sedimentarias

Niveles carbonosos mayormente en la base.

Huellas de restos de plantas no identificadas encontradas mayormente en el nivel superior.

Nódulos de óxidos de hierro.

4.1.1.4. Edad y correlación

Por su posición estratigráfica la Formación Chimú infrayace a la Formación Santa y suprayace a la Formación Chicama. Se le asigna una edad del Valanginiano inferior a medio (Reyes, 1980).

4.1.1.5. Ambiente de sedimentación

El conjunto de estas características imprime al sedimento o facies sedimentaria, las propiedades que les hacen diferenciables al resto de los sedimentos depositados en otros ambientes, en un ambiente continental, playero- fluvial siendo (Marocco, 2009).

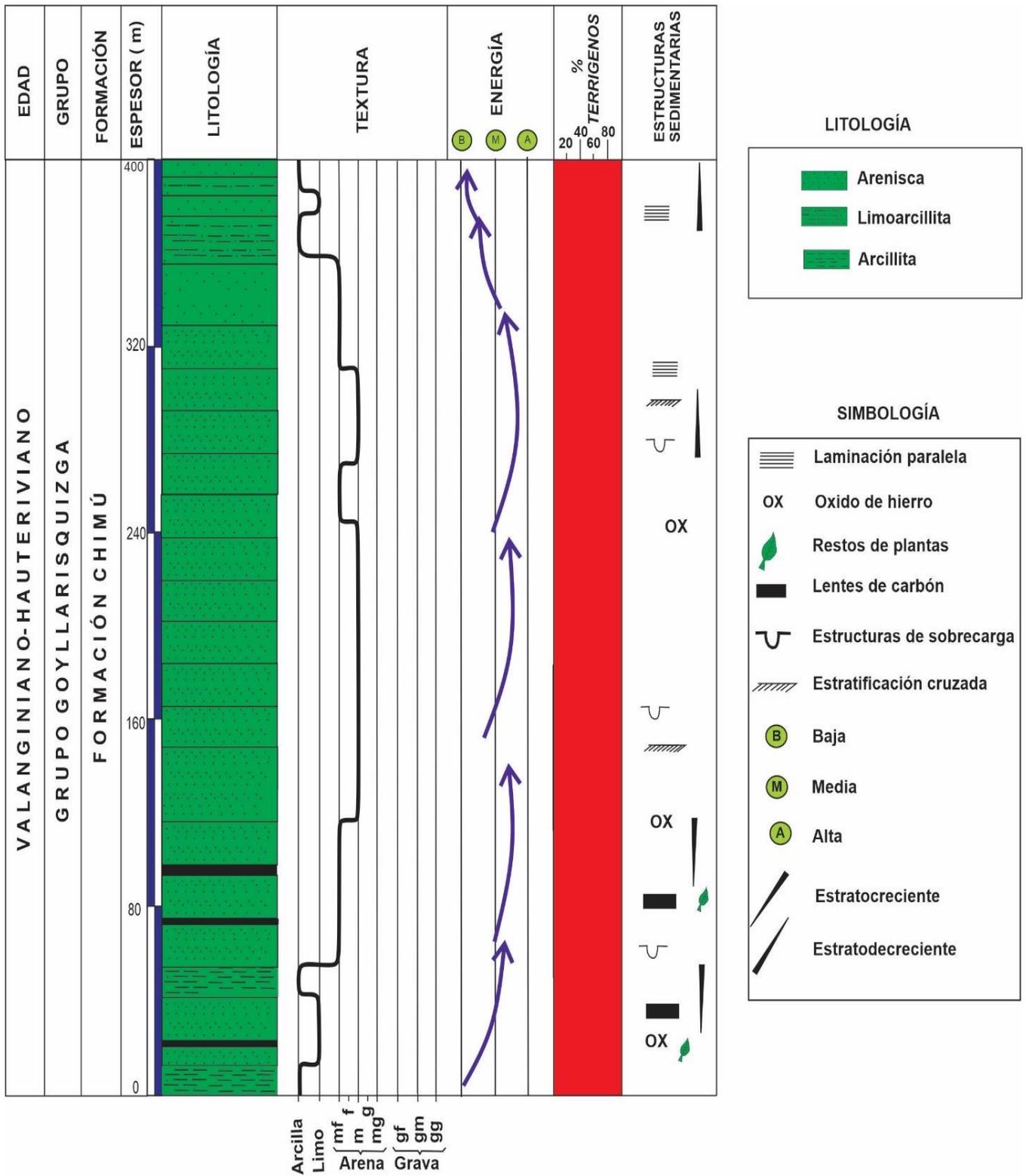


Figura 20. Columna estratigráfica de la Formación Chimú.

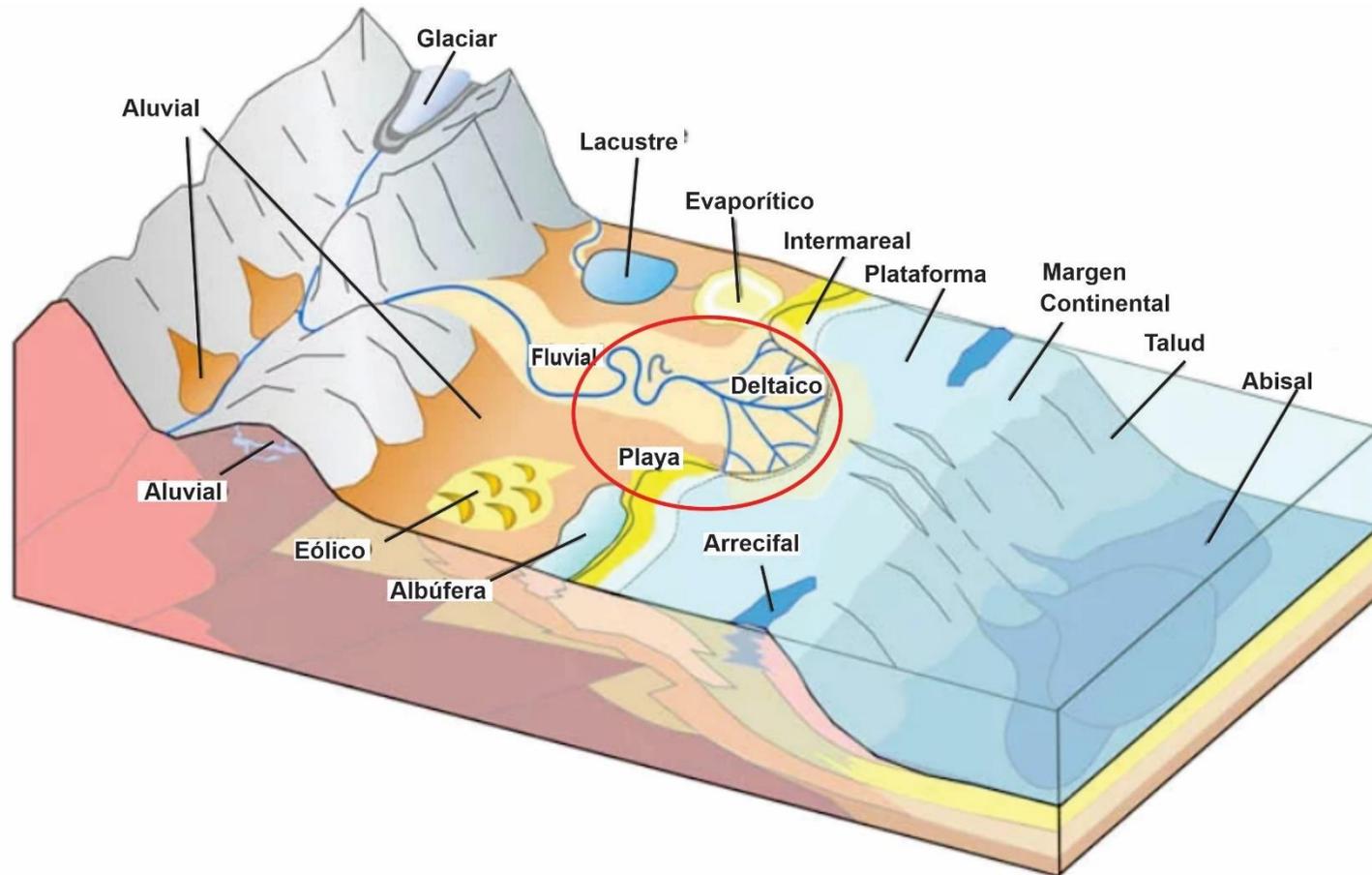


Figura 21. Ambiente de deposición playa deltaica, los fósiles asociados permiten determinar la edad de las capas y hacer la reconstrucción de los medios sedimentarios.

Fuente: Tomado de Walker (1980).

4.1.2. Formación Santa

La Formación Santa aflora en el sector SO de la zona de estudio formando parte del flanco occidental del anticlinal Cruz Blanca. Aflora en delgadas franjas elongadas.

4.1.2.1. Características litológicas

Está constituida por una alternancia de arcillitas gris oscuras y limoarcillitas, pequeños niveles calcáreos, niveles de carbón con restos de plantas en el nivel inferior. Reyes (1980).

4.1.2.2. Características estratigráficas

Delgados niveles (6 a 10 cm. de espesor) de calizas con fósiles.

Estratos delgados con estratificación ondulante que se observa en el distrito de Huayllapampa.

Niveles carbonosos.

4.1.2.3. Estructuras sedimentarias

Nódulos piritosos.

Huellas de plantas

4.1.2.4. Edad y correlación

En la zona de Cruz Blanca- Huayllapampa se identificaron los siguientes fósiles: (*Cassiopé*) *neumayri*, *Paraglauconia strombiformis*, *Corbícula* sp. Los cuales indican una edad Valanginiano medio- Hauteriviano (Lagos y Quispe, 2011).

Vivieron enterrados en fondos blandos (infauna), como habitantes fijos de superficies y estructuras rígidas o libres sobre los fondos (epifauna). Algunas especies perforaban el sustrato. (Aldana 2008). Esta unidad se encuentra sobreyaciendo a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuáz.

4.1.2.5. Ambiente de depositación

Por las características litológicas, estructuras sedimentarias y los fósiles encontrados en esta unidad indican que estas rocas se han depositado en un ambiente marino somero transicional de aguas salobres. La fauna fósil encontrada en la localidad de Huayllapampa corresponden a: *Lucinidae* y *Turritella*. Aldana (2008).

4.1.2.6. Estudio paleontológico

A continuación, se muestran los fosiles estudiados:

Estudio paleontológico 01	
Phylum	Mollusca
Clase	Gasteropoda
Subclase	orthogastropoda
Familia	Casiopidae
Superorden	Caenogastropoda
Especie	Paraglauconia strombisformes
Dimensiones:	
Largo	35 mm
Ancho	20 mm
Descripción: Fósil de tamaño pequeño. Líneas de crecimiento bastante definidos.	



Figura 22. Estudio paleontológico del fósil de la Formación Santa.
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

Estudio paleontológico 02	
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Subclase	Heterodonta
Familia	Lucinidae
Orden	Lucinida
Especie	Lucina sp
Dimensiones:	
Largo	9 mm
Ancho	8 mm
Descripción:	
<p>Fósil de tamaño pequeño. Son bivalvos excavadores que vivieron en ambientes con sedimentos ricos en sulfuros. El bivalvo bombeaba agua rica en sulfuro sobre sus branquias desde el sifón de inhalación.</p>	
	
<p>Lucina sp.</p>	

Figura 23. Estudio paleontológico del fósil Lucina.
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

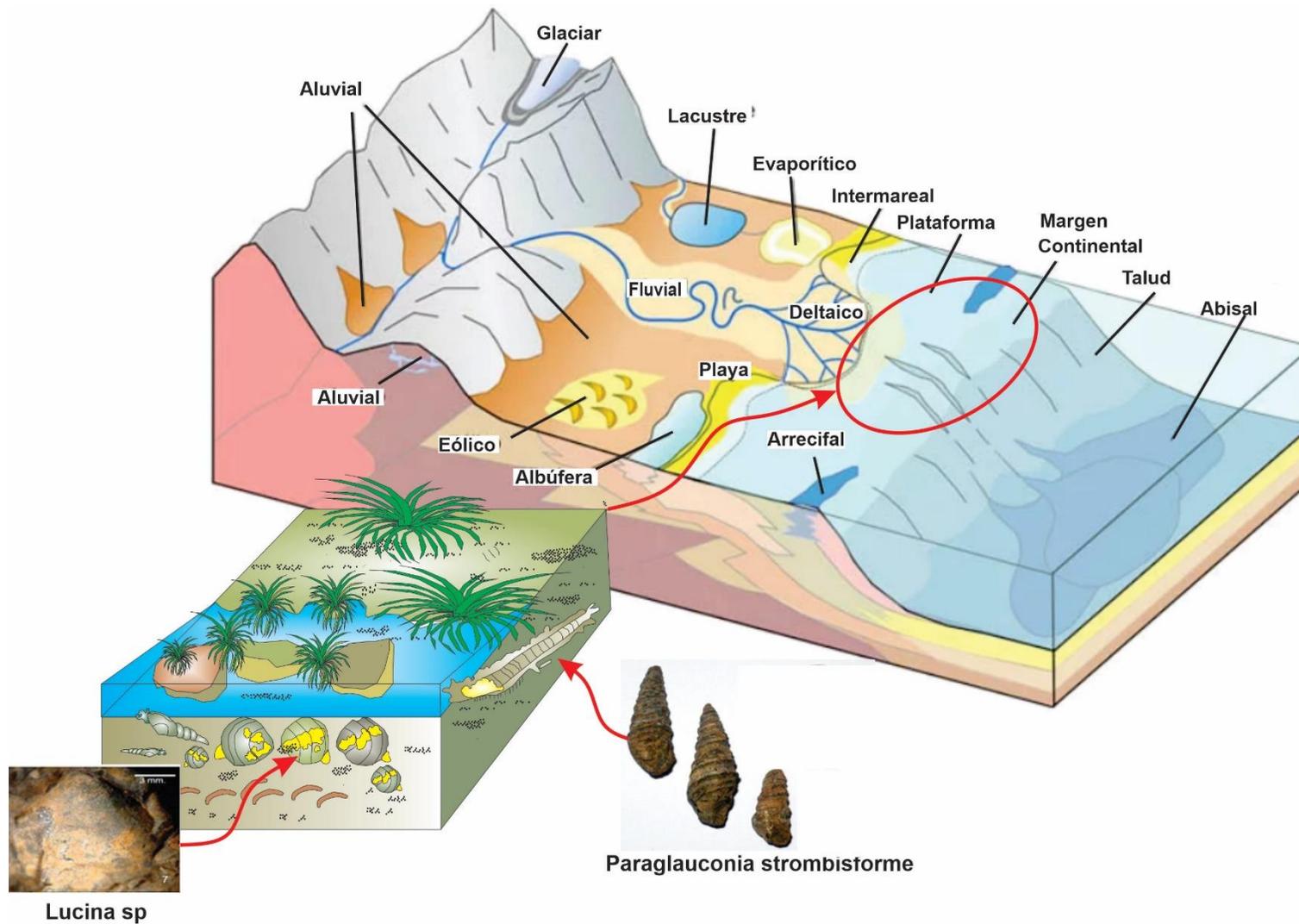


Figura 24. Reconstrucción del ambiente marino transicional de la Formación Santa.

Fuente: Tomado de Walker (1980)

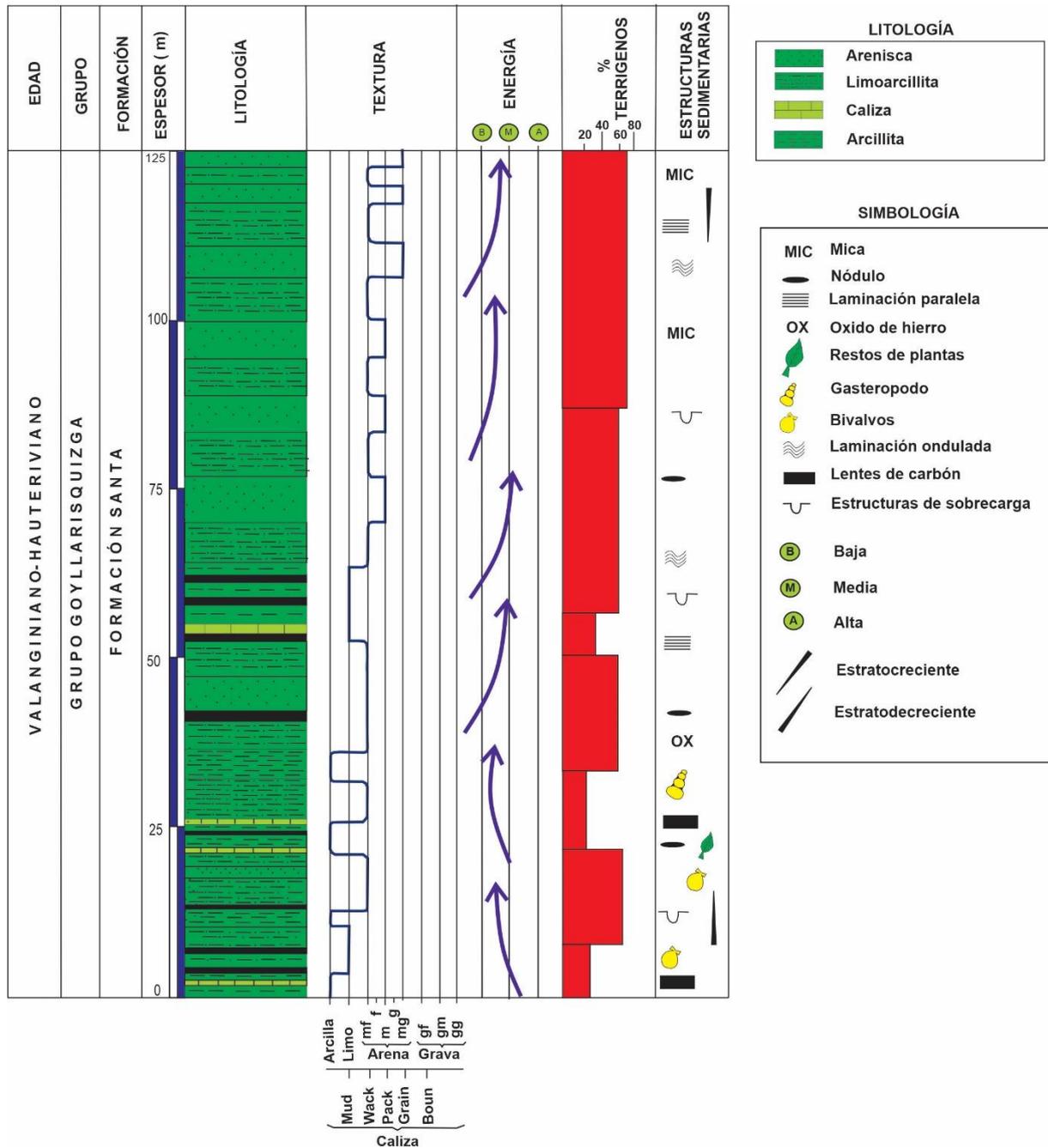


Figura 25. Columna estratigráfica de la Formación Santa levantado en el distrito de Huayllapampa.

4.1.3. Formación Carhuáz

La Formación Carhuáz está compuesta por una alternancia de arcillitas, limolitas y areniscas de grano fino, dispuestas en estratos delgados. Aflora en la zona de Huayllapampa. La erosión de esta unidad más la presencia de óxidos genera suelos rojos violáceos.

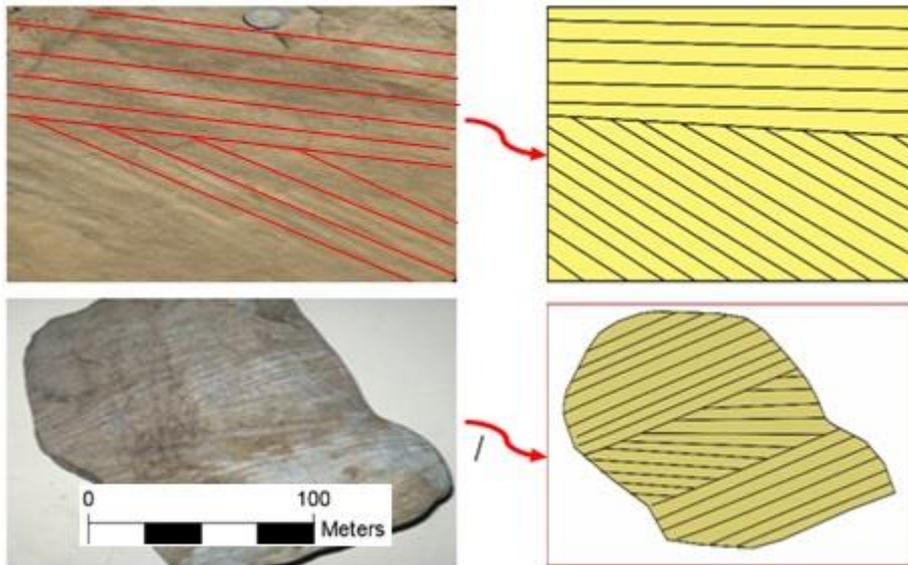


Figura 26. Laminación sesgada típica de los niveles areniscos de la Formación Carhuáz. Muestra obtenida en el distrito de Huayllapampa. Coordenadas E: 762076.11 , N: 9210097.12

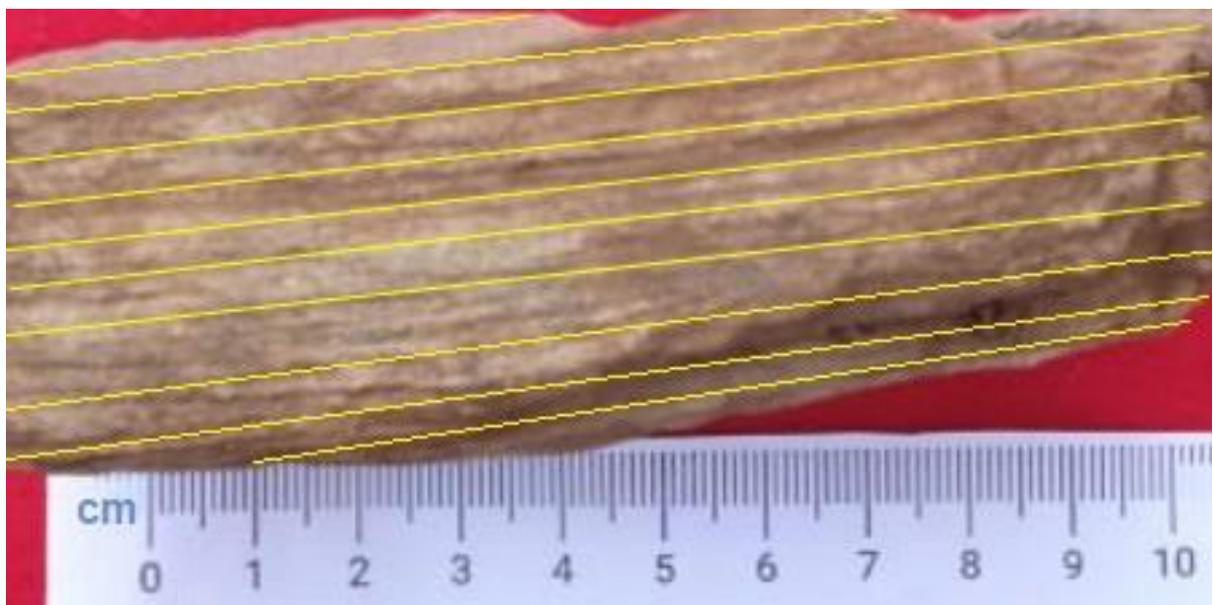


Figura 27. Laminación paralela que caracteriza a la Formación Carhuaz. Muestra obtenida en el distrito de Huayllapampa. Coordenadas E: 762083.95, N: 9210112.89.



Figura 28. Areniscas de grano fino de la Formación Carhuaz. Muestra obtenida en el distrito de Huayllapampa. Coordenadas E: 761493.98, N: 9211798.22

4.1.3.1. Características litológicas

Esta unidad muestra las siguientes características:

Areniscas, arcillitas y limolitas gris verdosas, gris violáceas, gris amarillentas.

Areniscas de grano fino a medio.

Presencia de minerales de yeso.

4.1.3.2. Características estratigráficas

Estratos delgados (0.5- 1m)

Secuencia estrato creciente en el tope y en la base,

Contactos rectos a veces ondulados.

Pasa a la Formación Farrat en contacto gradual

4.1.3.3. Estructuras sedimentarias

Niveles carbonosos

Huellas de restos de plantas

Niveles de carbón.

4.1.3.4. Edad y correlación

En las localidades de Namora y Matara (Cuadrángulo de San Marcos), se han identificado la siguiente flora fósil: *Weichselia peruviana*, *Pelcurdia* sp. Los cuales indican una edad Valanginiano– Hauteriviano. (Lagos y Quispe, 2011).



Figura 29. *Weichselia peruviana* ZEILLER, donde se observa un molde interno del tallo. Tomado de Lagos y Quispe (2011).

4.1.3.5. Ambiente de depositación

Por las características litológicas, estructuras sedimentarias y los fósiles encontrados se puede asumir que esta unidad se depositó en un ambiente continental- lacustrino, indicando que a medida que el mar Santa se iba retirando, iba dejando aguas estancadas a modo de lagos y lagunas de poca profundidad que se iban evaporando (evaporitas) indicando a su vez climas cálidos. Aldana (2008).

4.1.3.6. Estudio paleontológico

A continuación, se muestran el estudio del fósil de la Formación Carhuaz.

Estudio paleontológico 01	
Phylum	Tracheophyta
Clase	Polypodiopsida
Orden	Gleicheniales
Familia	Matoniaceae
Genero	Weichselia
Especie	Weichselia peruviana
Dimensiones:	
Largo	90 mm
Grosor	60 mm
Descripción:	Impronta de hojas de Weichselia



Figura 30. Weichselia peruviana ZEILLER, presencia de Improntas de ramas y hojas. Tomado de Lagos y Quispe (2011).

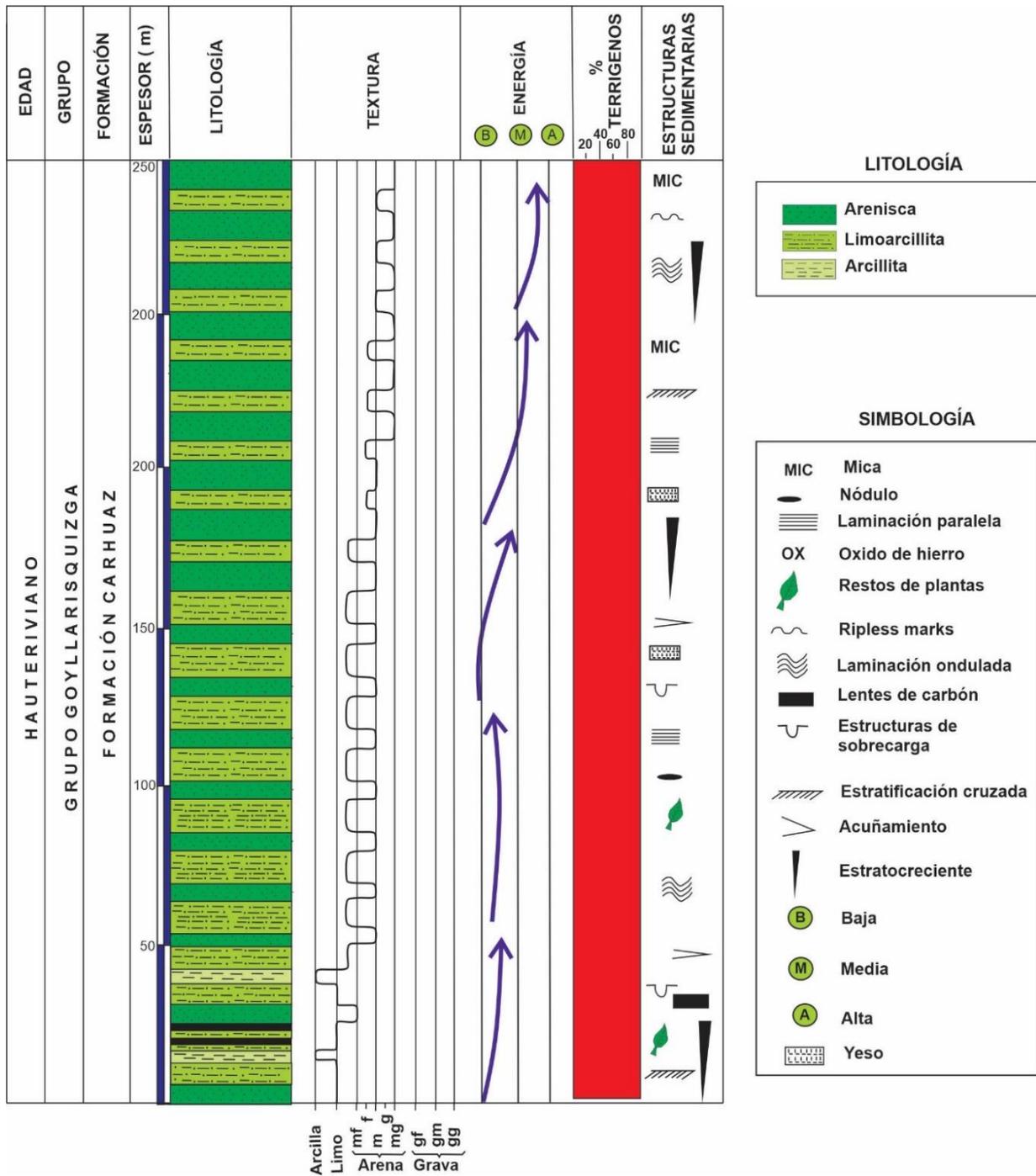
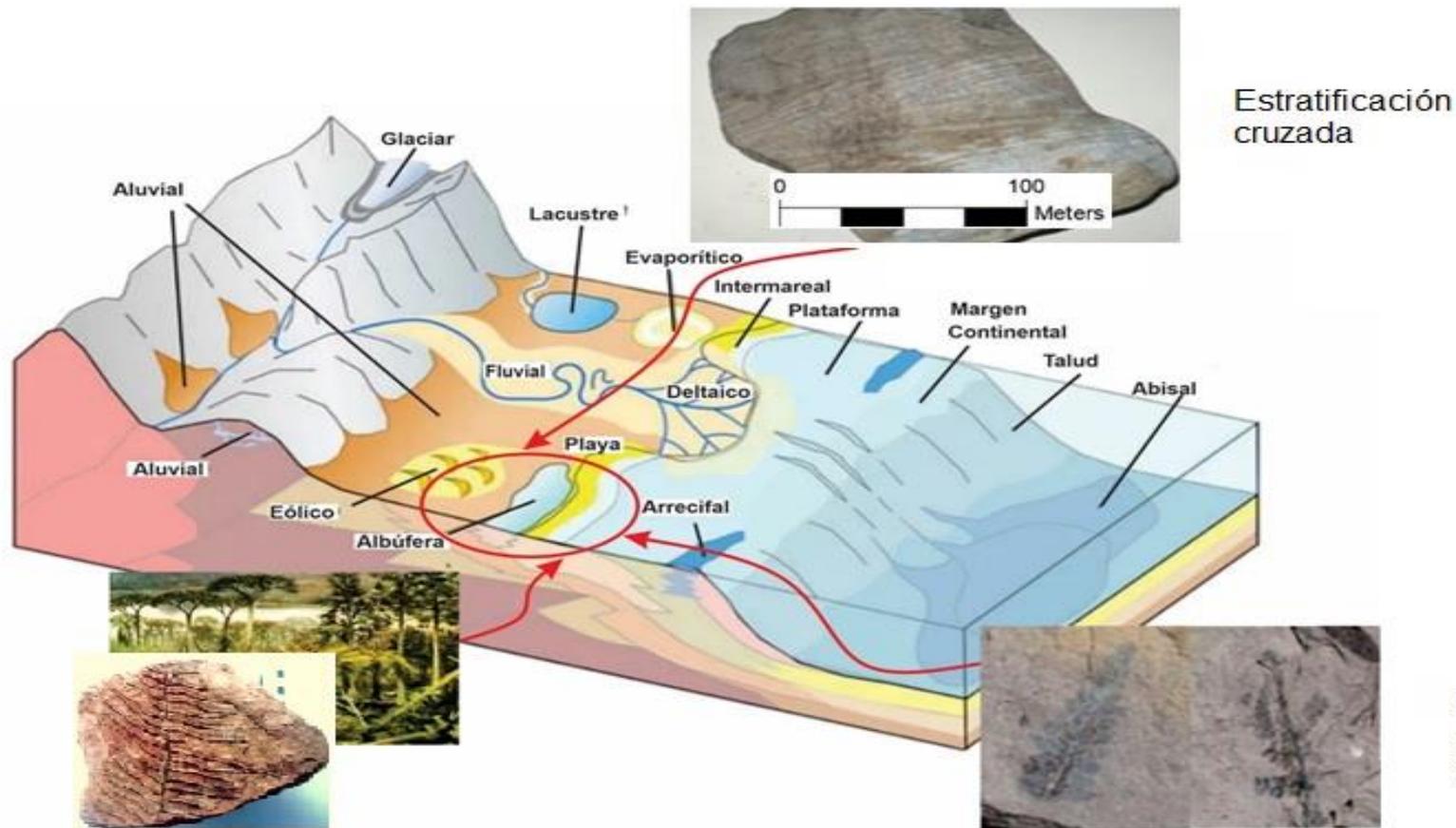


Figura 31. Columna estratigráfica de la Formación Santa levantada en el distrito de Huayllapampa.



Weischelia peruviana
 Fuente: Lagos y Quispe (2011)

Figura 32. Reconstrucción de la paleogeografía de la Formación Carhuaz. Se observa un ambiente continental lacustrino con abundancias de Weichselia peruviana.
 Fuente: Tomado de Walker (1980)

4.1.4. Formación Farrat

Esta unidad se encuentra constituyendo ambos flancos del Sinclinal Urubamba y el núcleo del Anticlinal Cruz Blanca. (Ver figura 17).

Está constituida por una secuencia de areniscas cuarzosas de coloración gris blanquecinas a veces las areniscas poseen un cemento silicio dándole una mayor dureza.

La secuencia estratigráfica se caracteriza por una secuencia estratocreciente en la base y estrato decreciente al tope cerca al contacto con la Formación Inca. Hacia el nivel superior se incrementan los niveles pelíticos de color gris rojizo que a veces se confunde con la Formación Inca.

4.1.4.1. Características litológicas

Esta unidad muestra las siguientes características:

Areniscas gris blanquecinas de grano fino, medio a grueso.

Niveles de carbón.

4.1.4.2. Características estratigráficas

Estratos delgados a gruesos (1- 1.5m).

Secuencia estrato creciente y grano creciente al tope.

Contactos rectos a veces ondulados.

Pasa a la Formación Inca en contacto transicional.

4.1.4.3. Estructuras sedimentarias

Delgados niveles de arcillas kaoliníticas.

Areniscas gris blanquecinas.

Estratificación sesgada de alto ángulo.

Ripples marks

Niveles conglomerádicos hacia el tope (Dávila, 2011).

Huellas de restos de plantas

Nódulos de óxido de hierro



Figura 33. Afloramiento de la Formación Farrat en la parte NE del distrito de Urubamba.



Figura 34. Conglomerado con clastos subredondeados a redondeados cuarzosos de la Formación Farrat. Muestra obtenida al NE del distrito de Urubamba.



Figura 35. Afloramientos de la Formación Farrat que se observa en el Km 6 de la carretera Cajamarca- Chamis. Coordenadas E: 770984.26, N: 9210223.51.

4.1.4.4. Ambiente de depositación

Por las características litológicas, estructuras sedimentarias y los restos de plantas (*Weichselia peruviana*) encontrados se puede asumir que esta unidad se depositó en un ambiente netamente continental, playero- fluvial. Esta unidad indica la última gran regresión marina que se produjo en esta parte del Perú. Reyes (1980).



Figura 36. Nódulo de óxido de hierro. Nótese el halo de alteración concéntrico. Muestra obtenida al NE del distrito de Urubamba.

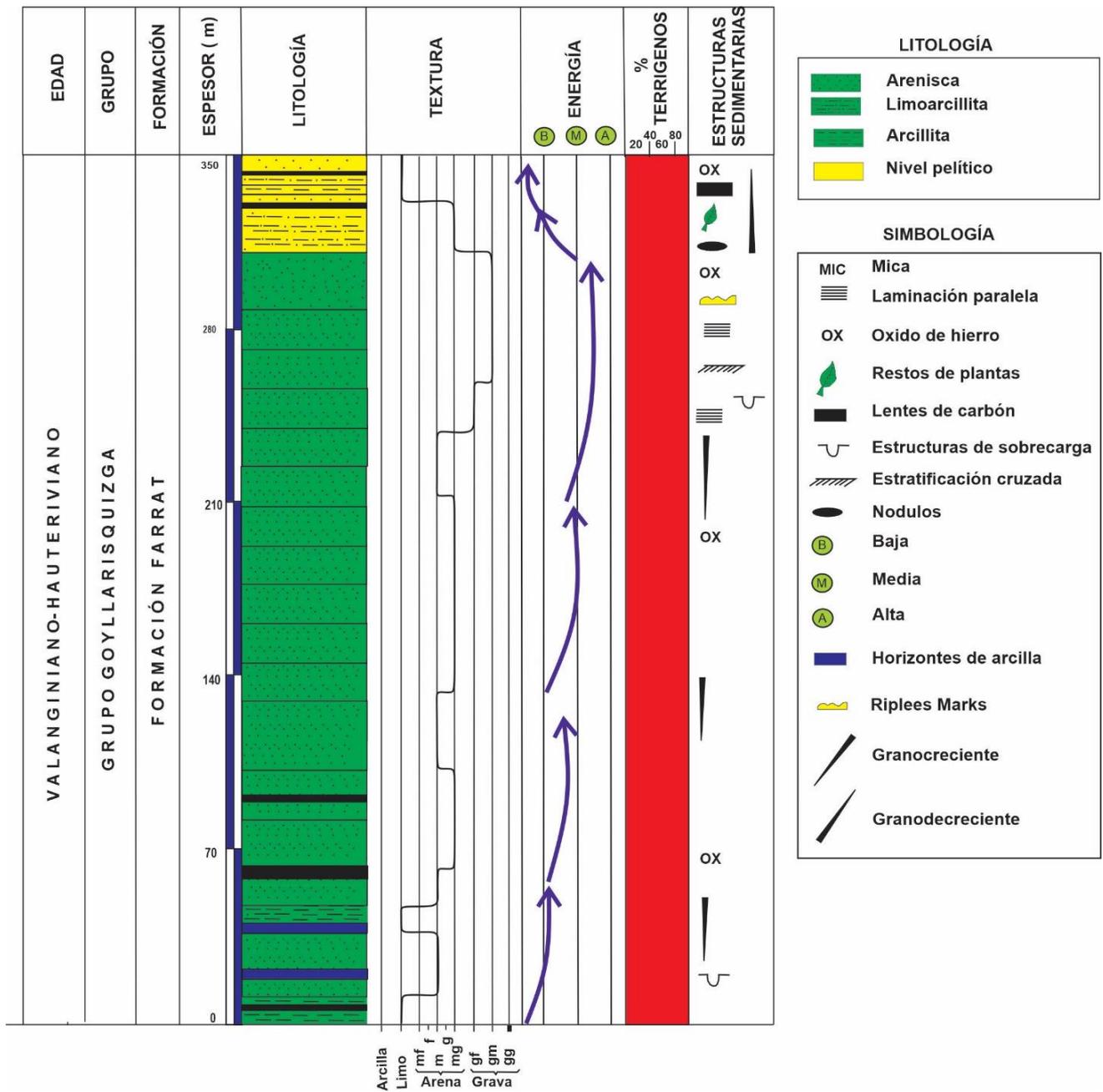


Figura 37. Columna estratigráfica de la Formación Farrat levantada en el distrito de Huayllapampa.

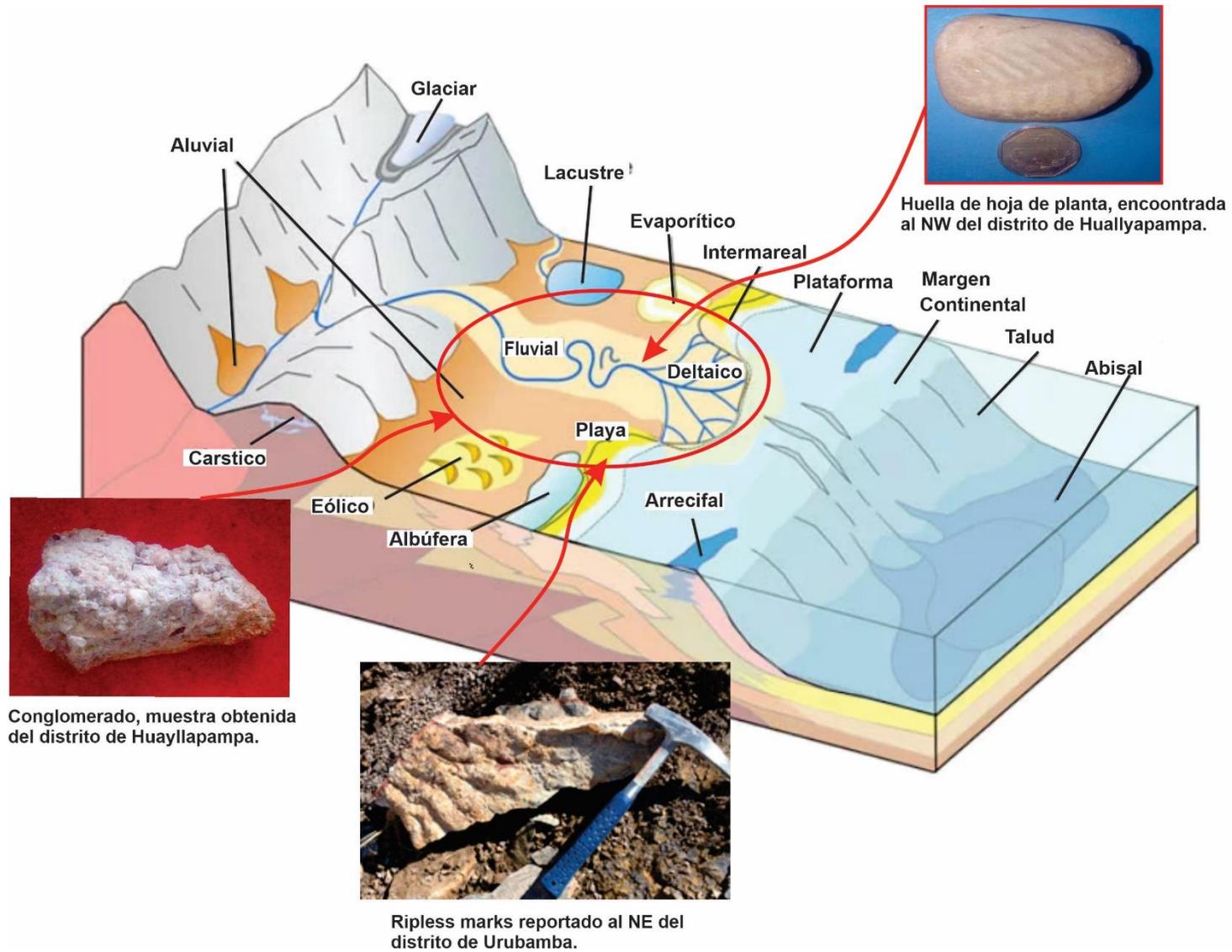


Figura 38. Reconstrucción del Ambiente de deposición de la Formación Farrat.
Fuente: Tomado de Walker (1980)

4.1.5. Formación Inca

Aflora como una franja delgada que conforma ambos flancos del sinclinal Urubamba. Está compuesta por una secuencia de areniscas grises rojizas en la base, estratos delgados de calizas arcillosas, presencia de fósiles (bivalvos en su mayoría). La meteorización de estas rocas da un suelo rojizo.

Esta formación representa a la cuenca occidental, caracterizada entonces por un mar de poca profundidad con corrientes turbulentas y bien oxigenado. Reyes (1980)



Figura 39. Suelo rojizo por la meteorización de las rocas de la Formación Inca. Al fondo se observa a las calizas de la Formación Chulec que sobreyacen a esta unidad. Coordenadas E: 769191.01, N: 9210533.53.

4.1.5.1. Características litológicas

Esta unidad muestra las siguientes características:

Areniscas gris rojizas de grano medio a grueso por la presencia de óxidos de hierro.

Areniscas calcáreas con abundantes fósiles

4.1.5.2. Características estratigráficas

Estratos delgados a medianos (1- 1.5m)

Secuencia estrato creciente. Ver figura 44.

Contactos rectos a veces ondulados

Pasa a la Formación Chulec en contacto gradual
Espesor alrededor de 100 m Dávila (2011).

4.1.5.3. Edad y correlación

Por los fósiles encontrados y por su posición estratigráficas que infrayace a la Formación Chulec y sobreyace a la Formación Farrat.

4.1.5.4. Ambiente de sedimentación

Por las características litológicas y la presencia de fósiles siguiere que esta unidad se depositó en un ambiente marino de poca profundidad de aguas muy agitadas y muy oxigenadas. Esta unidad representa el inicio de la trasgresión marina Cretácica.

Los fósiles encontrados como:

Amonite: *Neodeshayesites nicholsoni*

Bivalvos: *Nucula turgida*, *Pholadomya gigantea*, *Buchotrigonia sp.* *Pterotrigonia*, *Cucullaea*.

Equinoideo *Heteraster sp.* Indican: una zona sublitoral, aguas someras, alrededor de 30 m. de profundidad. Además, aguas marinas cálidas con temperaturas de 18° a 22° C. producto de un clima tropical, ya que a esa temperatura pudieron desarrollarse los fósiles mencionados Aldana (2008).



Figura 40. Roca de color gris rojizo por presencia de óxido de hierro, esta coloración indica que esta unidad se depositó en un ambiente con abundante oxígeno.

4.1.5.5. Estudio paleontológico

A continuación, se muestra el estudio paleontológico de los fósiles de la Formación Inca.

Estudio paleontológico 01	
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden	Arcida
Familia	Cucullaidae
Genero	cucullaea
Especie	cucullaea sp.
Dimensiones:	
Largo	60 mm
Grosor	40 mm
Descripción:	
Fósil de tamaño pequeño. Fósil en litología muy blanda con bastante oxidación.	



Cucullaea sp.

Figura 41. Estudio paleontológico del fósil *Cucullaea* sp. de la Formación Inca.

Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

Estudio paleontológico 02	
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden	Trigonia
Familia	Megatrigonidae
Genero	Pterotrigonia
Especie	Pterotrigonia sp
Dimensiones:	
Largo	60 mm
Grosor	40 mm
Descripción: Fósil que se ubica en la Formación Inca.	



Pterotrigonia sp

Figura 42. Estudio paleontológico del fósil Pterotrigonia sp. de la Formación Inca.
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

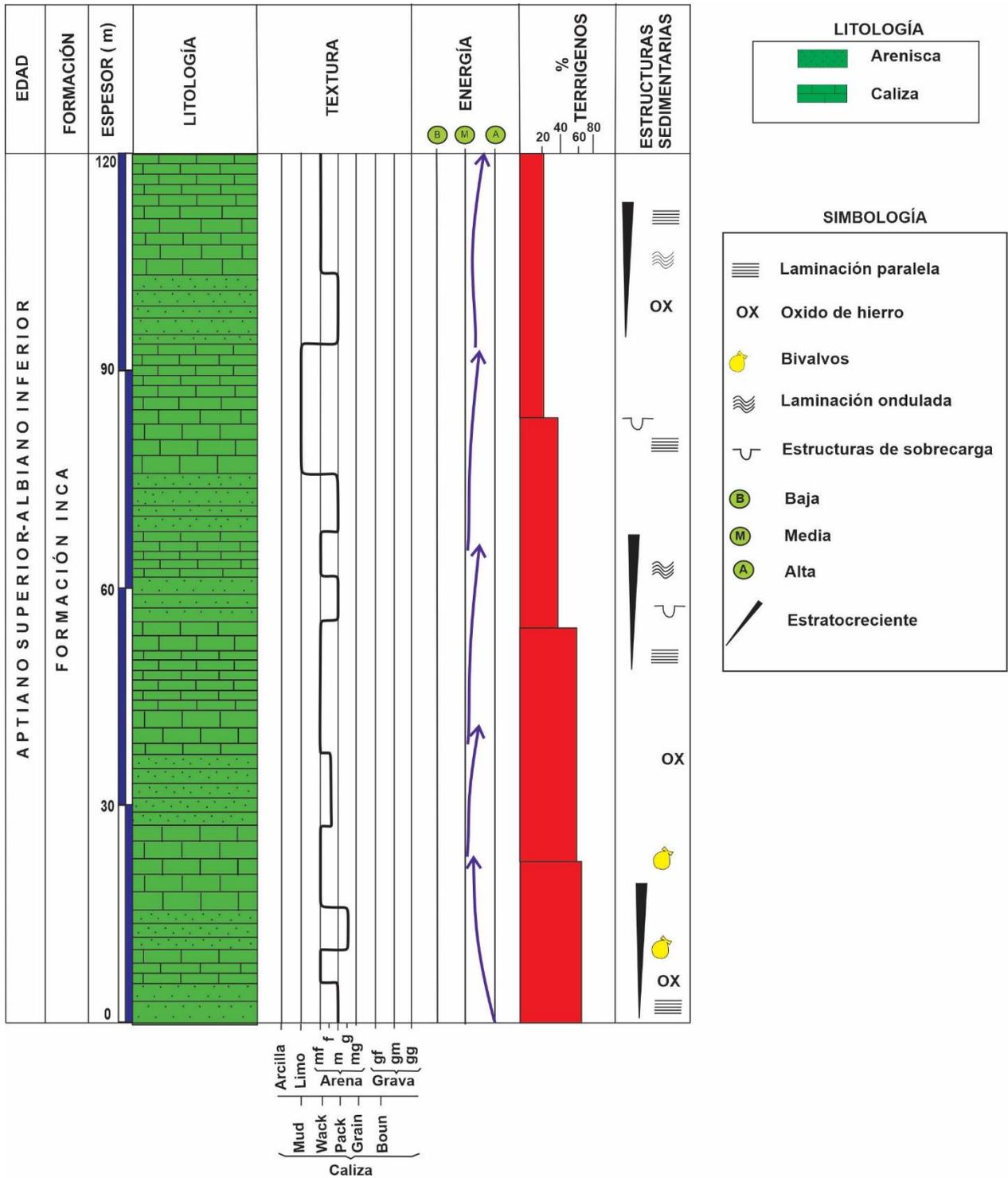


Figura 43. Columna estratigráfica de la Formación Inca levantada al NE del distrito de Huayllapampa.

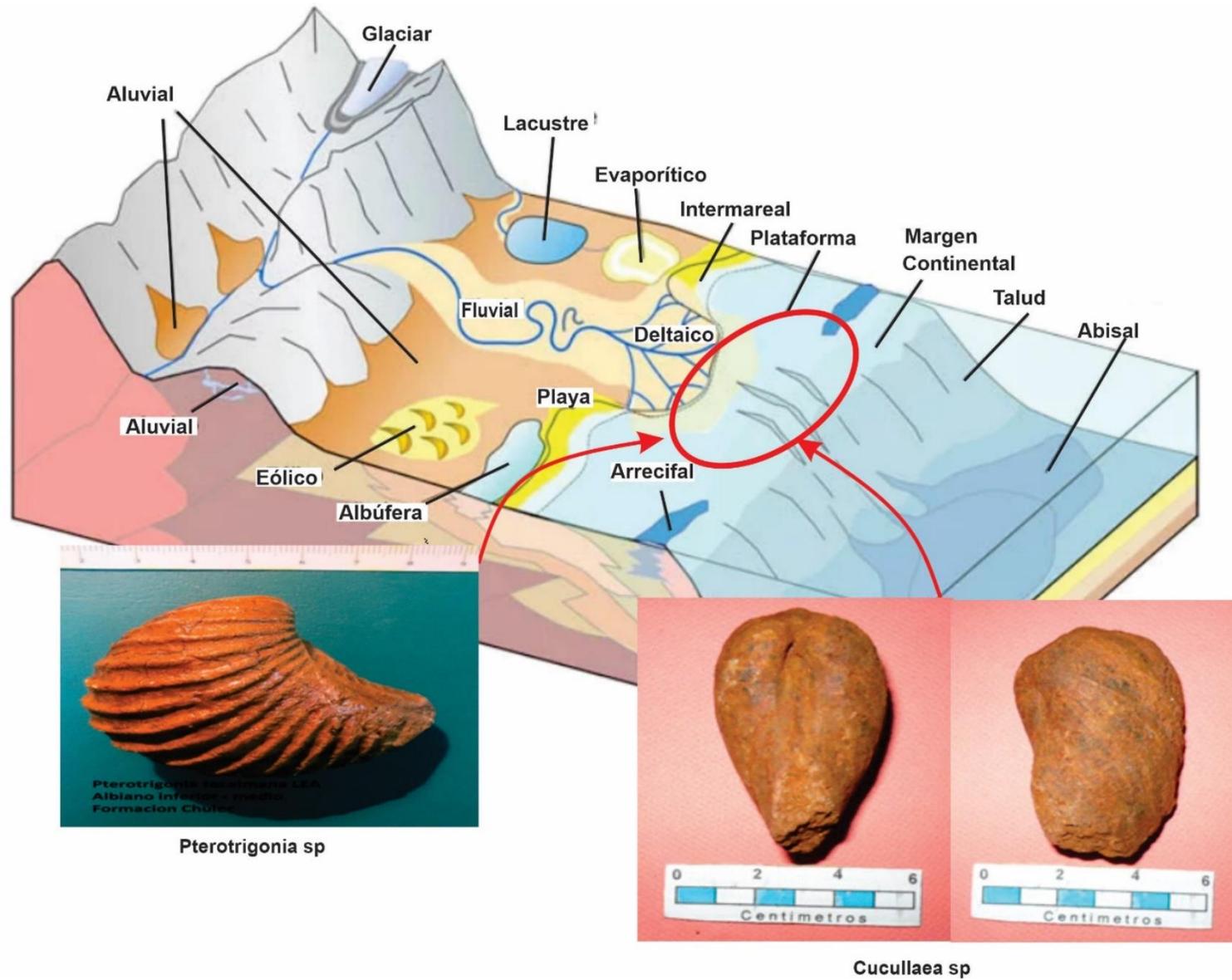


Figura 44. Reconstrucción del ambiente de deposición de la Formación Inca.
Fuente: Tomado de Walker (1980)

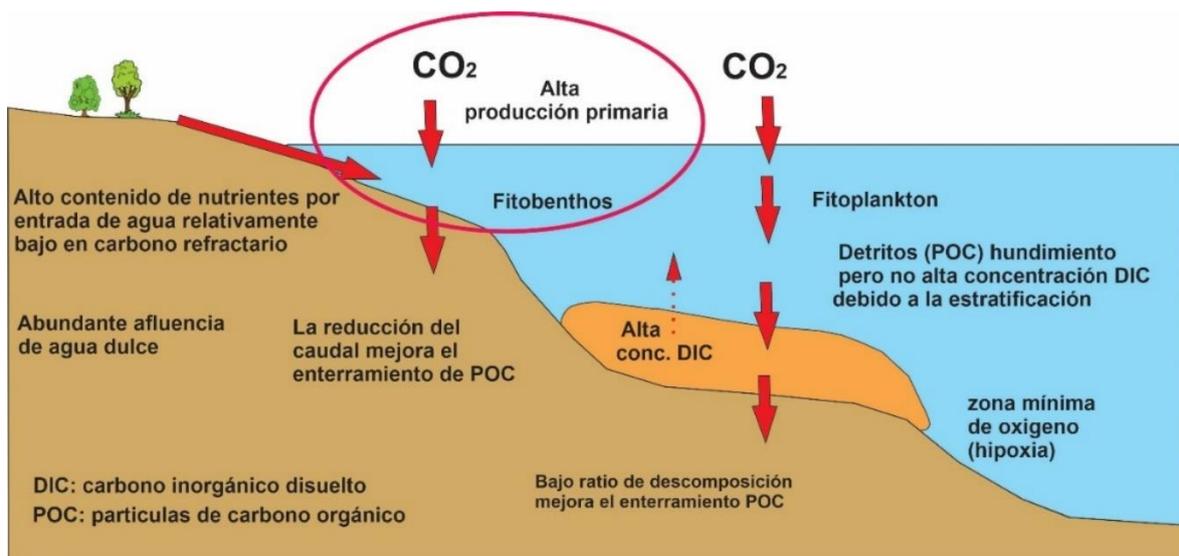


Figura 45. Ambiente de deposición de la Formación Inca.

Fuente: Utilizado de Walker (1980).

4.1.6. Formación Chulec

Está constituida por una secuencia de calizas, margas, arcillitas calcáreas de color gris blanquecinas. Posee un espesor aproximado de 400 m. Las calizas de esta unidad poseen un gran contenido de arcillas alrededor de 40% y con abundantes fósiles.

4.1.6.1. Características litológicas

Esta unidad muestra las siguientes características:

Calizas mudstone, wackstone

Calizas margas, arcillitas calcáreas de color gris blanquecinas.

4.1.6.2. Características estratigráficas

Estratos gruesos en la parte inferior y estratos delgados al tope

Contactos rectos a veces ondulados

Pasa a la Formación Pariatambo en contacto gradual.

4.1.6.3. Estructuras sedimentarias

Calizas nodulosas

Abundantes restos de fósiles

4.1.6.4. Edad y correlación

Esta unidad es fosilífera por excelencia. Se han encontrado cefalópodos, lamelibranquios, y equinoideos tales como: *Parengonoceras pernodosum*, *Knemiceras* sp. *Knemiceras Raimondi*, *Lyelliceras* sp., *Nucula túrgida*, *Pecten* sp. Por su posición estratigráfica y los fósiles encontrados sugieren una edad del Albiano inferior a medio (Reyes, 1980).

4.1.6.5. Ambiente de sedimentación

Por las características litológicas, alto contenido de arcillas y los fósiles encontrados sugieren que esta unidad se depositó en un mar más profundo que el de la Formación Inca. El fondo marino se hundía a medida que se iba rellenado con sedimentos calcáreos por lo que se justifica el gran porcentaje de material arcilloso desde la base al tope.

Los fósiles encontrados por Reyes (1980) en esta unidad son:

Amonites: *Glottoceras crassicostatum*, *Parengonoceras pernodosum* *Glottoceras raimondii*, *Douvillicerias* sp. *Ralphymlyayites* sp. *Glottoceras* sp.

Gasterópodos: *Tylostoma elevatum*, *Natica* sp.

Equinoideo: *Phymosoma texanum*; Anélido: *Skolithos* sp. Estos especímenes indican una zona litoral a sublitoral, una profundidad de alrededor de 20m. a 80m y temperaturas de aguas cálidas a moderadas alrededor de 22°C. Aldana (2008).



Figura 46. Afloramiento de la Formación Chúlec. Foto tomada en la localidad de Urubamba, en el km 12 de la carretera Cajamarca- Chamis. Coordenadas E: 764829.17, N: 9212884.62.

4.1.6.6. Estudio paleontológico

A continuación, se muestra el estudio paleontológico de los fosiles de la Formación Chiulec.

Estudio paleontológico 01	
Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden	Protobranchia
Familia	Nuculidae
Genero	Nucula
Especie	Nucula turgida RICHARDS
Dimensiones:	
Largo	130 mm
Ancho	40 mm
Descripción: Fósil de tamaño mediano, bien conservado.	



Núcula turgida RICHARDS

Figura 47. Estudio paleontológico de Núcula turgida RICHARDS
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

Estudio paleontológico 02	
Phylum	Mollusca
Clase	Cefalopoda
Orden	Amonoidea
Familia	Lyelliceritidae
Genero	Lyelliceratina
Especie	Lyelliceras sp
Dimensiones:	
Lateral	70 mm
Frontal	200 mm
Descripción: Fósil de tamaño grande. Se observan los tubérculos de donde nacían los tentáculos.	



Lyelliceras sp.

Figura 48. Estudio paleontológico del fósil *Lyelliceras* sp. De la Formación Chulec.
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

Estudio paleontológico 03	
Phylum	Mollusca
Clase	Cefalópoda
Orden	Amonoidea
Familia	Knemiceratidae
Genero	Knemiceras
Especie	Knemiceras Crasinodosum SOMMERMEIER
Dimensiones:	
Largo	100 mm
Grosor	30 mm
Descripción: Fósil de tamaño mediano, con sutura amonítica.	



Knemiceras Crasinodosum SOMERMEIER

Figura 49. Estudio paleontológico del fósil *Knemiceras Crasinodosum* SOMMERMEIER.
Especimen obtenido dentro de la Formación Chulec en el distrito de Urubamba.
Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

Estudio paleontológico 04	
Phylum	Echinodermata
Clase	Echinoidea
Orden	Spatangoida
Familia	Hemiasteridae
Genero	Hemiaster
Especie	Hemiaster sp
Dimensión	
Diámetro: 25 mm	
Descripción: Fósil de tamaño pequeño encontrado en la parte inferior de la Formación Chulec.	
	
Hemiaster sp	

Figura 50. Hemiaster perteneciente a la Formación Chulec. Espécimen encontrado en el distrito de Urubamba.

Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008).

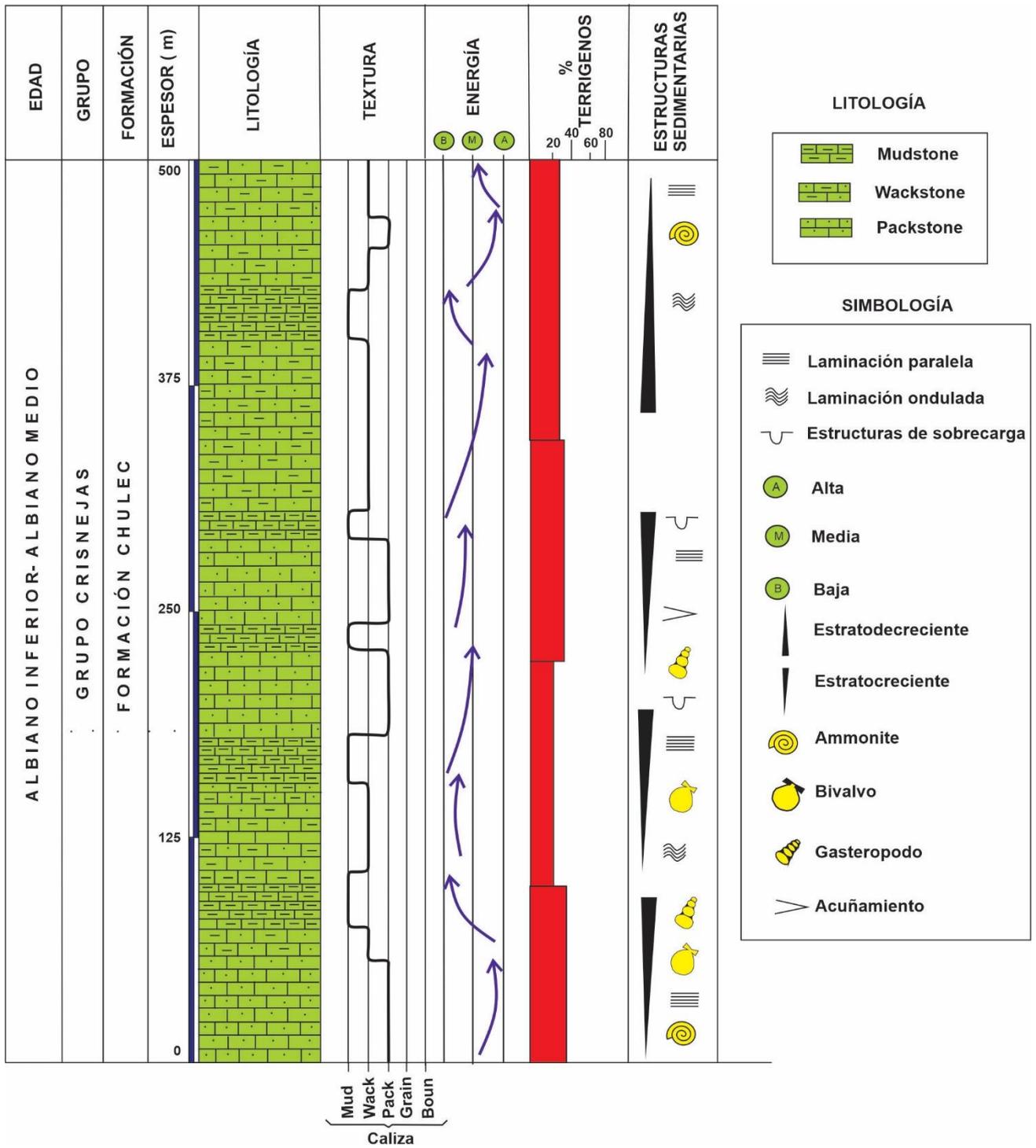


Figura 51. Columna geológica de la Formación Chulec.

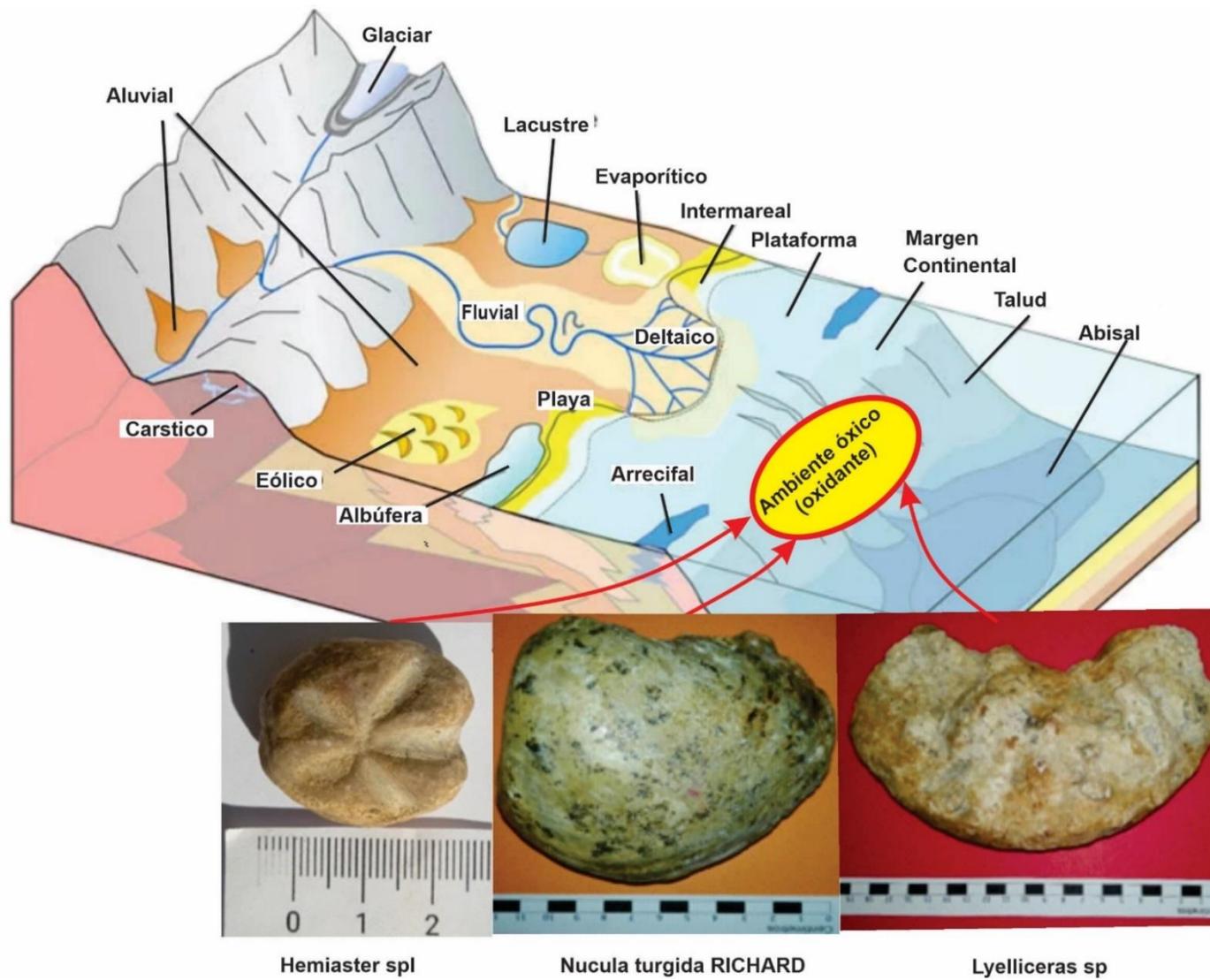


Figura 52. Reconstrucción del ambiente de deposición de la Formación Chulec.
Fuente: Tomado de Walker (1980)

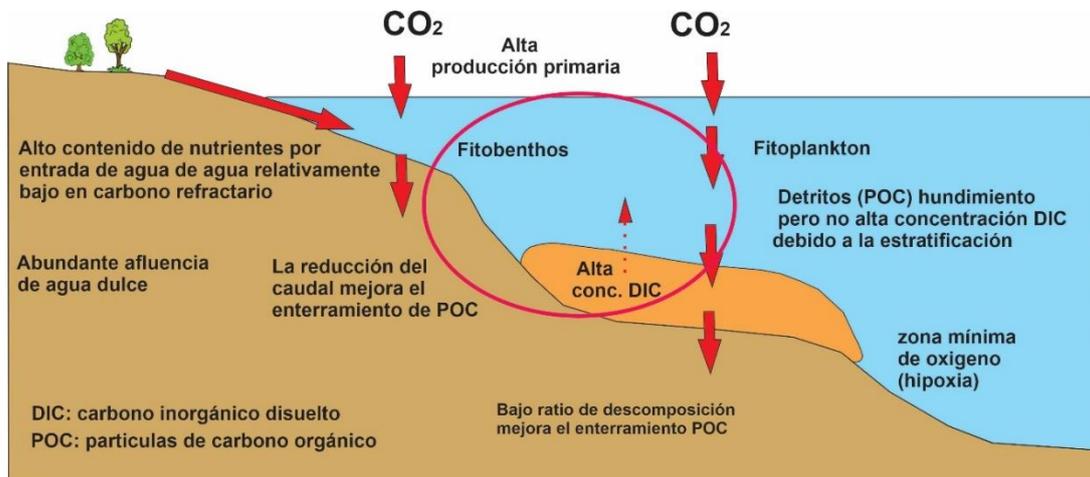


Figura 53. Ambiente de depositación óxico (abundante oxígeno) de la Formación Chulec.

Fuente: Tomado Walker (1980).

4.1.7. Formación Pariatambo

Esta unidad es muy diferenciable en campo debido a sus características estratigráficas, al igual que la Formación Inca, sirve como unidad guía para realizar el cartografiado geológico debido a su delgado espesor (200 m). Está conformada por calizas gris oscuras en estratos delgados en la base que va aumentando de grosor al tope a medida que se ingresa a la Formación Yumagual.

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

Características litológicas

Esta unidad muestra las siguientes características:

Calizas mudstone en la base, margas, arcillitas calcáreas de color gris oscuros.

Estratos delgados en la base que evidencia poca energía de las aguas.

4.1.7.1. Características estratigráficas

Estratos delgados en la parte inferior y estratos gruesos al tope, en contacto regular

Pasa a la Formación Yumagual en contacto gradual

Estrato creciente al tope

4.1.7.2. Estructuras sedimentarias

Abundantes nódulos calcáreos

Abundantes restos de fósiles

Presencia de pirita (S_2Fe) singenética

Olor fétido por presencia de materia orgánica

4.1.7.3. Edad y correlación

El Albiano Superior. Además, se pueden encontrar gran variedad de fósiles, tales como: Moluscos: Oxitropidoceras Carbonarium; Venesoliceras, Lyelliceras, sp, Dipoloceras, Mojsisoviczia, y Ostrea (Lopha), además Acantocerastaceae y Brancoceratidae siendo estas especies típicamente pelágicas (Reyes, 1980).

4.1.7.4. Ambiente de sedimentación

Por las características litológicas, estructuras sedimentarias y fósiles encontrados se sugiere que esta unidad secuencial, se depositó en un ambiente más profundo que la Formación Chulec. Se postula además que la parte más profunda del mar se volvió reductor, de poco movimiento de las aguas por lo que no hubo oxigenación. El ambiente reductor probablemente se debe al estancamiento de aguas causado por circulación deficiente en la parte profunda de la cuenca (Aldana 2008).

Los fósiles encontrados indican una zona litoral a sublitoral, alrededor de 120 a 130 m. de profundidad y una temperatura que indican aguas cálidas de zonas tropicales alrededor de los 22°C (Aldana 2008).

4.1.7.5. Estudio paleontológico

A continuación, se muestra el estudio paleontológico de los fósiles de la Formación Pariatambo.

Estudio paleontológico 01	
Phylum	Mollusca
Clase	Cefalopòda
Orden	Ammonoidea
Familia	Lyelliceratidae
Genero	Lyelliceratinae
Especie	Lyelliceras sp.
Dimensiones:	
Largo	40 mm
Ancho	200 mm
Descripción: Fósil de tamaño mediano, con tubérculos a modo de espinas que le servía de protección contra los depredadores.	



Lyelliceras sp.

Figura 54. Estudio paleontológico del fósil Lyelliceras extraído de la Formación Pariatambo.

Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)

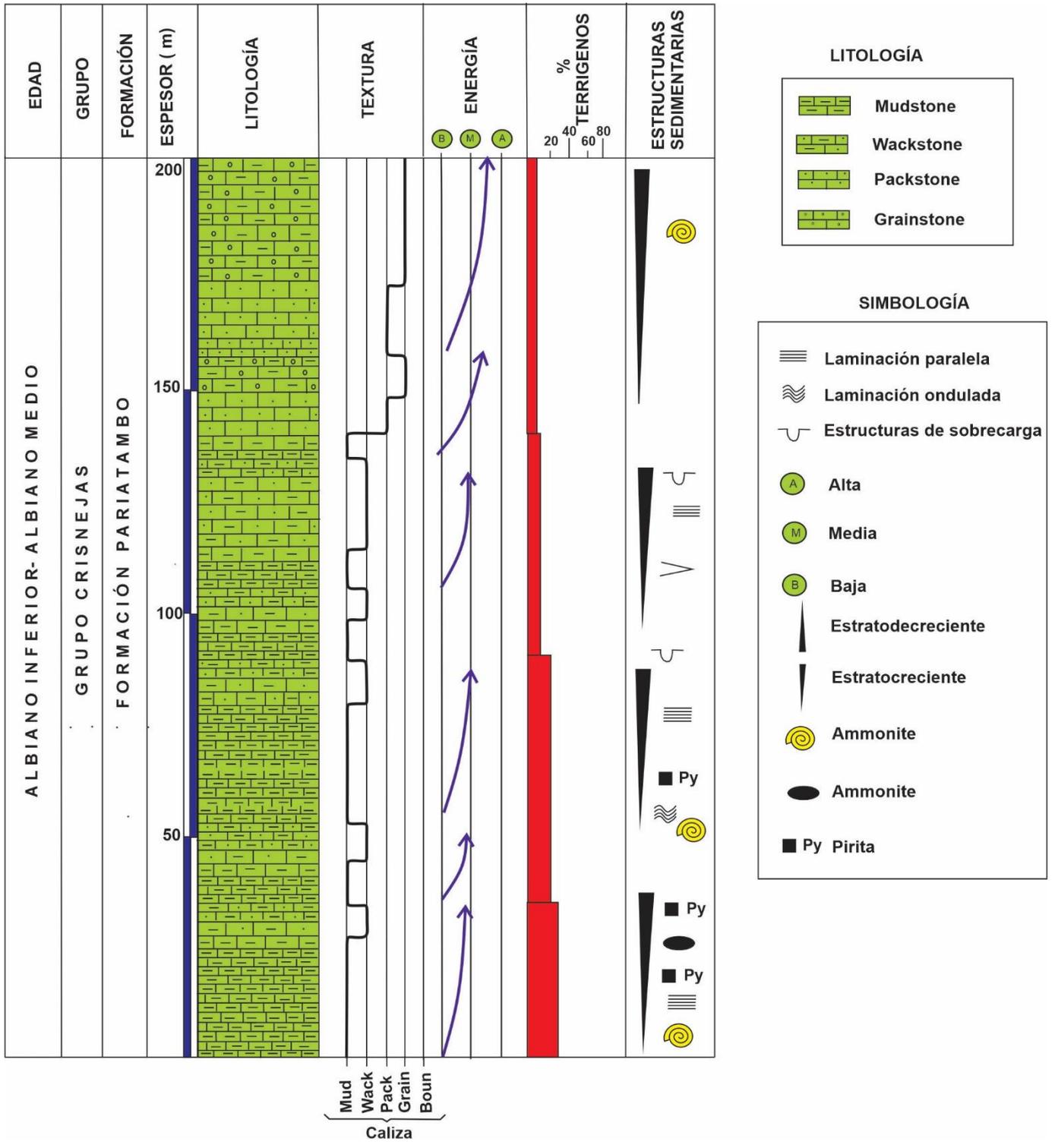
Estudio paleontológico 02	
Phylum	Mollusca
Clase	Cefalopòda
Orden	Ammonoidea
Familia	Brancoceratidae
Genero	Mojsisovicsilidae
Especie	Oxitropidoceras Carbonarium
Dimensiones	
Lateral	100 mm
Frontal	140 mm
Descripción: Fósil de tamaño mediano, costillas bien definidas. Es considerado fósil guía de la Formación Pariatambo.	



Oxitropidoceras Carbonarium

Figura 55. Estudio Paleontológico del fósil Oxitropidoceras carbonarium de la Formación Pariatambo.

Fuente: Martinell (1996) mejorado por Aldana (2008)



Fuente: Aldana (2008)

Figura 56. Columna geológica de la Formación Pariatambo.

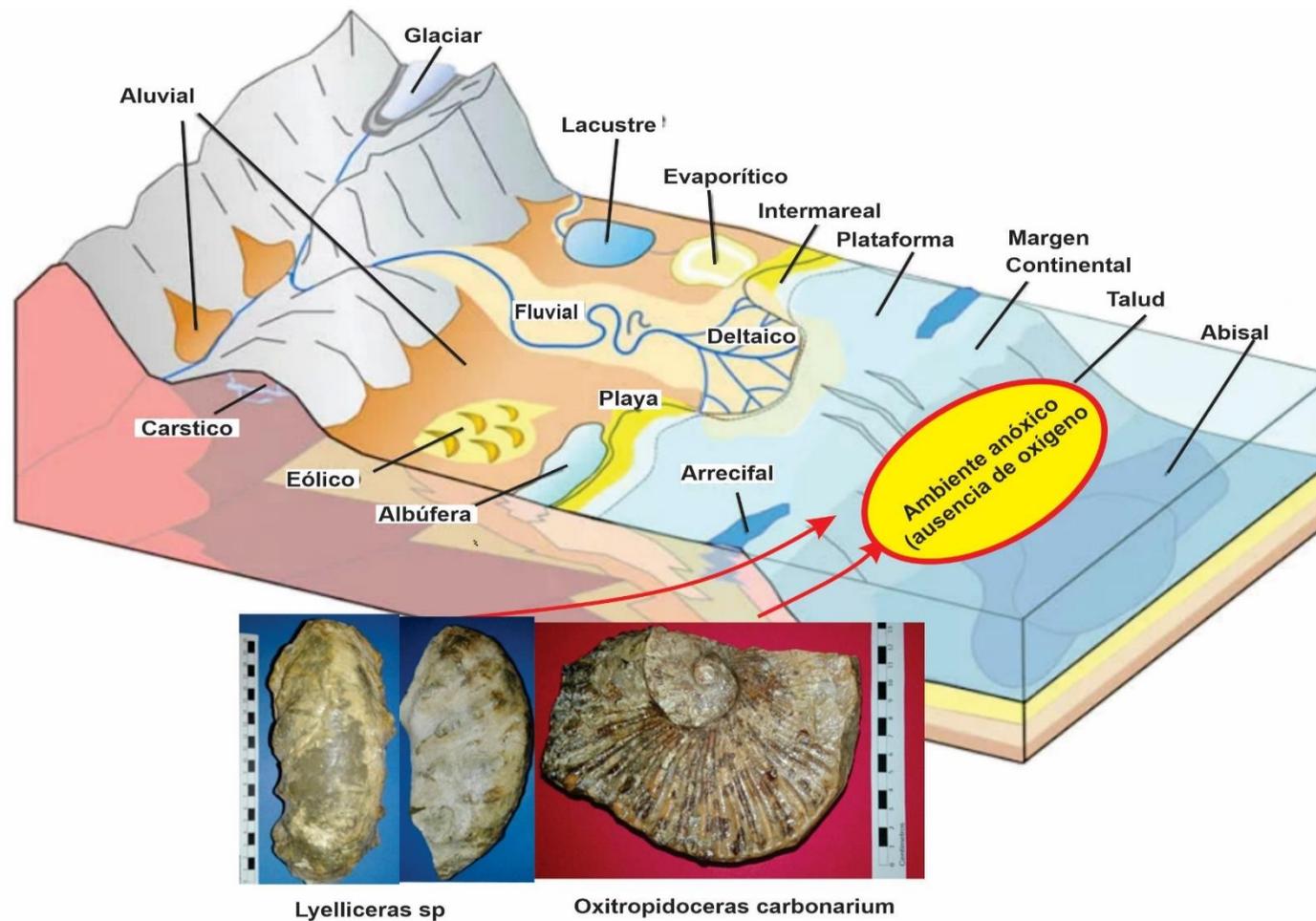


Figura 57. Reconstrucción del ambiente de depositación de la Formación Pariatambo ubicado en el distrito de Urubamba y Huayllapampa.
 Fuente: Walker (1980) mejorado por Aldana (2008)

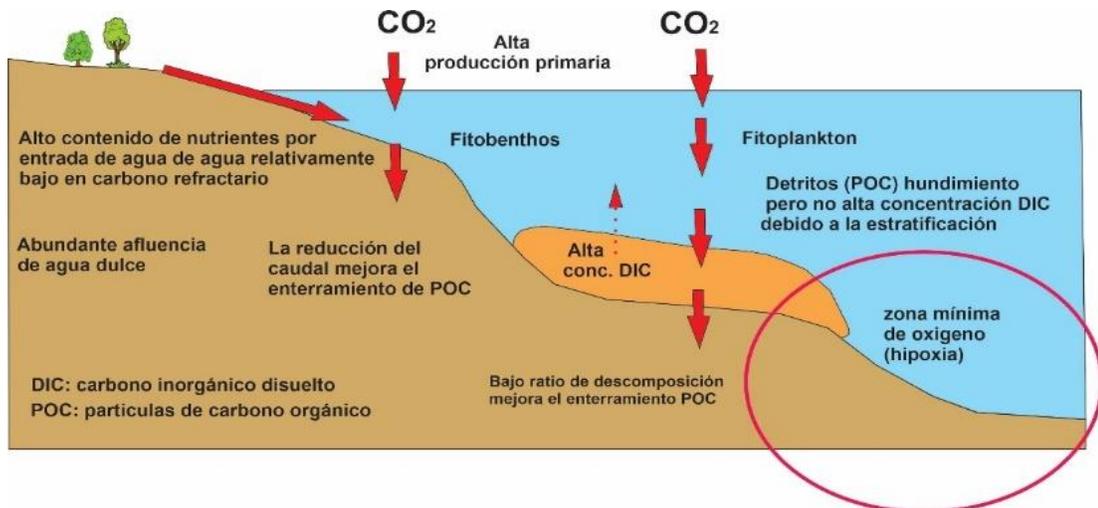


Figura 58. Ambiente de deposición anoxico (ausencia de oxígeno de la Formación Pariatambo.

Fuente: Walker (1980) mejorado por Aldana (2008)

4.2. DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN DE LAS UNIDADES DEL CRETACICO INFERIOR

Se han confeccionado las figuras 59 y 60, teniendo como referencia el Informe Paleontológico Macro 3 realizado por Aldana en el 2008. En las mencionadas figuras, se hace un resumen de las características de profundidad, temperatura y salinidad de las aguas donde habitaron los fósiles estudiados:

4.2.1. Determinación de la profundidad de depositación

En la figura 64 se representan las unidades estratigráficas del cretácico inferior. Las Formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat se depositaron en un ambiente continental (la Formación Santa en un ambiente marino somero). Las Formaciones Inca y Chulec en un ambiente marino de poca profundidad y bien oxigenadas (óxico), mientras que la Formación Pariatambo en un ambiente carente de oxígeno (anóxico) producto de la ausencia de movimiento de las aguas marinas. El alto porcentaje de sedimentos terrígenos determinados en las rocas de las formaciones

Inca, Chulec y Pariatambo indican también un ambiente marino de poca profundidad (Aldana, 2008).

4.2.2. Determinación de la salinidad de las aguas

Los fosiles estudiados de las formaciones Inca, Chulec y Pariatambo indican que el ambiente de depositación fue marino de aguas saladas con cantidades de sal de 30 a 40 partes por mil. Los fosiles de la Formación Santa habitaron en aguas salobres con cantidades de sal de 10 parte por mil, mientras que los fosiles estudiados de las Formaciones Carhuaz y Farrat indican que los sedimentos se depositaron en un ambiente continental y de agua dulce. Figura 59

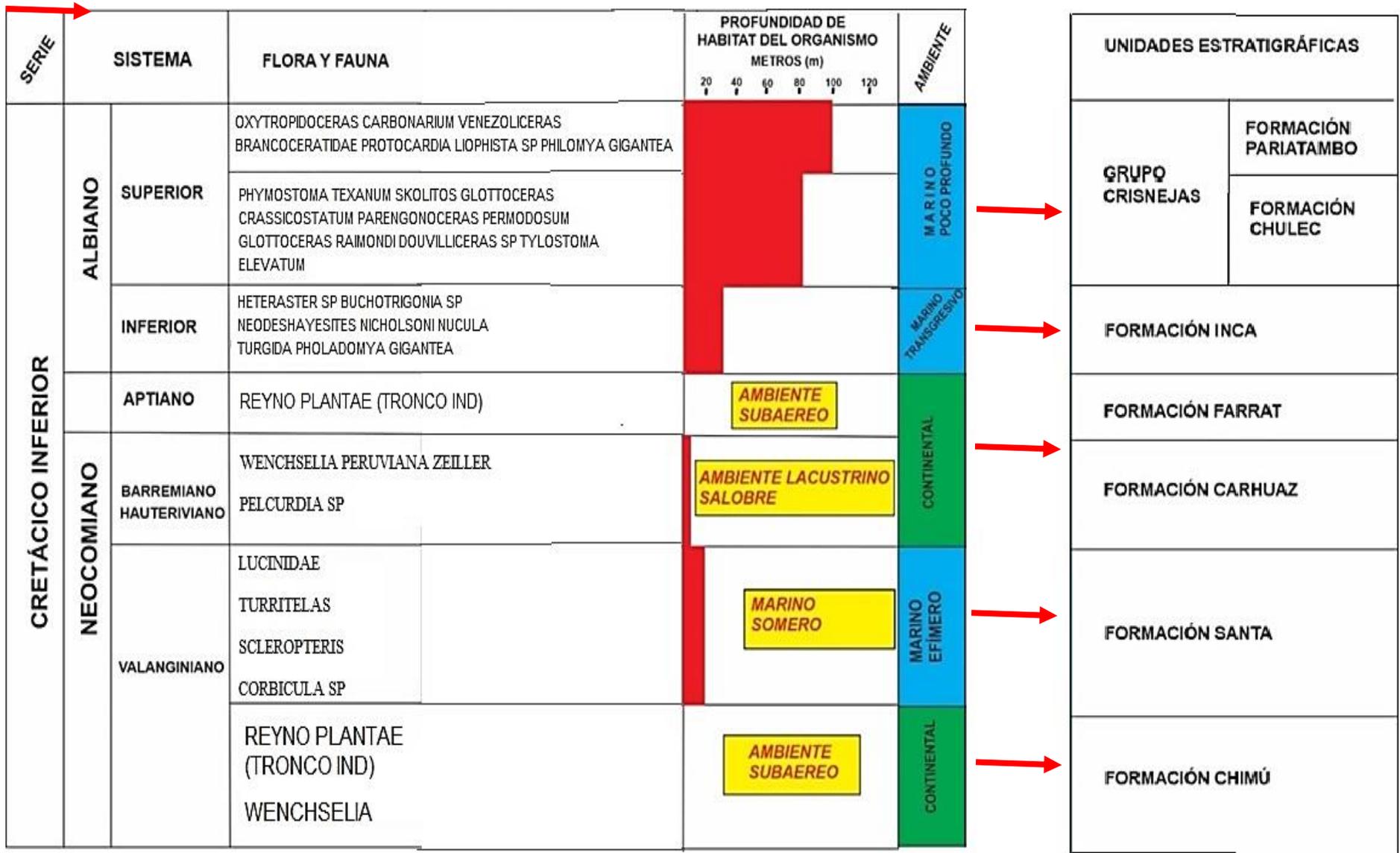


Figura 59. Ambiente de depositación de las unidades del Cretácico inferior
 Fuente: Aldana (2008)

SERIE	SISTEMA		FLORA Y FAUNA	SALINIDAD DEL AGUA DE MAR (POR MIL)	CARACTERÍSTICA DEL AGUA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS CRETÁICAS		PALEOAMBIENTE	
				20 30 40					
CRETÁCICO INFERIOR	ALBIANO	SUPERIOR	OXYTROPIDOCERAS CARBONARIUM VENEZOLICERAS BRANCOERATIDAE PROTOCOLARIA LIOPHISTA SP PHILOMYA GIGANTEA	[Red bar]	AGUA SALADA	GRUPO CRISNEJAS	FORMACIÓN PARIATAMBO	AMBIENTE MARINO	MAYOR PROFUNDIDAD (AMBIENTE EUXÍNICO)
			FORMACIÓN CHULEC				REGULAR PROFUNDIDAD (AMBIENTE OXIDANTE)		
		INFERIOR	HETERASTER SP BUCHOTRIGONIA SP NEODESHAYESITES NICHOLSONI NUCULA TURGIDA PHOLADOMYA GIGANTEA			FORMACIÓN INCA	POCO PROFUNDO (AMBIENTE OXIDANTE)		
		APTIANO	REYNO PLANTAE (TRONCO IND)		AGUA DULCE	FORMACIÓN FARRAT	AMBIENTE CONTINENTAL		
	NEOCOMIANO	BARREMIANO HAUTERIVIANO	WENCHSELIA PERUVIANA ZEILLER	[Red bar]	AGUA SALOBRE	FORMACIÓN CARHUAZ	AMBIENTE LACUSTRINO		
			PELCURDIA SP						
		VALANGINIANO	LUCINIDAE TURRITELAS SCLEROPTERIS PARAGLAUCONIA CORBICULA SP	[Red bar]	AGUA SALADA	FORMACIÓN SANTA	MARINO POCO PROFUNDO - SALOBRE		
REYNO PLANTAE (TRONCO IND)			AGUA DULCE	FORMACIÓN CHIMU	AMBIENTE CONTINENTAL				

Figura 60. Determinación de la salinidad de las aguas de mar donde vivieron los fósiles analizados.
Fuente: Aldana (2008)

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las secuencias sedimentarias del Cretácico inferior se depositaron en dos ambientes bien diferenciados: las Formaciones pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga se depositaron en un ambiente continental subaereo, mientras que las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo en un ambiente marino de poca profundidad. El análisis de las columnas estratigráficas indica que estas Formaciones se depositaron en forma continua y gradual desde la Formación Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat, Inca, Chulec hasta la Formación Pariatambo. El alto porcentaje de sedimentos terrígenos en las rocas de las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo indica una depositación en un ambiente marino de poca profundidad. La Formación Inca y Chulec se depositaron en un ambiente marino bien oxigenado (óxico) mientras que la Formación Pariatambo en un ambiente carente de oxígeno (anóxico). Por todo lo expuesto se puede afirmar que la hipótesis se contrasta positivamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las secuencias sedimentarias del Cretácico inferior se caracterizan por poseer un paso transicional de una unidad a otra, indicando una depositación en forma continua. Se ha determinado que las Formaciones: Santa, Inca y Pariatambo poseen poco espesor con 125, 120 y 200 m. respectivamente y que están formadas mayormente por estratos delgados y con un estilo estrato creciente hacia el tope. Las Formaciones: Chimú, Carhuaz, Farrat y Chulec son de gran espesor con 400, 350, 250 y 500 respectivamente. Las Formaciones Chimú, Farrat y Chulec poseen un estilo estrato decreciente hacia el tope, mientras que la Formación Carhuaz un estilo estrato creciente hacia el tope.

Las rocas de las Formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, por ser unidades que se han depositado en un ambiente continental, están constituidas mayormente por sedimentos terrígenos. las rocas de las Formaciones: Inca y Chulec, por ser formaciones que se han depositado en un ambiente marino de poca profundidad, poseen un alto porcentaje de sedimentos terrígenos (más de 50%), mientras que las rocas de la Formación Pariatambo el porcentaje de sedimentos terrígenos experimenta una disminución.

Los análisis de los fósiles hallados en las Formaciones Inca y Chulec indican que estos vivieron en un ambiente marino de poca profundidad y de aguas saladas y bien oxigenadas, mientras que los de la Formación Pariatambo indican un ambiente marino de mayor profundización. Se ha determinado el espécimen *Oxitropidoceras Carbonarium* en el nivel inferior de Formación Pariatambo indicando la base de esta unidad tal como lo reportan (Aldana, 2008).

5.2. RECOMENDACIONES

A los investigadores del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, realizar estudios de microscopia de las rocas sedimentarias del Cretácico inferior con la finalidad de conocer el área de procedencia de los sedimentos.

A Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET, realizar estudios acerca de la Formación Pariatambo con la finalidad de conocer si podría ser considerada como roca generadora de hidrocarburos.

A las autoridades de la Universidad Nacional de Cajamarca, hacer las gestiones necesarias para que se pueda considerar a la Región de Cajamarca como un patrimonio paleontológico del Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

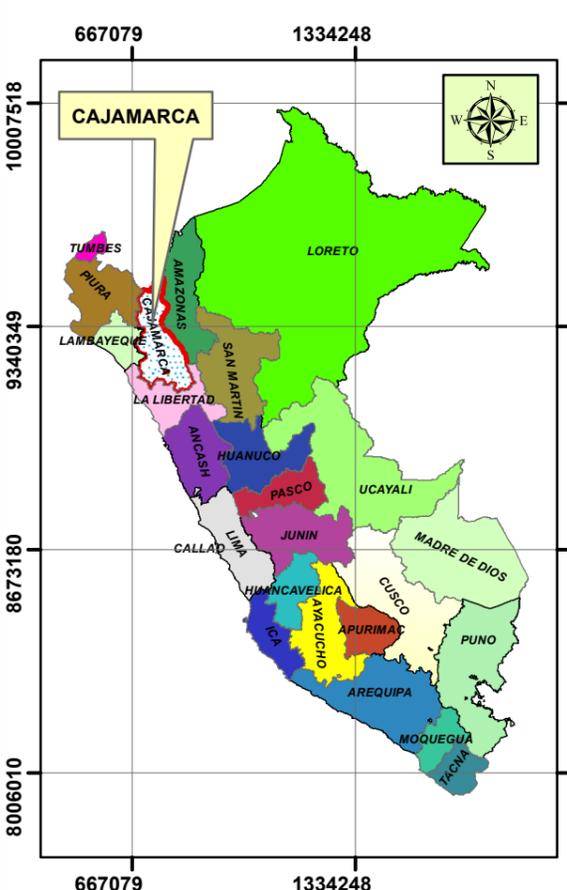
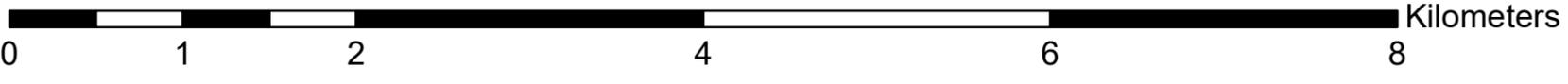
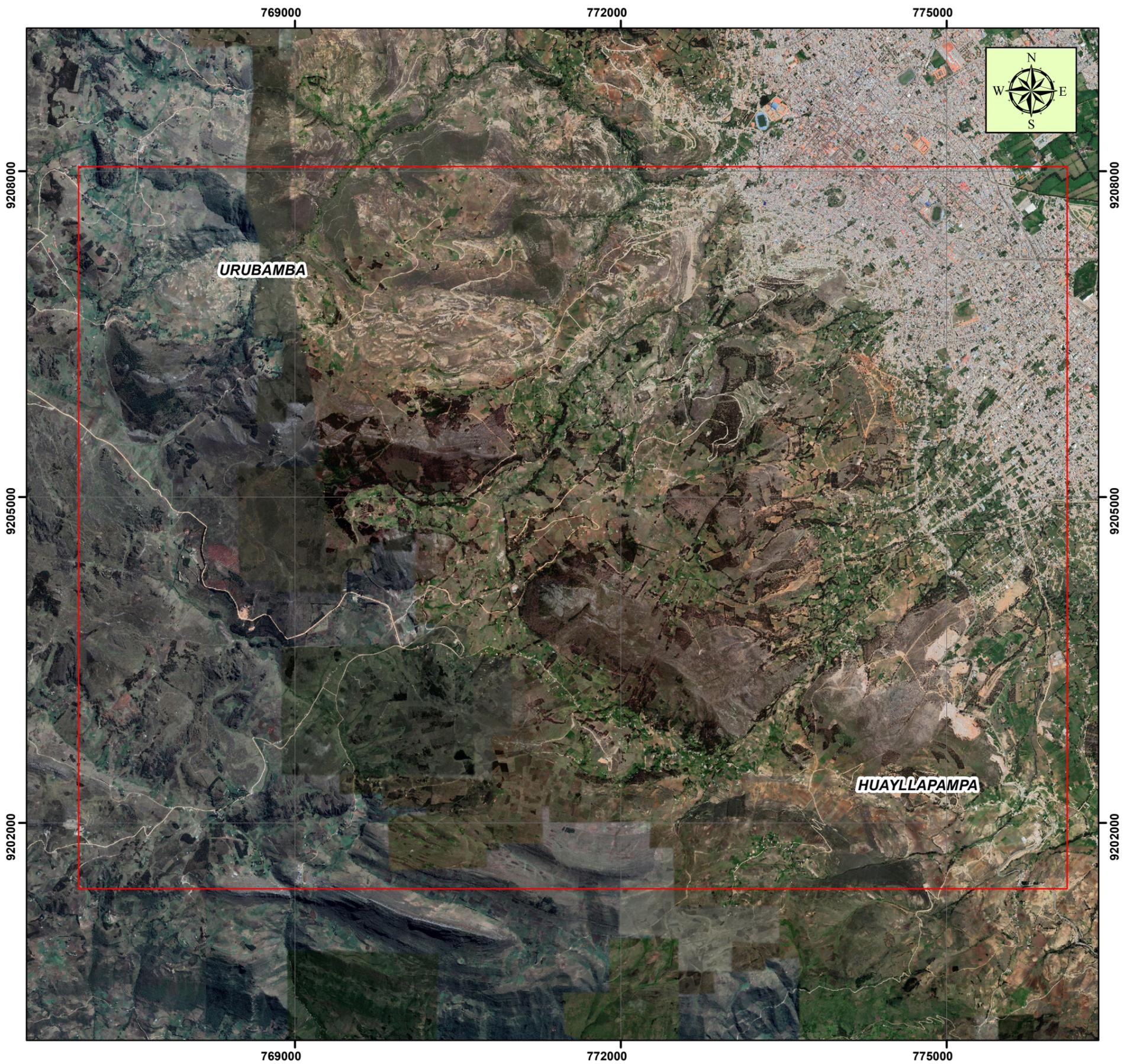
- Aldana, M. 2008 Informe Paleontológico Macro 3. INGEMMET.
- Arkell, W., Furnish, W., Klummel, B., Miller, A., Moore, R., Schindewolf, O., Sylvester-Bradley, P. & Wright, C. 1957. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part L, Mollusca 4, Cephalopoda, Ammonoidea; 490 p.
- Ascencio, R. 2014. Característica estratigráfica de la Formación Chulec en la cuenca Cajamarca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. 66 p.
- Blandon, A. 2002 Principio de Estratigrafía. Trabajo de año sabático. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Sede Medellín.
- Bazán, J. 2016. La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgadas. Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. 132 p.
- Benavides, V. 1956. Cretaceous system of northern Perú. Bulletin American Museum, Natural History. New York, Vol. 108.
- Boggs, S. 1992 Petrology of sedimentary rocks. Macmillan Publishing company, New York.
- Buatois, L. 2002. Variaciones del nivel del mar, superficies de discontinuidad y patrones de apilamiento estratal en valles estuarinos incisos: la Arenisca Morrow en el subsuelo de Kansas. IX Reunión Argentina de sedimentología. Córdoba. 50 p.
- Borkowsqui, D. 1994 Catalogo de Minerales Industriales del Perú. Printed in Lima. Perú.
- Casal G., Allard, J. Foix N. 2015 Análisis Estratigráfico y Paleontológico del Cretácico Superior en la Cuenca del Golfo San Jorge: Nueva Unidad Litoestratigráfica para el Grupo Chubut. Revista Geológica Argentina. Vol 72, N° 1.
- Castro, M. 2020 Ambientes sedimentarios: tipos y sus características, ejemplos. Lifeder- Venezuela.

- Dávila, J. 2011 Diccionario Geológico. INGEMMET. Editorial Art- Grouting S.A.C. Lima- Perú. 900p.
- Dunham, R., 1962 Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Bolletín of the American Association of Petroleum Geologists (1) 108-121.
- Jacay, J. 2005 Análisis de la sedimentación del Sistema Cretáceo de los Andes del Perú Central. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG Vol. 8, N.º 15, 49-59. Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico)
- Krumbein, W. & Sloss, L. 1963 Estratigrafía Y Sedimentología. Departamento de Geología, Universidad Northwestern. Primera Edición en español. Unión Tipográfica Editorial, Hispano América. México.
- Gressly, A. 1838 Observations geologiques sur le Jura Soleurois. Ges. Ges. Naturw, N° 2; p. 1- 122.
- Lagos, A. & Quispe, Z. 2007 Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco. Distrito de Cajamarca.
- Laughlin, D. 1925 Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes Peruanos en los Departamentos de Lima y Junín (Trad. G.D. Zevallos). Inf. Mem. Soc. Ing. Peru, Vol. 27
- Lombard, A. 1956 Geologie sedimentaire: Les series marines. Masson, Paris, 722 p.
- López, O. 2021 Estudio Lito y Bioestratigráfico del Grupo Crisnejas entre las localidades de Pampa de la Culebra y Polloc. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. EAPIG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Navarrete, E. 2014 Apuntes de estratigrafía y sedimentación. Guayaquil – Ecuador
- San Boggs, J. 2006 Principles of Sedimentology and Stratigraphy Fourth Edition.
- Spalletti L, 1980 Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. Serie B Didáctica y Complementarias Nro. 8. Asoc. Geol. Arg. 175 páginas.

- Tafur, A. 1950 Nota preliminar de la Geología del Valle de Cajamarca. Tesis Doctoral Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Lima – Perú. 56 p.
- Reguant, S. 2001 Guía Estratigráfica Internacional. Revista de la Sociedad Geológica de España, vol. 14, (3-4).
- Reyes, L. 1980 Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g). Boletín N°31 INGEMMET.
- Sagasti, G., Ballent, S., Concheyro, A. 2006 Bioestratigrafía y paleoambiente de la Formación Agrío (Cretácico Inferior), en la Provincia de Mendoza, Cuenca Neuquina, Argentina. Revista geológica de Chile: An international journal on andean geology.
- Vera, J. 1984 Estratigrafía. Principio y Métodos. Editorial Rueda. Madrid- España. 829p.
- Walther, J. 1892 Facies Modelos: Respuesta a los cambios del nivel del mar. Geology Association Canadá, Dep. Earth Soc. Mem., Universidad Newfound - Tierra, Canadá. 40 p.
- Walker, R. 1980 Facies and Facies Models: General Introduction, In W. R. G., Ed., Facies Models, Geological Association of Canada, Second Edition. pp. 1-7.
- Wentworth, C. 1922 A scale of grade and class terms for clastic sediments: Journ. Geology, v. 30, pp 337- 392.

ANEXOS

1. Plano de ubicación
2. Plano Geológico
3. Plano de ubicación de las columnas estratigráficas
4. Plano Topográfico MDE



ESCALA NUMERICA 1:38,500

WGS_1984_UTM_Zone_17S

LEYENDA

Zona de investigación

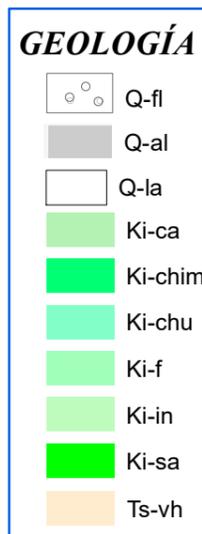
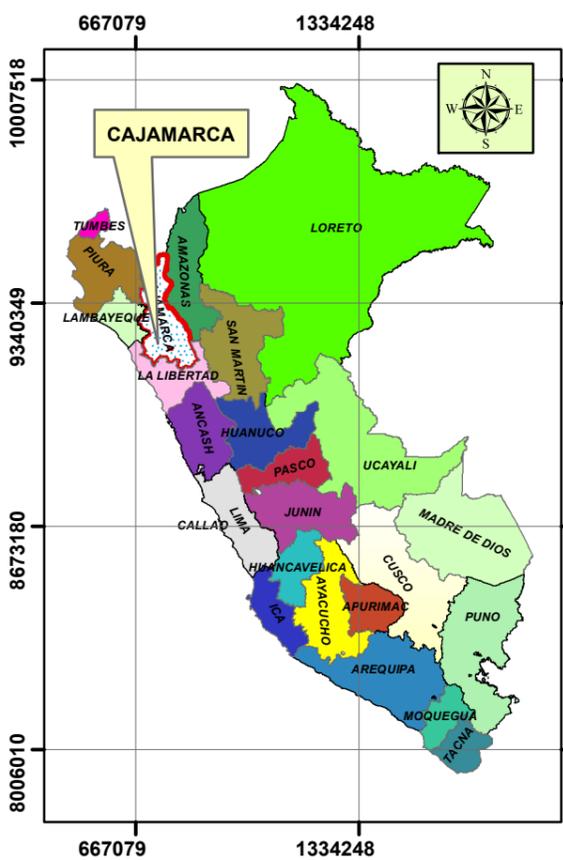
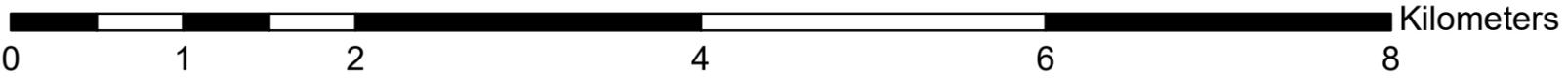
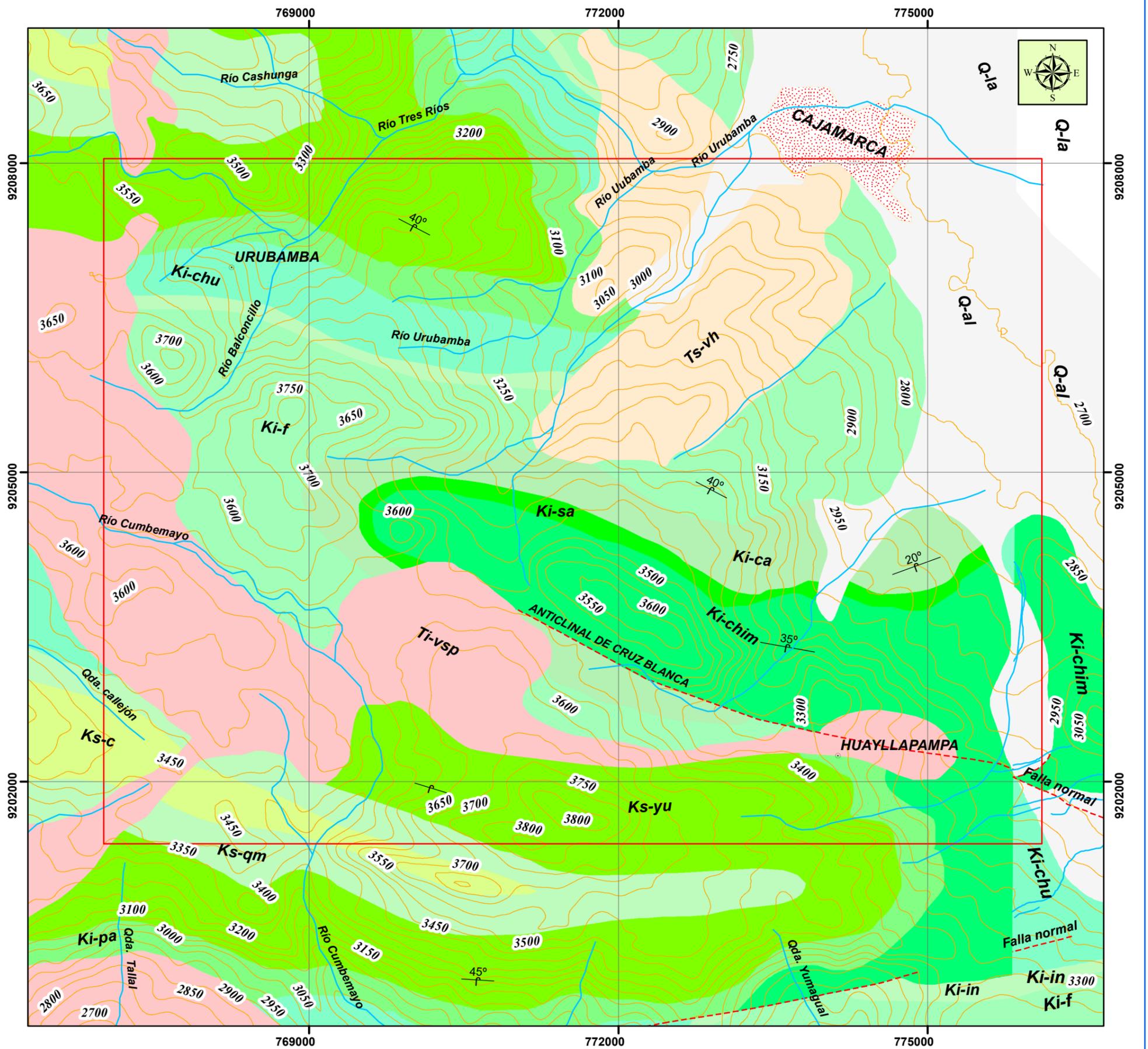
PUNTOS	ESTE	NORTE
1	767000	9202000
2	776000	9202000
3	776000	9208000
4	767000	9208000



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

PLAN DE TESIS PROFESIONAL
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA

PLANO: SATELITAL	ESCALA: INDICADA
TESISTA: Bach. Yohe! Clodomiro Flores Valera	<h1>P-01</h1>
ASESOR: Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique	
SISTEMA: UTM-WGS84	FECHA: Enero, 2023



ESCALA NUMERICA 1:40,000

WGS_1984_UTM_Zone_17S

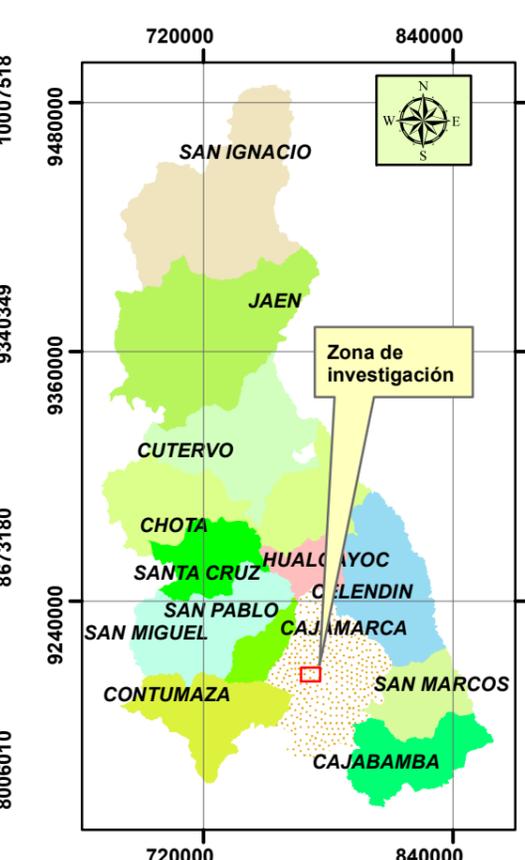
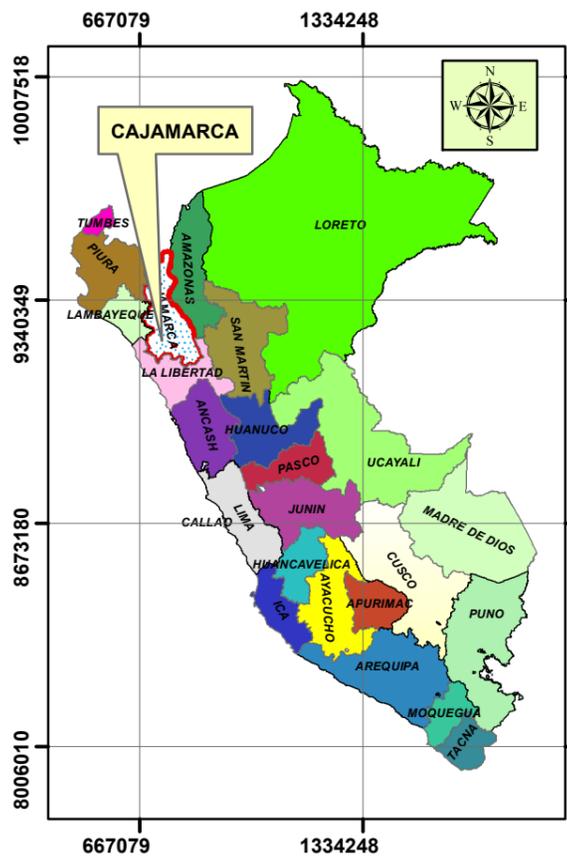
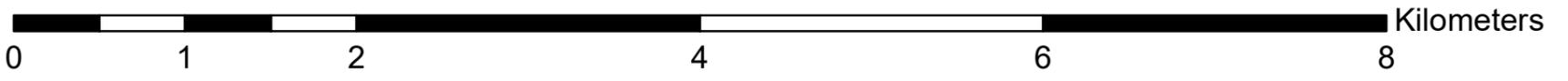
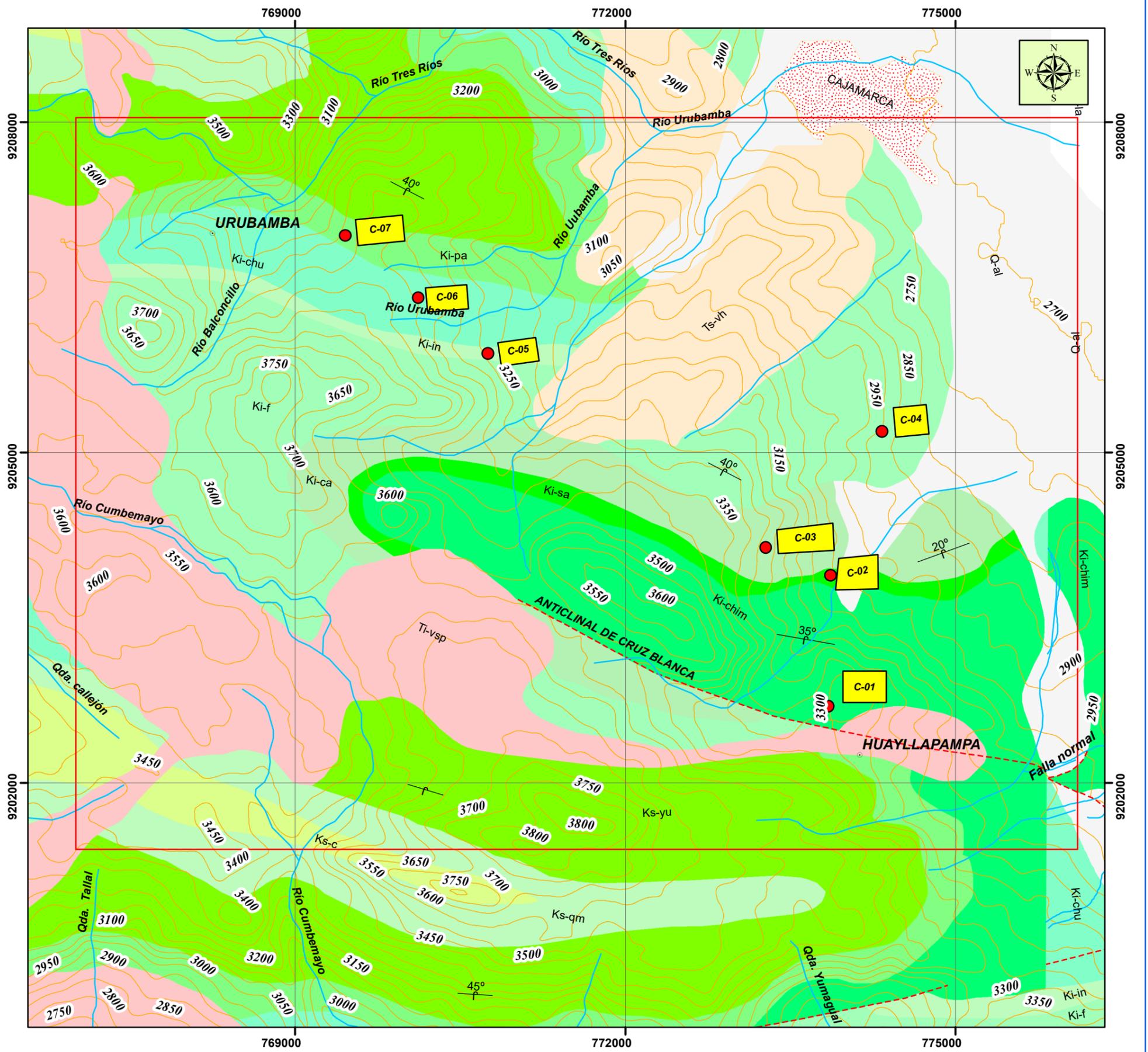
ESTRUCTURAS TOPOGRAFÍCAS

- CURVAS DE NIVEL (50m)
- Zona de investigación
- - - Falla
- ~ Drenaje

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

PLAN DE TESIS PROFESIONAL
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA

PLANO: GEOLOGICO	ESCALA: INDICADA
TESISTA: Bach. Yohel Clodomiro Flores Valera	P-02
ASESOR: Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique	
SISTEMA: UTM-WGS84	
FECHA: Enero, 2023	

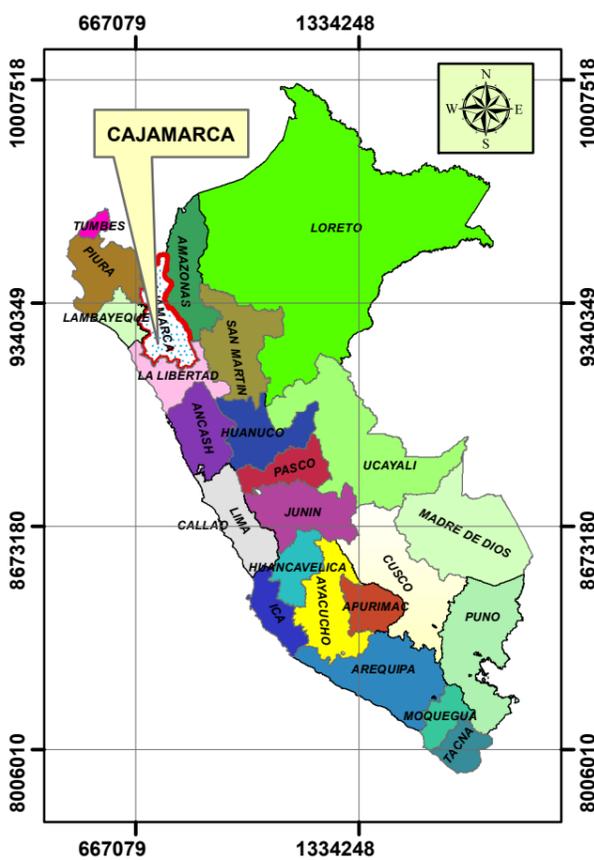
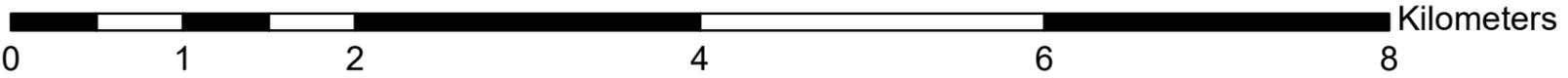
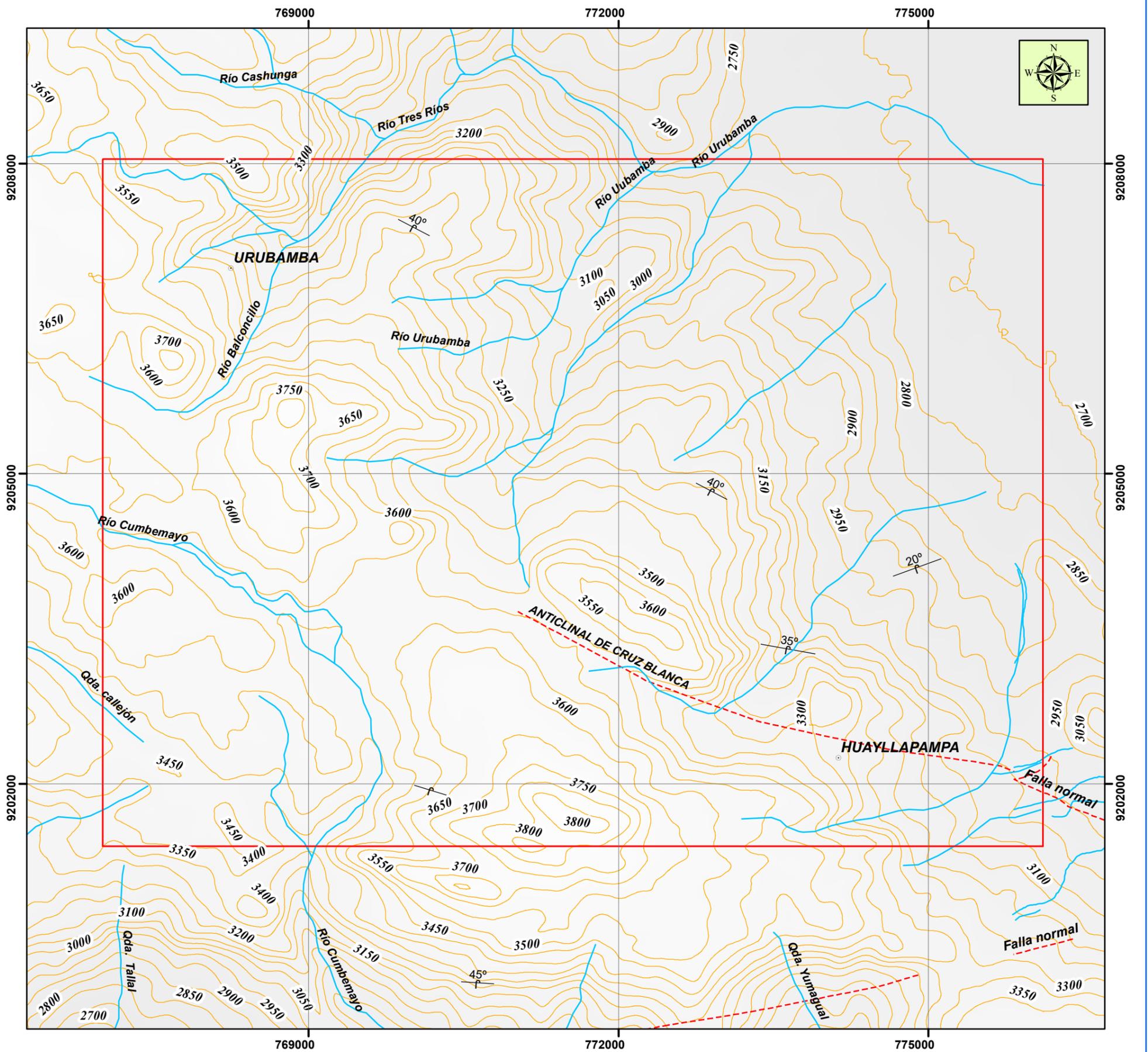


SIMBOLOGÍA	
●	C1 Columna Fm, Chimú
■	C2 Columna Fm, Santa
■	C3 Columna Fm, Carhuaz
■	C4 Columna Fm, Farrat
■	C5 Columna Fm, Inca
■	C6 Columna Fm, Chulec
■	C7 Columna Fm, Pariatambo

ESCALA NUMERICA	
1:37,500	
WGS_1984_UTM_Zone_17S	

ESTRUCTURAS TOPOGRÁFICAS	
	CURVAS DE NIVEL (50m)
	Zona de investigación
	Falla
	Drenaje

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
PLAN DE TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA	
PLANO:	ESCALA:
UBICACIÓN DE LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	INDICADA
TESISTA:	P-03
Bach. Yohel Clodomiro Flores Valera	
ASESOR:	
Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique	
SISTEMA:	FECHA:
UTM-WGS84	Enero, 2023



ESCALA NUMERICA 1:40,000

WGS_1984_UTM_Zone_17S

ESTRUCTURAS TOPOGRAFICAS

- CURVAS DE NIVEL (50m)
- Zona de investigación
- Falla
- Drenaje

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
PLAN DE TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR ENTRE LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAPAMPA Y URUBAMBA	
PLANO: TOPOGRÁFICO	ESCALA: INDICADA
TESISISTA: Bach. Yohel Clodomiro Flores Valera	P-04
ASESOR: Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique	
SISTEMA: UTM-WGS84	
FECHA: Enero, 2023	