

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica



TESIS

**“ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL
SECTOR DE AGOMARCA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

AUTOR:

Bach. Valdez López Henry Jhoan

ASESOR:

Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón

CAJAMARCA - PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mi Alma Máter, la Universidad Nacional de Cajamarca y a mis docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, por brindarme sus conocimientos y formarme profesionalmente.

Y de manera muy especial, mi agradecimiento va dirigido al Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani, quien, como asesor, me brindó sus conocimientos científicos, orientación y consejos para poder realizar la presente tesis.

DEDICATORIA

Se lo dedico con mucho cariño a mis padres Natividad y Juana, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por el constante apoyo de manera incondicional que me brindaron en cada etapa de mi vida.

A mis hermanas Fanny, Marleny y Fiorella, por su carisma y por estar siempre a mi lado dándome ánimos para poder culminar esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xi
ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 Estratigrafía Secuencial	5
2.2.2 Estrato.....	6
2.2.3 Estratificación y Laminación	6
2.2.4 Superficies de Estratificación	7
2.2.5 Tipos de Estratificación	8
2.2.6 Geometría de Estratos	9
2.2.7 Asociación de Estratos.....	10
2.2.8 Método de campo para el reconocimiento de la estratificación.....	11
2.2.9 Principios Básicos de la Estratigrafía	12
2.2.9.1 Principio de la horizontalidad y continuidad de los estratos.....	12

	Pág.
2.2.9.2	Principio de la superposición..... 12
2.2.9.3	Principio del uniformismo o actualismo..... 13
2.2.9.4	Principio de la sucesión faunística..... 13
2.2.9.5	Principio de la simultaneidad de eventos..... 14
2.2.10	Medidas de estratificación..... 14
2.2.11	Unidad Litoestratigráfica..... 15
2.2.12	Sección estratigráfica 16
2.2.13	Estructuras Sedimentarias 17
2.2.13.1	Estructuras mecánicas depositacionales..... 18
2.2.13.2	Estructuras mecánicas post-depositacionales 19
2.2.13.3	Estructuras químicas diagenéticas 20
2.2.14	Cuenca Sedimentaria..... 20
2.2.15	Correlación Estratigráfica 21
2.2.16	Clasificación Granulométrica de las rocas carbonatadas 22
2.2.17	Masa Básica..... 22
2.2.18	Componentes..... 23
2.2.18.1	Clasificación Según Folk (1959, 1962) 24
2.2.18.2	Clasificación Según Dunham (1962) 26
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 28
CAPÍTULO III..... 29	
MATERIALES Y MÉTODOS..... 29	
3.1	UBICACIÓN 29
3.1.1	Geográfica 29
3.1.2	Política 29
3.2	ACCESIBILIDAD 29
3.3	PROCEDIMIENTOS..... 31

	Pág.
3.3.1	Etapa de pre-campo - Revisión bibliográfica.31
3.3.2	Etapa de Trabajo de campo.31
3.3.3	Etapa de post-campo - Trabajo de gabinete.....31
3.4	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN31
3.4.1	Población de estudio.32
3.4.2	Muestra de estudio.....32
3.4.3	Unidad de análisis.33
3.5	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES33
3.6	TÉCNICAS33
3.6.1	Materiales y equipos33
3.6.1.1	Materiales33
3.6.1.2	Equipos:34
3.7	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL35
3.7.1	Grupo Crisnejas35
3.7.1.1	Formación Chulec35
3.7.1.2	Formación Pariatambo36
3.7.2	Formación Yumagual37
3.8	TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS37
3.8.1	Unidades Litoestratigráficas Identificadas de la Formación Pariatambo 38
3.8.1.1	Miembro Inferior38
3.8.1.2	Miembro Medio46
3.8.1.3	Miembro Superior.....54
3.8.2	Estratigrafía Secuencial62
	CAPÍTULO IV64
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....64
4.1	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN64

	Pág.
4.1.1 Sección estratigráfica	65
4.2 ASOCIACIÓN DE FACIES Y AMBIENTE DEPOSITACIONAL.....	65
4.2.1 Configuración de la rampa exterior.....	65
4.3 CORRELACIÓN DE COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS	68
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
4.5 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	72
CAPÍTULO V	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas de Área de investigación	29
Tabla 2. Accesibilidad al área de estudio. (Ver fig. 17).....	29
Tabla 3. Clasificación y tipos de investigación.	32
Tabla 4. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Inferior	38
Tabla 5. Descripción petrológica de la muestra N° Mlr-01	42
Tabla 6. Descripción petrológica de la muestra N° Mlr-02	43
Tabla 7. Descripción petrológica de la muestra N° Mlr-03	43
Tabla 8. Descripción paleontológica del fósil N° Mlf-01.....	44
Tabla 9. Descripción paleontológica del fósil N° Mlf-02.....	45
Tabla 10. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Medio.....	46
Tabla 11. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-01.....	50
Tabla 12. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-02.....	51
Tabla 13. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-03.....	52
Tabla 14. Descripción paleontológica del fósil N° MM-01.....	53
Tabla 15. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Superior	55
Tabla 16. Descripción petrológica de la muestra N° MSr-01	59
Tabla 17. Descripción petrológica de la muestra N° MSr-02	60
Tabla 18. Descripción paleontológica del fósil MSp-01	61
Tabla 19. Descripción paleontológica del fósil MSp-02	61
Tabla 20. Cuadro resumen de resultados	64
Tabla 21. Espesores de los tres Sectores.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Historia de la estratigrafía secuencial. Vail (1987).....	5
Figura 2. Rasgos de un estrato y medidas de la estratificación. Se delimitan el techo, el piso, el espesor, los posibles ordenamientos internos, dirección y buzamiento (Vera, 1994).....	7
Figura 3. Tipos de superficies de estratificación que se pueden observar en el campo (Vera, 1994).	8
Figura 4. Geometría de los estratos (Harris, 1991).	9
Figura 5. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (explicación en el texto). Los términos a,b y c corresponden a tres tipos litológicos, en los que a sería el término de mayor tamaño de grano (en rocas detríticas) o de mayor energía (en rocas carbonatadas) (Vera, 1994).	11
Figura 6. Método de medición de estratos en campo y su respectiva corrección matemática (Vera, 1994).....	15
Figura 7. Unidades litoestratigráficas. Presenta tres formaciones (X, Y, Z) y la Formación y está compuesta de tres unidades (A, B, C) (Vera 1994).	16
Figura 8. Bloque diagrama, donde muestra la disposición tridimensional de las unidades litoestratigráficas de una zona determinada (Vera, 1994).	17
Figura 9. Esquema mostrando la diferencia que existe entre estratos y láminas (Ponce, et al. 2018).....	18
Figura 10. Esquema mostrando los diferentes tipos de gradación interna que desarrollan con mayor (Ponce, et al. 2018).....	19
Figura 11. Fangolitas laminadas (MI). A) Muestra horizontes con concreciones y nódulos. B) Presencia de venillas de calcita fibrosa, asociado a una concreción (Ponce, et al. 2018).....	20
Figura 12. Modelo de Correlación Litoestratigráfica (Milley y Stones, 2006). ...	22
Figura 13. Principales componentes de las calizas: Ooides, granos agregados y peloides (López, 2002).	24
Figura 14. Clasificación de las rocas carbonatadas según FOLK (López, 2002).	25

Figura 15. Espectro de las texturas de las rocas carbonatadas (Folk, 1962). La energía del agua en el área de sedimentación aumenta de izquierda a derecha, equivalente a los ambientes de cuenca – Plataforma somera – Zona de costa / Playas (Mackenzie, 1997).....	26
Figura 16. Clasificación de las rocas carbonatadas según Dunham (modificado del 1962).....	27
Figura 17. Ubicación política.....	30
Figura 18. Accesibilidad al Sector Agomarca.....	30
Figura 19. Dentro del marco amarillo se presenta el esquema en el que se indica el ambiente de depositación de la Fm. Pariatambo, facie tipo 3a (Modificado de Navarro, 2015).....	66
Figura 20. Dentro del marco amarillo se presenta la descripción general de la clasificación e interpretación de facies de la Fm. Pariatambo. Los números indican la abundancia relativa de componentes no esqueléticos y esqueléticos: 0 = ausente, 1 = presente, 2 = frecuente, 3 = abundante, 4 = dominante (Modificado de Navarro, 2015).....	67
Figura 21. Sección hipotética a través de la cuenca andina durante el Neocomiano-Coniaciano con inferida Morfología de la rampa de la Plataforma Oeste. (Modificado de Navarro, 2015)	71

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Intercalación de estratos de calizas arenosas color amarillento (característica principal de la Formación Chulec) con arcillitas. Coordenadas (E: 775903 N: 9201900 Z: 3020)	35
Fotografía 2. Intercalación de calizas bituminosas de textura mudstone con arcillitas de estratificación delgada (estratificación característica de la Formación Pariatambo). Coordenadas (E: 775606, N: 9201723, Z: 3025)	36
Fotografía 3. Estratos gruesos de calizas gris parduzcas, de textura Wackestone de la Formación Yumagual. Coordenadas (E: 775497, N: 9201597, Z: 3030) .	37
Fotografía 4. Vista panorámica de los Miembros Inferior, Medio y Superior de la Formación Pariatambo. El afloramiento se logra apreciar en el corte de carretera.	38
Fotografía 5. Vista panorámica del Miembro Inferior en contacto con la Formación Chulec y el Miembro Medio de la Formación Pariatambo.....	38
Fotografía 6. Calizas de textura mudstone, intercaladas con arcillitas en la base del Miembro Inferior, con una estratificación delgada. Coordenadas (E: 775705, N: 9201768, Z: 3024 msnm).	39
Fotografía 7. Secuencia cíclica de arcillitas, calizas bituminosas y margas. Coordenadas (E: 775670, N: 9201757, Z: 3024).....	40
Fotografía 8. Intercalación de limolita, calizas margosas y arcillitas de coloración amarillenta. Coordenadas (E: 775651, N: 9201752, Z: 3024)	40
Fotografía 9. a) Estructura tabular en el Miembro Inferior. Coordenadas (E: 775628, N: 9201745, Z: 3025). b) Estructura laminar, se aprecia en las arcillitas de dicho miembro. Coordenadas (E: 775654, N: 9201747, Z: 3025).....	41
Fotografía 10. Estructura masiva en calizas margosas en la parte superior de dicho miembro. Coordenadas (E: 775644, N: 9201746, Z: 3025).....	41
Fotografía 11. Vista panorámica del Miembro Medio. Mostrando estratificación rítmica típica, que caracteriza a la Formación Pariatambo.	46
Fotografía 12. Intercalación de calizas tabulares y arcillitas en la base del Miembro Inferior. Coordenadas (E: 775634, N: 9201744, Z: 3018)	47
Fotografía 13. Intercalación con secuencia rítmica de calizas nodulares de textura mudstone y arcillitas. Coordenadas (E: 775625, N: 9201734, Z: 3025)	47

Fotografía 14. Intemperismo presente en calizas, presenta un color blanquecino. Coordenadas (E: 775639, N: 9201744, Z: 3027).....	48
Fotografía 15. Intercalación rítmica y con secuencia inversa de calizas nodulares de textura mudstone - wackestone con arcillitas en la parte superior del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775681, N: 9201708, Z: 3026)	48
Fotografía 16. a) Mineral de calcita que corta a las rocas del miembro medio. Coordenadas (E: 775620, N: 920125, Z: 3031). b) Estructura laminar paralela en arcillitas. Coordenadas (E: 775618, N: 920127, Z: 3030).	49
Fotografía 17. a) Estructura lenticular en calizas nodulares del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775601, N: 9201718, Z: 3035). b) Bioturbación en arcillitas. Coordenadas (E: 775621, N: 9201729, Z: 3035).....	49
Fotografía 18. Estructura tabular del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775610, N: 9201726, Z: 3036).	50
Fotografía 19. Vista panorámica del Miembro Superior de la Formación Pariatambo en contacto con la Formación Yumagual.	54
Fotografía 20. Contacto litológico del Miembro Superior de la Formación Pariatambo y los estratos de mayor espesor de calizas de la Formación Yumagual, con una suave discordancia. Se observa el cambio muy claro de los estratos. Coordenadas (E: 775519, N: 9201628, Z: 3037)	54
Fotografía 21. Contacto del Miembro Medio y el Miembro Superior. Seguido por una secuencia rítmica y directa de calizas bituminosas de textura wackestone y arcillitas con una estratificación delgada.	55
Fotografía 22. Intercalación de estratos de calizas nodulares con arcillitas negras y una secuencia directa. Luego sigue las arcillitas calcáreas. Coordenadas (E: 775579, N: 9201703, Z: 3031)	56
Fotografía 23. Presencia de 15 m de arcillitas calcáreas, seguido de una intercalación de calizas nodulares y las mismas arcillitas calcáreas.	56
Fotografía 24. Secuencia rítmica de pequeños estratos de calizas nodulares y arcillitas calcáreas de estratificación delgada. Coordenadas (E: 775563, N: 9201692, Z: 3029).....	57
Fotografía 25. Horizonte de chert de 5 m, parte superior del Miembro Superior, puede observarse una tendencia de bandeamiento de color anaranjado. Coordenadas (E: 775549, N: 9201670, Z: 3035).....	57

Fotografía 26. En la parte superior del Miembro Superior, se observa una secuencia de calizas silicificadas con arcillitas. Coordenadas (E: 775541, N: 9201667, Z: 3038).....58

Fotografía 27. **a)** Estructura lenticular. coordenadas (E: 775525, N: 9201635, Z:3036). **b)** Estructura masiva. Coordenadas (E: 775532, N: 9201674, Z:3035)58

ABREVIATURAS

Az	: Azimut
Bz	: Buzamiento
Fm	: Formación
Fm-Ch	: Formación Chulec
Fm-Pa	: Formación Pariatambo
Fm-Yu	: Formación Yumagual
Gpo	: Grupo
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Ki	: Cretáceo Inferior
Km	: Kilómetro
m	: Metros
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar
mm	: milímetro
NNE	: Nor - noreste
NNO	: Nor - noroeste
NO	: Noroeste
Q-al	: Cuaternario Aluvial
SE	: Sureste
SO	: Suroeste
UTM	: Universal Transversal Mercator
WGS-84	: Sistema geodésico mundial del año 1984
Sc	: Secuencia

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Sector de Agamarca, Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca, la cual trata básicamente de la Estratigrafía Secuencial de la Formación Pariatambo. Para ello se realizó un análisis descriptivo in situ de manera local y detallada, identificándose tres unidades litoestratigráficas: Miembros Inferior, Medio y Superior, estas unidades se depositaron en seis secuencias notablemente diferenciadas: La primera secuencia se caracteriza por la Intercalación de calizas bituminosas de texturas mudstone con arcillitas grises, la segunda representa la intercalación de calizas bituminosas de texturas mudstone con arcillitas, con la presencia de pequeños fósiles, como ammonites y primer horizonte de margas, la tercera secuencia presenta margas muy formadas, intercaladas con calizas bituminosas de texturas mudstone y arcillitas, seguida por la cuarta secuencia de una estratificación delgada de intercalación de calizas nodulares con arcillitas grises, la quinta facie es netamente silicificada, la sexta y última secuencia sigue de una intercalación de calizas con arcillitas con una secuencia rítmica. Los datos recolectados, ayudaron para realizar la comparación y correlación con los datos obtenidos de Bazán (2016) y Escobedo (2017), concluyendo y corroborando que la Formación Pariatambo tiene seis secuencias de depositación en varios sectores como Puyllucana, Ronquillo y Agamarca.

Palabras Clave: Formación Pariatambo, subsidencia, ambiente de depositación transgresión, regresión, estructuras sedimentarias, secuencia rítmica

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Agomarca Sector, Department, Province and District of Cajamarca, which basically deals with the Sequential Stratigraphy of the Pariatambo Formation. For this, a descriptive analysis was developed in situ in a local and detailed way, identifying three lithostratigraphic units: Lower, Middle and Upper Members, which were deposited in six notably differentiated sequences. The first sequence is characterized by the intercalation of bituminous limestone with mudstone textures with gray claystones. The second represents the intercalation of bituminous limestone with mudstone textures with claystones, with the presence of small fossils, such as ammonites and first marl horizon. The third sequence presents highly formed marls, interspersed with bituminous limestone with mudstone textures and claystones, followed by the fourth sequence of a thin stratification of intercalation of nodular limestones with gray claystones. The fifth is clearly silicified, and the sixth and last sequence follows from an intercalation of limestone with claystones with a rhythmic sequence. The data collected helped to compare and correlate with the data obtained from Bazán (2016) and Escobedo (2017), concluding and corroborating that the Pariatambo Formation has six depositional sequences in various sectors as Puyllucana, Ronquillo y Agomarca.

Key Words: Pariatambo Formation, subsidence, transgression depositional environment, regression, sedimentary structures, rhythmic sequence.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Período Cretácico en la Edad Albiano Medio, está constituido por rocas carbonatadas con alto contenido de material orgánico de la Formación Pariatambo, rocas caracterizadas por su olor fétido al fracturarlas, litológicamente tiene afloramientos de calizas con intercalación de limolitas y arcillitas; de coloración desde gris oscuras a negras bituminosas, las calizas poseen textura nodulosa y concreciones calcáreas por disolución, también con presencia de fósiles cefalópodos, que caracteriza al registro del tiempo cronoestratigráfico. En el sector denominado “Agomarca”, según estudios generales aledaños, muestra afloramientos de rocas sedimentarias carbonatadas de la Formación Pariatambo, sin embargo, es insuficiente la información sobre esta Formación en dicho sector, por ende es necesario realizar un estudio enfocado netamente en las características litoestratigráficas secuenciales de forma detallada e interpretación geocronológica; para lo cual se elaboraron columnas lito-estratigráficas a escala local y detallando la textura, estructuras y la génesis del ambiente de formación.

Para la investigación se ha formulado la siguiente interrogante; ¿Cuál es la estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el sector Agomarca?; de esta manera se pretende que los resultados obtenidos y recomendaciones en esta investigación, pueden ser utilizados como base para estudios posteriores relacionados con la disciplina estratigráfica. Para ello, el estudio se realizó en los afloramientos expuestos de la Formación Pariatambo que se encuentran en los cortes de carretera, comprendida en el Sector de Agomarca.

La investigación se realizó en ocho meses, teniendo como objetivo principal, determinar la estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el sector de Agomarca y como objetivos específicos, elaborar perfil y columnas litoestratigráficas, identificar las texturas y estructuras sedimentarias, correlacionar columnas estratigráficas y corroborar el ambiente de formación.

La estructura que se tiene para la investigación es el siguiente:

Capítulo II, donde se presenta los antecedentes de la investigación, las bases teóricas sobre la estratigrafía secuencial, además también la definición de términos básicos.

Capítulo III, se presenta la metodología de la investigación definiendo a cada variable de la misma, además también se tiene la ubicación geográfica, accesibilidad, técnicas e instrumentos de recolección de datos y la descripción del procedimiento y procesamiento de la información, para finalizar con el contexto geológico; dentro del cual ubicamos la geología, litología, estratigrafía, texturas y estructuras de la Formación Pariatambo en el Sector de Agomarca.

Capítulo IV, se va a proceder a realizar el análisis y discusión de resultados, con los resultados obtenidos de diferentes autores, además de contrastar la hipótesis planteada.

Finalmente, el Capítulo V, corresponde a las recomendaciones y conclusiones para determinar la estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el sector de Agomarca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La Formación Pariatambo ha sido estudiada por diversos autores, más no se ha realizado estudios estratigráficos secuenciales a detalle en el sector de Agomarca, a continuación, se presentan algunos estudios relacionados

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

REYES, (1980); Boletín N° 31, INGEMMET, Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Donde analizan y describen de manera regional todas las secuencias del área de estudio en base a un cartografiado 1:100000. Indica que la Formación Pariatambo consiste de una alternancia de arcillitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos.

ROBERT, et al. (1998); Trabajo de investigación “La Transgresión El Cretáceo Inferior en el Margen Andino (Perú Y Ecuador)”. Parte de este trabajo de investigación se refiere acerca del nivel anóxico que está caracterizado por las lutitas laminadas bituminosas y las calizas de color gris a negro, que caracterizan a la Formación Pariatambo de edad Albiano medio.

BARRAGÁN, et al. (2004), Estratigrafía secuencial del Cretácico de la Cuenca Oriente del Ecuador. Trata sobre las características estratigráficas de la cuenca Oriente en los periodos comprendidos entre el Aptiano y Maastrichtiano.

JACAY, (2005); Trabajo de investigación “Análisis de La Sedimentación del Sistema Cretáceo de Los Andes del Perú Central”. Indica que la Formación Pariatambo se formó en un Ambiente Transgresivo, donde el mar inunda las rocas silicoclásticas y forma una plataforma carbonatada, dicha plataforma confinada es de profundidad media a fuerte (en el Perú representa el evento oceánico anóxico del Albiano).

LAGOS, et al. (2007); Trabajo de investigación acerca de “Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños del

Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca” XIII Congreso Peruano de Geología. Trabajo que trata sobre el comportamiento de la Cuenca Occidental, en el proceso de relleno sedimentario desde el Berriasiano – Valanginiano (Cretácico Inferior) hasta el Santoniano – Campaniano (Cretácico Superior). Además, llegan a la conclusión de que las Formaciones calcáreas: Chúlec, Yumagual, Quilquiñán- Mujarrun y Celendín poseen abundantes sedimentos terrígenos a excepción de las Formaciones: Pariatambo y Cajamarca.

FERNÁNDEZ, (2010); Tesis Profesional “Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores”. Realiza la descripción detallada del Cretácico Inferior en el área de Cajamarca a través de correlación estratigráfica. Acompañado de un análisis paleontológico, habiendo calculado la descompactación para analizar los ratios de subsidencia con respecto a la Curva de descompactación.

NAVARRO, (2015); Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific. Esta investigación hace una comparación de la estratigrafía de isótopos de carbono obtenida en Perú con secciones publicadas del Pacífico central y occidental, el Atlántico occidental y el norte y oeste de Tethys, el cual revela un buen acuerdo general que respalda la naturaleza global de los patrones de isótopos descritos en esta investigación. Además, se documenta el desarrollo de la rampa carbonato-siliciclástica en la Plataforma Occidental del Perú y sus correspondientes asociaciones de facies sedimentarias del Cretácico inferior y superior.

BAZÁN, (2016); Tesis Profesional “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”, trata sobre la relación que existe entre la Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y el evento Anóxico oceánico del Albiano en el Perú mediante secciones delgadas.

ESCOBEDO, (2017); Tesis Profesional “Estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el centro Poblado Puyllucana, Distrito de Baños de Inca-Cajamarca”. Dónde se determinaron las siguientes facies de la Formación Pariatambo con una secuencia rítmica: Calizas Bituminosas, Calizas tabulares,

Calizas Dolomitizadas, Margas, Lutitas, Calizas Nodulares, Calizas Silicificadas y un horizonte de chert.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Estratigrafía Secuencial

La estratigrafía secuencial es el paradigma más reciente y tal vez, el más revolucionario en geología sedimentaria. Ha renovado los métodos de análisis estratigráfico. A diferencia de otros tipos más convencionales de análisis estratigráficos, tales como la bioestratigrafía, la litoestratigrafía o la magnetoestratigrafía, que consisten esencialmente en la colección de datos, la estratigrafía secuencial se construye tomando en cuenta:

- La reconstrucción de los parámetros de controles alógenos al momento de la sedimentación.
- La predicción de las arquitecturas de facies en las zonas no todavía estudiadas.

El primer aspecto suscitó (y sigue suscitando) un gran debate entre los partidarios del control eustático vs los del control tectónico de la sedimentación. El segundo aspecto proporciona a la industria petrolera una excelente herramienta de correlación para la exploración y el análisis de las cuencas.

La **estratigrafía secuencial** establece las relaciones entre la sedimentología, el análisis de las cuencas y los diferentes tipos de análisis estratigráficos convencionales (Marocco, 2009).

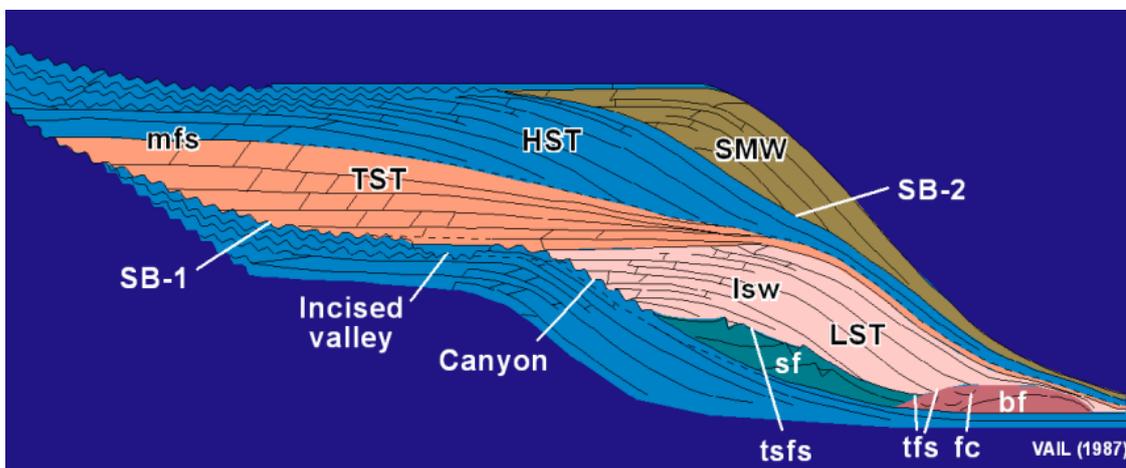


Figura 1. Historia de la estratigrafía secuencial. Vail (1987)

Descripción de abreviaturas de la Figura 1: mfs (maximum flooding surface): máxima superficie de inundación, TST (Transgressive Systems Tract): Área de cortejo transgresivo, HST (High Systems Tract): Área de cortejo de nivel alto, SMW: Cortejo de borde de plataforma, LST (Lowstand Systems Tract): Área de cortejo de nivel bajo y lsw: Cuña de nivel bajo.

2.2.2 Estrato

El término estrato fue introducido en Geología por Steno, en el siglo XVII, para denominar a una capa de roca (o de sedimento) limitada por superficies horizontales con continuidad lateral y que equivale a una unidad de tiempo de depósito (Vera, 1994).

El estrato se puede definir de dos maneras: Geométrica y Genética

- Desde un punto de vista geométrico Campbell (1967) lo definió como "un nivel de roca o sedimento más o menos distinguible de forma visual o física, separado de los niveles superior e inferior por superficies denominadas superficies de estratificación".
- Desde un punto de vista genético Otto (1938) lo había definido como "una unidad de sedimentación que se ha depositado esencialmente bajo condiciones físicas constantes".

Un estrato está delimitado por dos superficies de estratificación, la inferior sobre la cual se inició el depósito se llama muro o "piso" del estrato y la superior que marca el final de la sedimentación se le llama "techo" del estrato. Puesto que los estratos se superponen unos a otros, evidentemente, el techo de un estrato concreto es, a su vez, el muro del estrato suprayacente (Ver figura 1) (Vera, 1994).

2.2.3 Estratificación y Laminación

La estratificación es la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el término estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación) (Vera, 1994).

La laminación se puede definir como "la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato" (Corrales et al., 1977).

La laminación ha sido frecuentemente considerada como una estructura de ordenamiento interno dentro de los estratos, distinguiéndose dos tipos fundamentales: laminación paralela y laminación cruzada, aunque existen otros tipos minoritarios (ondulada, contorsionada, etc.). En consecuencia, se pueden diferenciar tres tipos simples de estratos: el primero sin laminación interna, el segundo con laminación paralela y el tercero con laminación cruzada (fig. 2.1). La bioturbación que con frecuencia afecta a los estratos laminados dificulta su reconocimiento, ya que la destruye parcial o totalmente (Vera, 1994).

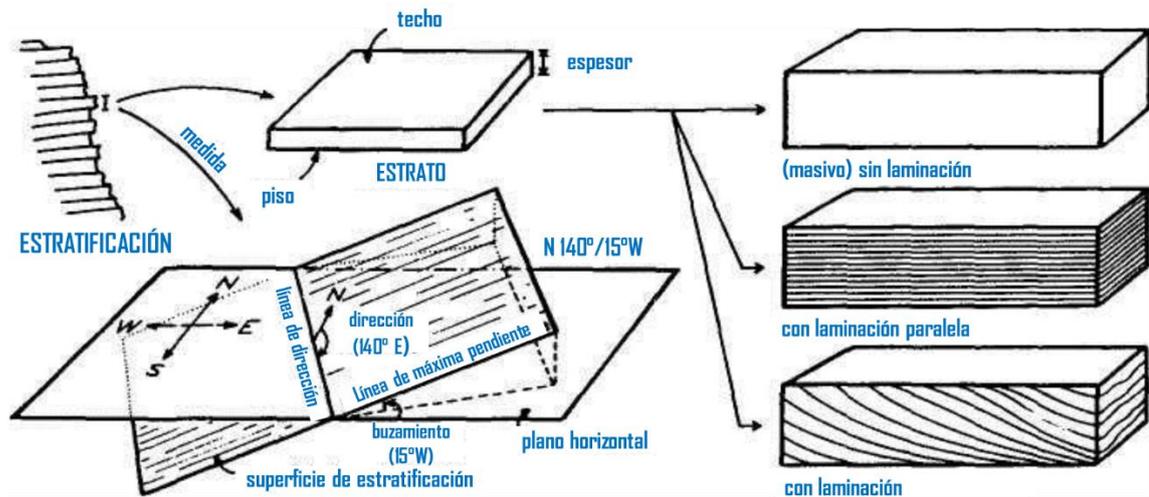


Figura 2. Rasgos de un estrato y medidas de la estratificación. Se delimitan el techo, el piso, el espesor, los posibles ordenamientos internos, dirección y buzamiento (Vera, 1994).

2.2.4 Superficies de Estratificación

Las superficies de estratificación en muchos afloramientos se observan con mayor claridad especialmente cuando existen diferencias litológicas marcadas entre capas sucesivas y cuando la erosión moderna ataca preferentemente a los materiales más blandos o más solubles (Vera, 1994).

Vera (1994), nos dice que las superficies de estratificación pueden ser netas o difusas. Las superficies netas en unos casos separan materiales con la misma litología encima y debajo, mientras que en otros casos separan estratos con diferente litología. En los contactos difusos existe una franja paralela a la

superficie de estratificación en la que tiene lugar el cambio gradual entre los dos términos litológicos o texturales. En la naturaleza son muy frecuentes los estratos con muros netos y los techos difusos.

De acuerdo con los rasgos geométricos de detalle de la propia superficie se pueden reconocer:

- Superficies con estructuras de corrientes;
- Superficies con pistas de organismos;
- Superficies con estructuras de carga;
- Superficies onduladas como en el caso de techos de estratos con estructuras de ripples,
- Superficies bio-turbadas afectadas por la acción de organismos que destruyen parcialmente la estructura interna del estrato,
- Superficies nodulosas con una disposición en grumos o nodulos, especialmente visible en el techo de ciertos bancos calizos.

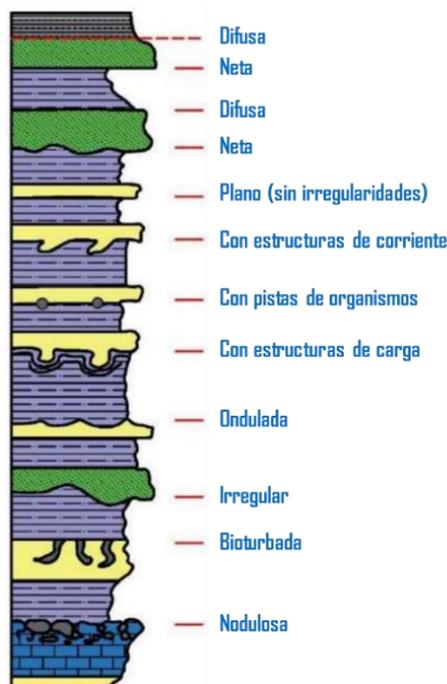


Figura 3. Tipos de superficies de estratificación que se pueden observar en el campo (Vera, 1994).

2.2.5 Tipos de Estratificación

Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría

de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Vera, 1994).

2.2.6 Geometría de Estratos

Considerando los estratos individualmente se puede establecer una clasificación de tipos geométricos a partir de la geometría del techo y del piso.

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

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

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

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.

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

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

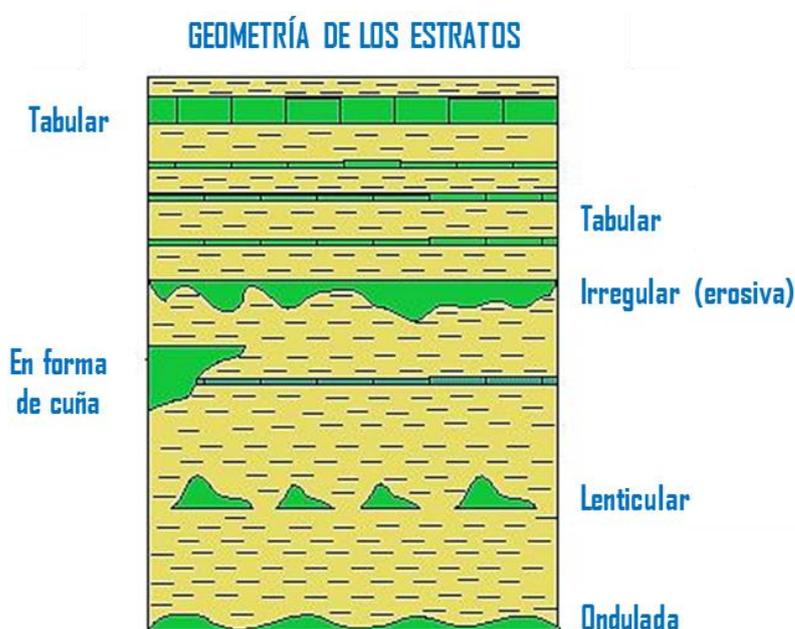


Figura 4. Geometría de los estratos (Harris, 1991).

2.2.7 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. Un primer aspecto a considerar es la ordenación de espesores de los estratos individuales en los conjuntos de estratos sucesivos (Vera, 1994).

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.

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

Estrato creciente: 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).

Estrato decreciente: 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).

En haces: Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes. A estas modalidades de asociaciones geométricas de estratos hay que añadir la estratificación masiva, nombre que se utiliza para denominar intervalos de rocas sedimentarias en los que la estratificación no es distinguible a simple vista.

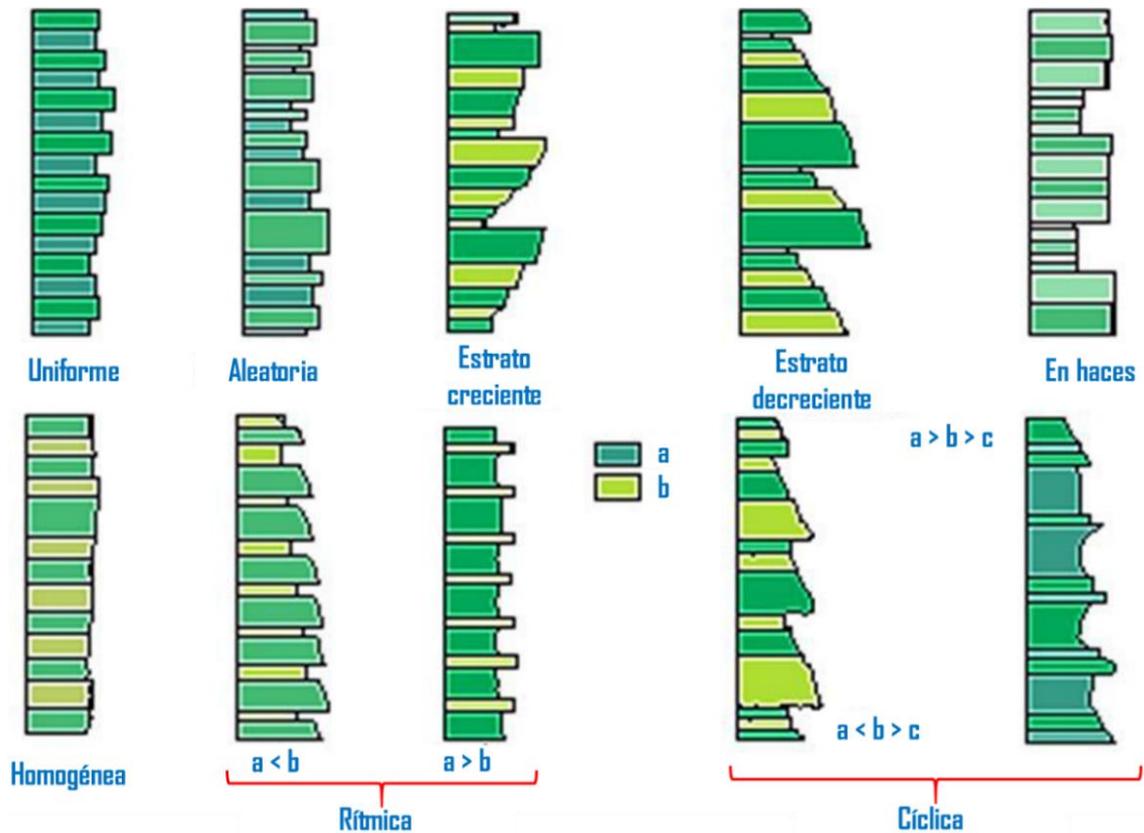


Figura 5. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (explicación en el texto). Los términos a, b y c corresponden a tres tipos litológicos, en los que a sería el término de mayor tamaño de grano (en rocas detríticas) o de mayor energía (en rocas carbonatadas) (Vera, 1994).

2.2.8 Método de campo para el reconocimiento de la estratificación

Vera (1994), nos dice que son métodos básicos de trabajo en la Estratigrafía y consisten en la observación sobre el terreno, ayudada con el uso de pequeños equipos instrumentales (martillo, lupa, brújula, instrumentos de medida, etc.).

El método de estudio más elemental, pero también el más importante, es el de la observación directa en el campo de las características de los materiales estratificados. Las primeras observaciones consisten en el reconocimiento de los diferentes tipos de rocas que afloran en una región y de su posición relativa (ordenamiento lateral y vertical).

El orden habitual de obtención de datos sobre la ordenación de las rocas estratificadas es el siguiente:

- Estudio de la sucesión estratigráfica de un afloramiento, que implica la ordenación de los materiales mediante la aplicación del principio de la superposición.
- Estudio de afloramientos cercanos que permitan ver si los materiales mantienen sus características litológicas y geométricas o por el contrario ocurren cambios laterales.

A partir de estas observaciones se pueden delimitar las unidades litoestratigráficas, que son conjuntos de estratos con características afines y diferenciables de los conjuntos de estratos infrayacentes y suprayacentes. En cada una de las unidades interesa conocer con detalle las características de sus materiales (litología, color, texturas, estructuras sedimentarias, propiedades de la estratificación, contenido fosilífero, etc.), geometría (especialmente sus espesores) y su distribución espacial o cartográfica (Vera, 1994).

2.2.9 Principios Básicos de la Estratigrafía

2.2.9.1 Principio de la horizontalidad y continuidad de los estratos

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.

2.2.9.2 Principio de la superposición

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 (Steno, 1668).

2.2.9.3 Principio del uniformismo o actualismo

Emitido por Hutton y desarrollado mejor por Lyell, nos dice 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".

2.2.9.4 Principio de la sucesión faunística

Emitido por Smith y desarrollado por Cuvier, 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.

2.2.9.5 Principio de la simultaneidad de eventos

Al contrario de los cuatro anteriores se trata de un principio emitido formalmente hace poco más de un decenio, como consecuencia de la reiterada constatación de hechos significativos reflejados en el registro estratigráfico. Se basa en la doctrina del "catastrofismo actualista" (Vera, 1990) o "nuevo uniformismo" (Berggren y Van Couvering, 1993).

Sin embargo, se pueden encontrar antecedentes de este principio, a finales del siglo XVIII, en las ideas de Werner y sus discípulos quienes defendían la contemporaneidad global de las catástrofes que determinaban los límites de las grandes divisiones geológicas. Igualmente se pueden encontrar precedentes de este principio en las ideas de Cuvier para explicar el origen de los yacimientos fosilíferos.

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 (p. ej. 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, constituyendo de esta manera un excelente criterio de correlación, a veces a una escala mundial (Vera, 1994).

2.2.10 Medidas de estratificación

El estudio de la estratificación, bajo su aspecto geométrico, permite realizar la medida de tres valores: dirección (ángulo que forma con el Norte geográfico la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal); buzamiento (ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección); y espesor de un estrato (distancia entre los planos de estratificación que lo limitan, medida perpendicular a ellos).

En condiciones normales el espesor de un conjunto de estratos, será la distancia entre sus límites medida perpendicular a ellos y representa el espesor actual de los materiales sedimentarios durante un determinado intervalo de tiempo.

El problema se plantea cuando la sedimentación se realiza sobre una pendiente deposicional, sobre la que los estratos se apilan lateralmente; pues si bien el espesor del conjunto de estratos valora el espesor real de los materiales sedimentarios durante un lapso de tiempo, la potencia de la unidad distinguida corresponde a la altura actual que comprende dicha unidad, medida sobre la vertical del depósito en el momento de la sedimentación (Vera, 1994).

A continuación, se presentan un método con los cuales se puede medir el espesor de los estratos, de esta manera se realiza el levantamiento de columnas estratigráficas.

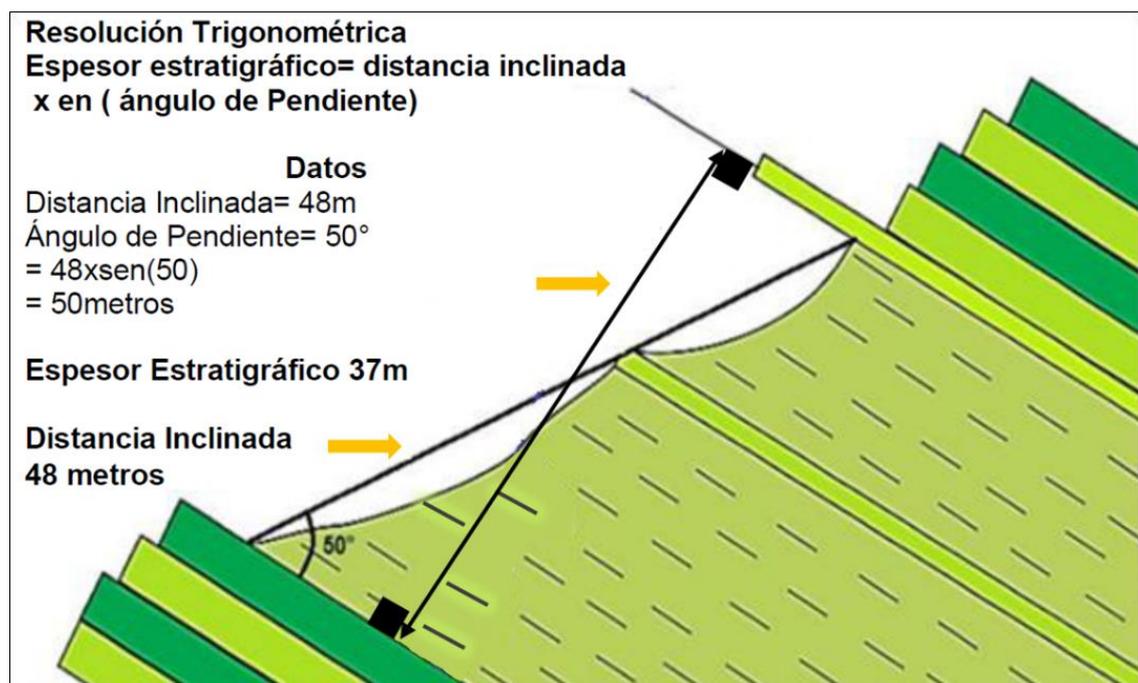


Figura 6. Método de medición de estratos en campo y su respectiva corrección matemática (Vera, 1994).

2.2.11 Unidad Litoestratigráfica

La Guía Estratigráfica Internacional (GEI, 1980) define como unidad litoestratigráfica a un “conjunto de estratos que constituyen una unidad, por estar compuesto predominantemente por una cierta litología o de una combinación de tipos litológicos, o por poseer otras características litológicas importantes en común, que sirvan para agrupar los estratos”. Por lo tanto, la unidad litoestratigráfica es un volumen reconocible de rocas y diferenciables de los volúmenes que lo rodean, por su litología.

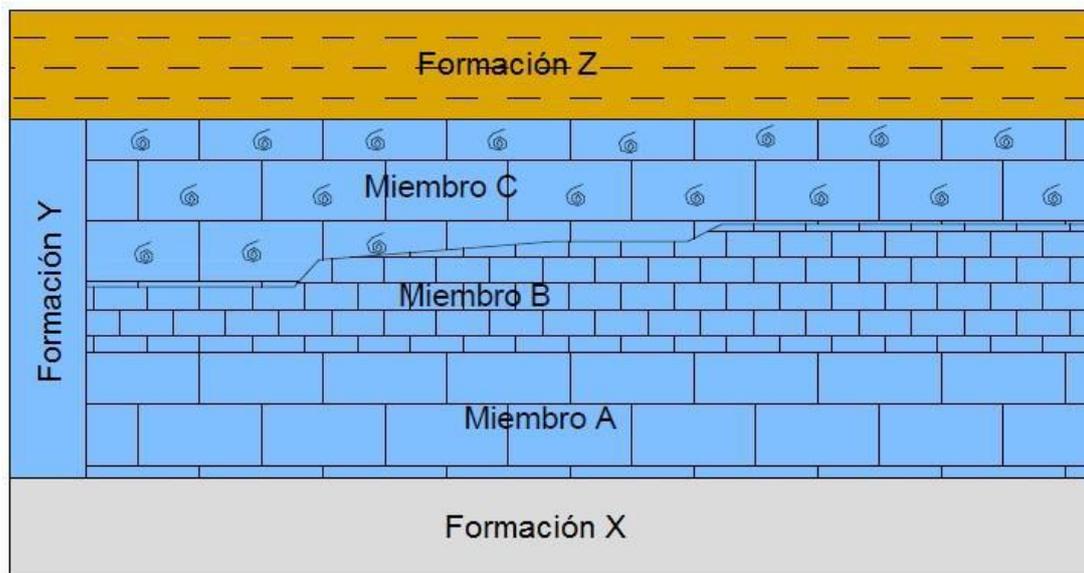


Figura 7. Unidades litoestratigráficas. Presenta tres formaciones (X, Y, Z) y la Formación Y está compuesta de tres unidades (A, B, C) (Vera 1994).

2.2.12 Sección estratigráfica

Una sección estratigráfica es la sucesión cronológica de todas las unidades estratigráficas presentes en una región, ordenadas de más antigua a más moderna, esto es, en el orden en el que ocurrió su depósito. Por extensión se utiliza dicho término a la representación gráfica, a escala, de la totalidad de las unidades estratigráficas, ordenadas temporalmente.

Las secciones estratigráficas locales expresan la ordenación vertical y, por tanto, temporal de todas las unidades litoestratigráficas representadas en una localidad concreta. En su representación gráfica, el espesor relativo de cada unidad queda reflejado con una escala de manera que el espesor representado en el dibujo sea proporcional a la potencia real de cada unidad. (Vera, 1994)

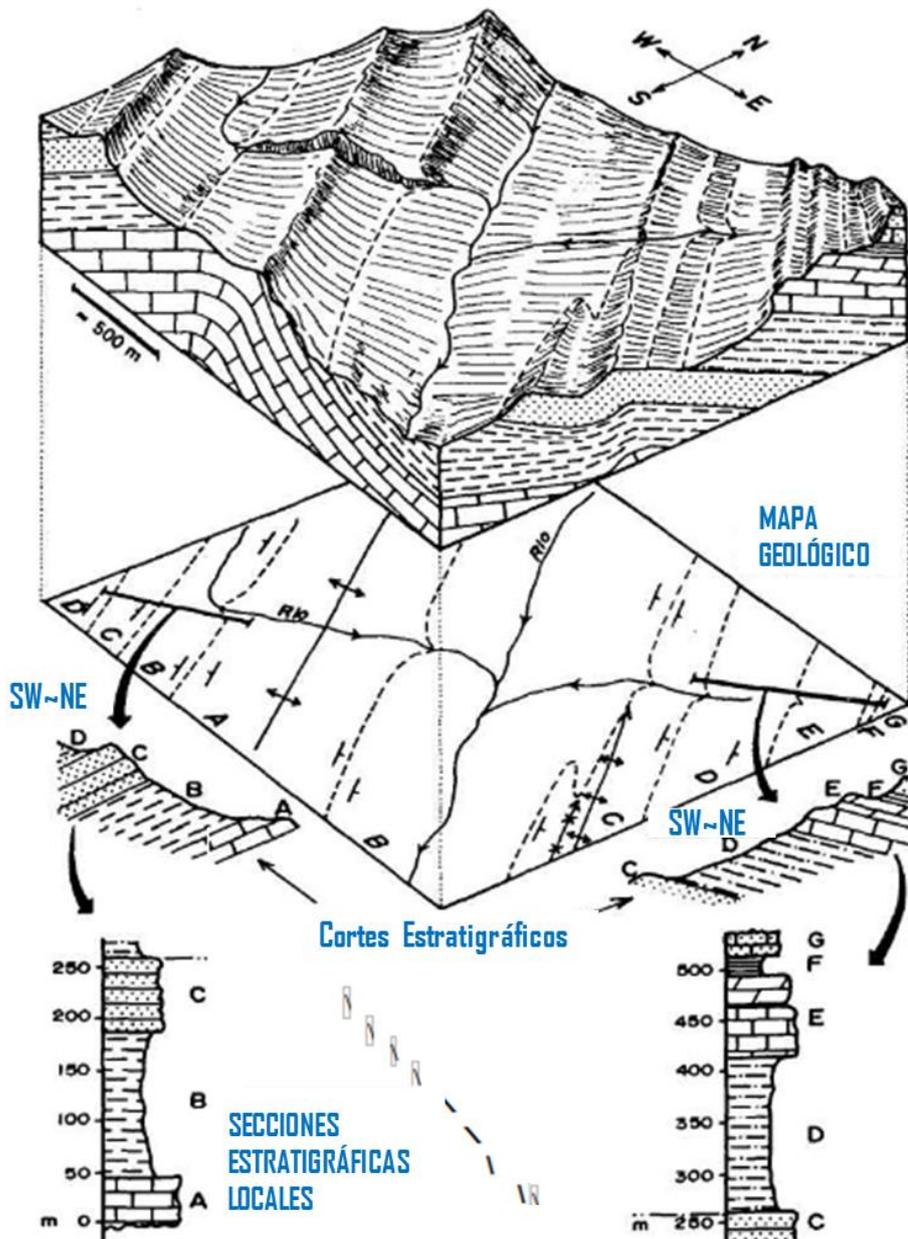


Figura 8. Bloque diagrama, donde muestra la disposición tridimensional de las unidades litoestratigráficas de una zona determinada (Vera, 1994).

2.2.13 Estructuras Sedimentarias

Las estructuras sedimentarias representan la disposición geométrica que adquieren los sedimentos durante los procesos de sedimentación, o en una etapa posterior muy próxima a su depositación (Cheel, 2005).

Las estructuras sedimentarias, a diferencia de los fósiles o la litología, siempre se forman *in situ* y *no pueden ser transportadas ni reelaboradas*; también son el elemento clave en la comparación de sedimentos antiguos con medios

sedimentarios actuales y estudiados experimentales bajo condiciones controladas. (Arche, 2010)

2.2.13.1 Estructuras mecánicas depositacionales

Estratificación y laminación: Los estratos (beds) son capas que pueden presentar diferente geometría, integrados por rocas sedimentarias que tienen composición, empaquetamiento tamaño, forma y orientación que permiten distinguirlos de los estratos que los infrayacen y suprayacen. Es adecuado hablar de estrato cuando la capa tiene un espesor mayor a 1 cm y de lámina cuando el espesor es menor que 1 cm (Ponce, et al. 2018).

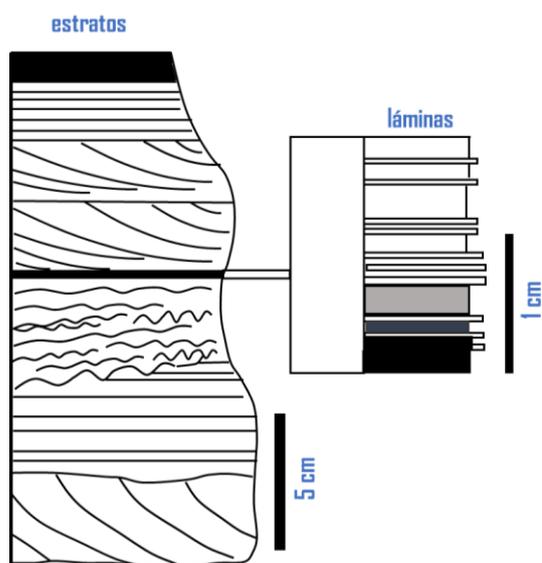


Figura 9. Esquema mostrando la diferencia que existe entre estratos y láminas (Ponce, et al. 2018).

Estructuras masivas: Muchos depósitos no muestran estratificación interna; por el contrario, se presentan como capas masivas. Estas capas masivas son muy frecuentes en fracciones granulométricas de tamaño arena vinculadas a depósitos generados por corrientes de densidad, llegando a desarrollar capas individuales con espesores superiores a los 8 metros (Ponce, et al. 2018).

Estructura de gradación: La velocidad de sedimentación de las partículas en un fluido depende del tamaño de la partícula, de su diferencia de densidad con el fluido y de la viscosidad del fluido, relación conocida como Ley de Stock. Es por esta situación que el tamaño de grano en una capa es usualmente variable (Bailey, 1930), y muchas capas muestran, desde la base al techo, patrones decrecientes en el tamaño de grano (gradación normal), un paulatino incremento

del tamaño de grano (gradación inversa), o un estrato que muestra gradación inversa-normal (Ponce, et al. 2018).

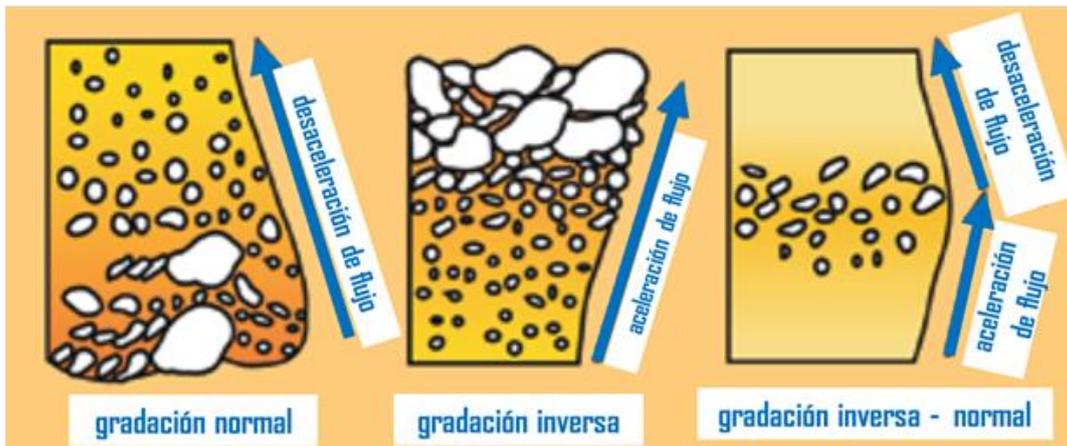


Figura 10. Esquema mostrando los diferentes tipos de gradación interna que desarrollan con mayor (Ponce, et al. 2018).

Laminación paralela: La laminación paralela es una estructura sedimentaria que se puede producir en granulometrías que van desde arcillas hasta arenas gruesas. La laminación paralela puede ocurrir también por precipitación química de minerales, como es el caso de la alternancia entre la calcita, halita, yeso/anhidrita, así como por la precipitación de plancton en zonas de alta productividad (Ponce, et al. 2018).

2.2.13.2 Estructuras mecánicas post-depositacionales

Se pueden dividir en dos grupos:

- a) Las que significan una organización en la vertical de la estratificación, como los moldes de carga («load casts») y pseudonódulos, formados cuando capas de arenas se hundieron en capas arcillosas inferiores por diferencias de densidad y carga y las diversas estructuras de fluidificación.
- b) Las que significan una reorganización horizontal de la estratificación, como los pliegues recumbentes y fallas penecontemporáneas causadas por un deslizamiento a favor de la paleopendiente (Arche, 2010).

Diques y Filones Clásticos: Estas estructuras constituyen cuerpos irregulares de areniscas y/o mineral calcita, dispuestos de manera concordante o discordante con la estratificación. Se pueden producir en varias escalas,

generalmente tienen algunos centímetros de ancho y pueden alcanzar centenares de metros de longitud (Ponce, et al. 2018).

2.2.13.3 Estructuras químicas diagenéticas

Estructuras por precipitación, *nódulos* y *concreciones*: El término nódulo se utiliza a menudo como sinónimo de concreción, pero algunos autores prefieren reservar el término nódulo para las concentraciones de minerales autígenicos que no encierran granos detríticos (Selles-Martínez, 1996), y que en parte reemplazan a los minerales originales (Bates y Jackson, 1987). Los nódulos tienen generalmente formas esféricas a subesféricas y se diferencian de las concreciones debido a que los nódulos desplazan el sedimento durante su formación (Ponce, et al. 2018).

Las concreciones son más frecuentes en ambientes someros que profundos (Dietrich, 1999), y se forman por una precipitación preferencial de minerales (cementación) en porciones localizadas de la roca.



Figura 11. Fangolitas laminadas (MI). **A)** Muestra horizontes con concreciones y nódulos. **B)** Presencia de venillas de calcita fibrosa, asociado a una concreción (Ponce, et al. 2018).

2.2.14 Cuenca Sedimentaria

Una cuenca sedimentaria es un sector de la corteza terrestre que durante un intervalo de tiempo ha estado sometido a subsidencia y en el que la sedimentación ha rellenado parcial o totalmente el volumen capaz de ser rellenado (acomodación). Toda cuenca sedimentaria, por tanto, tiene unos límites con unas coordenadas geográficas definidas. Estos límites geográficos son la expresión, sobre la topografía actual, la posición de los límites entre sectores subsidentes (cuenca) y las áreas marginales en las que no hay

subsistencia o incluso hay levantamiento. Igualmente, toda cuenca sedimentaria está acotada en el tiempo de manera que en ella se puede hablar de un momento en el que ocurrió la individualización de la cuenca, con el inicio de la subsidencia y depósito, un intervalo de tiempo (relativamente largo) en el que ocurrió el depósito y otro momento final que marca la terminación de la sedimentación en la misma.

Toda cuenca sedimentaria implica la existencia de áreas adyacentes sometidas a denudación y que constituyen el medio generador de la propia cuenca, o sea, las áreas a partir de las cuales proceden los materiales que se depositan en la cuenca. La subsidencia de una cuenca sedimentaria está usualmente acompañada de la elevación tectónica de las áreas adyacentes, por lo que el factor tectónico es en definitiva el que rige tanto la sedimentación en la cuenca como la destrucción de los relieves adyacentes. Cuando termina la inestabilidad tectónica con la finalización de los movimientos (Vera, 1994).

2.2.15 Correlación Estratigráfica

La correlación estratigráfica es una de las técnicas de mayor interés en Estratigrafía y consiste en comparar dos o más secciones estratigráficas, de un intervalo de tiempo semejante, estableciendo la equivalencia entre los niveles o superficies de estratificación reconocibles en cada una de ellas.

El objetivo fundamental de la correlación estratigráfica es ampliar la validez de los datos estratigráficos locales. Al comparar varias secciones estratigráficas se puede ver la relación lateral entre las diferentes unidades estratigráficas representadas en ellas, los cambios de facies y de potencia, etc.

La correlación estratigráfica entre dos o más secciones estratigráficas locales relativamente cercanas entre sí (correlación local) permite reconstruir la geometría de las unidades litoestratigráficas, valorar su posición en el tiempo y conocer sus cambios laterales. Con ello se elabora una sección estratigráfica compuesta local en la que quedarán destacados los rasgos más significativos de las unidades estratigráficas presentes en un sector determinado (Vera, 1994).

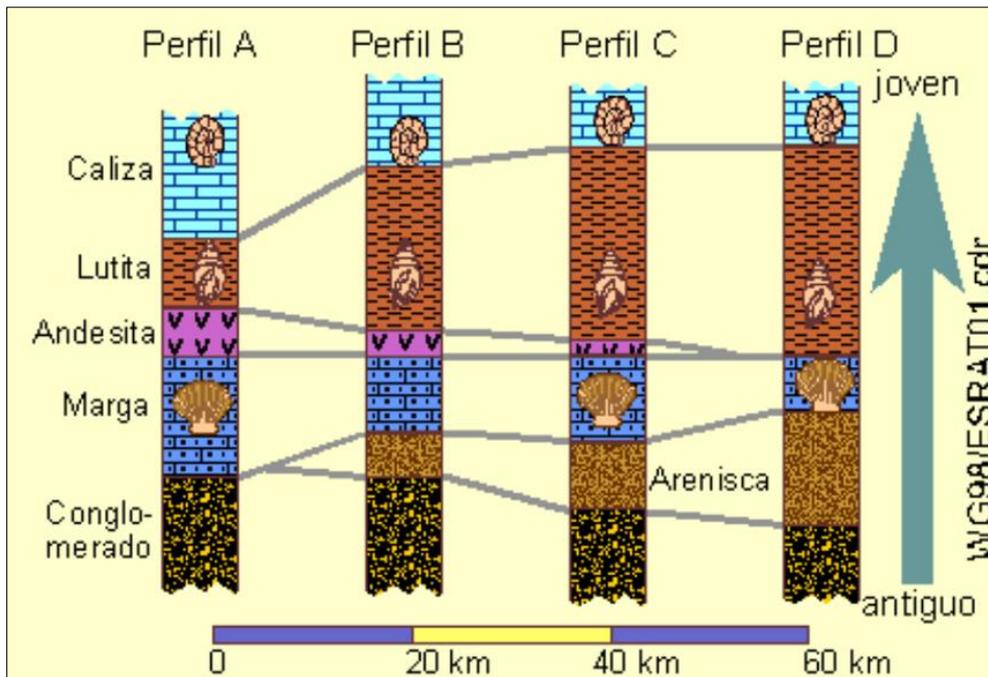


Figura 12. Modelo de Correlación Litoestratigráfica (Milley y Stones, 2006).

2.2.16 Clasificación Granulométrica de las rocas carbonatadas

Las rocas carbonatadas (calizas) se componen de dos elementos principales: Masa básica y Componentes (López, 2002).

Como “masa básica” se entiende tanto la matriz primaria (micrita) como la esparita, la cual es formada durante la cementación o a través de procesos de neomorfismo. De tal modo que la masa básica puede ser micrita o esparita.

El término “componentes” se refiere a la porción de las rocas carbonatadas que se componen de partes que fueron formadas por procesos sinsedimentarios o transportados en la zona de depositación, pudiendo ser estos: bioclastos, peloides, granos agregados, oncoides, ooides o intra-extraclastos.

Primero se definirá el tipo de masa básica y los componentes

2.2.17 Masa Básica

Para iniciar el reconocimiento de una roca calcárea es necesario identificar el tipo de masa básica o matriz. En primer término, es necesario saber si esta se compone de micrita o esparita (López, 2002).

Micrita: Matriz con tamaño de grano muy fino de las rocas carbonatadas y/o la porción más fina de los componentes calcáreos. Folk definió el límite máximo del

tamaño de la micrita en 4 micrones (4 μ) aunque algunos autores sugieren tamaños mayores para la micrita.

Esparita: (Folk, 1959) Tipo de “masa básica” con tamaños de cristales en general mayores a 10 μ . Cuando la esparita se presenta como cemento carbonatado se le llama “ortoesparita” y cuando esta es producto de neomorfismo se le llama “pseudoesparita”.

2.2.18 Componentes

La gran mayoría de las rocas calcáreas no solo se componen de una masa básica o matriz si no que dentro de ella se encuentran en mayor o menor número una serie de componentes los cuales de acuerdo a su porcentaje, origen, tamaño, forma y arreglo nos ayudan no solo a clasificar la roca, sino también a determinar su ambiente de depositación (López, 2002).

A continuación, se describen de manera resumida los principales “componentes” de las rocas calcáreas.

- Granos de origen esquelético (fragmentos fósiles): Los granos de origen esquelético son restos de los diversos organismos, principalmente invertebrados con conchas producidas por secreción calcárea que se encuentran “nadando” o “flotando” dentro de la matriz. Los principales granos de origen esquelético son: biocláston en general, es decir restos de invertebrados, restos de amonites, bivalvos o moluscos, braquiópodos, equinodermos, briozoarios, algas y corales, así como foraminíferos y otros pequeños organismos unicelulares.
- Granos de origen no esqueléticos: Estos componentes están representados principalmente por ooides, peloides, pisoides, granos agregados, intracláston y extracláston.

Los ooides son componentes no mayores a 2 mm de tamaño en formas circulares a elípticas que se caracterizan por poseer un núcleo.

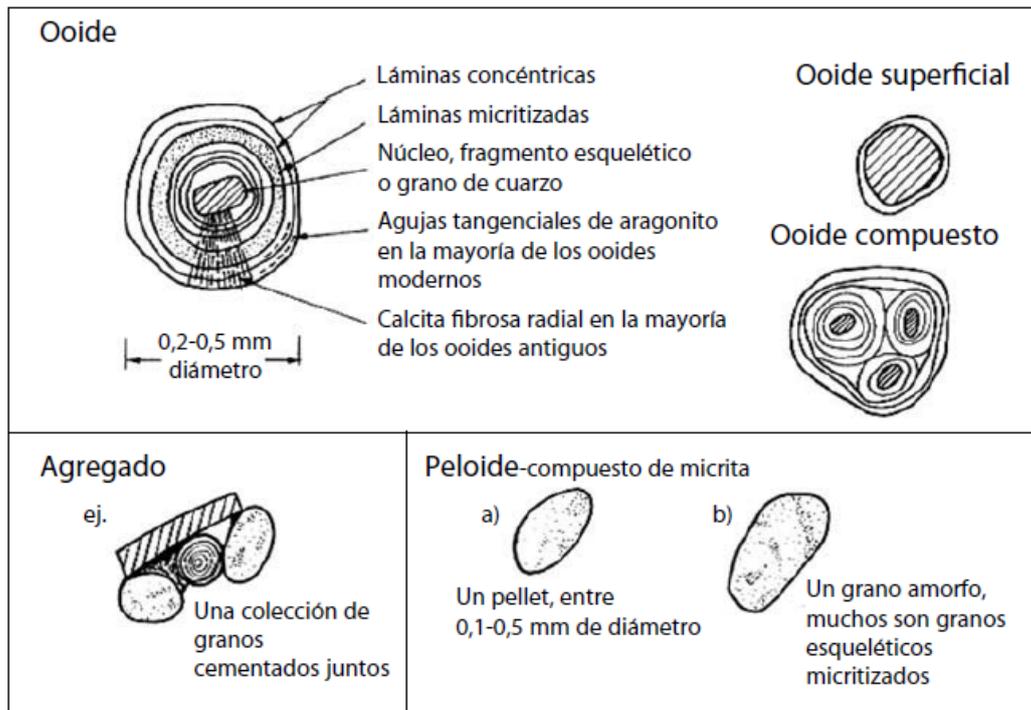


Figura 13. Principales componentes de las calizas: Ooides, granos agregados y peloides (López, 2002).

2.2.18.1 Clasificación Según Folk (1959, 1962)

La clasificación propuesta por FOLK supone que, en referencia a la forma de ser sedimentadas, las rocas carbonatadas pueden ser comparables con rocas clásticas.

Por principio, la clasificación de FOLK diferencia rocas calcáreas ricas en componentes (utiliza el nombre de rocas carbonatadas aloquímicas, es decir de origen no químico), de los carbonatos pobres o sin componentes (rocas carbonatadas ortoquímicas, es decir precipitados químicos).

Si una roca carbonatada se compone exclusivamente de micrita, es decir sin componentes (roca calcárea ortoquímica), el nombre que se le da a esta roca es Micrita. Si la roca se compone igualmente solo de matriz, pero esta es esparita, probablemente una roca completamente recristalizada se le llamará "esparita". Un caso especial son las rocas calcáreas biogénicas, es decir formadas por secreciones de una concha calcárea, por ejemplo, las rocas arrecifales, estas recibirán el nombre de Biolítica (López, 2002).

El nombre de la caliza se da la combinación del tipo de matriz (micrita o esparita) y un prefijo, normalmente las primeras sílabas de los componentes.

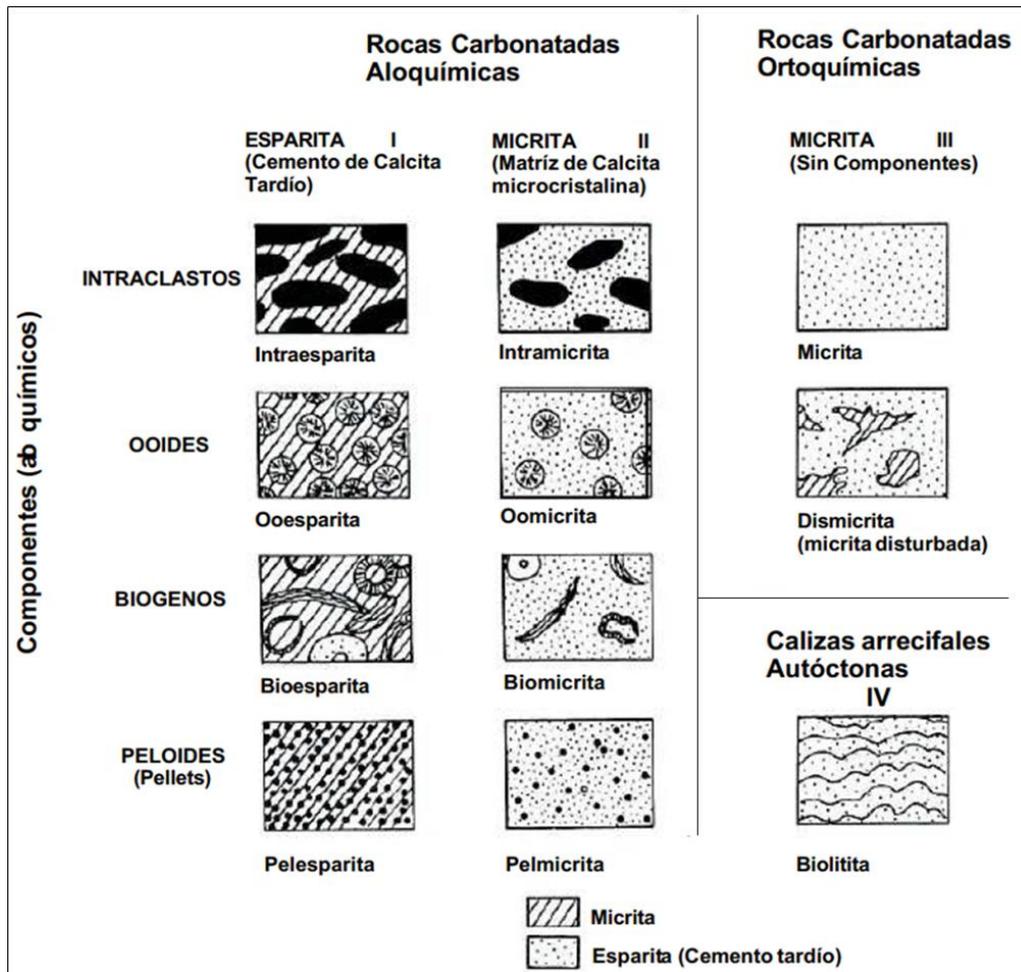


Figura 14. Clasificación de las rocas carbonatadas según FOLK (López, 2002).

FOLK (1962), presentó una tabla con el espectro de las texturas de las rocas carbonatadas, basada en general con los elementos de su clasificación que ya hemos visto. En esta tabla se comparan de igual modo las rocas carbonatadas en sus equivalentes clásticos análogos.

Actualmente se le han agregado a la clasificación de FOLK algunos elementos que pertenecen a otras clasificaciones de rocas carbonatadas. El más usado de ellos es el término “rudita” tomado de Grabau (1920) y Müller-Jung-Bluth & Toschek (1969), el cual es referido a componentes o granos mayores a 2 mm de tal modo que rocas carbonatadas que contienen intra-extra o bioclásticos mayores a 2 mm pueden ser llamadas intra, extra o bioesparudita, si la masa básica es esparita o intra, extra o biomicrudita si la masa básica es micrita respectivamente (López, 2002).

Espectro de las texturas de las rocas carbonatadas

% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)		
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%		Mal sorteado	Bien sorteado	redondeado
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biogenos	Biomícrita poco empaquetada	Biomícrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biogenos	Biomícrita		Bioesparita			
Análogo clástico	Lutita		Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura	

Figura 15. Espectro de las texturas de las rocas carbonatadas (Folk, 1962). La energía del agua en el área de sedimentación aumenta de izquierda a derecha, equivalente a los ambientes de cuenca – Plataforma somera – Zona de costa / Playas (Mackenzie, 1997).

2.2.18.2 Clasificación Según Dunham (1962)

Esta clasificación es actualmente la más utilizada y con mayor aplicación tanto en la enseñanza como en la industria, y se basa en el tipo de relación de los componentes durante la sedimentación y de la fábrica de la muestra, finalmente son diferenciadas las fábricas “soportado por los granos” (grain-supported) de la “soportado por lodo” (mud-supported). “Soportado por lodo” significa un lodo calcáreo con componentes que “flotan” en él y entre los cuales no existe contacto. “Soportado por granos” se da cuando estos componentes se tocan o apoyan entre ellos. Igualmente, importante en esta clasificación para dar nombre a las rocas carbonatadas es el tamaño de los componentes y su proporción en el total de la muestra

DUNHAM diferencia 2 grupos de calizas:

Calizas alóctonas: que son aquellas cuyos componentes primarios (equivalente a los aloquímicos de Folk) son depositados durante la sedimentación, con esto no quiere decir que las rocas son de origen alóctono si no que los componentes presentes no se originaron en el lugar de la depositación, y que no están asociadas a una génesis orgánica (López, 2002).

Las calizas alóctonas toman las siguientes denominaciones: Mudstone, Wackestone, Packstone, Grainstone, Floatstone y Rudstone.

Calizas autóctonas: son aquellas cuyos componentes primarios son formados durante la sedimentación con un origen organogénico, es decir “in situ”. Aunque las calizas autóctonas se dividen en tres grupos, Bafflestone, Bindstone y Framestone, se utiliza el término Boundstones para estas y se refiere a las calizas de origen orgánico, encerrando en este término principalmente a las calizas arrecifales (López, 2002).

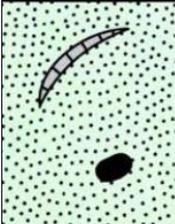
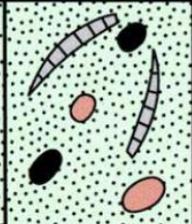
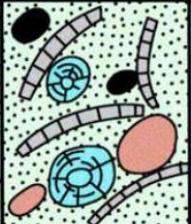
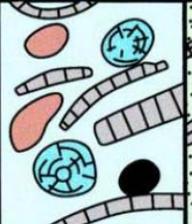
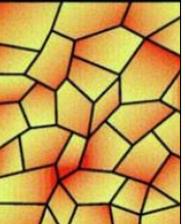
Textura deposicional reconocible					Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	
Con barro micrítico		Esqueleto grano-soportado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

Figura 16. Clasificación de las rocas carbonatadas según Dunham (modificado del 1962).

CARBONATOS CON TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE

Boundstone: Los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debido a la acción de organismos bioconstructores (corales, algas rodfíceas, cianobacterias, etc.).

Grainstone: Textura grano-soportada y sin matriz micrítica. El espacio intergranular puede estar ocupado por cemento.

Packstone: Textura grano-soportada y con matriz micrítica. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

Wackestone: Textura matriz-soportada con más del 10% de granos.

Mudstone: Textura matriz-soportada con menos del 10% de granos.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Miembro: Unidad litoestratigráfica de rango inmediatamente inferior a la formación y que siempre es parte de una formación (GEI, 1980).

Formación: Es la unidad litoestratigráfica fundamental. Es la que se suele encontrar en mapas, y es básica para la reconstrucción de la historia. Es una unidad que agrupa un conjunto de estratos con una determinada litología o conjunto de litologías, que permite diferenciarla de los adyacentes. Para su descripción no hay que tener en cuenta la potencia, pero se considera que debería tener una escala cartografiable (Navarrete, 2016).

Secuencias: Es una sucesión relativamente concordante de estratos ligados genéticamente y limitados por discontinuidades o sus concordancias correlativas (Marocco, 2009).

Ciclos eustáticos: Se llama ciclo eustático al intervalo de tiempo en el cual ocurrió una subida y una bajada del nivel del mar. El reconocimiento de los ciclos eustáticos implica el poder diferenciar los ciclos debidos a factores locales y regionales (especialmente de origen tectónico) de los globales (Oyarzún, 2009).

Transgresión. Es la migración hacia el continente de la línea de costa. Dicha migración provoca un movimiento de las facies hacia el continente, y una profundización del mar en la proximidad de la línea de costa. La retrogradación (migración de las facies hacia el continente) es el patrón característico de la transgresión (Marocco, 2009).

Regresión. Se traduce por una migración de la línea de costa hacia el mar y, por consiguiente, la migración de las facies hacia el mar. La progradación es el patrón característico de la regresión (Marocco, 2009).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

3.1.1 Geográfica

El área de estudio e investigación se encuentra ubicado en el continente sudamericano, en el norte del Perú, en la cordillera de los Andes, se encuentra dentro de la carta Nacional de Cajamarca 15f.

3.1.2 Política

La zona de investigación está ubicada al suroeste de la ciudad de Cajamarca, en el Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca, en el centro Poblado de Agomarca.

La zona de investigación se encuentra dentro de los siguientes vértices, con coordenadas en el sistema UTM y Datum WGS-84. (Ver fig. 17)

Tabla 1. Coordenadas de Área de investigación

Vértice	Este	Norte
1	777200	9202800
2	777200	9200700
3	774200	9200700
4	774200	9202800

3.2 ACCESIBILIDAD

Tabla 2. Accesibilidad al área de estudio. (Ver fig. 17)

Tramo	Tipo de carretera	Longitud	Tiempo
Cajamarca - Agomarca	Asfaltada	8.3 km	20 min

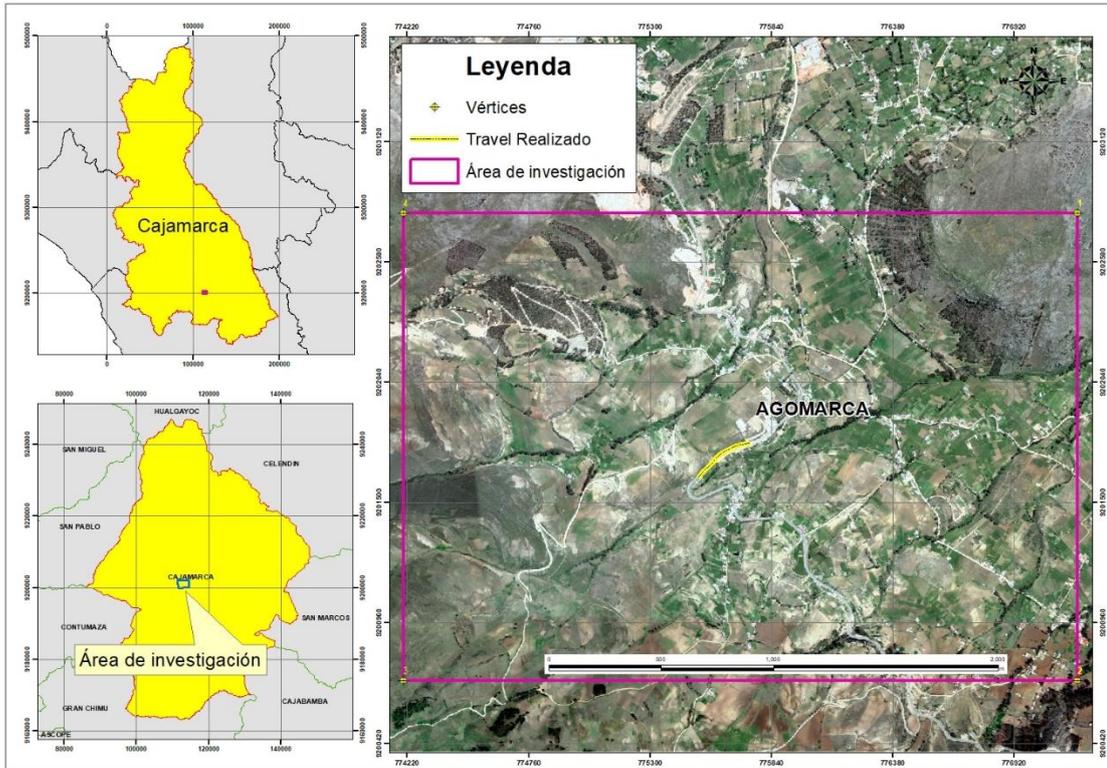


Figura 17. Ubicación política.

Fuente: Elaborado en Arcgis (2023), con imagen de SASPlanet y MINAM

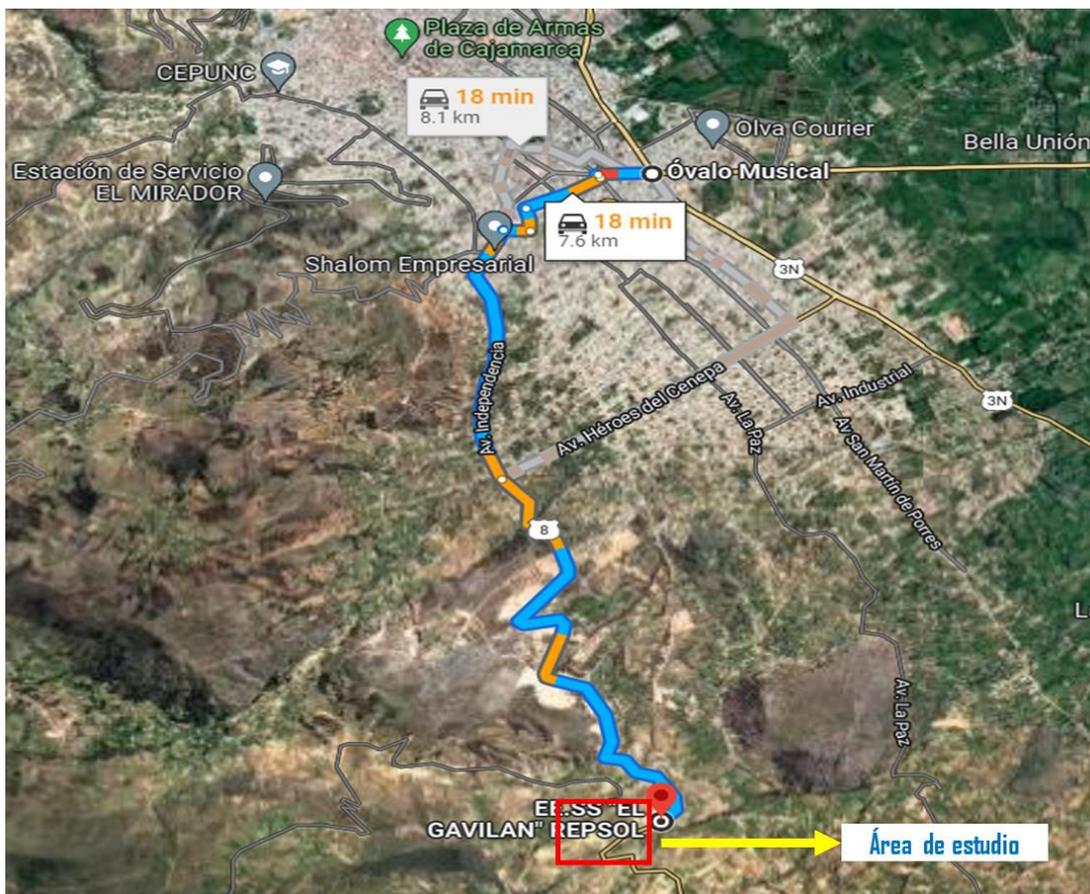


Figura 18. Accesibilidad al Sector Agomarca.

Fuente: Tomado de Google Maps, (2023).

3.3 PROCEDIMIENTOS

El proceso de la investigación constó de tres etapas que se detallan a continuación:

3.3.1 Etapa de pre-campo - Revisión bibliográfica.

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica detallada, referente a la Formación Pariatambo, análisis de imágenes satelitales, informes y trabajos anteriores, basándose en el INGEMMET, SGP y estudios realizados en la Universidad Nacional de Cajamarca; así como libros o informes afines a la línea de investigación. Así mismo, se hizo uso de software ArcGis para la elaboración de los planos geológico, satelital y topográfico, que me sirvió como base en la etapa 2.

3.3.2 Etapa de Trabajo de campo.

En esta etapa se realizó visitas periódicas a campo, empleando la observación y la utilización de ficha de campo para la obtención de datos que permitieron interpretar y realizar las columnas estratigráficas, se realizó la toma de datos de los azimut y buzamientos de los estratos para el cartografiado geológico

Se realizó también la descripción de muestras de mano, reconocimiento de estructuras y estructuras sedimentarias, fósiles, ambiente de depositación y para la toma de coordenadas in situ se utilizó el GPS Garmin Navegatorio.

3.3.3 Etapa de post-campo - Trabajo de gabinete.

El levantamiento de columnas lito-estratigráficas para luego proceder con la digitalización y correlación correspondiente, se realizó en las diferentes salidas a campo. Además, todos estos datos fueron digitalizados en el software ArcGis y AutoCAD civil 3D 2020, tanto para los planos, los perfiles geológicos y columnas lito-estratigráficas. Por último, se elaboró el informe final.

3.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El método a utilizar es la inducción-deducción porque a partir de datos particulares se llega a una generalización del modo de ocurrencia de las secuencias estratigráficas. Y para dicha metodología se analizó según el nivel, el diseño, su naturaleza, la finalidad y el periodo de la investigación:

Según el nivel: es descriptiva y explicativa; ya que, implicó observar y describir las secuencias estratigráficas, texturas y estructuras sedimentarias; de igual forma, se explicó e interpretó el ambiente de depositación.

Según el diseño: es documental, principalmente porque está basada en estudios anteriores y poder entender los diferentes eventos que dieron origen a las secuencias estratigráficas. Así mismo, es no experimental; porque no existió una manipulación deliberada de las variables.

Según su naturaleza: existe un enfoque combinado, ya que se describe las secuencias estratigráficas, además de texturas y estructuras sedimentarias.

Según la finalidad: fue aplicada porque se buscó la aplicación de los conocimientos adquiridos a partir del análisis de las secuencias estratigráficas y de texturas y estructuras sedimentarias.

Según el periodo: transversal en el tiempo; puesto que se realizó desde junio 2022 hasta enero del 2023. En la tabla siguiente se sintetiza la metodología.

Tabla 3. Clasificación y tipos de investigación.

Clasificación	Tipo de investigación
Según el nivel	Descriptiva-Explicativa
Según el diseño	Documental-No experimental
Según su naturaleza	Combinada
Según la finalidad	Aplicativa
Según el periodo	Transversal en el tiempo

Fuente: Modificado de Supo (2016).

3.4.1 Población de estudio.

Es la unidad estratigráfica secuencial de la Formación Pariatambo que aflora en el corte de carretera, ubicado entre el sector Agomarca y también se tomará en cuenta la zona de Ronquillo para realizar la comparación y correlación lito-estratigráfica correspondiente.

3.4.2 Muestra de estudio

Facie, estratos, texturas, estructuras sedimentarias y secuencias.

3.4.3 Unidad de análisis.

Medición de estratos, espesor, secuencias estratigráficas y cronoestratigrafía.

3.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para esta investigación se han identificado, variables dependientes e independientes de acuerdo con el propósito de la investigación.

Independiente: Litología, textura sedimentaria, estructura sedimentaria, correlación estratigráfica y tiempo cronoestratigráfico.

Dependiente: Estratigrafía secuencial.

3.6 TÉCNICAS

Las técnicas empleadas para esta investigación, están basadas principalmente en la recopilación y estudio de documentos digitales, ya sean libros, artículos científicos y estudios relacionados a la línea de investigación, específicamente de la Formación Pariatambo, que está presente en el corte de carretera del sector Agomarca, las secuencias estratigráficas y la geología presente en la zona; mediante la elaboración de fichas de recolección de datos, permitiendo ubicar espacialmente los puntos ploteados en campo.

3.6.1 Materiales y equipos

Durante el desarrollo de la presente investigación, fue necesario aplicar técnicas de observación, descripción e interpretación, a través de trabajos de campo y gabinete, así como el empleo de materiales y equipos, tales como:

3.6.1.1 Materiales

- **Plano topográfico:** se utilizó como base para el cartografiado geológico en el sistema (WGS- 84) y verificar las pendientes de la zona.
- **Plano geológico:** del cuadrángulo geológico de Cajamarca, obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.
- **Libreta de campo:** se utilizó para la anotación de puntos, datos y elaboración de bosquejos de columnas estratigráficas levantadas in situ y todo lo necesario.
- **Lápiz, lapiceros y marcadores:** se utilizó para el cartografiado geológico de la Formación Pariatambo y anotaciones diferentes datos a necesitar.

- **Flexómetro:** cinta métrica de metal, para medir los diferentes estratos de la Formación Pariatambo.
- **Rayador:** útil para diferenciar la dureza de los minerales presentes.
- **Colores:** importante para el cartografiado y dar la diferenciación de las litologías y/o bosquejos de las columnas estratigráficas.
- **Protactor:** usado para el ploteo de puntos en el plano al momento de cartografiar.

3.6.1.2 Equipos:

- **GPS (Global Positional System) Garmin:** se utilizó para la ubicación espacial de las columnas estratigráficas levantadas; a través de sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).
- **Brújula Brunton:** para medir rumbo y buzamientos de estratos, y dirección de los estratos.
- **Lupa de 30x:** para reconocer los componentes de los sedimentos y para observar los microfósiles.
- **Picota:** para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.
- **Cámara digital:** para la evidencia y representación visual de las muestras de rocas frescas, afloramientos, contactos y la estratigrafía secuencial.
- **Computadora-Laptop:** para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en campo.

3.7 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

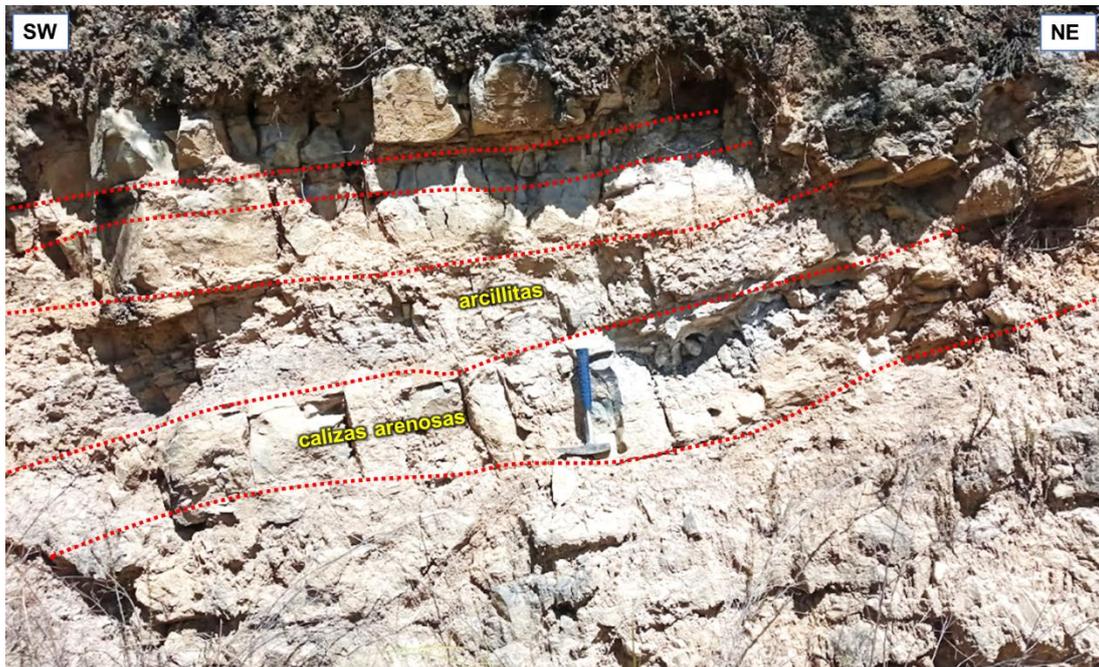
Las formaciones geológicas del área de investigación son netamente calcáreas y pertenece a la edad del Albiano del Sistema Cretácico Inferior, pero se centrará a detallar únicamente a la Formación Pariatambo, ya que es el objetivo principal de la investigación.

3.7.1 Grupo Crisnejas

3.7.1.1 Formación Chulec

Esta formación está dentro del Grupo Crisnejas e infrayace a la Formación Pariatambo. La litología de esta formación en el área de estudio se caracteriza por presentar calizas arenosas, arcillitas y margas de una coloración amarillenta, de característica terrosa y se encuentran de manera muy desordenada, ya que no presentan estratos definidos en algunos casos, con tamaños de clastos muy variables. Además, en esta zona hay algo muy peculiar, existe presencia de pequeñas venillas de calcita en todo el tramo de esta Formación

En la parte superior, empiezan a formarse bloques estratificados de mayor espesor de caliza, que se encuentra en aparente contacto con el miembro inferior de la Formación Pariatambo, ya que no se logra apreciar un contacto neto.



Fotografía 1. Intercalación de estratos de calizas arenosas color amarillento (característica principal de la Formación Chulec) con arcillitas. Coordenadas (E: 775903 N: 9201900 Z: 3020)

3.7.1.2 Formación Pariatambo

La Formación Pariatambo también forma parte del Grupo Crisnejas en la columna estratigráfica de Cajamarca y suprayace a la Formación Chulec, esta Formación se puede apreciar en su totalidad en el corte de carretera donde se realizará la investigación, presentando una litología de estratos de calizas tabulares y nodulares de características Mudstone - Wackestone, con abundante presencia de materia orgánica en su depositación, debido a la ausencia de oxígeno que existió en el Albiano Medio-Superior y por ende la materia orgánica se conservó, dando lugar a las calizas negras bituminosas con su típico olor fétido al ser fracturadas, intercalados con arcillitas, margas blanquecinas calcáreas y limolitas con estratificación delgada

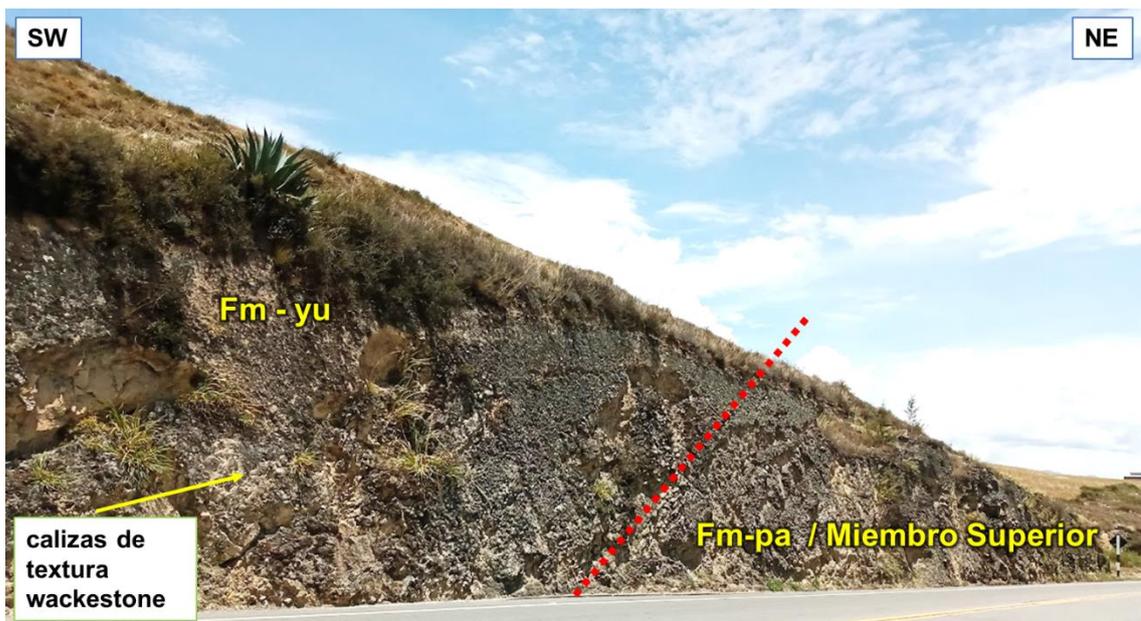
Por otro lado, también existen horizontes de chert, que en ciertas zonas se puede observar que están muy fracturados y esparcidos por toda la Formación Pariatambo y pequeños estratos de calizas silicificadas en la parte superior de dicha formación. Las arcillitas son de color amarillenta a gris oscuro, esta litología de la Formación Pariatambo hace que exista fósiles con abundantes bivalvos pequeños en el Miembro Medio y Superior de la Formación Pariatambo, como ya lo indicaremos más adelante.



Fotografía 2. Intercalación de calizas bituminosas de textura mudstone con arcillitas de estratificación delgada (estratificación característica de la Formación Pariatambo).
Coordenadas (E: 775606, N: 9201723, Z: 3025)

3.7.2 Formación Yumagual

La Formación Yumagual suprayace a la Formación Pariatambo con una leve discordancia y pertenece al Grupo Pulluycana del Cretácico Superior. Litológicamente consta con estratos de mayor espesor de calizas gris parduscas en bancos casi uniformes con gran contenido fosilífero, de estructuras masivas, margas y muy escasos niveles de arcillitas. En ciertas zonas se puede observar algunas pequeñas nodulaciones calcáreas. Hacia el piso, en contacto con la Formación Pariatambo afloran horizontes de chert y calizas nodulares.



Fotografía 3. Estratos gruesos de calizas gris parduscas, de textura Wackestone de la Formación Yumagual. Coordenadas (E: 775497, N: 9201597, Z: 3030)

3.8 TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Como se describió anteriormente, la Formación Pariatambo tiene una litología de calizas negras bituminosas con un gran contenido de materia orgánica (bitumen), intercalados con estratificación delgada de margas fosilíferas y arcillitas calcáreas. En el afloramiento del corte de carretera, la Formación Pariatambo presenta un espesor total de 187 metros.

La Formación Pariatambo se ha dividido en tres unidades litoestratigráficas para su mejor entendimiento. A continuación, se describe los tres miembros identificados (Miembro Inferior, Medio y Superior).



Fotografía 4. Vista panorámica de los Miembros Inferior, Medio y Superior de la Formación Pariatambo. El afloramiento se logra apreciar en el corte de carretera.

3.8.1 Unidades Litoestratigráficas Identificadas de la Formación Pariatambo

3.8.1.1 Miembro Inferior

Este miembro inicia desde el contacto litológico que existe entre las Formaciones Chulec y Pariatambo; no existe un contacto neto visible, ya que es zona de transición y hay presencia de alto intemperismo. (Ver Anexo 04 – Columna Litoestratigráfica del Miembro Inferior)



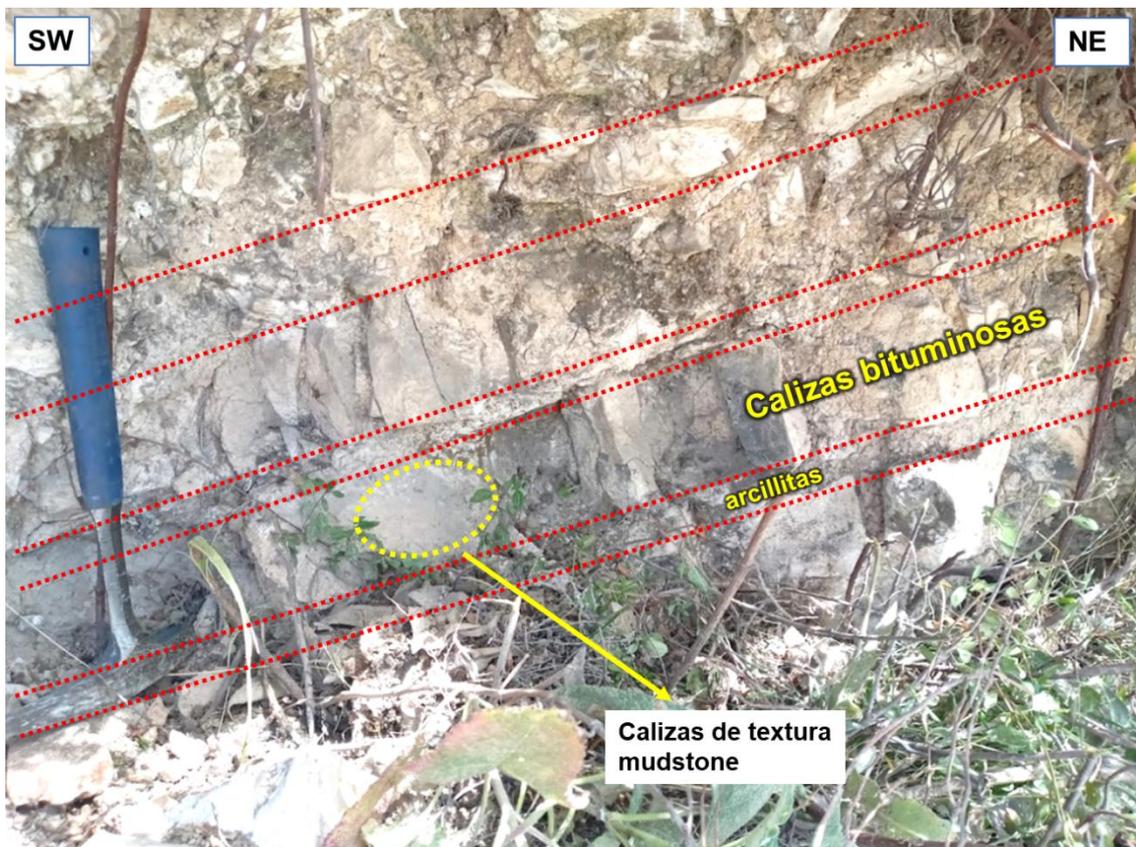
Fotografía 5. Vista panorámica del Miembro Inferior en contacto con la Formación Chulec y el Miembro Medio de la Formación Pariatambo.

Tabla 4. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Inferior

Coordenadas del Miembro Inferior		
UTM-WGS84-17S		
Estación	Piso	Techo
Este (x)	775710	775634
Norte (y)	9201788	9201744
Cota (z)	3024	3018

Litología y espesor

El afloramiento del Miembro Inferior tiene un espesor total de 57 m, en su mayoría se encuentra erosionado e intemperizado y en lo poco que logra aflorar, podemos encontrar estratos de calizas bituminosas de textura mudstone, que van de 12 a 17 cm de espesor, intercalado con arcillitas con estratificación delgada de 2 a 4 cm de espesor, con una secuencia rítmica y en ciertas zonas presenta una secuencia cíclica con estratos de margas.



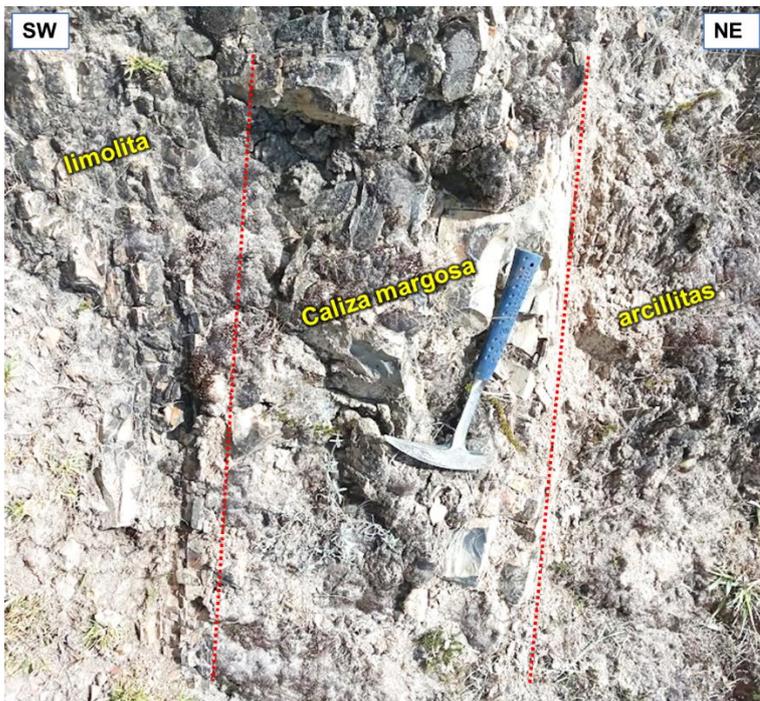
Fotografía 6. Calizas de textura mudstone, intercaladas con arcillitas en la base del Miembro Inferior, con una estratificación delgada. Coordenadas (E: 775705, N: 9201768, Z: 3024 msnm).

Siguiendo la secuencia de los estratos del Miembro Inferior, se observa un vacío de 20 m, luego sigue una intercalación de arcillitas con espesor de 3 a 5 cm, estratos de calizas bituminosas que van de 5 a 10 cm de espesor y margas con 10 a 14 cm de espesor.



Fotografía 7. Secuencia cíclica de arcillitas, calizas bituminosas y margas. Coordenadas (E: 775670, N: 9201757, Z: 3024).

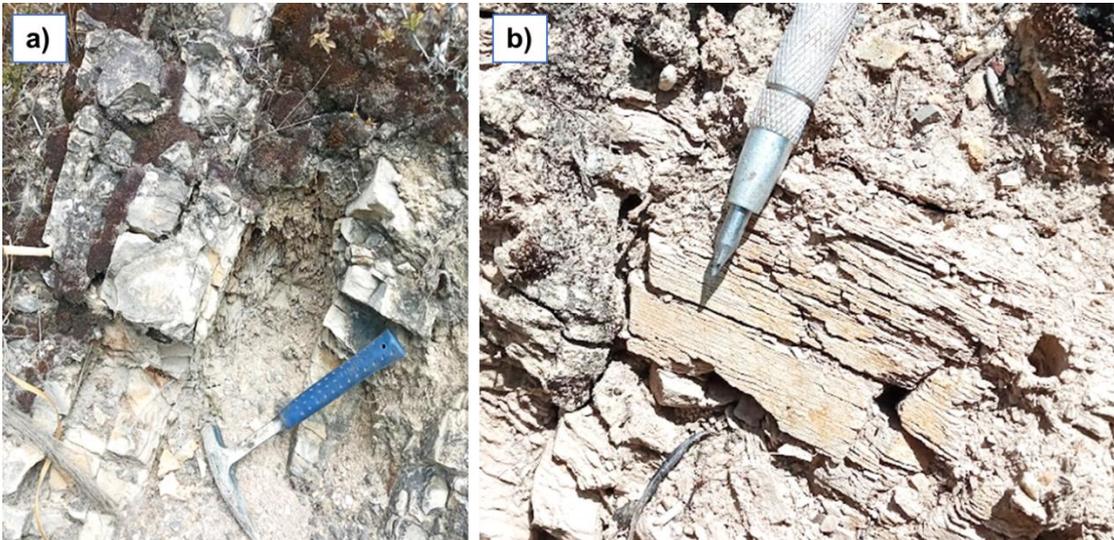
En la parte superior, ya para culminar con la descripción de esta unidad litoestratigráfica, existe una alternancia cíclica de calizas margosas de 4 a 10 cm de espesor, intercaladas con limolita con espesores que van de 1 a 5 cm y arcillitas que llegan hasta 2 m de espesor. Además, hay la presencia de casts (marca externa) de microfósiles, Biozona de Primera Aparición (BPA) de ammonites.



Fotografía 8. Intercalación de limolita, calizas margosas y arcillitas de coloración amarillenta. Coordenadas (E: 775651, N: 9201752, Z: 3024)

Estructuras sedimentarias del Miembro Inferior

- ✓ **Tabular:** En la “foto 10a” se puede apreciar el contacto neto entre las arcillitas grises y los estratos de calizas de textura mudstone, el techo y piso de los estratos son paralelos.
- ✓ **Laminar:** En la siguiente “foto 10b” se puede apreciar pequeñas láminas semiperfectas de 1 mm de espesor en las arcillitas.



Fotografía 9. **a)** Estructura tabular en el Miembro Inferior. Coordenadas (E: 775628, N: 9201745, Z: 3025). **b)** Estructura laminar, se aprecia en las arcillitas de dicho miembro. Coordenadas (E: 775654, N: 9201747, Z: 3025).

- ✓ **Estructura masiva:** Esta estructura no muestra un orden, por el contrario, se presenta en fracciones granulométricas de clastos, generados por corrientes de densidad.



Fotografía 10. Estructura masiva en calizas margosas en la parte superior de dicho miembro. Coordenadas (E: 775644, N: 9201746, Z: 3025)

DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA MACROSCÓPICA DEL MIEMBRO INFERIOR

En esta unidad litoestratigráfica se ha identificado las siguientes rocas que se describen y clasifican según Folk 1959 y Dunham 1962.

Tabla 5. Descripción petrológica de la muestra N° Mlr-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM				
Mlr-01	E: 775668	N: 9201758	Z: 3025	UTM-WGS84				
CLASIFICACIÓN								
Según folk 1959								
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)		
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Mal sorteado	Bien sorteado redondeado		
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomícrita poco empaquetada	Biomícrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomícrita		Bioesparita			
Análogo clásico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura		
Según Dunham 1962								
Textura deposicional reconocible								
Componentes originales no unidos durante la sedimentación				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción				
Con barro micrítico			Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico					
Esqueleto matriz-soportado		Esqueleto grano-soportado						
< 10 % granos	> 10 % granos							
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina			
Roca Micrita			Caliza Mudstone					



Muestra de mano de una caliza de grano muy fino, color gris oscuro, roca característica que está presente en todos los estratos del Miembro inferior. No se aprecia ninguna presencia de microfósiles. Según Folk 1959 se clasifica como una caliza micrita y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza mudstone, ya que es de matriz-soportada con menos del 10% de granos.

Tabla 6. Descripción petrológica de la muestra N° Mir-02

N° Muestra Mir-02	Coordenadas			DATUM		
	E: 775694	N: 9201766	Z: 3022	UTM-WGS84		
CLASIFICACIÓN						
Según folk 1959				Según Dunham 1962		
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)			Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)	
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Mal sorteado	Bien sorteado redondeado
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita	
Análogo clásico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura
				Textura deposicional reconocible		
				Componentes originales no unidos durante la sedimentación		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción
				Con barro micrítico		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico
				Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	
				< 10 % granos	> 10 % granos	
				Mudstone	Wackestone	Packstone
				Grainstone	Boundstone	Cristalina
				Textura deposicional no reconocible		
Roca Micrita				Caliza Mudstone		



Muestra de mano de una caliza, color gris oscura y cortada por venillas rellenas de Calcita, esto producido por actividad tectónica.

Su clasificación es la siguiente: Según Folk 1959 se clasifica como una caliza micrita y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza mudstone, ya que es matriz-soportada con menos del 10% de granos.

Tabla 7. Descripción petrológica de la muestra N° Mir-03

N° Muestra Mir-03	Coordenadas			DATUM		
	E: 775694	N: 9201766	Z: 3022	UTM-WGS84		
CLASIFICACIÓN						
Según folk 1959				Según Dunham 1962		
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)			Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)	
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Mal sorteado	Bien sorteado redondeado
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita	
Análogo clásico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura
				Textura deposicional reconocible		
				Componentes originales no unidos durante la sedimentación		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción
				Con barro micrítico		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico
				Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	
				< 10 % granos	> 10 % granos	
				Mudstone	Wackestone	Packstone
				Grainstone	Boundstone	Cristalina
				Textura deposicional no reconocible		
Roca Micrita con biógenos				Caliza Wackestone		



Muestra de una caliza wackestone color gris, con presencia de pequeñas conchillas de Bivalvos.

Según Folk 1959 se clasifica como una caliza micrita con biógenos y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza wackestone, ya que es de matriz-soportada con más del 10% de granos.

DESCRIPCIÓN PALEONTOLÓGICO DEL MIEMBRO INFERIOR

En la parte superior de esta unidad litoestratigráfica se ha logrado identificar ciertos fósiles muy pequeños que se entiende como una Biozona de Primera Aparición (BPA) de ammonites. La descripción de los Phylums se realizó, según (Benavides, 1956).

Tabla 8. Descripción paleontológica del fósil N° Mlf-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
Mlf-01	E: 775648	N: 9201749	Z: 3025	UTM-WGS-84
Unidad Litoestratigráfica		Miembro Inferior		
Reino:	Animalia			
Phylum:	Mollusca			
Clase:	Cephalopoda			
Orden:	Ammonoidea			
Familia:	Ceratitidae			
Género:	Ceratites			
<p>Descripción: Pequeños fósiles de una biozona de ammonites, este fósil es característico del Miembro Inferior.</p>				



Fuente: Modificado de Benavides (1956).

Tabla 9. Descripción paleontológica del fósil N° Mlf-02

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
Mlf-02	E: 775650	N: 9201747	Z: 3026	UTM-WGS-84
Unidad Litoestratigráfica		Miembro Inferior		
Reino:	Animalia			
Phyllum:	Mollusca			
Clase:	Bivalvia			
Orden:	Nuculoidea			
Familia:	Nuculidae			
Género:	Nucula			
<p>Descripción: Pequeño Bivalvo presente en este Miembro Inferior.</p>				
				

Fuente: Modificado de Benavides (1956).

3.8.1.2 Miembro Medio

Este miembro se caracteriza por tener una secuencia rítmica y estratificación delgada. Además, se sobreentiende que este miembro se encuentra en un contacto neto con el Miembro Inferior y Superior. (Ver Anexo 05 – Columna Lito-estratigráfica del Miembro Medio)



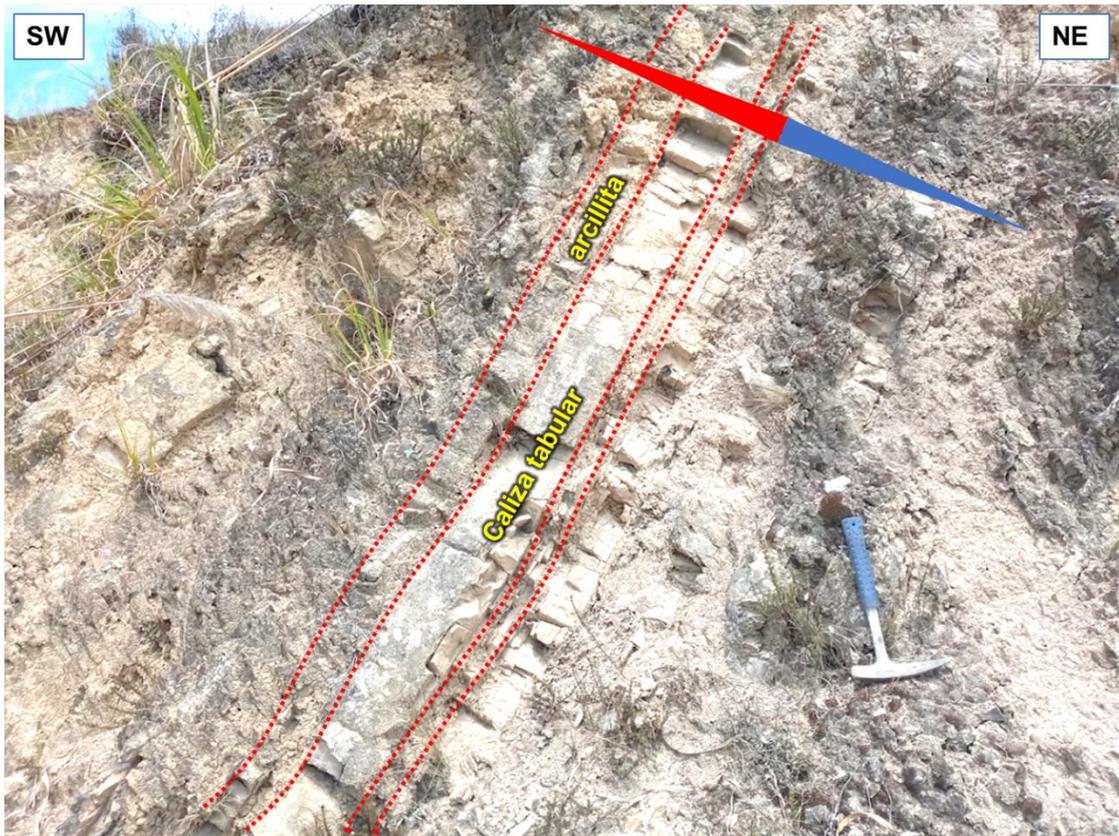
Fotografía 11. Vista panorámica del Miembro Medio. Mostrando estratificación rítmica típica, que caracteriza a la Formación Pariatambo.

Tabla 10. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Medio.

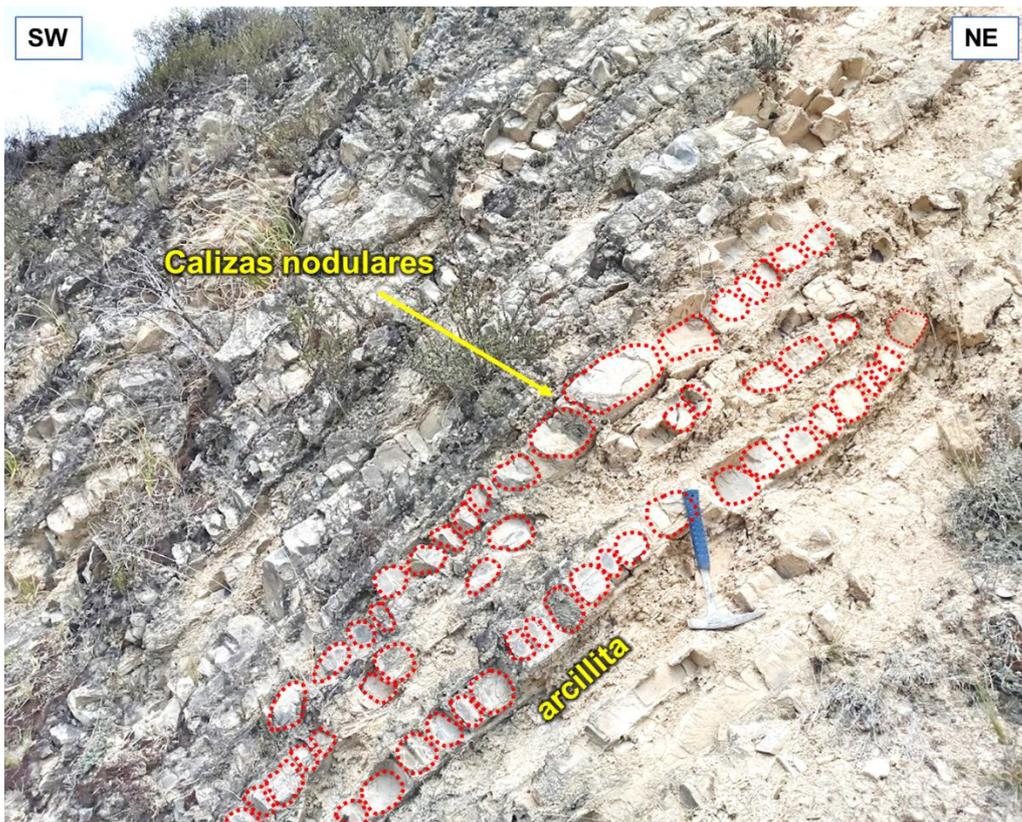
Coordenadas del Miembro Medio		
UTM-WGS84-17S		
Estación	Piso	Techo
Este (x)	775634	775587
Norte (y)	9201744	9201704
Cota (z)	3018	3028

Litología y espesor

El espesor medido del Miembro Medio es de 59 m y con lo que respecta a la litología, este miembro consta de estratos de calizas tabulares de 40 cm de espesor en la base, para seguir con una secuencia rítmica y directa de calizas nodulares de 5 a 20 cm de espesor, intercalados con arcillitas de 5 a 30 cm de espesor. En ciertas zonas se observa que tienen un color blanquecino, producto del intemperismo existente en la zona.



Fotografía 12. Intercalación de calizas tabulares y arcillitas en la base del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775634, N: 9201744, Z: 3018)

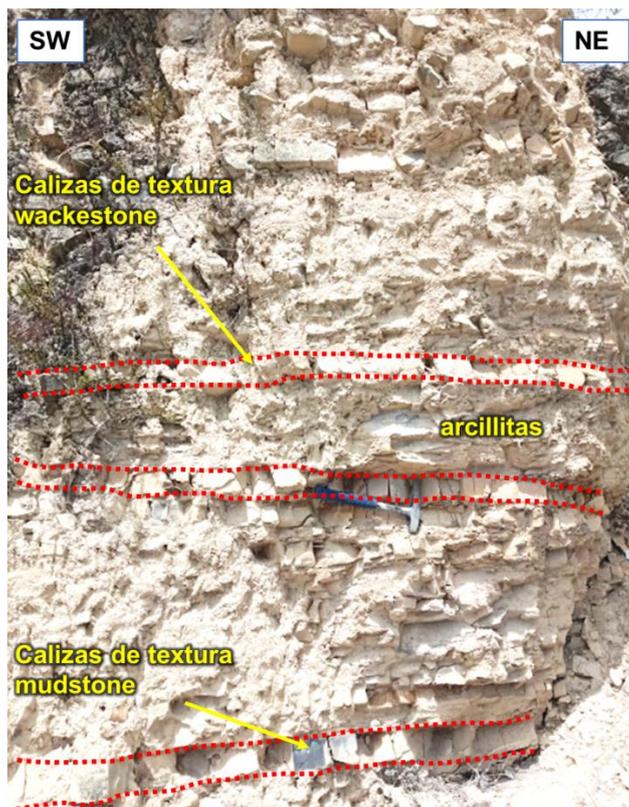


Fotografía 13. Intercalación con secuencia rítmica de calizas nodulares de textura mudstone y arcillitas. Coordenadas (E: 775625, N: 9201734, Z: 3025)



Fotografía 14. Intemperismo presente en calizas, presenta un color blanquecino. Coordenadas (E: 775639, N: 9201744, Z: 3027)

En la parte superior de este miembro medio, en contacto con el miembro superior; hay un cambio de buzamiento y disminuye el espesor de los estratos y están compuestos por calizas bituminosas nodulares de textura mudstone y wackestone de 3 a 10 cm de espesor y arcillitas con espesores de 4 a 25 cm



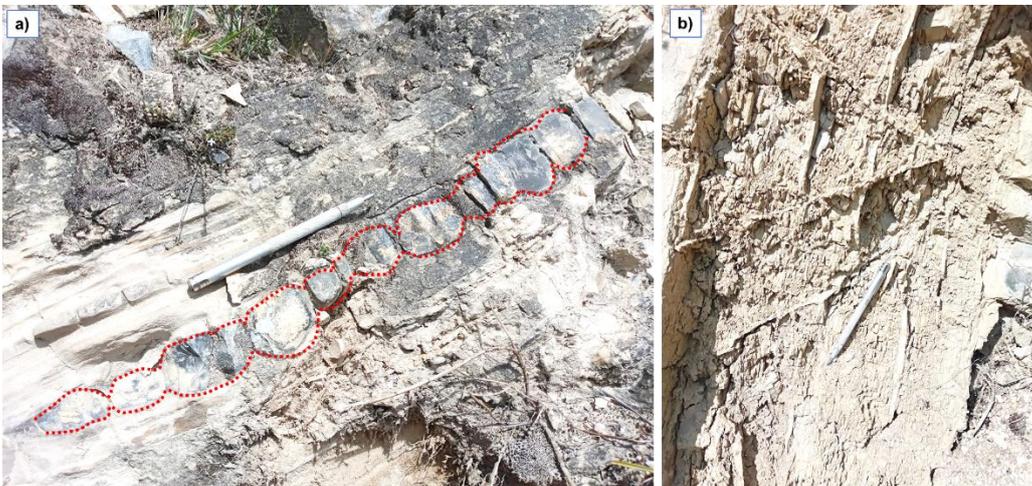
Fotografía 15. Intercalación rítmica y con secuencia inversa de calizas nodulares de textura mudstone - wackestone con arcillitas en la parte superior del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775681, N: 9201708, Z: 3026)

Estructuras sedimentarias de Miembro Medio

- ✓ **Diques de calcita:** En la “foto 17a” se puede encontrar estructuras post-depositacionales, como pequeños diques de calcita (CaCO_3).
- ✓ **Laminación:** Estas estructuras están presentes en arcillitas, tal como se observa en la “foto 17b”
- ✓ **Lenticular:** Son discontinuos con el piso plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa, “foto 18a”.
- ✓ **Bioturbación:** Bioturbaciones en estratos de arcillitas, al producirse la disolución de las rocas carbonatadas estas bioturbaciones son rellenadas por carbonato de calcio formando una estructura tipo vetillas, “foto 18b”.



Fotografía 16. **a)** Mineral de calcita que corta a las rocas del miembro medio. Coordenadas (E: 775620, N: 920125, Z: 3031). **b)** Estructura laminar paralela en arcillitas. Coordenadas (E: 775618, N: 920127, Z: 3030).



Fotografía 17. **a)** Estructura lenticular en calizas nodulares del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775601, N: 9201718, Z: 3035). **b)** Bioturbación en arcillitas. Coordenadas (E: 775621, N: 9201729, Z: 3035).

- ✓ **Tabular:** Estructura característica de la secuencia rítmica de las calizas y las arcillitas del Miembro Medio.



Fotografía 18. Estructura tabular del Miembro Medio. Coordenadas (E: 775610, N: 9201726, Z: 3036).

DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA MACROSCÓPICA DEL MIEMBRO MEDIO

Tabla 11. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MMr-01	E: 775621	N: 9201735	Z: 3029	UTM-WGS84

CLASIFICACIÓN					
Según folk 1959				Según Dunham 1962	
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)			2/3 de cemento tardío (Esparita)	
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Igual cantidad de Micrita y Esparita
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada
	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita no sorteada
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita con componente redondeado
	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita con componente redondeado
Análogo clástico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura
	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura

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

Roca Micrita con biógenos	Caliza Mudstone
---------------------------	-----------------



La muestra de mano se clasifica según Folk 1959 como una caliza micrita con biógenos y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza wackestone, ya que es matriz-soportada con más del 10% de granos.

Tabla 12. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-02

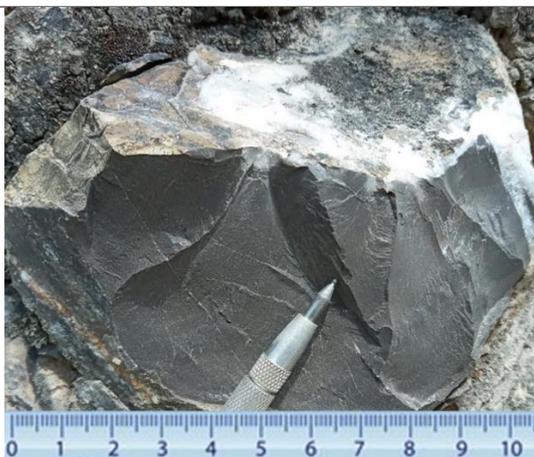
N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MMr-02	E: 775615	N: 9201736	Z: 3035	UTM-WGS84

CLASIFICACIÓN

Según folk 1959					Según Dunham 1962									
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)			Textura deposicional reconocible		Textura deposicional no reconocible			
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%		Mal sorteado	Bien sorteado	redondeado	Componentes originales no unidos durante la sedimentación					
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados	Con barro micrítico		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bio-construcción			
	Esqueleto matriz-soportado < 10 % granos		Esqueleto grano-soportado > 10 % granos		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico									
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita				Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
Análogo clásico	Lutita		Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura							

Roca Micrita

Caliza Mudstone



Muestra de mano de una caliza, color gris. No presenta microfósiles.

Según Folk 1959 se clasifica como una caliza micrita y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza mudstone, ya que es matriz-soportada con menos del 10% de granos

Tabla 13. Descripción petrológica de la muestra N° MMr-03

N° Muestra		Coordenadas			DATUM						
MMr-03		E: 775601	N: 9201718	Z: 3035	UTM-WGS84						
CLASIFICACIÓN											
Según folk 1959					Según Dunham 1962						
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)		Textura deposicional no reconocible			
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Mal sorteado	Bien sorteado	redondeado				
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biogenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados	Componentes originales no unidos durante la sedimentación	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Textura deposicional no reconocible
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biogenos	Biomicrita		Bioesparita			Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico	
Análogo clástico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura					
Roca Micrita						Caliza Mudstone					



Muestra de mano de una caliza mudstone, color gris oscura y cortada por venillas rellenas de Calcita, encontrada en la parte superior de este Miembro Medio.

Según Folk 1959 se clasifica como una caliza micrita y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza mudstone, ya que es matriz-soportada con menos del 10% de granos.

DESCRIPCIÓN PALEONTOLÓGICO DEL MIEMBRO MEDIO

El fósil encontrado es característico de este miembro medio, ya que se encuentra en todo el afloramiento. La descripción de los Phylums se realizó, según (Benavides, 1956).

Tabla 14. Descripción paleontológica del fósil N° MM-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MM-01	E: 775650	N: 9201747	Z: 3026	UTM-WGS-84
Unidad Litoestratigráfica		Miembro Medio		
Reino	Animalia			
Phyllum	Mollusca			
Clase	Bivalvia			
Orden	Nuculoidea			
Familia	Nuculidae			
Género	Nucula			
<p>Descripción: Pequeño Bivalvo, presente en todo el afloramiento del Miembro Medio. Característica principal de dicho miembro.</p>				



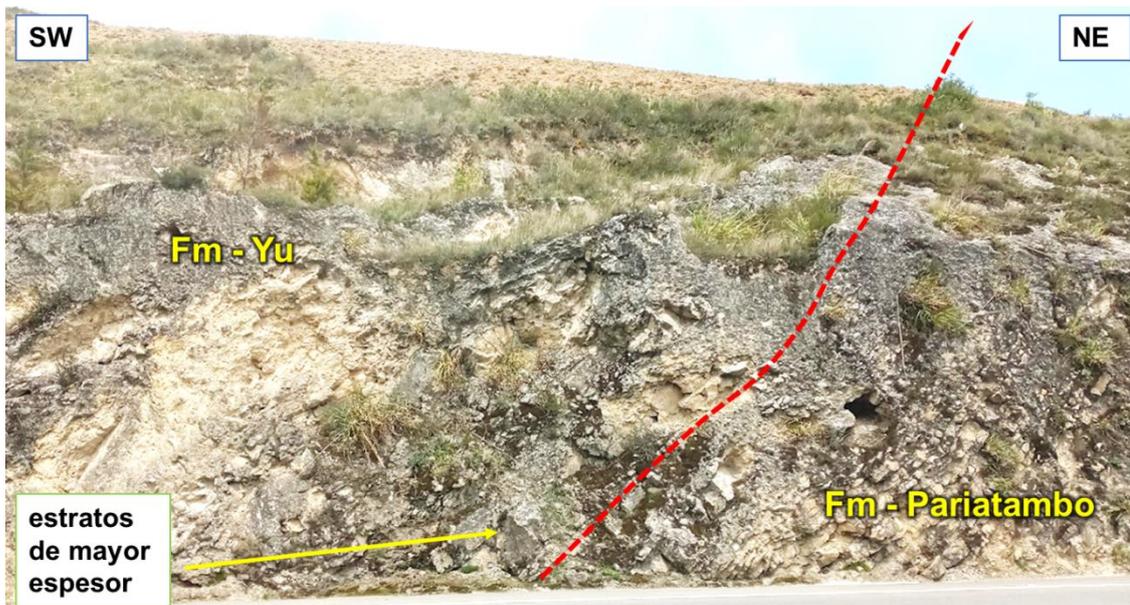
Fuente: Modificado de Benavides (1956).

3.8.1.3 Miembro Superior

Esta unidad litoestratigráfica se encuentra infrayaciendo con suave discordancia a los estratos gruesos de calizas con texturas wackestone y packstone de la Formación Yumagual. (Ver Anexo 06 – Columna Lito-estratigráfica del Miembro Superior)



Fotografía 19. Vista panorámica del Miembro Superior de la Formación Pariatambo en contacto con la Formación Yumagual.



Fotografía 20. Contacto litológico del Miembro Superior de la Formación Pariatambo y los estratos de mayor espesor de calizas de la Formación Yumagual, con una suave discordancia. Se observa el cambio muy claro de los estratos. Coordenadas (E: 775519, N: 9201628, Z: 3037)

Tabla 15. Coordenadas de Piso-Techo del Miembro Superior

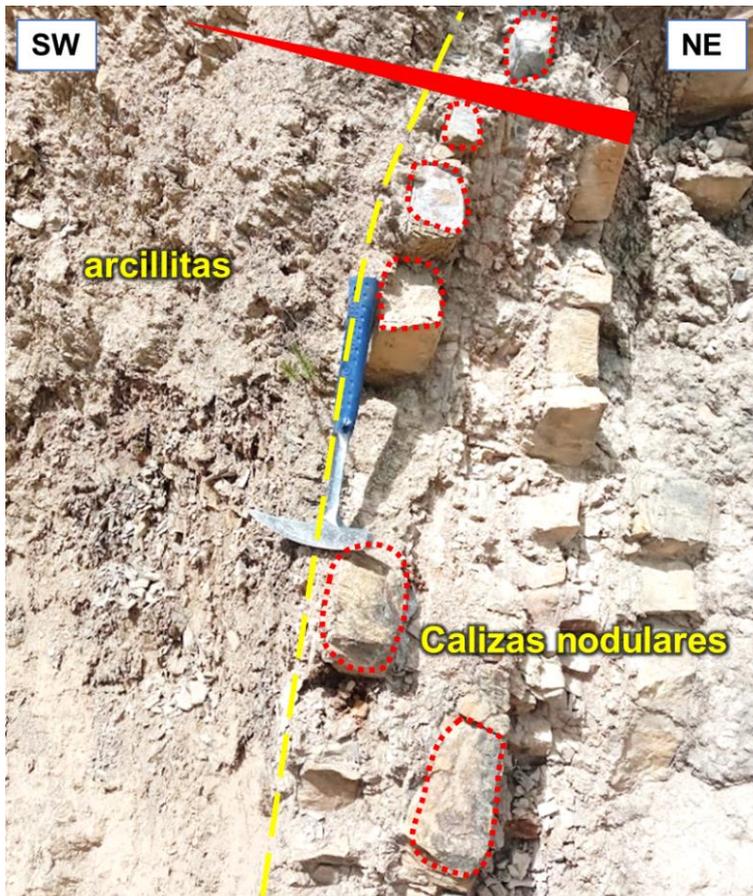
Coordenadas del Miembro Superior		
UTM-WGS84-17S		
Estación	Piso	Techo
Este (x)	775587	775519
Norte (y)	9201704	9201628
Cota (z)	3028	3037

Litología y espesor

Este Miembro Superior tiene 71 m de espesor y la litología consta de la siguiente manera, en la base está dada por una continuidad de calizas nodulares bituminosas de textura wackestone de 4 a 10 cm de espesor y una secuencia directa, con intercalación de arcillitas negras de 5 a 8 cm de espesor, sigue con una gran masa de arcillitas calcáreas de 14 m y por una secuencia rítmica de pequeños estratos de calizas nodulares de 4 a 10 cm de espesor y arcillitas con espesores que van de 10 a 12 cm.



Fotografía 21. Contacto del Miembro Medio y el Miembro Superior. Seguido por una secuencia rítmica y directa de calizas bituminosas de textura wackestone y arcillitas con una estratificación delgada.



Fotografía 22. Intercalación de estratos de calizas nodulares con arcillitas negras y una secuencia directa. Luego sigue las arcillitas calcáreas. Coordenadas (E: 775579, N: 9201703, Z: 3031)

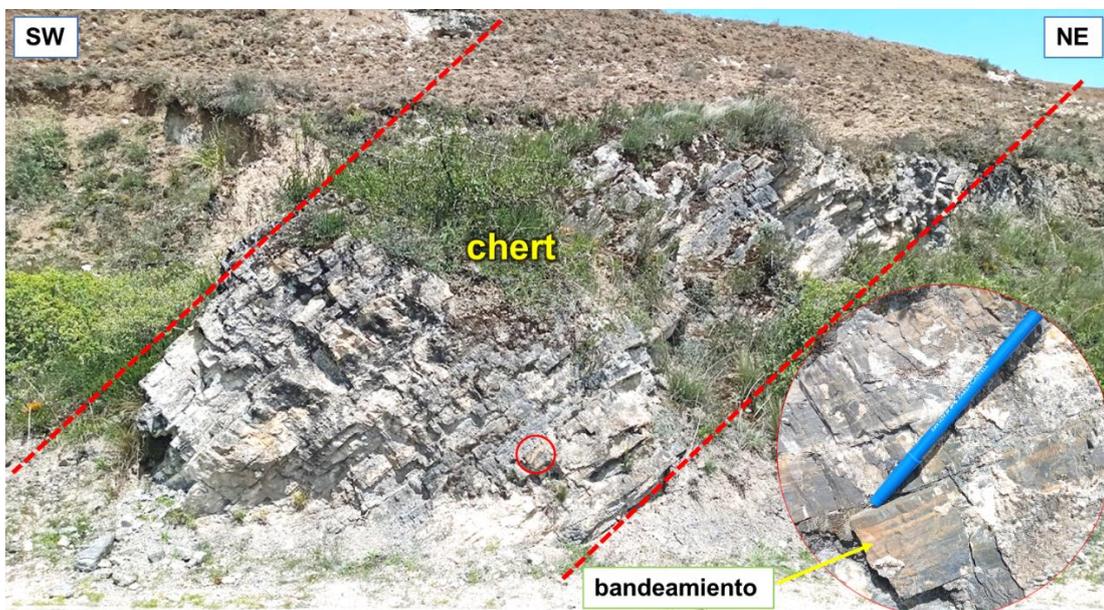


Fotografía 23. Presencia de 15 m de arcillitas calcáreas, seguido de una intercalación de calizas nodulares y las mismas arcillitas calcáreas.



Fotografía 24. Secuencia rítmica de pequeños estratos de calizas nodulares y arcillitas calcáreas de estratificación delgada. Coordenadas (E: 775563, N: 9201692, Z: 3029)

En la parte superior se puede observar horizontes de calizas silicificadas y un gran horizonte de chert de 5 m, para luego seguir en la parte superior de este miembro, una secuencia rítmica de calizas silicificadas de textura mudstone con 10 a 60 cm de espesor y arcillitas con espesores de 8 a 10 cm, la silicificación se debe a un proceso químico, donde el carbonato existente es cambiado por la sílice.



Fotografía 25. Horizonte de chert de 5 m, parte superior del Miembro Superior, puede observarse una tendencia de bandeamiento de color anaranjado. Coordenadas (E: 775549, N: 9201670, Z: 3035)

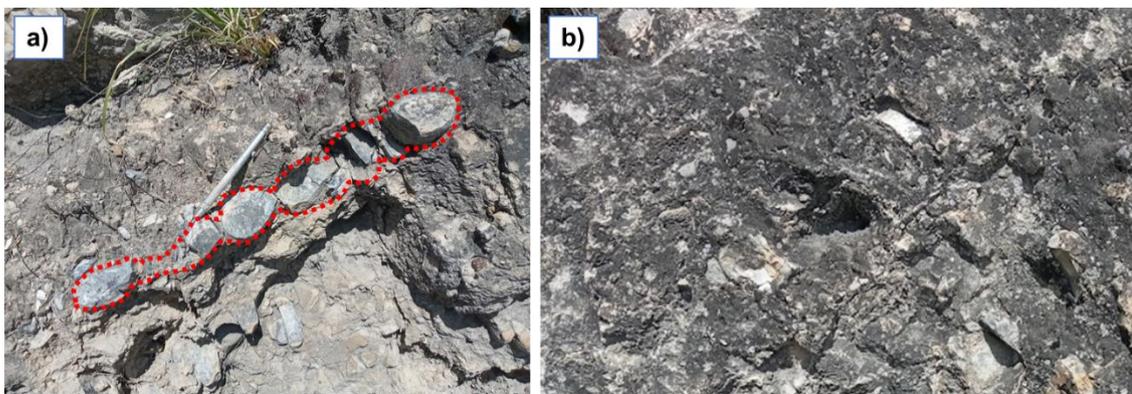


Fotografía 26. En la parte superior del Miembro Superior, se observa una secuencia de calizas silicificadas con arcillitas. Coordenadas (E: 775541, N: 9201667, Z: 3038).

Estructuras sedimentarias de Miembro Superior

Las estructuras en este Miembro Superior están dadas por las mismas que en todo el afloramiento de la Formación Pariatambo. En seguida se presenta las más representativas.

- ✓ Estructura lenticular y masivo.



Fotografía 27. **a)** Estructura lenticular. coordenadas (E: 775525, N: 9201635, Z:3036). **b)** Estructura masiva. Coordenadas (E: 775532, N: 9201674, Z:3035)

DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA MACROSCÓPICA DEL MIEMBRO SUPERIOR

La litología del Miembro Superior está dada por las calizas de textura mudstone y wackestone. En las siguientes tablas se muestran su clasificación.

Tabla 16. Descripción petrológica de la muestra N° MSr-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM					
MSr-01	E: 775520	N: 9201630	Z: 3033	UTM-WGS84					
CLASIFICACIÓN									
Según folk 1959									
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)		Textura deposicional reconocible	Textura deposicional no reconocible
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%		Mal sorteado	Bien sorteado		
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita poco empaquetada	Biomicrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados	
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomicrita		Bioesparita				
Análogo clásico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura		Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura		
Según Dunham 1962									
Con barro micrítico					Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico				
Esqueleto matriz-soportado					Esqueleto grano-soportado				
< 10 % granos					> 10 % granos				
Mudstone					Wackestone		Packstone		Grainstone
									Boundstone
									Cristalina
Roca Micrita					Caliza Mudstone				



Muestra de mano de una caliza, color gris oscuro, encontrada en la parte superior de este Miembro Superior, sin evidencia de microfósiles.

Folk 1959 la clasifica como caliza micrita y según Dunham 1962, la clasifica como una caliza de textura mudstone, ya que es matriz-soportada con menos del 10% de granos.

Tabla 17. Descripción petrológica de la muestra N° MSr-02

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MSr-02	E: 775587	N: 9201706	Z: 3033	UTM-WGS84

CLASIFICACIÓN

Según folk 1959					Según Dunham 1962									
% de componentes	Lodo calcáreo (matriz)				Igual cantidad de Micrita y Esparita	2/3 de cemento tardío (Esparita)		Textura deposicional reconocible			Textura deposicional no reconocible			
	0-1%	1-10%	10-50%	Arriba de 50%	Mal sorteado	Bien sorteado	redondeado	Componentes originales no unidos durante la sedimentación						
Nombre representativo	Micrita y dismicrita	Micrita con biógenos	Biomícrita poco empaquetada	Biomícrita bien empaquetada	Bioesparita poco lavada	Bioesparita no sorteada	Bioesparita sorteada	Bioesparita con componentes redondeados	Con barro micrítico		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción			
									Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico		
Terminología de Folk 1959	Micrita y dismicrita	Micrita con biógeno	Biomícrita		Bioesparita									
Análogo clástico	Lutita	Lutita arenosa	Arenisca arcillosa inmadura	Arenisca poco madura	Arenisca madura	Arenisca sobremadura								
									< 10 % granos	> 10 % granos				
									Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina

Roca Micrita con biógenos

Caliza wackestone



Muestra de mano de una caliza wackestone, color gris, encontrada en la parte superior de este Miembro. Con evidencia de pequeñas conchillas de bivalvos.

Folk 1959 la clasifica como una caliza micrita con biógenos y según Dunham 1962, la roca se clasifica como una caliza wackestone, ya que es matriz-soportada con más del 10% de granos.

DESCRIPCIÓN PALEONTOLÓGICO DEL MIEMBRO SUPERIOR

Los siguientes fósiles encontrados en el miembro superior, son los más característicos que representa a dicho miembro en el sector de Agomarca. La descripción de los Phylums se realizó, según (Benavides, 1956).

Tabla 18. Descripción paleontológica del fósil MSp-01

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MSp-01	E: 775650	N: 9201747	Z: 3026	UTM-WGS-84
Unidad Litoestratigráfica		Miembro Superior		
Reino:	Animalia			
Phyllum:	Mollusca			
Clase:	Bivalvia			
Orden:	Pteroides			
Familia:	Pectinidae			
Género:	Pecten			
<p>Descripción: Pequeños Bivalvos presentes que caracterizan al Miembro Superior.</p>				
				

Fuente: Modificado de Benavides (1956).

Tabla 19. Descripción paleontológica del fósil MSp-02

N° Muestra	Coordenadas			DATUM
MSp-02	E: 775650	N: 9201747	Z: 3026	E: 775650
Unidad Litoestratigráfica		Miembro Superior		
Reino:	Animalia			
Phyllum:	Mollusca			
Clase:	Bivalvia			
Orden:	Pteroides			
Familia:	Pectinidae			
Género:	Pecten			
<p>Descripción: Pequeños Bivalvos presentes que caracterizan al Miembro Superior</p>				
				

Fuente: Modificado de Benavides (1956).

3.8.2 Estratigrafía Secuencial

En el Sector de Agamarca se han logrado reconocer diferentes litofacies, de acuerdo a las características de la roca, estas litofacies son carbonatadas y se las describe a continuación:

- Litofacies calizas bituminosas (mudstone y wackestone)
- Litofacies margas
- Litofacies calizas nodulares
- Litofacies calizas tabulares
- Litofacies arcillitas calcáreas
- Litofacies arcillitas bituminosas
- Litofacies de Chert (Sílice)
- Litofacies calizas silicificadas

La estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el Sector Agamarca, se analizó una vez ya descritos cada miembro a detalle (Miembro Inferior, Medio y Superior), identificando litologías, espesor, descripción de fósiles y estructuras. Se procede a describir las secuencias identificadas en todo lo que aflora dicha formación en el corte de carretera, de esta manera se ha entendido mejor para poder elaborar las columnas litoestratigráficas y realizar la correlación litoestratigráfica correspondiente.

Tomar en cuenta que las siguientes secuencias son enumeradas desde la base hacia el techo de la Formación Pariatambo.

- **Secuencia 1:** Caliza bituminosa y arcillita, presentando una secuencia rítmica.

Esta secuencia está presente en la base de la Formación Pariatambo y está conformada por la intercalación de calizas bituminosas de textura mudstone, con arcillitas. La mayor parte del afloramiento de dicha secuencia se encuentra erosionado y no se logra observar. Además, existe la presencia de calizas de un color blanquecino, producto de gran meteorización en la zona.

- **Secuencia 2:** Caliza bituminosa, arcillita y margas, presentando una secuencia cíclica en ciertas zonas.

La base de esta segunda secuencia está dada por calizas de estructura tabular intercaladas con las primeras formaciones de margas (las arcillitas negras o

bituminosas adquieren más componentes margosos conforme pasa el tiempo hasta llegar a convertirse en margas) y arcillitas. Además, se puede apreciar una Biozona de Primera Aparición (BPA) de pequeños fósiles de ammonites.

- **Secuencia 3:** Margas, calizas bituminosas y arcillitas, presentando una secuencia cíclica en ciertas zonas.

La peculiaridad de esta tercera secuencia es la aparición de margas, formadas en su totalidad, intercaladas con calizas bituminosas y arcillitas con presencia de fósiles bivalvos. Se observan estructuras características en esta secuencia como las bioturbaciones.

- **Secuencia 4:** Caliza nodular y arcillitas, presentando una secuencia rítmica.

El Miembro Medio de la Formación Pariatambo está caracterizado por esta cuarta secuencia, que consta de una estratificación delgada de calizas nodulares con intercalación de arcillitas y con estructuras lenticulares.

- **Secuencia 5:** Calizas silicificadas y chert.

Esta secuencia está caracterizada por ser silíceas, se puede apreciar estratos de calizas silicificadas y un horizonte de chert de 14 m, seguido una vez más por pequeños estratos de calizas silicificadas, esto debido por el reemplazo del carbonato por la sílice.

- **Secuencia 6:** Caliza bituminosa y arcillita, presentando una secuencia rítmica.

La parte final del Miembro Superior de la Formación Pariatambo está compuesta por una secuencia rítmica de calizas de estructura tabular, intercaladas con estratos delgados de arcillita, presentando estructuras masivas.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Después de haber descrito las características geológicas y estratigráficas del área de investigación, damos a conocer los resultados del análisis de variables principales. Para ello los shapefiles descargados del INGEMMET se adecuó al área de investigación para generar la sección estratigráfica y el plano geológico.

Tabla 20. Cuadro resumen de resultados

UNIDAD	MIEMBRO	SECTOR AGOMARCA				
		Espesor	Secuencia	Litología	Textura	
FORMACIÓN PARIATAMBO	SUPERIOR	71 m	Sc n°6		Caliza	Mudstone
						Wackestone
					Arcillita	
	MEDIO	59 m	Sc n°5		Caliza silicificada	Grainstone
					Chert	Budstone
					Arcillita	
					Caliza nodular	Mudstone
						Wackestone
					Arcillita	
	INFERIOR	57 m	Sc n°3		Margas	Mudstone
Calizas					Mudstone	
					Wackestone	
Arcillita						
Limolitas						
INFERIOR	57 m	Sc n°2		Margas	Mudstone	
				Calizas	Mudstone	
					Wackestone	
				Arcillita		
INFERIOR	57 m	Sc n°1		Arcillita		
				Calizas	Mudstone	

4.1.1 Sección estratigráfica

En la Sección estratigráfica se trata de presentar las características principales de cada Secuencia estratigráfica identificada en el Sector de Agomarca, tanto las litologías, estructuras y contenido fósil. (Ver Anexo 09 – Sección estratigráfica)

4.2 ASOCIACIÓN DE FACIES Y AMBIENTE DEPOSITACIONAL

Las facies litológicas encontradas en el Sector de Agomarca, litologías y contenido fósil, indican que pertenece a un ambiente anóxico. A continuación, se corrobora con la Investigación titulada “Registro de perturbaciones ambientales del Albiano al Cenomaniano temprano en el Pacífico subecuatorial oriental”. (Navarro, 2015)

4.2.1 Configuración de la rampa exterior

El ajuste de la rampa exterior se caracteriza por facies tipo 3a y está ubicado por debajo del alcance de la base y en aguas profundas.

La facies litológicas identificadas in situ, consiste de carbonato gris oscuro y escasa fauna, como ammonites característico del Miembro Inferior y bivalvos presentes en el Miembro Medio y Superior, indican un ambiente por debajo del alcance de las olas de tormenta en condiciones de agua relativamente anóxicas en el fondo del mar. En los márgenes oceánicos expuestos a tormentas modernas y abiertas, la tormenta efectiva es del orden de 150 m o menos. Considerando la plataforma y los posibles efectos de barrera del Albiano y arco volcánico hacia el oeste, este rango de profundidad parece poco probable debido a la pérdida de energía por fricción en la profundidad de las olas y se sugiere un rango de profundidad de 30 a 50 m de manera tentativa.

En la facie 3a, indica la presencia de capas bituminosas de color gris a oscura por el gran contenido de la materia orgánica, ya que es de ambiente anóxico.

Rampa exterior	Rampa media		Rampa interna		
zona debajo de la base de la tormenta	zona interna de ambiente estable		zona submareal de poca profundidad		
mud/wackestone	rud/float/grainstone		marl/mud/wacke/packestone		
condiciones redox					
Nivel del mar					
3 (3a)	2 (2c)	2 (2a-2b)	1 (1c)	1 (1a-1b)	
Capas finas, bituminosas de color gris oscura	Capas finas, margosas y bioturbadas	Ostras bien conservadas, comunmente bioturbadas.	Elementos esqueléticos y fragmentados.	Bancos bioturbados, bioclastos, fauna diversa y superficies erosivas.	Escasa fauna, débil bioturbación, superficies erosivas.

Figura 19. Dentro del marco amarillo se presenta el esquema en el que se indica el ambiente de depositación de la Fm. Pariatambo, facie tipo 3a (Modificado de Navarro, 2015)

Código de facies	Código de colores	Facies	Textura	No hay componentes esqueléticos	Ambiente de deposición	Asociación de facies y ambiente deposicional	
1a		Fauna restringida	m	Bivalvos 1, restos de conchas 1	submareal de poca profundidad	1	Zona submareal de poca profundidad
1b		Arcillosa con fauna restringida	m, M-W	Bivalvos 2-3, gasterópodos 1-2, restos de conchas 1-2	submareal de poca profundidad		
1c		Arcillosa con fauna diversa	W, P-G, F	Bivalvos 1-2, gasterópodos 1-2, cefalópodos 1-2, restos de conchas 2-3	submareal de poca profundidad		
2a		Fauna diversa – alta energía	P-G, F	Bivalvos 2-4, gasterópodos 1-2, restos de conchas 2-3	Rampa marina abierta	2	Rampa media de mar abierto
2b		Ostras floatstone	F-G, R	Restos de conchas 1	Rampa marina abierta		
2c		Fauna diversa – baja energía	M-W, P	Componentes esqueléticos escasos	Rampa marina abierta		
3a		Facies fangosas, gris oscuras	M	Componentes esqueléticos	Rampa exterior	3	Rampa exterior

Figura 20. Dentro del marco amarillo se presenta la descripción general de la clasificación e interpretación de facies de la Fm. Pariatambo. Los números indican la abundancia relativa de componentes no esqueléticos y esqueléticos: 0 = ausente, 1 = presente, 2 = frecuente, 3 = abundante, 4 = dominante (Modificado de Navarro, 2015).

4.3 CORRELACIÓN DE COLUMNAS LITOSTRATIGRÁFICAS

La correlación litoestratigráfica se ha realizado y tomando como referencia a las columnas litoestratigráficas elaboradas por (Bazán, 2016), específicamente con la Columna del Sector Ronquillo y de (Escobedo, 2017) del Sector Puyllucana. Con las secuencias identificadas y descritas en el Sector de Agamarca, se realizó la correlación litoestratigráfica local correspondiente.

Realizando la Correlación Litoestratigráfica de las tres Columnas de los tres sectores diferentes, se hizo una comparación de las seis secuencias que caracterizan a la Formación Pariatambo (Ver Anexo 08 – Correlación estratigráfica de Ronquillo, Puyllucana y Agamarca)

- Secuencia 1

Tanto en Puyllucana, Ronquillo y Agamarca, los afloramientos de la litología son similares, con la diferencia en esta última que existe calizas muy alertadas de color blanquecino. La presencia de arcillitas negras y calizas bituminosas es debido a la transgresión y hundimiento que tuvo la cuenca Cajamarca en el Albiano de ambiente anóxico en aguas profundas.

- Secuencia 2

En Puyllucana y Ronquillo existe la presencia de dolomitas, sin embargo, en Agamarca, no existe estratos o hay muy poca evidencia de las mismas. Por el contrario, se observan las primeras apariciones de margas, las cuales se forman a partir de la erosión de otras rocas durante la meteorización, en este caso de calizas y arcillitas; A medida que dichas rocas se erosionan, estas pequeñas partículas se sedimentan, para que finalmente se compacten y puedan formar a las margas. Este proceso se puede evidenciar in situ, ya que en la primera secuencia del Sector de Agamarca se dio inicio el proceso de la erosión y meteorización. (Ver Anexo 01 – Columna Litoestratigráfica del Miembro Inferior)

- Secuencia 3

Al realizar la correlación en los tres sectores, se evidencia que tanto los estratos de caliza y arcillitas poco a poco se van haciendo más gruesos, con la diferencia que en la base de esta secuencia del Sector de Agamarca, hay estratos bien

formados de margas y calizas bituminosas, estas margas reemplazan a las facies de arcillitas en algunos estratos, presentando estructuras tabulares.

- **Secuencia 4**

En la correlación de los tres sectores presentan una litología similar y los estratos de caliza bituminosa y arcillitas negras siguen en su proceso de formación y se hacen más gruesos, lo que nos indica que sigue el período continuo de hundimiento y aporte de carbonato de Calcio, así como materia orgánica. Luego pasa a depositarse una gran facie de arcillita negra calcárea de 15 metros de espesor, lo que nos da a entender un ambiente sedimentario marino más profundo y alejado de la línea de la costa.

- **Secuencia 5**

En los tres sectores no existe mucha diferencia, ya que las calizas silicificadas y el reemplazamiento total del carbonato por la sílice (representado por el chert) se evidencia muy claro in situ.

- **Secuencia 6**

Al igual que la quinta secuencia, en los tres sectores hay afloramiento de litologías similares, representados por una intercalación de calizas bituminosas nodulares con arcillitas negras, para finalmente convertirse en bancos gruesos de caliza gris oscura nodular de la Formación Yumagual.

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Miembro Inferior se caracteriza por presentar una intercalación de calizas bituminosas de textura mudstone con arcillitas en los sectores de Ronquillo y Agomarca. En el sector de Puyllucana presenta una intercalación de calizas nodulares con arcillitas en la base de este miembro (en contacto con la Fm-chu) y calizas dolomitizadas, siendo estas las diferencias principales identificadas. Los Sectores de Ronquillo y Agomarca son los que presentan un espesor casi cercano, siendo 51 m y 57 m respectivamente, el afloramiento en Puyllucana presenta un espesor menor de 35.70 m.

En los tres sectores correlacionados, el Miembro Medio se caracteriza por presentar una intercalación de calizas nodulares y arcillitas en su totalidad de afloramiento. En los Sectores de Puyllucana y Agomarca el Miembro Medio tienen espesores de 56.54 m y 59 m respectivamente, mientras que en Ronquillo tiene un espesor de 40.3 m.

El miembro superior se caracteriza por presentar una intercalación rítmica de calizas con arcillitas, además de calizas silicificadas y horizontes de chert. Los tres Sectores correlacionados presentan esta litología. Los espesores de Puyllucana, Ronquillo y Agomarca son 68.55 m, 30 m, 71 m respectivamente.

A continuación, se muestra un gráfico, donde nos indica la diferencia que existe entre los espesores de cada Sector correlacionado. Puyllucana tiene el menor espesor del Miembro Inferior, seguido por el Sector de Ronquillo y Agomarca; de igual forma, Ronquillo es el que tiene menor espesor del Miembro Medio, seguido por Puyllucana y Agomarca; finalmente el Sector de Ronquillo tiene el menor espesor del Miembro Superior, seguido por Puyllucana y Agomarca.

Por lo tanto, el Sector donde se muestran mejor los afloramientos de las secuencias de la Formación Pariatambo, es en el corte de carretera del Sector Agomarca, con un espesor de 187 m.

Tabla 21. Espesor de los tres Sectores.

UNIDAD	MIEMBRO	ESPESOR DE LOS TRES SECTORES (m)		
		PUYLLUCANA	RONQUILLO	AGOMARCA
FORMACIÓN PARIATAMBO	INFERIOR	35.7	51.0	57.0
	MEDIO	56.5	40.3	59.0
	SUPERIOR	68.6	30.0	71.0
AFLORAMIENTO TOTAL		160.8	121.3	187.0

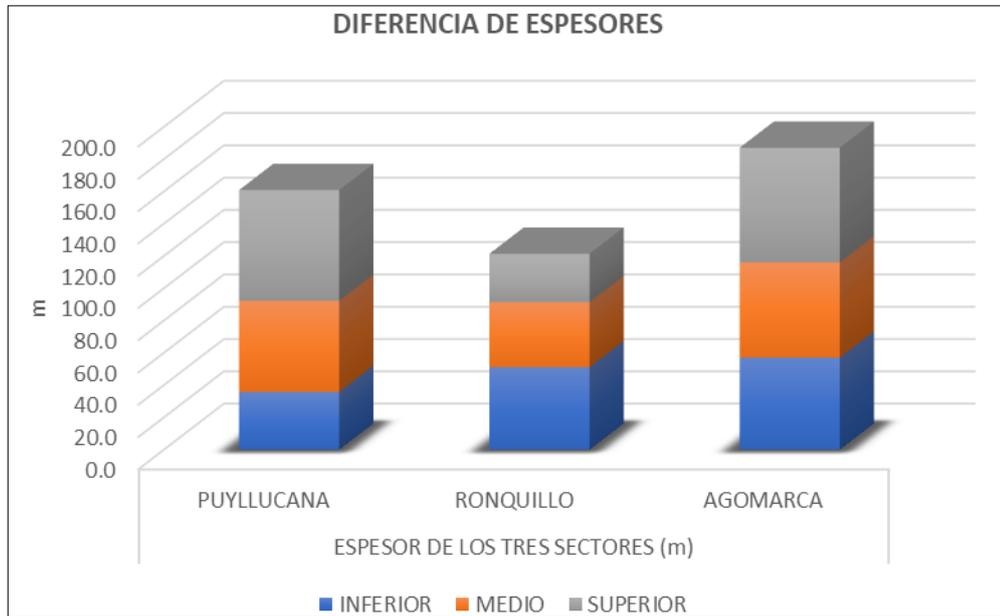


Gráfico 1. Diferencia de espesores.

La diferencia de espesores se da por dos factores: a) La deposición de los sedimentos en la cuenca sedimentaria de Cajamarca no siempre es uniforme, ya que existe un desnivel en el relieve oceánico. b) Los afloramientos están expuestos a diferentes intensidades de la erosión. (Ver gráfico N° 21)

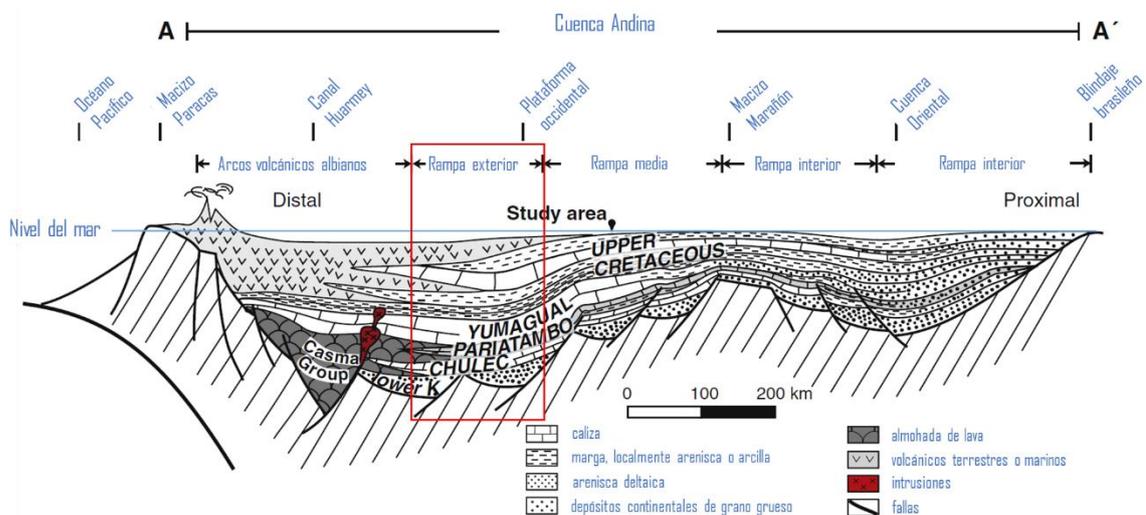


Figura 21. Sección hipotética a través de la cuenca andina durante el Neocomiano-Coniaciano con inferida Morfología de la rampa de la Plataforma Oeste. (Modificado de Navarro, 2015)

4.5 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se corrobora que la Formación Pariatambo en el Sector de Agomarca y en los otros sectores correlacionados, se evidencia la poca oxigenación que hubo hace millones de años, debido al Evento Anóxico Oceánico en el Albiano. In situ se observa facies de calizas nodulares y tabulares negras, limolitas, margas, arcillitas, calizas silicificadas y un horizonte de Chert. Desde El Miembro Inferior se puede observar una gran erosión del afloramiento y en lo poco que aflora a superficie se evidencia poca presencia de fósiles de ammonites. En el Miembro Medio se presenta un cambio de ambiente, ya que se presenta estratos de calizas bituminosas, debido a un ambiente somero con presencia de bastante fauna marina como bivalvos. Por último, en el Miembro Superior se sigue presentando las calizas bituminosas con arcillitas negras.

Por ende, debido al ambiente anóxico, que dio origen a la sedimentación de la Formación Pariatambo, la materia orgánica logró permanecer y sedimentarse en el fondo, dando así la característica peculiar de dicha formación, la cual es, abundancia de materia orgánica en las rocas (Calizas bituminosas y arcillitas negras calcáreas), pero con poca fauna marina en gran porcentaje de la formación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el Sector de Agomarca comprende secuencias muy bien definidas in situ y se presenta en tres miembros, los cuales son el Miembro Inferior, Medio y Superior. La Sc. 1 y 2 está comprendida en el Miembro Inferior. Las Sc. 3, 4 y 5 están presentes en el Miembro Medio. La Sc. 6 está comprendida en el Miembro Superior. (Ver Anexo 07 – Columna lito-estratigráfica General de la Formación Pariatambo).

El perfil geológico presenta la característica principal de cada una de las Secuencias identificadas en el Sector de Agomarca. (Ver Anexo 09 – Sección Estratigráfica).

Las texturas y estructuras identificadas in situ, principalmente consta de calizas bituminosas de textura mudstone desde la base del Miembro Inferior hasta la parte superior del Miembro Medio y textura wackestone que caracteriza al Miembro Superior. Las estructuras que se reconocieron son estructuras de tipo tabular, lenticular, laminar, masivo y bioturbación.

Realizada la Correlación de Columnas Litoestratigráficas de Ronquillo, Puyllucana y Agomarca; se determinaron 6 secuencias similares entre ellos, donde se presentan facies de calizas bituminosas tabulares y nodulares, margas, limolitas, arcillitas, calizas silicificadas y un horizonte de chert. (Ver Anexo 08 – Correlación lito-estratigráfica de los sectores Ronquillo, Puyllucana y Agomarca)

El ambiente de formación de la Formación Pariatambo es de un ambiente marino distal, es decir poca presencia de oxígeno y esto se corrobora en Navarro, 2015, ya que en el Miembro Inferior afloran calizas y arcillitas bituminosas y pequeñas biozonas de ammonites. Además, en los Miembros Medio y Superior, presentan fauna fósil como Bivalvos y se deduce que son de ambiente playero somero.

5.2 RECOMENDACIONES

A la EAPIG-UNC, continuar con las investigaciones de la Formación Pariatambo en otros sectores de los alrededores de la ciudad de Cajamarca, para construir una geología detallada de dicha formación.

A la EAPIG-UNC, realizar estudios secuenciales y de facies a nivel regional de la Formación Pariatambo y así entender la evolución de la sedimentación de toda la cuenca Cajamarquina en el Albiano.

Al INGEMMET, realizar diferentes pruebas sobre el contenido de Carbono orgánico presente en calizas bituminosas y arcillitas negras de la Formación Pariatambo y conocer si estas rocas cumplen con todas las condiciones necesarias para generar hidrocarburos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. 2010. Sedimentología. Del proceso físico a la Cuenca Sedimentaria
- 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, Facultad de Ingeniería Geológica. Cajamarca.
- Benavidez, V. 1956. Cretaceous system of northern Perú. Bulletin American
- Caballero, C. 2012. Construcción y Medición de Columnas Estratigráficas.
- Cheel, R. 2005. Introduction to Clastic Sedimentology. Department of Earth Sciences Ontario University, Canada,
- Escobedo, F. 2017. Estratigrafía Secuencial de la Formación Pariatambo en el Centro Poblado Puyllucana, Distrito De Baños del Inca – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Geológica.
- Fernández, H. 2010. Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Geológica.
- Jacay, J. 2005. Análisis de la sedimentación del Sistema Cretáceo de los andes del Perú Central. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG.
- Lagos, A, Sánchez, J, Quispe, Z, Palacios, O. 2007. Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca.
- López, C. 2002. Manual para la Clasificación de Rocas Carbonatadas
- Marocco, R. 2009. Introducción a la Estratigrafía Secuencial.
Museum, Natural History. New York, Vol. 108.
- Navarrete, E., 2016. Apuntes de Estratigrafía y Sedimentación.
- Navarro, J. 2014. Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific.

- Ponce, J. Carmona N, Montagna A, 2018. Atlas de Estructuras Sedimentarias Inorgánicas y Biogénicas.
- Reyes L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMMET.
- Robert, E. 1998. La Transgresión del Cretáceo Inferior en el Margen Andino Perú y Ecuador. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v. 88 (1998).
- Vera, J. 1994. Estratigrafía: Principios y Métodos (1 ed.). Rueda.

ANEXOS

PLANOS

ANEXO 01. Plano 01: Ubicación

ANEXO 02. Plano 02: Accesibilidad

ANEXO 03. Plano 03: Geológico

COLUMNAS LITO-ESTRATIGRÁFICAS

ANEXO 04. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro Inferior

ANEXO 05. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro Medio

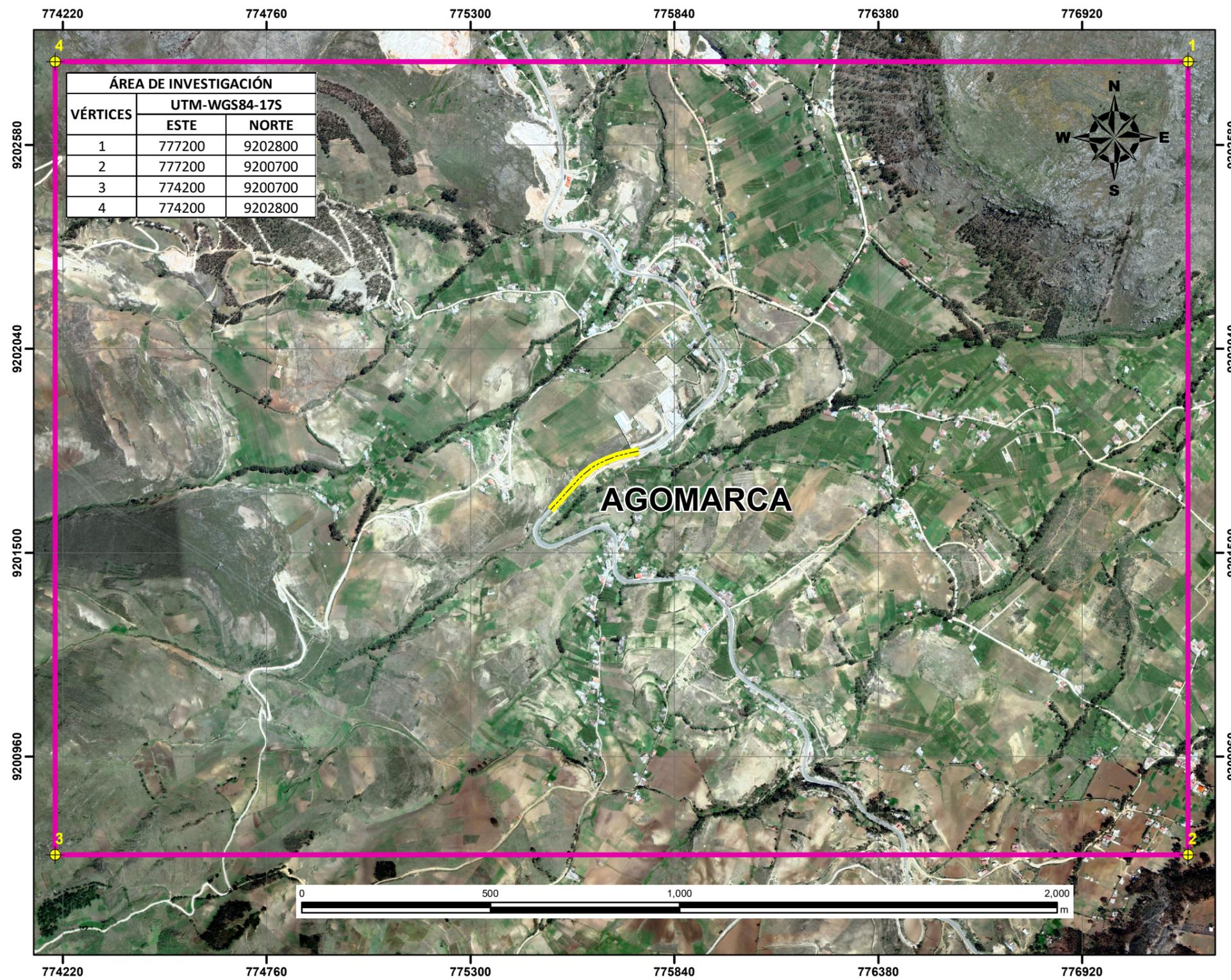
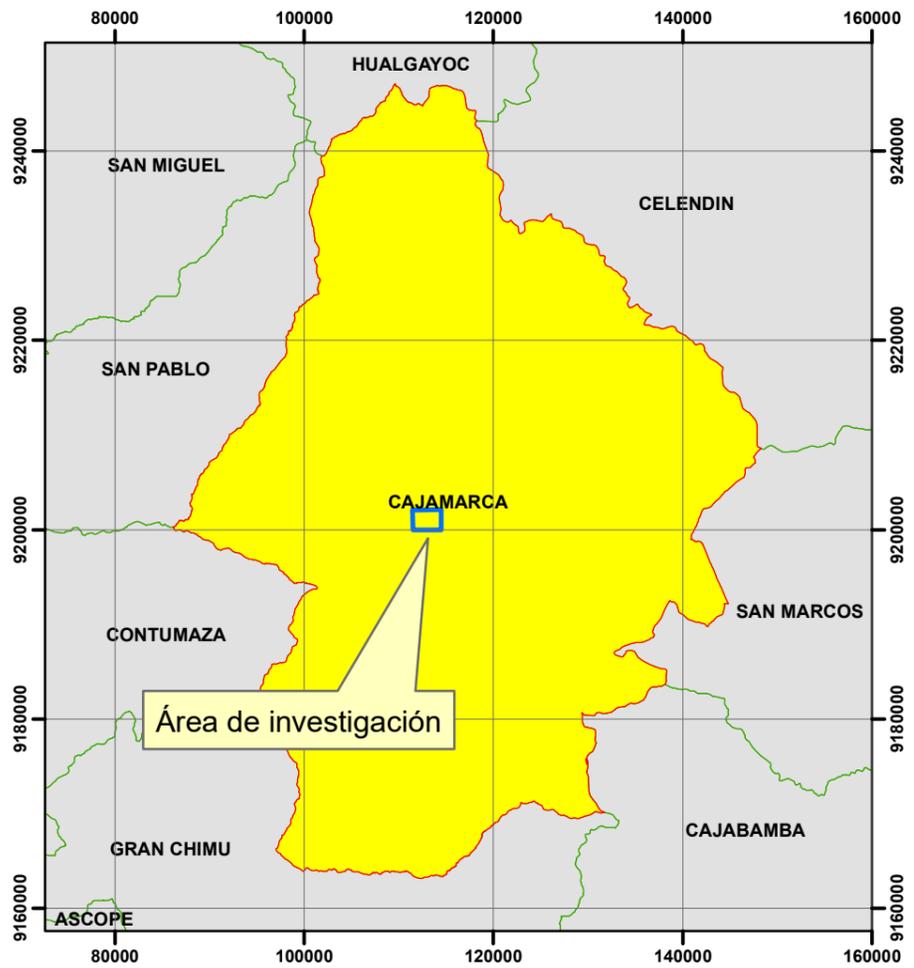
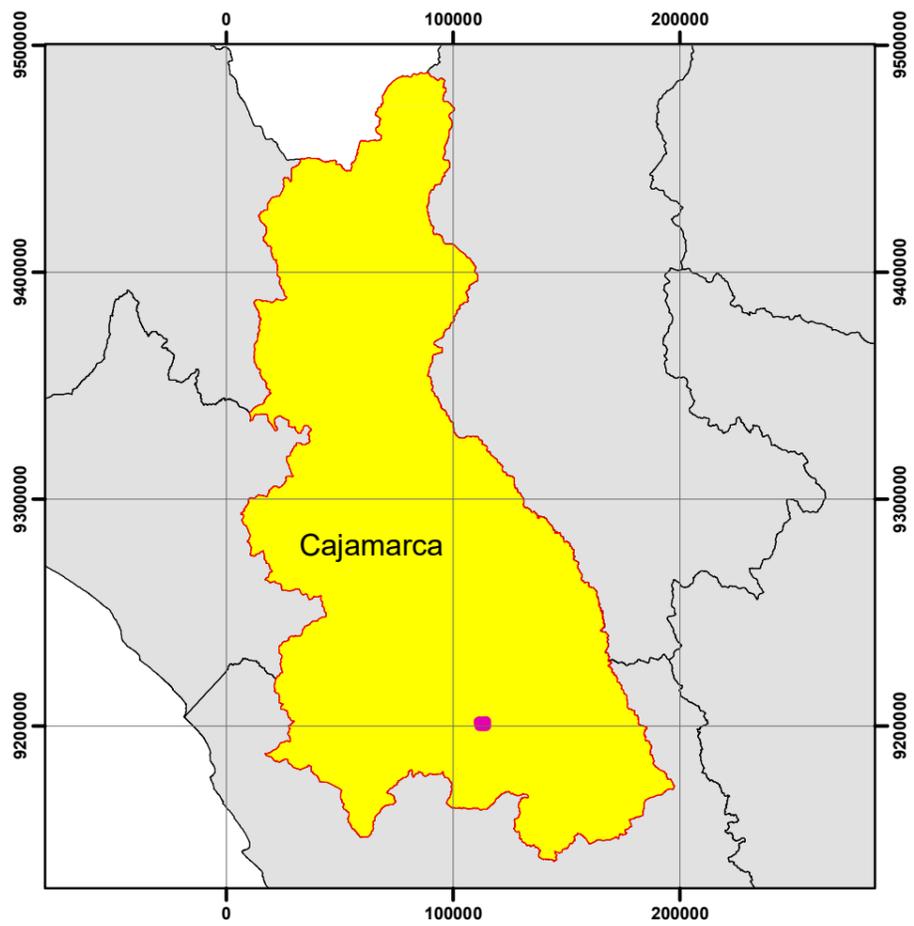
ANEXO 06. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro Superior

ANEXO 07. Columna Lito-Estratigráfica General de la Formación Pariatambo

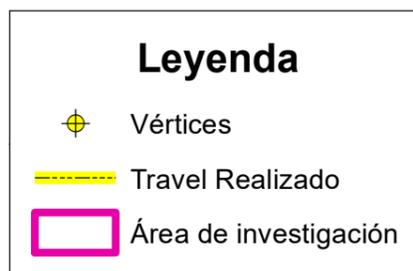
ANEXO 08. Correlación Lito-Estratigráfica de los Sectores Ronquillo, Puyllucana y Agomarca

SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA

ANEXO 09. Sección Estratigráfica A – A'

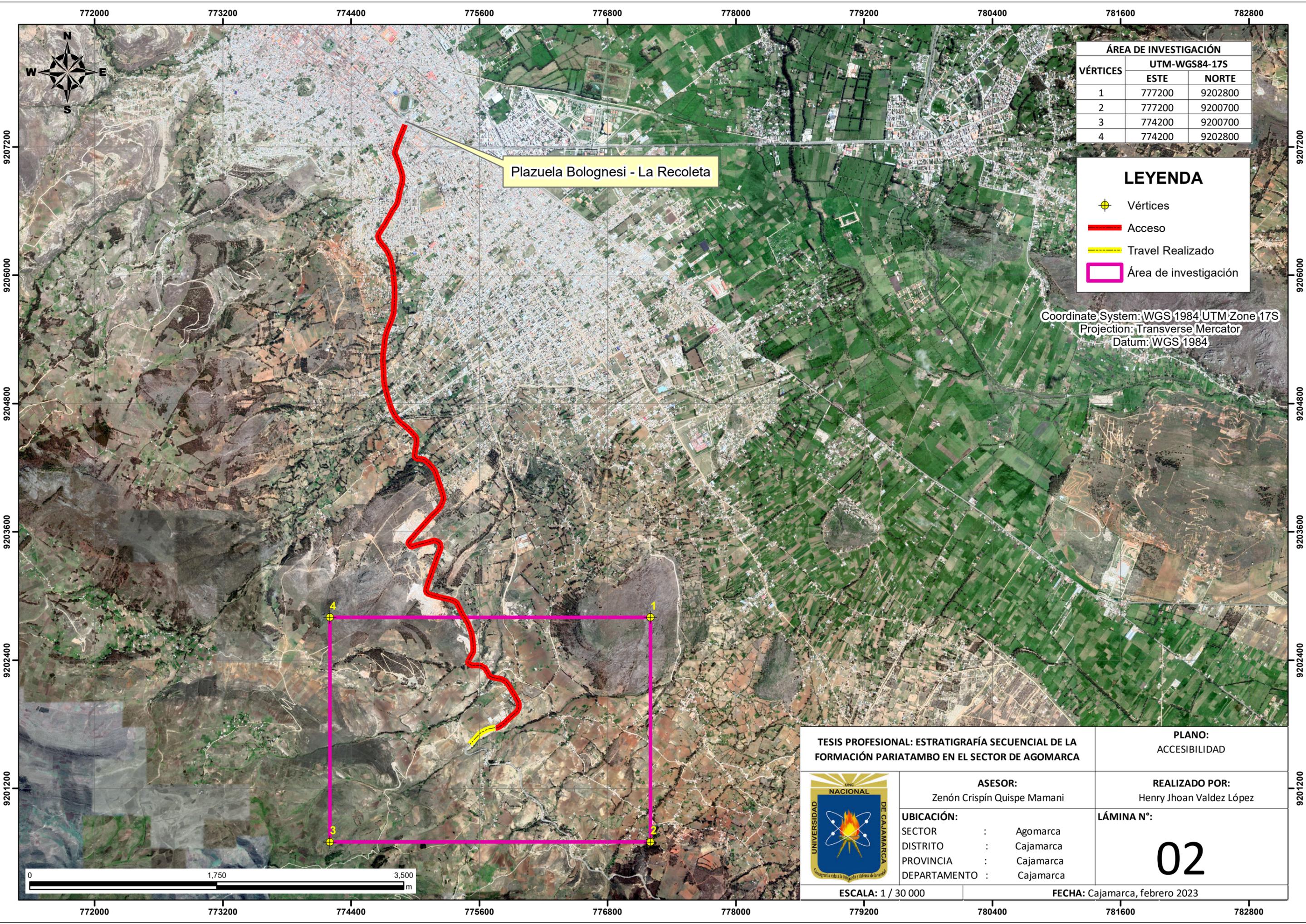


Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984



TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: UBICACIÓN
ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López
UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		LÁMINA N°: 01
ESCALA: 1 / 12 000		FECHA: Cajamarca, febrero 2023





ÁREA DE INVESTIGACIÓN		
VÉRTICES	UTM-WGS84-17S	
	ESTE	NORTE
1	777200	9202800
2	777200	9200700
3	774200	9200700
4	774200	9202800

LEYENDA	
	Vértices
	Acceso
	Travel Realizado
	Área de investigación

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984

Plazuela Bolognesi - La Recoleta

TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA

PLANO:
ACCESIBILIDAD



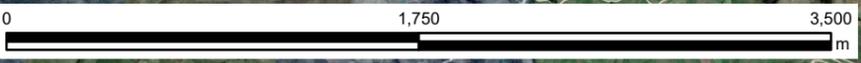
ASESOR:
Zenón Crispin Quispe Mamani

REALIZADO POR:
Henry Jhoan Valdez López

UBICACIÓN:
 SECTOR : Agomarca
 DISTRITO : Cajamarca
 PROVINCIA : Cajamarca
 DEPARTAMENTO : Cajamarca

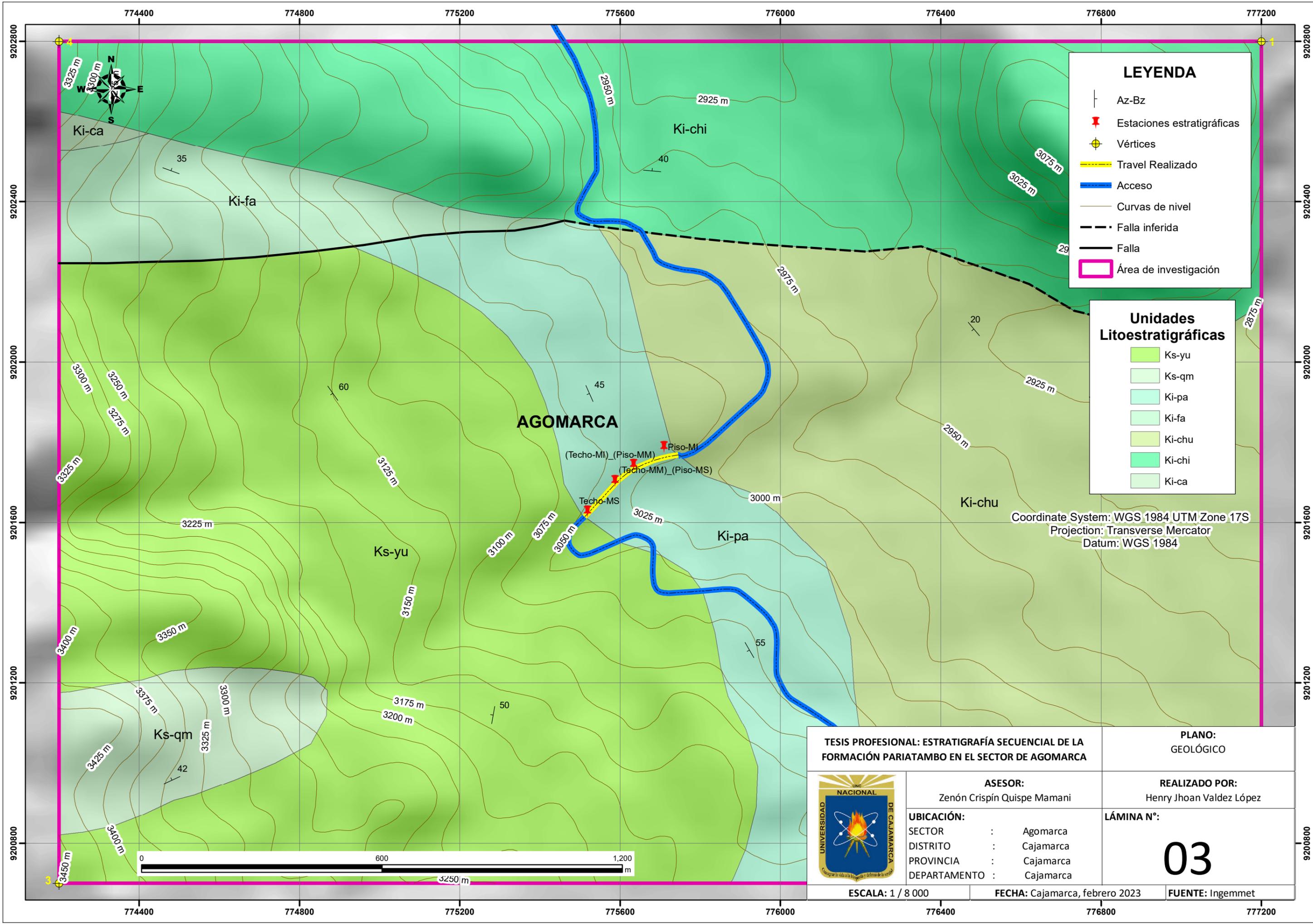
LÁMINA N°:

02



ESCALA: 1 / 30 000

FECHA: Cajamarca, febrero 2023



LEYENDA

- Az-Bz
- Estaciones estratigráficas
- Vértices
- Travel Realizado
- Acceso
- Curvas de nivel
- Falla inferida
- Falla
- Área de investigación

Unidades Litoestratigráficas

- Ks-yu
- Ks-qm
- Ki-pa
- Ki-fa
- Ki-chu
- Ki-chi
- Ki-ca

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984



TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA

PLANO:
 GEOLÓGICO



ASESOR:
 Zenón Crispín Quispe Mamani

REALIZADO POR:
 Henry Jhoan Valdez López

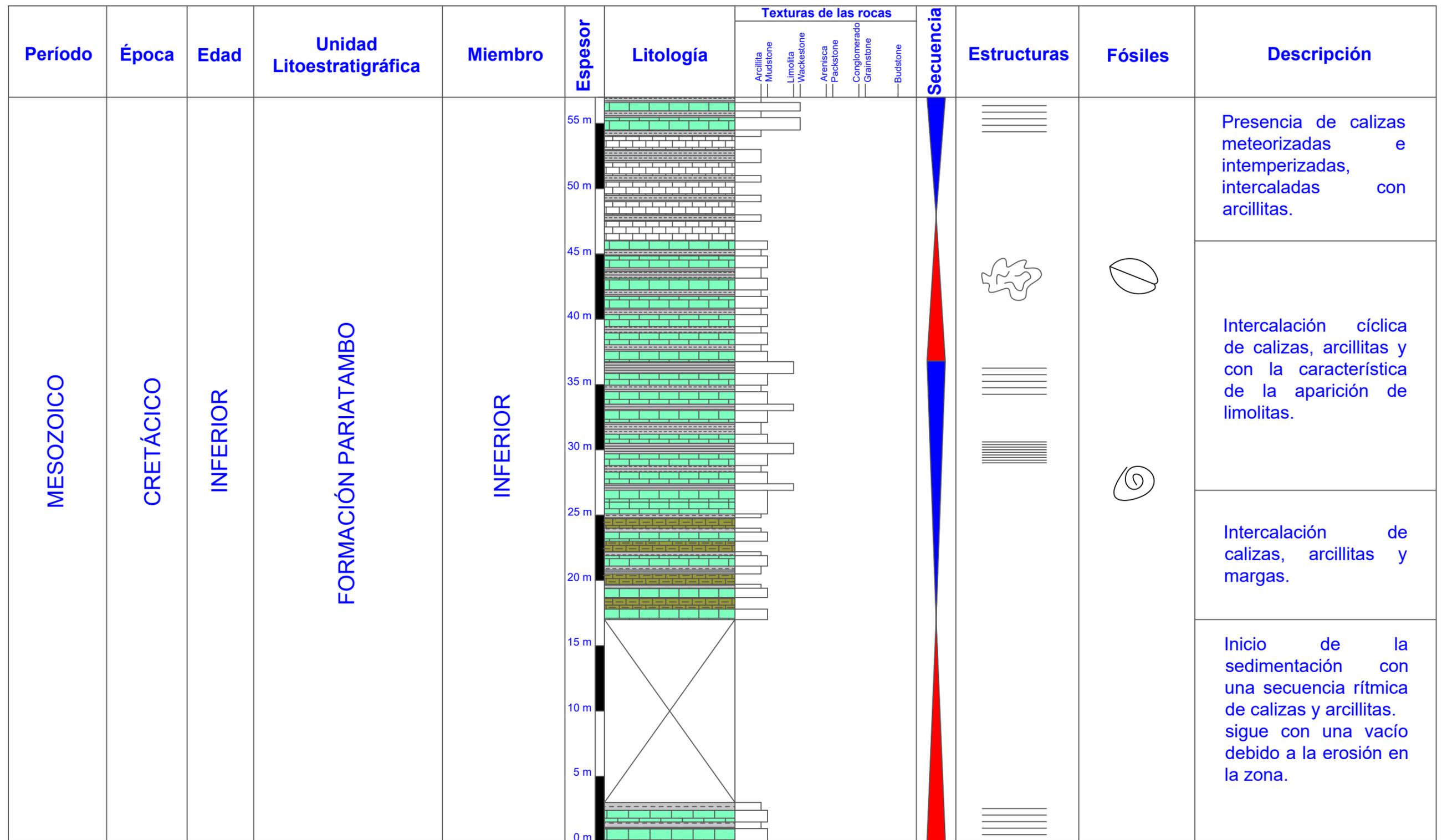
UBICACIÓN:
 SECTOR : Agomarca
 DISTRITO : Cajamarca
 PROVINCIA : Cajamarca
 DEPARTAMENTO : Cajamarca

LÁMINA N°:
 03

ESCALA: 1 / 8 000

FECHA: Cajamarca, febrero 2023

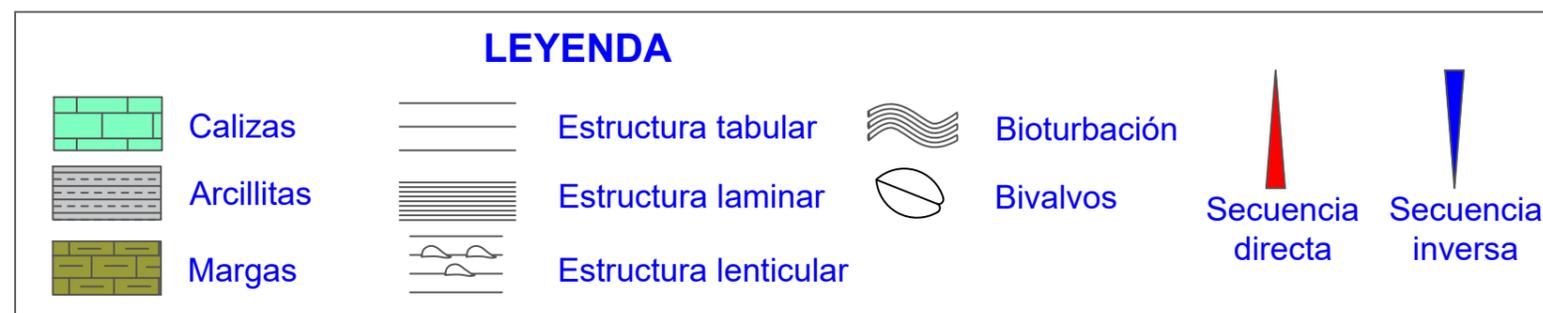
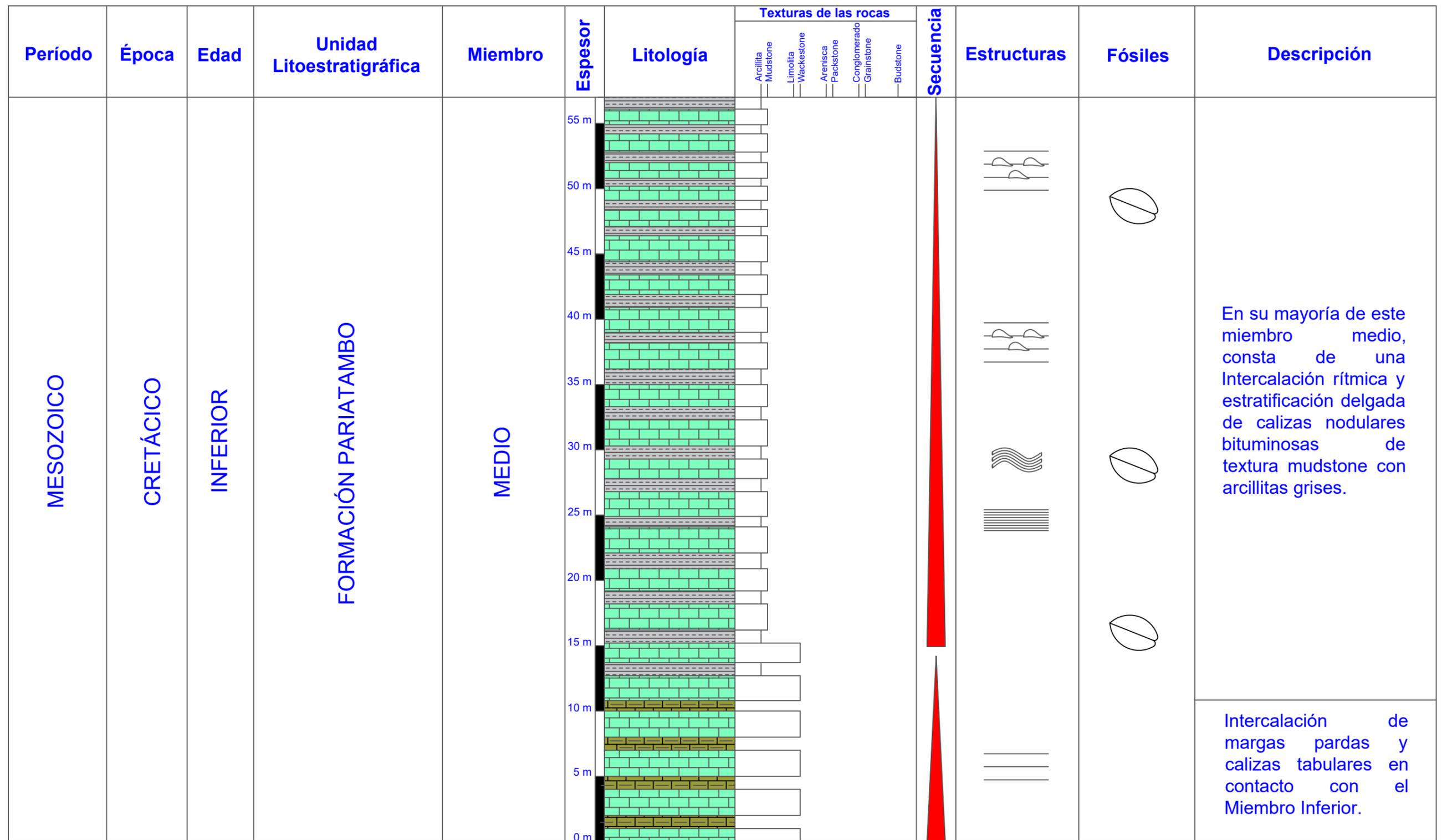
FUENTE: Ingemmet



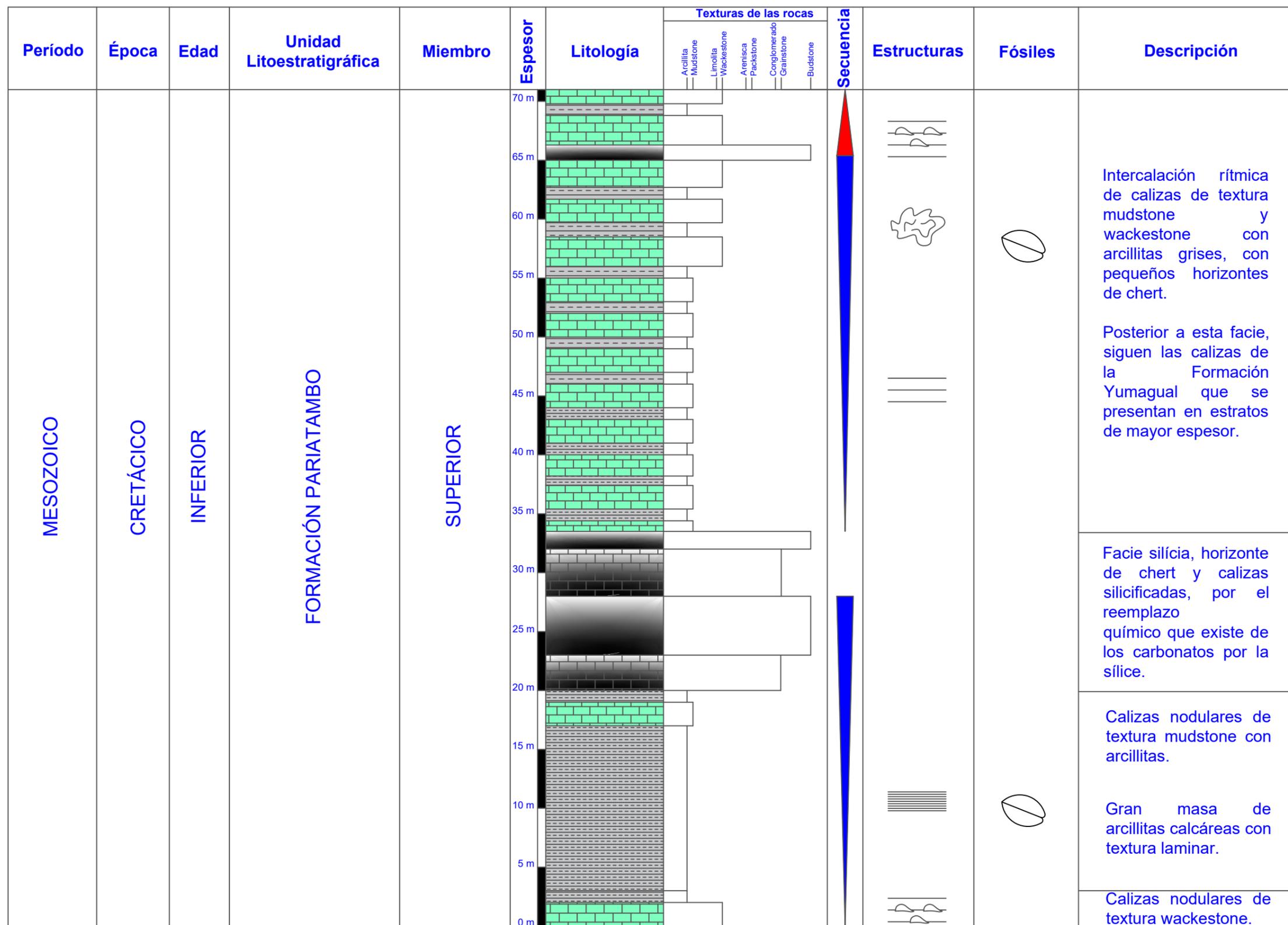
LEYENDA

	Calizas		Calizas meteorizadas		Estructura tabular		Estructura masiva		Secuencia directa		Secuencia inversa
	Arcillitas		Limolitas		Estructura masiva		Ammonite				
	Margas		Bivalvos								

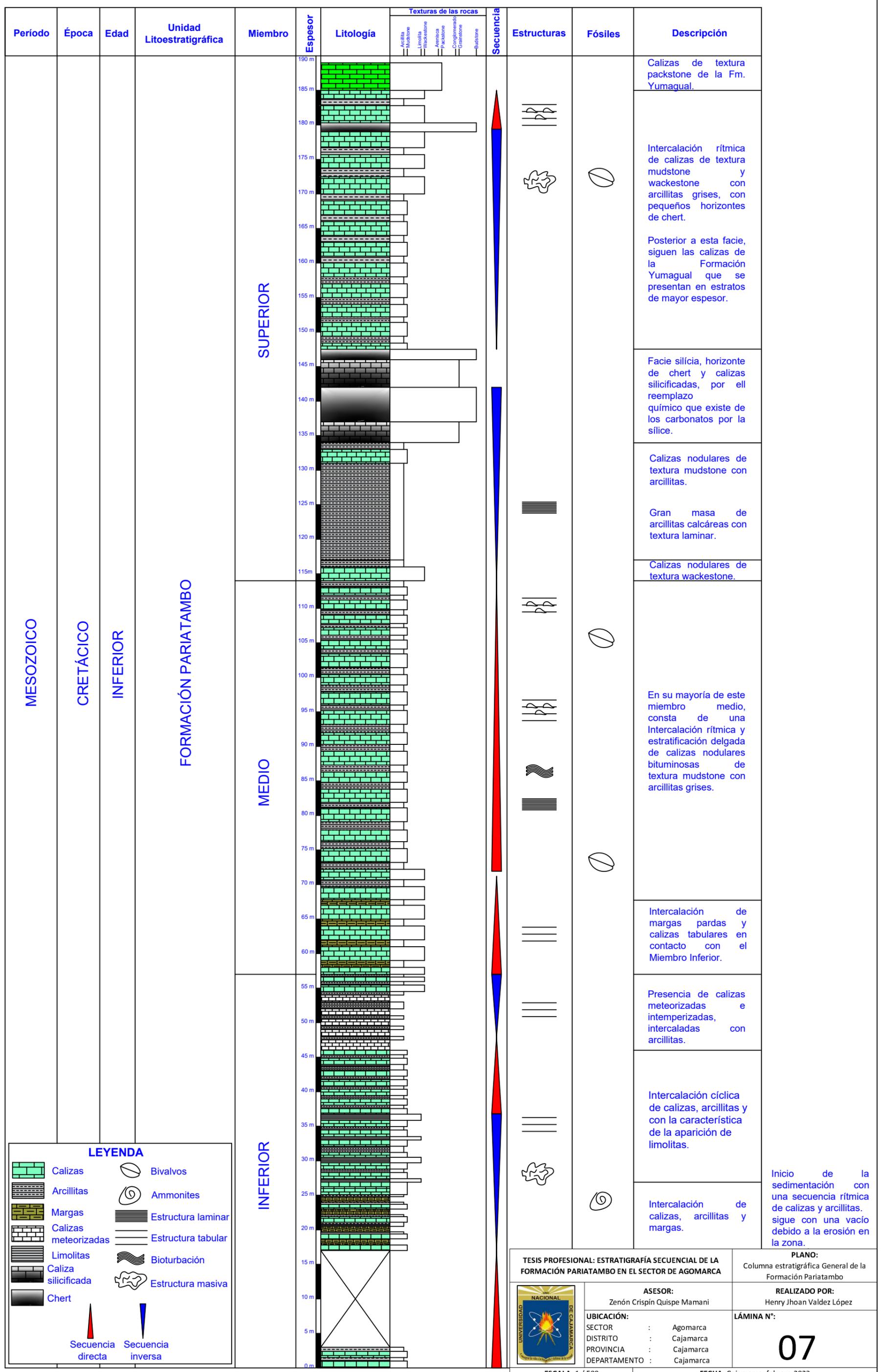
TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: Columna estratigráfica del Miembro Inferior de la Formación Pariatambo	
		ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani	
UBICACIÓN: SECTOR : Agamarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López	
ESCALA: 1 / 350		LÁMINA N°: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">04</div>	
		FECHA: Cajamarca, febrero 2023	



TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: Columna estratigráfica del Miembro Medio de la Formación Pariatambo
ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López
UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		LÁMINA N°: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">05</div>
ESCALA: 1 / 300		FECHA: Cajamarca, febrero 2023



TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: Columna estratigráfica del Miembro Superior de la Formación Pariatambo	
		ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani	
UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López	
ESCALA: 1 / 350		FECHA: Cajamarca, febrero 2023	
		LÁMINA N°: 06	



LEYENDA

	Calizas		Bivalvos
	Arcillitas		Ammonites
	Margas		Estructura laminar
	Calizas meteorizadas		Estructura tabular
	Limolitas		Bioturbación
	Caliza silicificada		Estructura masiva
	Chert		

Secuencia directa
 Secuencia inversa

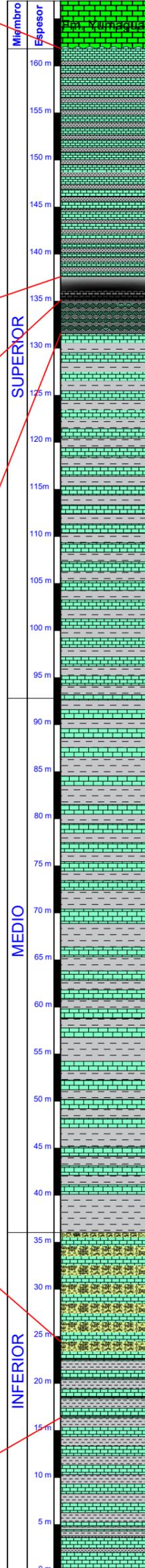
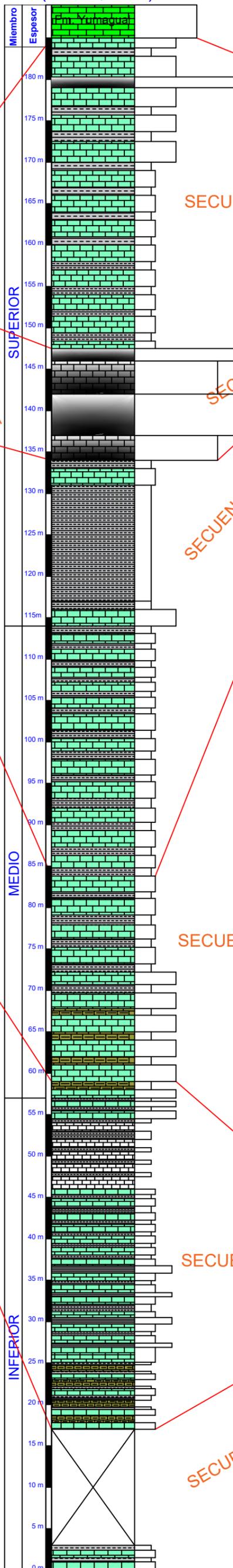
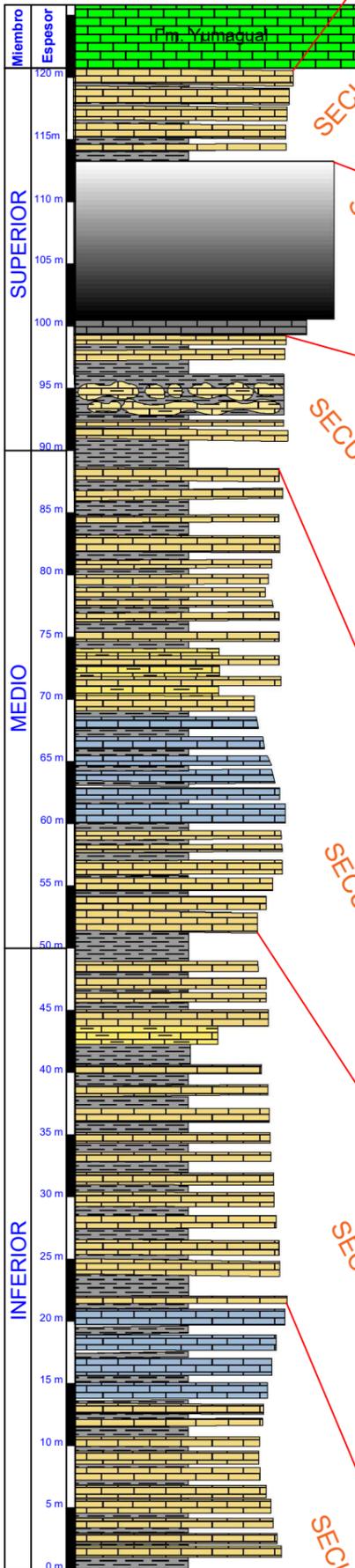
TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: Columna estratigráfica General de la Formación Pariatambo
ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López
UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		LÁMINA N°: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">07</div>

Columna Litoestratigráfica de Agomarca (Valdez, 2023)

Columna Litoestratigráfica de Puyllucana (Escobedo, 2017)

DESCRIPCIÓN DE SECUENCIAS

Columna Litoestratigráfica de Ronquillo (Bazán, 2016)



Calizas de textura packstone de la Fm. Yumagual.

SECUENCIA 6: La parte final de la Formación Pariatambo, representada por una intercalación de calizas bituminosas nodulares con arcillitas negras, para finalmente convertirse en bancos gruesos de caliza gris oscura nodular de la Formación Yumagual.

SECUENCIA 5: En los tres sectores no existe mucha diferencia, ya que las calizas silicificadas y el reemplazamiento total del carbonato por la sílice (representado por el chert) se evidencia muy claro in situ.

SECUENCIA 4: En la correlación de los tres sectores presentan una litología similar y los estratos de caliza bituminosa y arcillitas negras siguen en su proceso de formación y se hacen más gruesos, lo que nos indica que sigue el período continuo de hundimiento y aporte de carbonato de Calcio, así como materia orgánica. Luego pasa a depositarse una gran facie de arcillita negra calcárea de 15 metros de espesor, lo que nos da a entender un ambiente sedimentario marino más profundo y alejado de la línea de la costa.

SECUENCIA 3: Al realizar la correlación en los tres sectores, se evidencia que tanto los estratos de caliza y arcillitas poco a poco se van haciendo más gruesos, con la diferencia que en la base de esta secuencia del Sector de Agomarca, hay estratos bien formados de margas y calizas bituminosas, estas margas reemplazan a las facies de arcillitas en algunos estratos, presentando estructuras tabulares.

SECUENCIA 2: En Puyllucana y Ronquillo existe la presencia de dolomitas, sin embargo, en Agomarca, no existe estratos o hay muy poca evidencia de las mismas. Por el contrario, se observan las primeras apariciones de margas, las cuales se forman a partir de la erosión de otras rocas durante la meteorización, en este caso de calizas y arcillitas; A medida que dichas rocas se erosionan, estas pequeñas partículas se sedimentan, para que finalmente se compacten y puedan formar a las margas. Este proceso se puede evidenciar in situ, ya que en la primera secuencia del Sector de Agomarca se dio inicio el proceso de la erosión y meteorización.

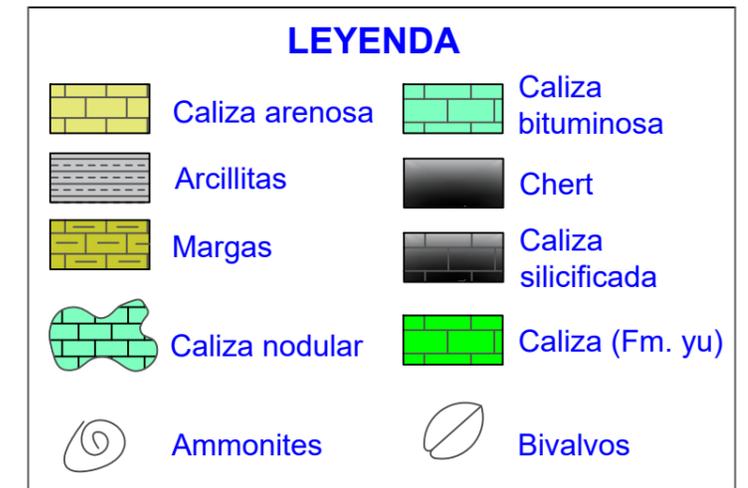
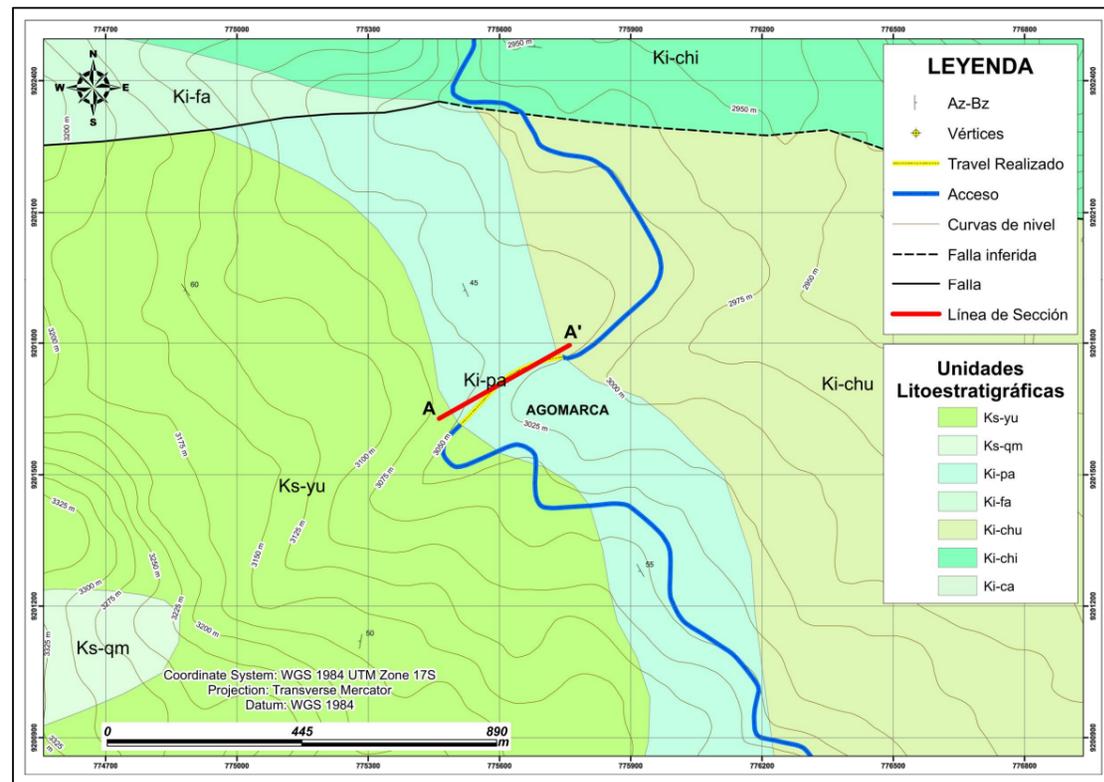
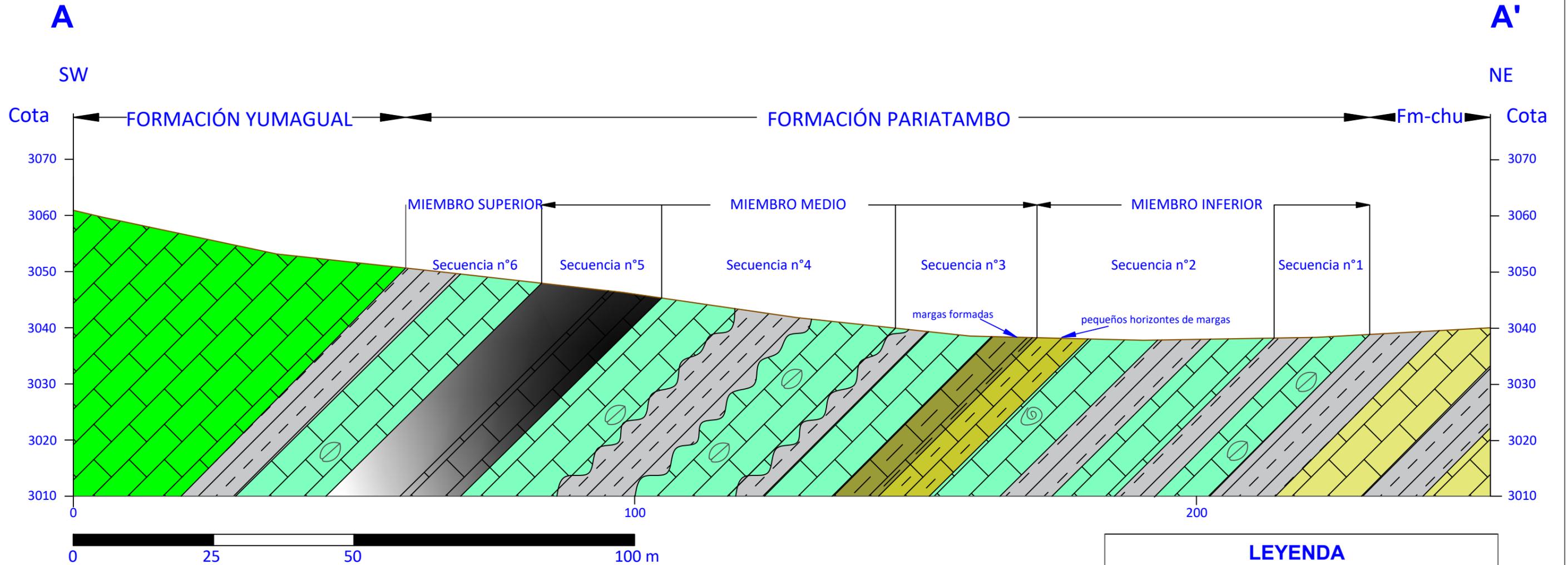
SECUENCIA 1: Tanto en Puyllucana, Ronquillo y Agomarca, los afloramientos de la litología son similares, con la diferencia en esta última que existe calizas muy alertadas de color blanquecino. La presencia de arcillitas negras y calizas bituminosas es debido a la transgresión y hundimiento que tuvo la cuenca Cajamarca en el Albiano de ambiente anóxico en aguas profundas.

LEYENDA

	Caliza gris oscura		Caliza bituminosa
	Arcillitas		Limolitas
	Margas		Caliza meteorizada
	Calizas masivas		Chert
	Calizas nodular		Caliza silicificada
	Vacio		

<p>TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA</p>		<p>PLANO: Correlación estratigráfica de las zonas Ronquillo, Puyllucana y Agomarca</p>
<p>ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani</p>		<p>REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López</p>
<p>UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca</p>		<p>LÁMINA N°: 08</p>

SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA A-A'



TESIS PROFESIONAL: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL SECTOR DE AGOMARCA		PLANO: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA	
ASESOR: Zenón Crispín Quispe Mamani		REALIZADO POR: Henry Jhoan Valdez López	
UBICACIÓN: SECTOR : Agomarca DISTRITO : Cajamarca PROVINCIA : Cajamarca DEPARTAMENTO : Cajamarca		LÁMINA N°: 09	
ESCALA: 1 / 700		FECHA: Cajamarca, febrero 2023	