

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN EL
CENTRO POBLADO PUYLLUCANA, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA –
CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. ESCOBEDO CHÁVEZ, FRANCÉSCOLI DAVIS

ASESOR:

Mcs. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

CAJAMARCA – PERU

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme apoyado en todas mis decisiones, por guiarme por el buen camino y enseñarme grandes valores. También agradezco a mis amigos y compañeros que me brindaron su ayuda de manera incondicional.

Agradezco al Ing. Zenón Quispe Mamani quien con paciencia y exigencias compartió sus conocimientos para poder realizar este proyecto, así como también a todos los docentes de la escuela académico profesional por brindarme las bases necesarias durante la carrera.

DEDICATORIA

A Yesenia por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme a salir adelante, dándome ánimos y apoyándome en todo para poder lograr mis objetivos.

A mis padres por darme su apoyo incondicional.

A mis grandes amigos que me apoyaron en el desarrollo de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO -----	ii
DEDICATORIA -----	iii
CONTENIDO-----	iv
ÍNDICE DE FIGURAS -----	v
ÍNDICE DE TABLAS -----	vi
ÍNDICE DE FOTOS -----	vi
RESUMEN-----	viii
ABSTRACT-----	ix
CAPÍTULO I -----	1
INTRODUCCIÓN -----	1
CAPÍTULO II -----	3
MARCO TEÓRICO-----	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN-----	3
2.2. BASES TEÓRICAS -----	4
2.2.1. ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL -----	4
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS -----	30
CAPÍTULO III -----	32
MATERIALES Y MÉTODOS -----	32
3.1. UBICACIÓN -----	32
3.1.1. GEOGRÁFICA-----	32
3.1.2. POLÍTICA -----	32
3.1.3. ACCESIBILIDAD-----	34
3.1.4. FISIOGRAFÍA-----	36
3.1.5. CLIMA-----	36
3.1.6. VEGETACIÓN -----	37
3.1.7. GEOMORFOLOGÍA-----	38
3.1.8. HIDROLOGÍA -----	40
3.1.9. GEOLOGÍA -----	40
3.2. PROCEDIMIENTO -----	43
3.2.1. METODOLOGÍA -----	43
3.2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES-----	46
3.3. MARCO ESTRATIGRÁFICO -----	46
3.3.2. UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO -----	50
CAPÍTULO IV -----	63
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS-----	63

	Pág.
4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN -----	63
4.1.1. Cálculo de Espesor Inicial y Porosidad Actual -----	63
4.1.2. Ratio de Descompactación -----	67
4.1.3. Correlación De Columnas Litoestratigráficas (Ronquillo Y Puyllucana) -----	69
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS -----	71
CAPÍTULO V -----	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	72
5.1. CONCLUSIONES -----	72
5.2. RECOMENDACIONES -----	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Creación o desaparición de espacio disponible dentro de una cuenca (Marocco, 2009) -----	7
Figura 2 Unidades litoestratigráficas. Presenta tres formaciones (X, Y, Z) y la Formación y está compuesta de tres unidades (A, B, C) (Vera 1994) -----	10
Figura 3 Sección estratigráfica local elaborada mediante el principio de superposición (Vera, 1994) -----	11
Figura 4 a, Medida horizontal (x,y,z: unidades litoestratigráficas), (vera 1994) -----	12
Figura 5 c: Medida de espesores de estratos inclinados mediante medidas parciales sucesivas (x,y,z) (vera 1994) -----	12
Figura 6 d: Medida con vara de Jacob en capas inclinadas. (vera 1994) -----	13
Figura 7 e: Medida de espesor teniendo como dato el buzamiento y pendiente (vera 1994) -----	13
Figura 8 Geometría de los estratos (Harris, 1991) -----	15
Figura 9 Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (Vera, 1994) -----	16
Figura 10 Principales componentes de las calizas: Ooides, granos agregados (lumps) y peloides (Tucker, 1981) -----	20
Figura 11 Espectro de las texturas de las rocas carbonatadas (Folk, 1962). (Mackenzie, 1997) -----	21
Figura 12 Clasificación de rocas carbonatadas según Dunham (1962) modificado por Embry & Klovan (1971) -----	23
Figura 13 Tipos de fábricas de Dolomías (Sibley y Gregg;1987) -----	25
Figura 14 Resultados del experimento de Usiglio (1849), donde muestra el orden en el que precipitan las sales disueltas en el mar. -----	26
Figura 15 Descompactación según (Gerhard Einsele) -----	28
Figura 16 Ubicación del área de estudio -----	33
Figura 17 Accesibilidad a la Zona de Estudio -----	35
Figura 18 Plano Geológico del Área de estudio (INGEMMET 2007) -----	42
Figura 19 Diseño de la investigación -----	45

Figura 20	Ubicación de la Formación Pariatambo en la columna estratigráfica de la región Cajamarca (INGEMMET 2007) -----	49
Figura 21	Columna de la Unidad Litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo -----	55
Figura 22	Columna de la Unidad Litoestratigráfica B de la Formación Pariatambo -----	59
Figura 23	Columna de la Unidad Litoestratigráfica C de la Formación Pariatambo -----	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de sedimentos según Scalter y Christie (1980) – Schmoker y Halley (1982) (Rev. Soc. Geol. España-1992) -----	30
Tabla 2	Vértices del área de estudio -----	32
Tabla 3	Acceso al área de estudio -----	34
Tabla 4	Clasificación de pendientes (Borkoswi 1994) -----	36
Tabla 5	Técnicas de recolección de datos utilizadas en campo y gabinete -----	43
Tabla 6	Definición de Variables -----	46
Tabla 7	Tabla de coordenadas de Base y Techo del afloramiento de la Unidad A ----	50
Tabla 8	Tabla de coordenadas de Base y Techo del afloramiento de la Unidad B ----	56
Tabla 9	Tabla de coordenadas de Base y Techo del afloramiento de la Unidad C ----	60
Tabla 10	Resumen de resultados de la Columna estratigráfica de la Fm. Pariatambo-	65
Tabla 11	Ratio de Descompactación de las Unidades Litoestratigráficas de la Fm. Pariatambo -----	68

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1	Vegetación en Puylucana -----	37
Foto 2	Superficie de erosión del área de estudio – Puylucana -----	38
Foto 3	Quebrada formada por erosión eólica y fluvial – Puylucana -----	39
Foto 4	Lomada Formada Por Orogénesis – Puylucana -----	39
Foto 5	Afloramiento de la unidad litoestratigráfica inferior de la Formación Pariatambo -----	50
Foto 6	Afloramiento de intercalación de calizas y lutitas ubicadas en la base de la Formación Pariatambo -----	51
Foto 7	Intercalación de Calizas con Base de dolomita y lutitas de 4 a 5 cm de espesor -----	52
Foto 8	Estrato de marga, parte superior de la unidad litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo -----	52
Foto 9	Bioturbación en estratos de limolita -----	53

Foto 10	Laminación de las Calizas Bituminosas de la parte inferior de la Formación Pariatambo -----	54
Foto 11	Unidad Litoestratigráfica Media de la Formación Pariatambo -----	56
Foto 12	Afloramiento de la Unidad litoestratigráfica B de la Formación Pariatambo --	57
Foto 13	Calizas de estructura nodular de la Formación Pariatambo-----	58
Foto 14	Afloramiento de la Unidad Litoestratigráfica C de la Formación Pariatambo-	60
Foto 15	Horizonte de Chert y Calizas silicificadas -----	61

RESUMEN

La presente investigación contiene un estudio realizado en el Centro Poblado de Puyllucana, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, basándose en el estudio de la Estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo, se realizó un análisis descriptivo directo de manera local, mediante el cual se determinaron las siguientes facies: Calizas Bituminosas, Calizas tabulares, Calizas Dolomitizadas, Margas, Lutitas, Calizas Nodulares, Calizas Silicificadas y un horizonte de chert. La Formación Pariatambo se dividió en tres unidades litoestratigráficas (Unidad A, Unidad B y unidad C), en las cuales se encontraron las diferentes facies mencionadas y la presencia de fósiles como: Ammonites (*Oxitropydoceras Carbonarium*, *Dipoloceras* sp.), y Ostreas (*Seyphax Coquand*), datos que sirvieron para realizar una comparación con la columna estratigráfica del Centro Poblado de Urubamba - Ronquillo (Bazán, 2016), realizando así la correlación de las columnas estratigráficas de ambos sectores. Se determinó la porosidad actual mediante el cuadro de parámetros de sedimentos realizado por Sclater y Christie (1980), modificado por Schmoker y Halley (1982), (Sociedad Geológica de España en 1992), con lo cual se calculó la porosidad inicial para luego determinar el espesor actual de la Formación Pariatambo y así poder determinar el ratio de descompactación siendo las lutitas las que han reducido más en cuanto a su porosidad y su espesor.

Palabras claves: Cortejos Sedimentarios, Estratigrafía secuencial, Ratio, Descompactación, Correlación.

ABSTRACT

The present investigation contains a study carried out in the Puyllucana Population Center, Baños del Inca district, province of Cajamarca, based on the study of the sequential Stratigraphy of the Pariatambo Formation, it was being made a direct descriptive analysis was carried out locally, through which The following facies were determined: Bituminous Limestones, Tabular Limestones, Dolomitized Limestones, Margas, Lutites, Nodular Limestones, Silicified Limestones and a chert horizon. The Pariatambo Formation was divided in three lithostratigraphic members (Member A, Member B and member C), in which the different facies mentioned and the presence of fossils such as Ammonites (*Oxitropydoceras Carbonarium*, *Dipoloceras* sp.), And *Ostreas* (*Seyphax Coquand*), data that were used to make a comparison with the stratigraphic column of the Urubamba - Ronquillo Village Center (Bazán, 2016), thus making the correlation of the stratigraphic columns of both sectors. The present porosity was determined by the table of parameters of sediments made by Sclater and Crhistie (1980), modified by Schmoker and Halley (1982) (Geological Society of Spain in 1992), with which the initial porosity was calculated and then determined The current thickness of the Pariatambo Formation and thus to be able to determine the decompression ratio being the shales that have reduced more in its porosity and its thickness.

Key words: Sedimentary Courts, Sequential Stratigraphy, Uncompaction, Correlation

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Formación Pariatambo es de edad Albiano del Cretácico Inferior, en el lugar de estudio (Puyllucana) está conformada por una intercalación de Calizas y lutitas negras bituminosas con un alto contenido de materia orgánica manifestado por su intensa coloración gris oscura, presenta calizas de estructura lenticular, fósiles piritizados que varían de tamaño desde microfósiles hasta macrofósiles; en la actualidad no existen estudios que se enfoquen en las características estratigráficas secuenciales de manera local (detallada) de la Formación Pariatambo en el Centro Poblado de Puyllucana en el Distrito de Baños del Inca.

Por lo cual surge la siguiente interrogante; ¿Qué características estratigráficas secuenciales presenta la Formación Pariatambo en Puyllucana, de la cuenca de Cajamarca?; por ello, la investigación tiene como finalidad incrementar el conocimiento en el estudio de las secuencias estratigráficas carbonatadas del Cretácico Inferior, el cual pueda servir como antecedente para posteriores estudios.

Por ello se pretende realizar la elaboración de la columna estratigráfica secuencial en la zona de Puyllucana, para luego realizar la correlación litoestratigráfica, para poder interpretar la génesis de depositación en la cuenca de Cajamarca.

El siguiente trabajo de investigación se realizó cinco meses, basándose en el análisis y síntesis de la estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en Puyllucana, para ello se tomó un área de investigación de 29.35 hectáreas; teniendo como objetivo general el estudio estratigráfico secuencial de la Formación Pariatambo en Puyllucana, en la cuenca de Cajamarca; teniendo en cuenta que para lograr dicho objetivo se realizaron trabajos como; elaborar columnas estratigráficas de la Formación Pariatambo, correlacionar las columnas estratigráficas, y determinar el ambiente de sedimentación.

La presente investigación sigue el siguiente orden de capítulos:

Capítulo II: Corresponde al Marco Teórico, donde se describen los antecedentes teóricos de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos sobre el tema de investigación.

Capítulo III: Correspondiente a los materiales y métodos, donde se detalla la ubicación del lugar de investigación, la accesibilidad, los procedimientos realizados, así como la metodología, las técnicas e instrumentos usados en la investigación.

Capítulo IV: Corresponde al análisis y discusión de resultados, donde se explica los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados y se contrasta la Hipótesis.

Capítulo V: Presenta las Conclusiones y Recomendaciones, obtenidas en base a los objetivos planteados y el análisis de los datos obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Rivera (1980), Boletín N° 31, INGEMMET, Cuadrángulo de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Analizan y describen regionalmente todas las secuencias del área de estudio en base a un cartografiado 1:100000 realizado por el equipo de geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú.

Barragán, et al. (2004), estratigrafía secuencial del cretácico de la cuenca oriente del Ecuador. Estudio que trata sobre las características estratigráficas de la cuenca Oriente en los periodos comprendidos entre el Aptiano y Maastrichtiano.

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).

Bazán, (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, tesis profesional que 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.

Tafur, (2016), Estratigrafía secuencial de la Formación Celendín, Distrito de Otuzco – Cajamarca, tesis profesional que trata sobre la determinación de las características litoestratigráficas y el origen del paleoambiente de la Formación Celendín.

López, (2013), Subsistencia de la cuenca sedimentaria del cretácico superior en el distrito de Cajamarca, tesis profesional que trata sobre la compactación y descompactación del cretácico superior en el distrito de Cajamarca.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Desde los años 90 la estratigrafía secuencial se ha vuelto una herramienta indispensable para todo estudio litoestratigráfico cuya finalidad es reconstruir la evolución de una cuenca sedimentaria: determinación de la extensión espacial de los cuerpos sedimentarios principales, previsión de la arquitectura del relleno sedimentarios a partir de observaciones de campo puntuales y de documentos de subsuelo, determinación de los fenómenos responsables del control de la sedimentación (eustatismo, tectónica, clima, etc).

La estratigrafía secuencial es el paradigma más reciente y, tal vez, el más revolucionario en geología sedimentaria. Ha renovado los métodos del análisis estratigráfico.

A la diferencia de los 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 y, la predicción de las arquitecturas de

facies en las zonas no todavía estudiadas. Se pueden definir tanto de manera analítica como sintética:

- El concepto analítico de la estratigrafía secuencial se refiere a la interpretación y modelización estratigráfica de las asociaciones de facies, elaborada a partir de datos de geología del subsuelo (suministrados por la estratigrafía sísmica) o de datos de observación de campo, que permitan reconocer los límites de ciclos, y en su caso, las diferentes fracciones de un ciclo, a nivel de una cuenca sedimentaria, el objetivo básico consiste en el reconocimiento dentro de los materiales que constituyen el relleno de una cuenca sedimentaria, de unidades (conjunto de estratos) limitados por superficies que marquen un cambio en las condiciones genéticas que afecte al conjunto de la cuenca. A estas unidades se les denomina, genéricamente unidades genéticas y su reconocimiento es un objetivo obligado en todo análisis de cuencas moderno.
- El concepto sintético de la estratigrafía secuencial se basa en la consideración de que durante la historia de la tierra se han ido sucediendo diferentes cambios globales que han podido quedar reflejados en los rellenos de cuencas sedimentarias, muy diversas y distantes. Pretende elaborar una escala temporal de dichos cambios globales (cronoestratigrafía secuencial) que sea complementaria de la escala cronoestratigráfica usual, basada en los datos bioestratigráficos y magnetoestratigráficos. Este planteamiento sintético de la estratigrafía secuencial implica una carga de subjetividad, ya que los mismos datos pueden ser explicados de manera distinta por diferentes autores. (Marocco, 2009)

Por ello la elaboración de la citada escala cronoestratigráfica secuencial se debe realizar a partir de múltiples datos analíticos, obtenidos con la mayor fiabilidad, para de este modo eliminar al menos en parte los errores subjetivos de interpretación

2.2.1.1. Unidades Estratigráficas Genéticas

Con el nombre genérico de “unidades genéticas” se denominan a los volúmenes de materiales que rellenan una cuenca sedimentaria separada por superficies que indiquen o reflejen acontecimientos representados en el conjunto de la cuenca. El rasgo estratigráfico más fácilmente constatable, tanto en observación de campo como en información de subsuelo (sísmica), son las discontinuidades estratigráficas reconocibles, esencialmente en el borde de las cuencas sedimentarias, que hacia el interior de las mismas pasan a superficies de continuidad correlativas. (Marocco, 2009)

A. Los Cortejos Sedimentarios

El término de cortejo sedimentario se relaciona con el de sistema deposicional, considerando ambos términos como posibles subdivisiones de las secuencias deposicionales. Los sistemas deposicionales son divisiones de los materiales estratificados en función de las características sedimentarias. El término cortejo sedimentario se introduce para denominar al conjunto de sistemas deposicionales contemporáneos y formados bajo unas mismas condiciones del nivel del mar. Por ejemplo, un cortejo sedimentario lo constituyen los sistemas deposicionales fluvial, costero, de plataforma y de talud que pasan lateralmente entre sí, que están dentro de una secuencia deposicional, y que se depositaron en un intervalo de tiempo de una polaridad definida del nivel del mar (subida, bajada o estabilización). Los modelos de cortejos sedimentarios se establecen en función de sus límites, su posición dentro de la secuencia deposicional, su geometría y su carácter transgresivo o regresivo, progradante o retrogradante. (Marocco, 2009)

B. Fluctuaciones del Nivel de Base

El concepto de espacio disponible para la sedimentación, concepto definido por Jervy (1988), es uno de los conceptos de base de la estratigrafía secuencial. Este espacio se crea o se destruye con las fluctuaciones del nivel de base. Hay que tomar en cuenta que el espacio disponible se reduce gradualmente debido a la acumulación sedimentaria.

La figura 1 muestra la influencia de la acumulación sedimentaria y de la fluctuación del nivel de base sobre el espacio disponible para la sedimentación.

A la diferencia del espacio disponible que depende, en parte, de la sedimentación, las fluctuaciones del nivel de base, ellas, son completamente independientes de la acumulación sedimentaria.

Estas fluctuaciones reflejan modificaciones de numerosos factores de control:

- Extremos (eustatismo, tectónica, clima)
- Diagenéticos (compactación de los sedimentos)
- Ambientales (energía de las olas, corrientes marinas)

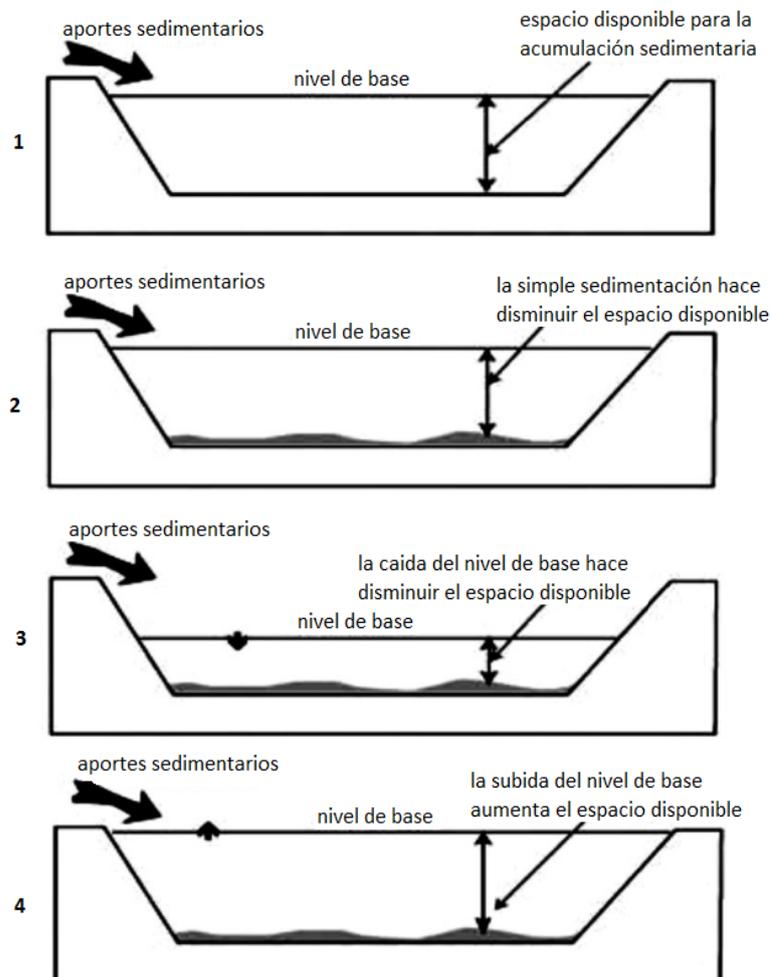


Figura 1 Creación o desaparición de espacio disponible dentro de una cuenca (Marocco, 2009)

C. Estructuras Sedimentarias

Tras el establecimiento de las secuencias deposicionales, el análisis sedimentológico debe volver al estudio detallado de las estructuras sedimentarias para realizar las interpretaciones paleoambientales más detalladas, es decir hay que volver a las fuentes en un proceso de ajuste de las observaciones constante.

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).

Las estructuras sedimentarias pueden dividirse en tres categorías: pre-sedimentarias, sin-sedimentarias y post-sedimentarias:

1- Estructuras Pre-sedimentarias

Las estructuras pre-sedimentarias se forman en el basamento antes de que se depositen los sedimentos. Por tanto, son siempre erosivas, y no deben confundirse con procesos de post-depósito que deforman la base de la capa, como los moldes de carga (load-casts). Entre otras son los canales, marcas de escurridura (scour marks) y turboglifos (flute marks). Suelen observarse mucho mejor los moldes en la capa superior que las estructuras en sí mismas y dan buenas indicaciones sobre la dirección y/o el sentido de las corrientes que las originaron.

También se pueden considerar incluidas en este grupo las superficies marinas de omisión (hardgrounds) o las superficies subaéreas con grietas de desecación y/o brechas autogénicas. (Arche, 2010)

2- Estructuras Sin-sedimentarias

Las estructuras sin-sedimentarias son de tres tipos fundamentales: estratificación planar, estratificación cruzada, con sus variedades de surco y planar, y microlaminación de ripples.

Cuando un sedimento granular se ve sometido a una corriente de velocidad ascendente, desarrolla configuraciones externas que se reflejan en una estructura interna con una secuencia regular: ripples o capas planas, dunas, capas planas de alta energía y antidunas. (Arche, 2010).

3- Estructuras Post-sedimentarias

Las que significan una organización en la vertical de la estratificación, como los moldes de carga (load casts) y pseudonódulos, formados cuando capas de arenas se hundieron en capas arcillosas inferiores por diferencias de densidad y carga y las diversas estructuras de fluidificación, producidas por movimientos de fluidos en el interior de sedimentos no consolidados por carga diferencial o un efecto tixotrópico causado por sacudidas bruscas debidas a terremotos u otras vibraciones. (Arche, 2010).

D. Unidades Litoestratigráficas

De acuerdo a 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”. Una unidad litoestratigráfica es, por tanto, un volumen reconocible de rocas y diferenciables de los volúmenes que lo rodean, por su litología. (GEI, 1980)

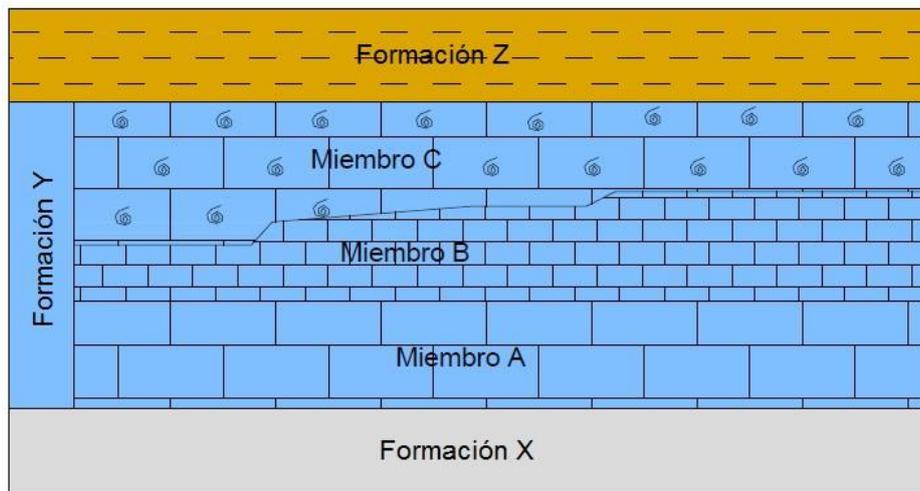


Figura 2 Unidades litoestratigráficas. Presenta tres formaciones (X, Y, Z) y la Formación Y está compuesta de tres unidades (A, B, C) (Vera 1994)

E. Sección Estratigráfica

Una Sección Estratigráfica es una sucesión cronológica de todas las unidades estratigráficas presentes en una región, ordenadas de más antigua a más reciente, esto es, en el orden que ocurrió su depositación. En la interpretación de secciones estratigráficas se usa el término “secuencia elemental” (secuencia de facies) y en la interpretación de una cuenca sedimentaria se utiliza, “secuencia deposicional”, para denominar a unidades estratigráficas genéticas se utiliza el término “sucesión estratigráfica” de uso frecuente en la nomenclatura geológica se considera como sinónimo “columna estratigráfica” se usa para nombrar a la parte esencial de la representación gráfica de las secciones estratigráficas, concretamente aquella que muestra la sucesión de conjuntos de estratos (GEI, 1980)

F. Sección Estratigráfica Local

La sección estratigráfica local es la ordenación temporal de las diferentes unidades litoestratigráficas de un área concreta, se representa con un gráfico a escala en el que cada unidad litoestratigráfica se dibuja con los signos convencionales y al que con frecuencia se añade los datos relativos a texturas, estructuras sedimentarias y contenido fosilífero de manera que en la mínima extensión del dibujo se exprese al máximo de datos de las litologías, lo que facilita su posterior interpretación. (Vera,1994)

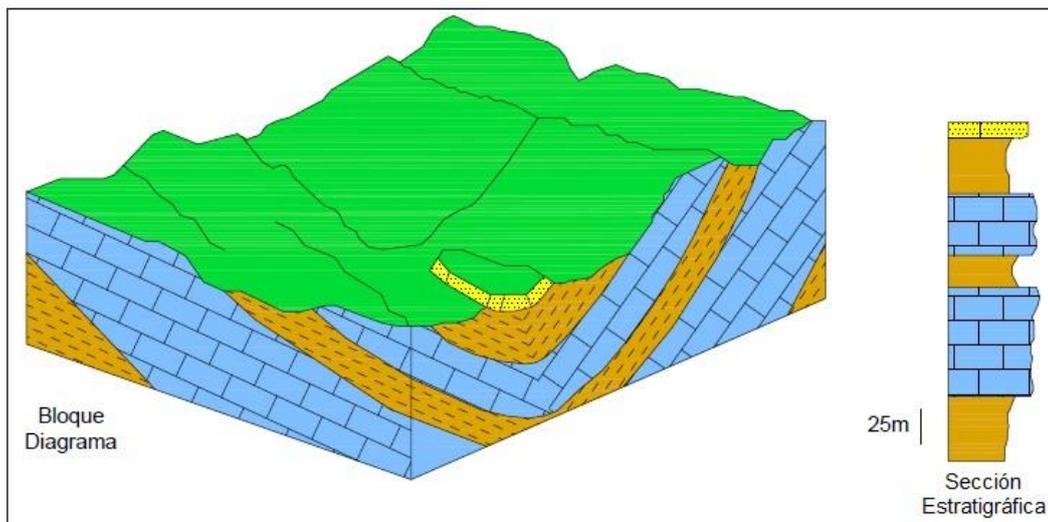


Figura 3 Sección estratigráfica local elaborada mediante el principio de superposición (Vera, 1994)

G. Medida de Espesores

Se realiza usualmente mediante medidas parciales de los estratos y conjunto de estratos que forman la unidad. Las medidas realizadas en los casos más simples son de espesor total de la unidad, mientras que en otros casos de estudios más detallados se miden los espesores de todos los estratos que la forman para poder hacer estudios estadísticos de los mismos. Al mismo tiempo observa las características litológicas y dispositivos texturales granocrecientes o ganodecrecientes.

El caso más simple de elaborar una sección estratigráfica y medida de espesores es el que se realiza en áreas con capas horizontales. Entre esta área se cumple rigurosamente el principio de la superposición por lo que para ver las litologías más antiguas hay que ir al punto topográficamente más bajo de la región.

A partir de ahí se inicia la elaboración y medida de espesores. Esta medida se puede realizar con un altímetro de precisión o con cinta métrica, en este último caso haciendo las medidas con una cinta completamente vertical llamada "Vara de Jacob" es un bastón de 1.5 metros de altura. (Vera, 1994).

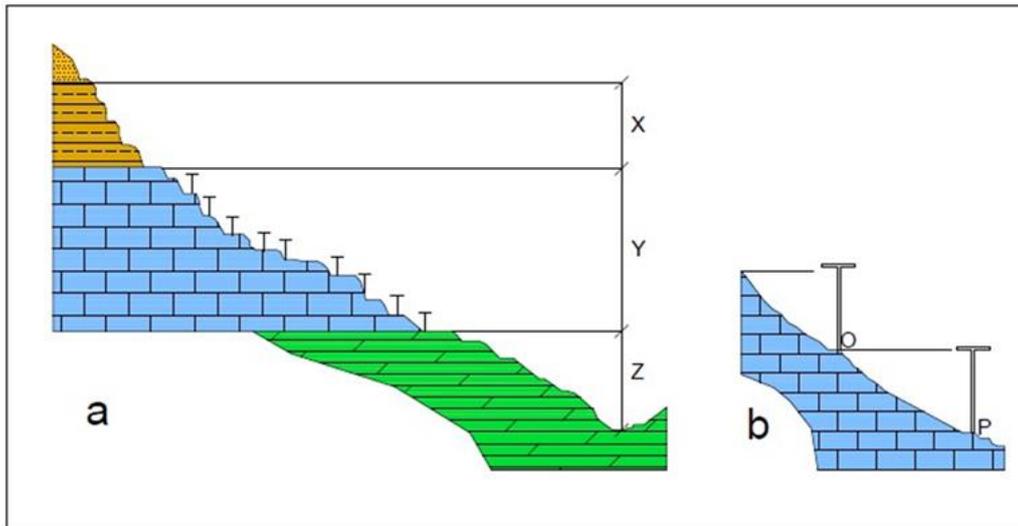


Figura 4 a, Medida horizontal (x,y,z: unidades litoestratigráficas), b, detalle de medida con la vara de Jacob en capas horizontales (P,Q, 1.5m que es la altura de la vara de Jacob) (vera 1994)

En la elaboración de secciones estratigráficas en áreas de capas plegadas la medida de espesores presenta más dificultad. La primera se resuelve colocando el instrumento de medida (cinta métrica o Vara de Jacob) perpendicularmente a las superficies de estratificación.

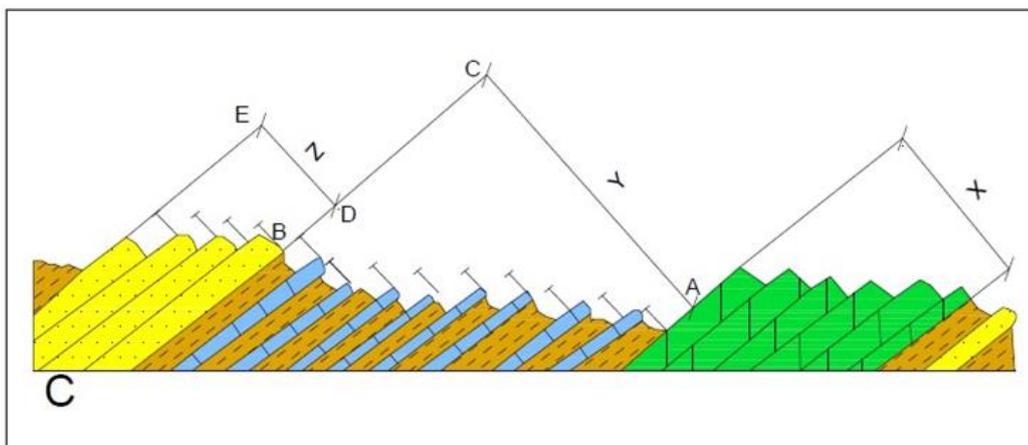


Figura 5 c: Medida de espesores de estratos inclinados mediante medidas parciales sucesivas (x,y,z) (vera 1994)

Controlando la dirección y buzamiento con medidas constantes y usando la Vara de Jacob

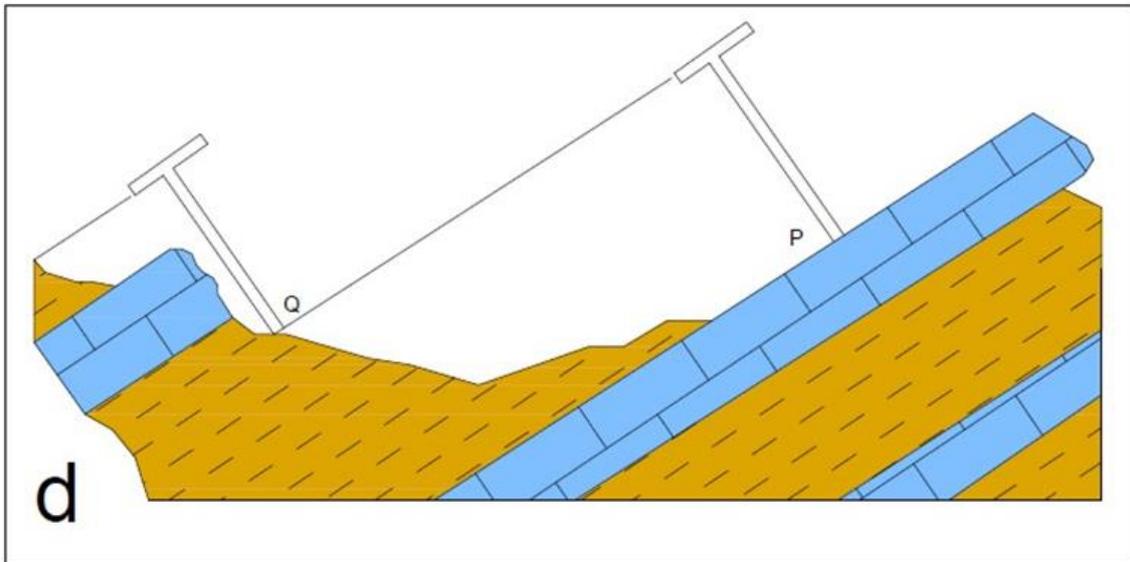


Figura 6 d: Medida con vara de Jacob en capas inclinadas. (vera 1994)

Para calcular el espesor (A – C) es necesario conocer el buzamiento (α) en la (figura 7) e inclinación de la línea A – B (β). La resolución se hace trigonométricamente:

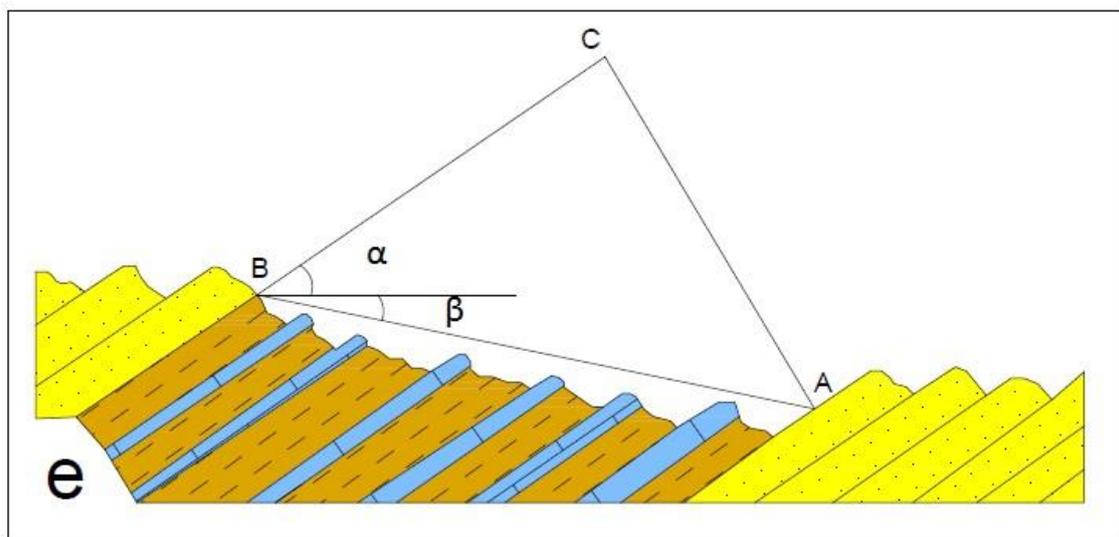


Figura 7 e: Medida de espesor teniendo como dato el buzamiento y pendiente (vera 1994)

H. 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.

- **Geometría De Los Estratos**

Considerando los estratos individualmente se puede establecer una clasificación de tipo geométrica a partir de la forma que adquiere el techo y el muro en un estrato. (Vera, 1994)

1. Estratos Tabulares: característico al presentar las dos superficies de estratificación (Techo y Muro) de forma plana y paralela entre sí.
2. Estratos Irregulares: con características de un muro erosionado, estratos con grandes extensiones laterales, techo plano y con variaciones en su espesor.
3. Estratos Acanalados: de espesor variable, escasa extensión lateral y geometría semejante a la de un canal.
4. Estratos en Forma de Cuña: limitados por superficies planas no paralelas entre sí, terminando en forma de cuña con pérdida progresiva de espesor.
5. Estratos Lenticulares: presentes de forma discontinua con muro plano y techo convexo. Una variante de éstos son los estratos de forma bi-convexa.
6. Estratos Ondulados: con características de continuidad con muro plano y techo ondulado. Característico en estructuras de ripples y corrientes de olas. (Vera, 1994)

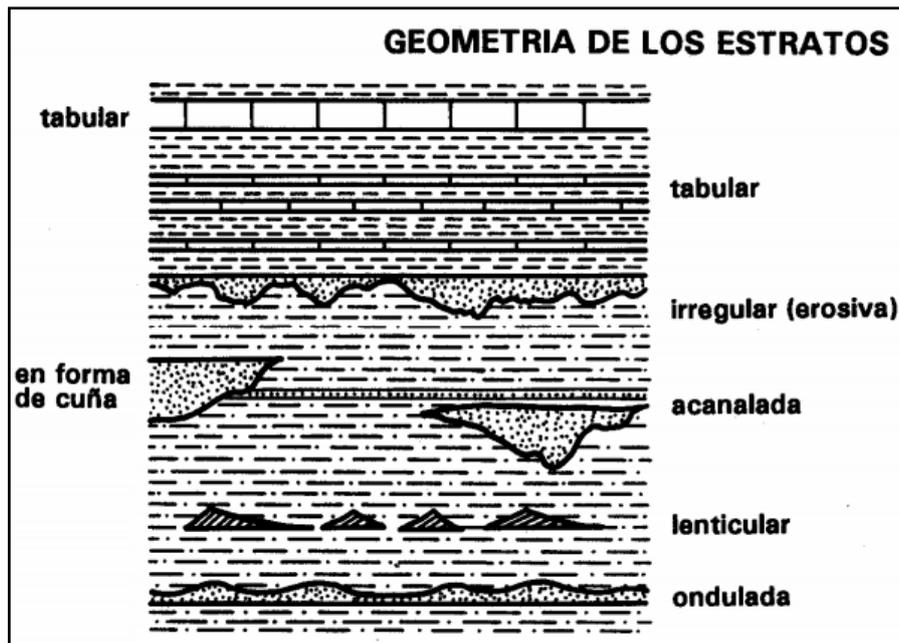


Figura 8 Geometría de los estratos (Harris, 1991)

I. Asociación de los Estratos

Al analizar un conjunto de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diferentes tipos de clasificación genética. En un primer aspecto a tener en cuenta, es la ordenación de espesores de los estratos sucesivos (en la figura se muestra las posibilidades de ordenación de espesores de los estratos). (Vera, 1994)

1. **Uniforme:** los espesores presentes en los estratos sucesivos, tienen todos ellos valores de espesores semejantes, con un valor real cercano a la estadística de todos los espesores.
2. **Aleatorio o de Espesor Variable:** los espesores de los estratos son de características variables y no presentan una ordenación definida.
3. **Estrato Creciente:** los espesores de los estratos tienden en una ordenación creciente en función al espesor de cada estrato presente en la sucesión, este tipo de ordenamiento también se le conoce como secuencia negativa.

4. **Estrato Decreciente:** con disminución de espesores de los estratos hacia el techo en cada estrato. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva.
5. **En haces:** los espesores de los estratos se distribuyen en estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes en cada asociación de estratos. (Vera, 1994)

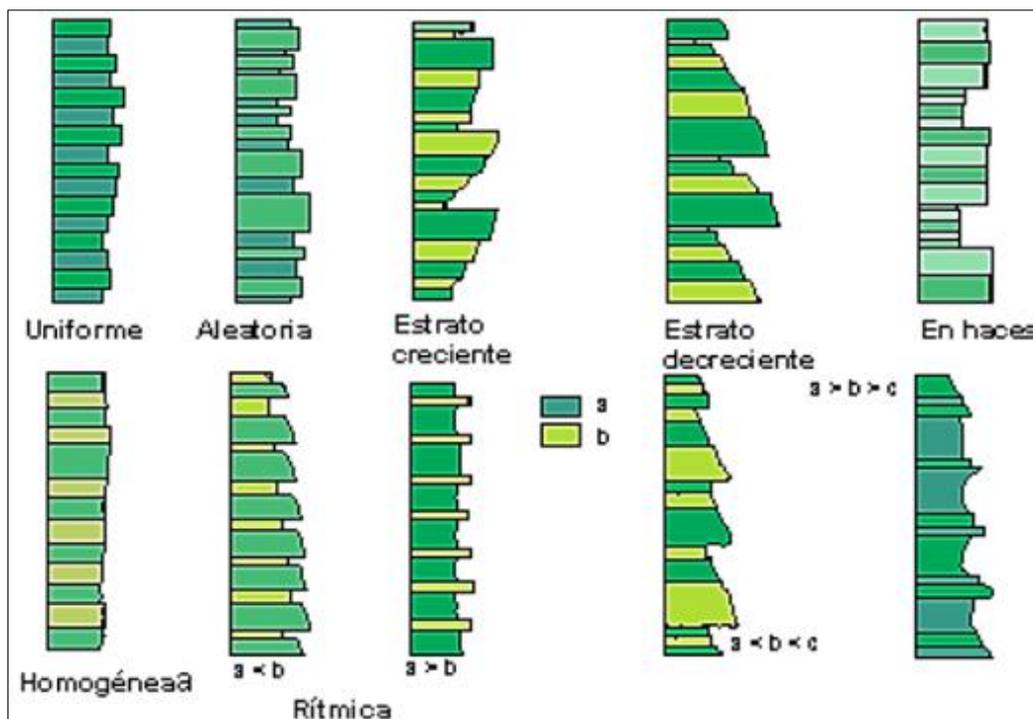


Figura 9 Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (Vera, 1994)

2.2.1.2. Clasificación de Rocas Carbonatadas

Las rocas calcáreas son rocas sedimentarias cuya formación es producto principalmente de procesos biológicos y bioquímicos en los que se agregan procesos de precipitación de CaCO_3 . Las calizas pueden ser encontradas en la mayoría de las eras geológicas a partir del Cámbrico y hasta la actualidad.

La mayoría de los sedimentos carbonatados ocurren en cinturones tropicales hasta subtropicales (latitudes 30° Norte y 30° Sur), por lo cual son excelentes indicadores paleo-geográficos.

La producción de carbonatos es mayor en aguas marinas con salinidad normal, preferiblemente en aguas someras, templadas y libres de influencia clástica terrígena, sin embargo, existen de igual modo carbonatos de aguas profundas, donde en ambientes pelágicos son depositados lodos calcáreos compuestos mayormente por cantidades considerables de esqueletos de organismos pelágicos (p.e. foraminíferos y cocolitos).

Debido a que existen rocas carbonatadas de ambientes muy contrastantes, es decir carbonatos de aguas someras hasta carbonatos de aguas profundas, éstas presentan diferencias sedimentológicas, litológicas, faciales y faunísticas muy diversas, por lo que una de las primeras actividades a realizar durante su estudio, es el de clasificarlas correctamente. (López, 2002)

Existen varias formas y métodos para clasificar rocas carbonatadas, por ejemplo:

- a) Según la composición química y mineralógica (Chilingar-1960, Pettijohn-1957 o Füchtbauer-1959)
- b) Según características de fábrica (Masa básica y componentes).
- c) Según parámetros físicos especiales, por ejemplo: porosidad (Choquette & Pray -1978)

El método más utilizado para clasificar las rocas carbonatadas es el método que se basa en sus características de fábrica.

Las rocas carbonatadas se componen de dos elementos principales:

- **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 (término definido por Folk, 1959). Abreviación de calcita microcristalina. 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, aunque algunos autores sugieren tamaños mayores para la

micrita. En general se puede establecer el tamaño máximo de la micrita es entre 1 y 2 micrones. (López, 2002)

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

Como principio general una matriz micritica es aquella donde los cristales de calcita no pueden observarse a simple vista, ni con ayuda de una lupa, normalmente se observa como una masa uniforme de color gris que varía de gris claro hasta gris oscuro. La esparita si es reconocible a simple vista y con la ayuda de una lupa puede incluso ser reconocido el tamaño, tipo y geometría de los cristales. (López, 2002)

- **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.

A continuación, se describen de manera resumida los principales “componentes” de las rocas calcáreas (Figura 10): (López, 2002)

- 1) Granos de origen esquelético (fragmentos fósiles).**

Los granos de origen esquelético (skeletal grains) son restos de los diversos organismos, principalmente invertebrados con conchas producidas por secreción calcárea que se encuentran flotando dentro de la matriz. Los principales granos de origen esquelético son: bioclástos en general, es decir restos de invertebrados, por ejemplo, restos de amonites, bivalvos o moluscos, braquiópodos, equinodermos, briozoarios, algas y corales, así como foraminíferos y otros pequeños organismos unicelulares.

2) Granos de origen no esquelético.

Estos componentes están representados principalmente por ooides, peloides, pisoides, granos agregados, intraclastos y extraclastos.

Los ooides son componentes no mayores a 2 mm de tamaño en formas circulares a elípticas que se caracterizan por poseer un núcleo, que puede ser un fragmento esquelético o un grano de cuarzo.

Los Pisoides son componentes similares a los ooides, pero con un tamaño mayor a 2 mm.

Los pellets son componentes elípticos compuestos de micrita en tamaños que varían de 0.1 – 0.4 mm de diámetro. Característico en ellos es la falta de estructura interna, su origen es fecal.

Los granos agregados (lumps) viene a ser una colección de granos y diversas partículas cementadas entre sí. El cemento puede variar de microespartítico a microcristalino. (López, 2002)

Los Intraclastos son productos retrabajados de un piso marino más o menos consolidado dentro de la zona de la depositación, es decir son clastos de igual composición al del piso marino los cuales por diversos procesos son retrabajados (brechados) en su lugar de depositación. Estos procesos o eventos pueden ser a través de corriente u olas que disturbán el piso marino, actividad orgánica sobre la superficie del sedimento o despegues o derrapes locales. El tamaño de estos varía de pocos milímetros a varios centímetros y localmente metros. (López, 2002)

Los Extraclastos también conocidos en forma general como “litoclastos”, se trata de componentes retrabajados posdepositarios. Fragmentos de roca calcárea y no calcárea preexistentes, es decir material de erosión de rocas más antiguas que fueron redepositados de manera submarina o subaerea. Muy comúnmente los extraclastos se presentan angulosos a subredondeados y en su conjunto forman una fábrica polimictica (López, 2002)

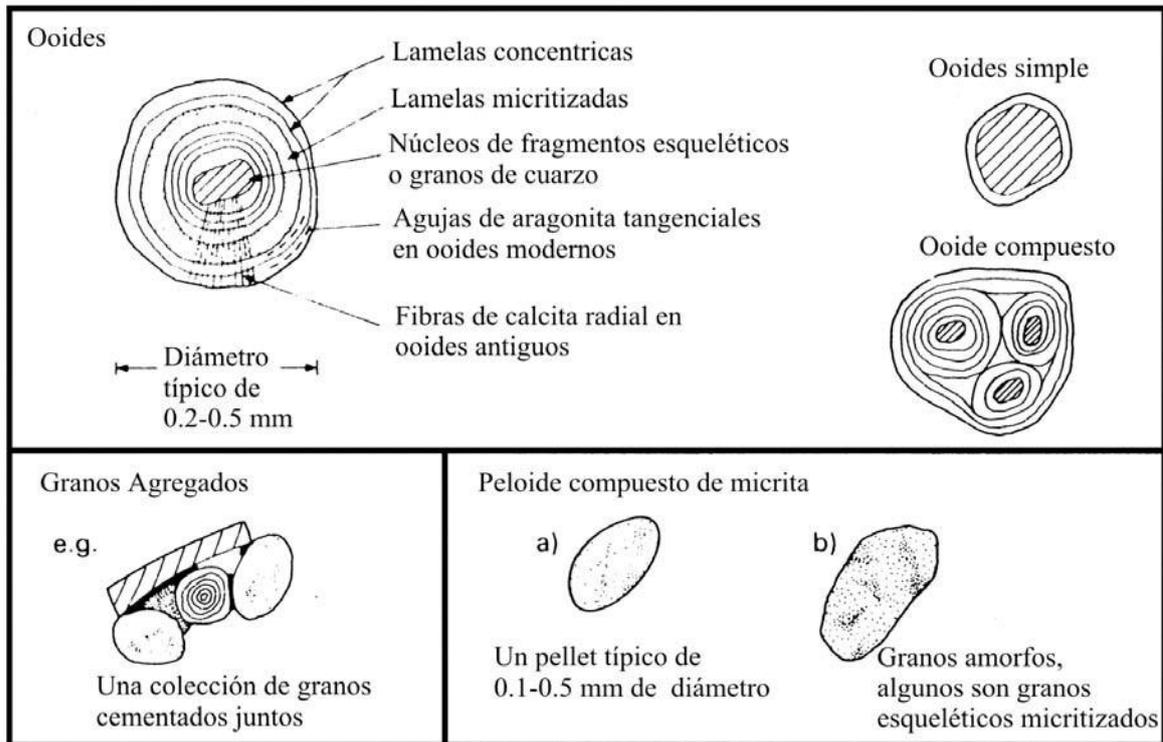


Figura 10 Principales componentes de las calizas: Ooides, granos agregados (lumps) y peloides (Tucker, 1981)

Folk (1962) presento una tabla con el espectro de las texturas de rocas carbonatadas, basada en general con los elementos de su clasificación. En esta tabla se comparan de igual modo las rocas carbonatadas en sus equivalentes clásticos análogos. Actualmente se 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 & Toscheck (1969), el cual es referido a componentes o granos mayores a 2 mm de tal modo que rocas carbonatadas que contienen intraclastos, extraclastos o bioclastos mayores a 2 mm pueden ser llamados 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 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 11 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)

Por otro lado, Dunham (1962) diferencia 2 grupos de calizas:

a) 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, sino que, los componentes presentes no se originaron en el lugar de la depositación, y que no están asociadas a una génesis orgánica.

Seis denominaciones conforman las calizas alóctonas (Mudstone, Wackestone, Packstone, Grainstone, Floatstone y Rudstone). Las cuales en primer orden se diferencian de acuerdo al tamaño de los componentes, ya sea menos del 10% de componentes mayores a 2 mm. Otro factor a considerar es, si la masa básica es micrita o esparita y finalmente, si se tiene una fábrica “soportada en lodo” o “soportada en granos”.

b) 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 las calizas arrecifales.

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

Figura 12 Clasificación de rocas carbonatadas según Dunham (1962) modificado por Embry & Klovan (1971)

2.2.1.3. DOLOMIAS

Roca compuesta por dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), mineral muy parecido a la calcita, ambos tienen brillo vítreo, dureza de 3 a 4 y una exfoliación romboédrica casi perfecta, la forma de diferenciarlos es al utilizar ácido clorhídrico, por el contenido de magnesio la reacción de la dolomita será menor a la de la calcita.

El contenido de dolomita en la roca debe ser de al menos 50%, para ser una dolomía, de lo contrario será considerada como una caliza dolomítica, una dolomía se considera pura si contiene un 90% de dolomita.

Al ser la dolomita más densa y de estructura cristalina más compacta que la calcita, este proceso implica un aumento de volumen de huecos de la roca, es decir, de su porosidad.

En general, respecto a las calizas, las dolomías en rocas más duras y resistentes, menos solubles (4 veces menor en agua pura) y no reaccionan con el ácido clorhídrico en frío. A escala de campo y en muestra de mano las diferencias más notables están relacionadas con el color y las formas de alteración presentadas:

En las dolomías predominan los colores amarillentos y pardo amarillentos; con frecuencia se observan colores marrones en superficie (debidos al Fe contenido en la red de dolomita) y grises en fractura.

No muestran formas cóncavas de disolución en superficie como calizas, la disolución está ahora controlada por las diaclasas y las rupturas suelen tener formas de paralelepípedos.

La dolomía es comúnmente porosa y por tanto un objetivo en la explotación del petróleo.

En términos de la termodinámica, que debería ser un estable precipitado, muy extendido en el agua de mar, pero ciertos factores cinéticos obstaculizan su formación. Estos factores incluyen: (Sibley y Gregg;1987)

- 1- La hidratación de los iones de Mg en el agua de mar
- 2- Eficiencia de aragonito y de alta precipitación de calcita
- 3- Iones SO₄ inhiben la precipitación

Los tipos de fábricas de dolomías fueron clasificados por Sibley y Gregg (1987) como plana (idiotópica) y no plana (xenotópicas), sobre la naturaleza de los límites de los cristales representados en la figura 13.

Como regla general, los tamaños de cristal en dolomías son una función del sitio de nucleación y las tasas de crecimiento cristalino. Sobre la base de las tasas de crecimiento de cristal, primero formados tienden a ser cristales más finos de dolomitas en la etapa de entierro. Dolomitas con distribuciones de tamaño unimodal generalmente representan una sola fase de la formación con sitios de nucleación disponibles de manera uniforme.

	Fabrica no planar	Fabrica planar
	<p>No plana: paquetes de cristales anhedral, en su mayoría los límites entre ellos son curvos, lobulados o serrados regulares. Conservando las uniones cristal con cristal, estos cristales a menudo muestran extinción ondulatoria a nicoles cruzados.</p>	 <p>Plana euhedral: la mayoría de los cristales de dolomita son rombos euhedrales. Cristal-soportados, áreas intercrystalinas llenas por otro mineral o poros</p>
		 <p>Plana subhedral: la mayoría de los cristales de dolomita son subhedral a anhedral con, límites rectos y muchos cruces en los cristales. Baja porosidad y bajo contenido de matriz intercrystalina</p>

Figura 13 Tipos de fábricas de Dolomías (Sibley y Gregg;1987)

2.2.1.3.1. La Formación de Dolomías

La dolomía también puede formarse por la precipitación del magnesio en el agua del mar, aunque la mayoría se origina por dolomitización.

Los depósitos actuales son muy escasos, correspondiendo a ambientes muy restringidos como los hipersalinos. El agua de mar se compone por diferentes elementos, después del cloro y el sodio, el magnesio es el elemento más abundante, se encuentra en una relación constante respecto al cloro.

Se combina con otros elementos formando cloruro de magnesio, sulfato de magnesio y bromuro de magnesio y está presente en el esqueleto de algunos organismos marinos. (Figura 14) en un ambiente hipersalino la cantidad de sales de magnesio son elevadas por tanto es propicio para la formación de dolomías. (Sibley y Gregg;1987)

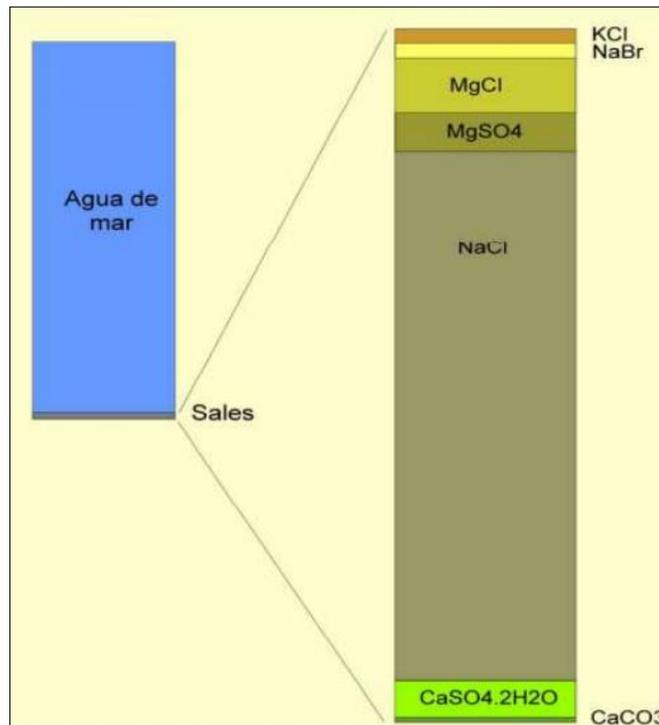


Figura 14 Resultados del experimento de Usiglio (1849), donde muestra el orden en el que precipitan las sales disueltas en el mar.

2.2.1.4. Cuenca Sedimentaria

Es una depresión en la superficie de la corteza terrestre, rellena por sedimentos formando capas superpuestas, que representan edades geológicas sucesivas. El análisis de cuencas sedimentarias sirve para identificar, datar y caracterizar los eventos tectónicos, magmáticos y geodinámicos que ocurrieron durante su relleno. Además, estos sedimentos pueden encontrarse deformados durante o después de su depositación. (Hinte, 1978).

2.2.1.4.1. Subsistencia de Cuencas Sedimentarias

Es un fenómeno tectónico por el cual la superficie de una placa litosférica sube o baja con respecto a una posición anterior, será positiva cuando es un hundimiento y negativa en caso inverso.

Su importancia radica en que controla la acumulación sedimentaria (lagunas o erosiones). Depende de la acumulación sedimentaria, de la tectónica y de la geodinámica de la cuenca, los factores del cual depende son: la isostasia, la temperatura (que conlleva a un cambio de volumen) y los esfuerzos tectónicos. (Hinte, 1978).

A. Análisis Cuantitativo de la Subsistencia

Para poder cuantificar la subsistencia, debemos separar los efectos de la subsistencia inducida por el peso de los sedimentos suprayacentes acumulados, con la consiguiente compensación isostática que ella ha inducido.

La subsistencia tectónica, considerada aquí al aire libre, es la que sería producida en ausencia de toda carga sedimentaria. Su determinación puede efectuarse sobre la columna sedimentaria actual o en estados anteriores.

Un análisis cuantitativo de las tasas de subsistencia a través del tiempo, a veces llamado análisis geohistórico, se basa principalmente en la descompactación de las unidades litoestratigráficas hasta su correcto espesor al tiempo de interés que queremos analizar. (Hinte, 1978).

B. Datos Requeridos

Los datos necesarios para realizar un análisis de subsistencia son:

- Columnas estratigráficas con los espesores actuales, tipo de litología y edad.
- Porosidad inicial de los sedimentos.
- Pendiente de la curva porosidad – profundidad para cada litología

C. Compactación

Las rocas sedimentarias reducen su volumen de manera desigual en función de su litología y textura, puede suceder que volúmenes de sedimentos originalmente iguales poseen diferentes espesores después de la compactación diferencial con la siguiente modificación de la geometría de los estratos asociados y de los suprayacentes, formándose en varias ocasiones fallas sin tectónicas que involucren al basamento. La reducción de espesor puede llegar en algunos casos hasta el 80% (torres 1994)

D. Descompactación

Es importante recalcar que el espesor actual de una Formación Geológica no es igual al espesor original de la misma ya que por el solo hecho de soportar una carga litostática sufrirá compactación progresiva que dependerá de la composición litológica y la profundidad de enterramiento. Por lo tanto, si queremos regresar en el tiempo y llevar las condiciones a su estado inicial debemos hacerlo descompactando, estrato por estrato. La descompactación se efectuó en función de la variación de la relación porosidad – profundidad (Hinte, 1978).

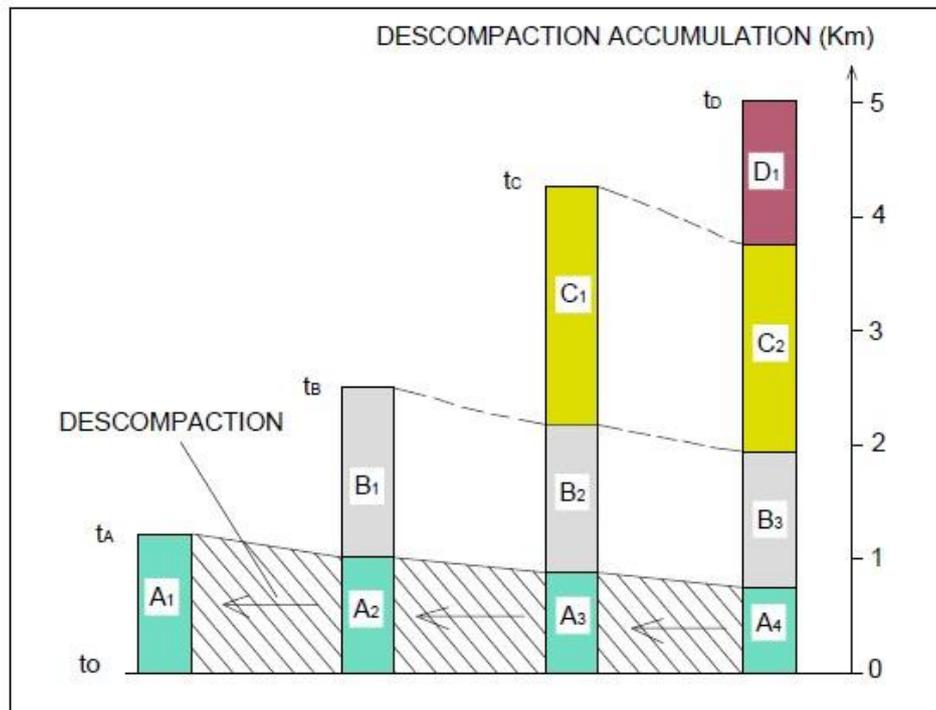


Figura 15 Descompactación según (Gerhard Einsele)

Cálculo de descompactación según (Van Hinte 1978)

$$E_0 = \frac{(1 - \theta_n)E_n}{(1 - \theta_0)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 01}$$

Ratio de descompactación:

$$\text{Ratio} = \frac{(E_0 - E_n) * 100\%}{(E_0)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 02}$$

Dónde:

E_0 = Espesor Inicial

E_n = Espesor Actual

θ_n = Porosidad Actual

θ_0 = Porosidad Inicial

E. Cálculo de Porosidad

La porosidad está en función de la litología. Sclater y Christie (1980) Schmoker y Halley (1982)

$$\theta_n = \theta_0 * e^{(-Cz)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 03}$$

Dónde:

θ_n = Porosidad Actual

θ_0 = Porosidad Inicial

C = Pendiente de la curva porosidad – profundidad para cada litología.

z = Profundidad en el caso de perforaciones (E_n) espesor en el caso de medición directa

Tabla 1 Parámetros de sedimentos según Scalter y Christie (1980) – Schmoker y Halley (1982) (Rev. Soc. Geol. España-1992)

Litología	C (m⁻¹)	Densidad (g/cm³)	Porosidad
Lutitas	5.1*10 ⁻⁴	2.72	0.63
Areniscas	2.7*10 ⁻⁴	2.65	0.49
Lutitas Arenosas	3.9*10 ⁻⁴	2.68	0.56
Caliza	5.2*10 ⁻⁴	2.71	0.51
Margas	5.15*10 ⁻⁴	2.70	0.60
Dolomia	2.2*10 ⁻⁴	2.85	0.30
Chalk	7.1*10 ⁻⁴	2.71	0.70

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. FACIES: Parte de una unidad litológica caracterizada por rasgos propios de sus condiciones de formación y que por tanto permiten distinguirla del resto de unidades. Se distinguen facies en las rocas sedimentarias, por ejemplo, calizas arenosas fosilíferas; en rocas volcánicas (p.ej., lavas en almohadillas – “pillow lavas”) y metamórficas (facies de “esquistos verdes”). Las facies son útiles para distinguir ambientes de depósito en las rocas sedimentarias (p.ej., lagunar, marino profundo, etc.) así como condiciones de presión – temperatura en el caso de las rocas metamórficas. (Oyarzún, 2009)

2.3.2. ESTRATO: Capa de roca o sedimento. Originalmente, los estratos se depositan horizontal o sub-horizontalmente, aunque pueden presentar mayor inclinación cuando lo hacen sobre superficies inclinadas. Los estratos pueden ser plegados, basculados o fallados por efecto de fuerzas tectónicas. Si una secuencia de estratos no ha sido invertida, el estrato inferior es el más antiguo y el superior el más joven. (Oyarzún, 2009)

2.3.3. COMPACTACIÓN: Los sedimentos se compactan bajo el peso de la sobrecarga (material depositado sobre ellos). La capacidad de compactación es máxima en los sedimentos finos y mínima en los más gruesos. (Oyarzún, 2009)

2.3.4. CICLOS EUSTÁTICOS: Los cambios globales del nivel del mar implican una alternancia de episodios de subida generalizada del mismo, seguidos de otros de

descenso. 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)

2.3.5. CORRELACIÓN: Se dice que dos secuencias estratificadas se correlacionan cuando se depositaron durante el mismo período de tiempo y bajo condiciones similares, pero en áreas diferentes. Normalmente, las correlaciones se realizan considerando evidencias litológicas, paleontológicas o dataciones isotópicas. (Oyarzún, 2009)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. GEOGRÁFICA

La zona de investigación está ubicada en el continente sudamericano, en la cordillera de los andes, norte del Perú. Se encuentra dentro de la Carta Nacional de San Marcos (15-g)

3.1.2. POLÍTICA

El área de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, 7.6 km al este de la ciudad de Cajamarca, en la provincia de Cajamarca, en el distrito de Baños del Inca, en el Centro Poblado de Puyllucana.

El área de estudio se encuentra dentro de los siguientes vértices, con coordenadas UTM WGS '84:

Tabla 2 Vértices del área de estudio

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO		
VÉRTICE	LONGITUD	LATITUD
V1	784000	9210500
V2	784000	9208000
V3	780000	9208000
V4	780000	9210500

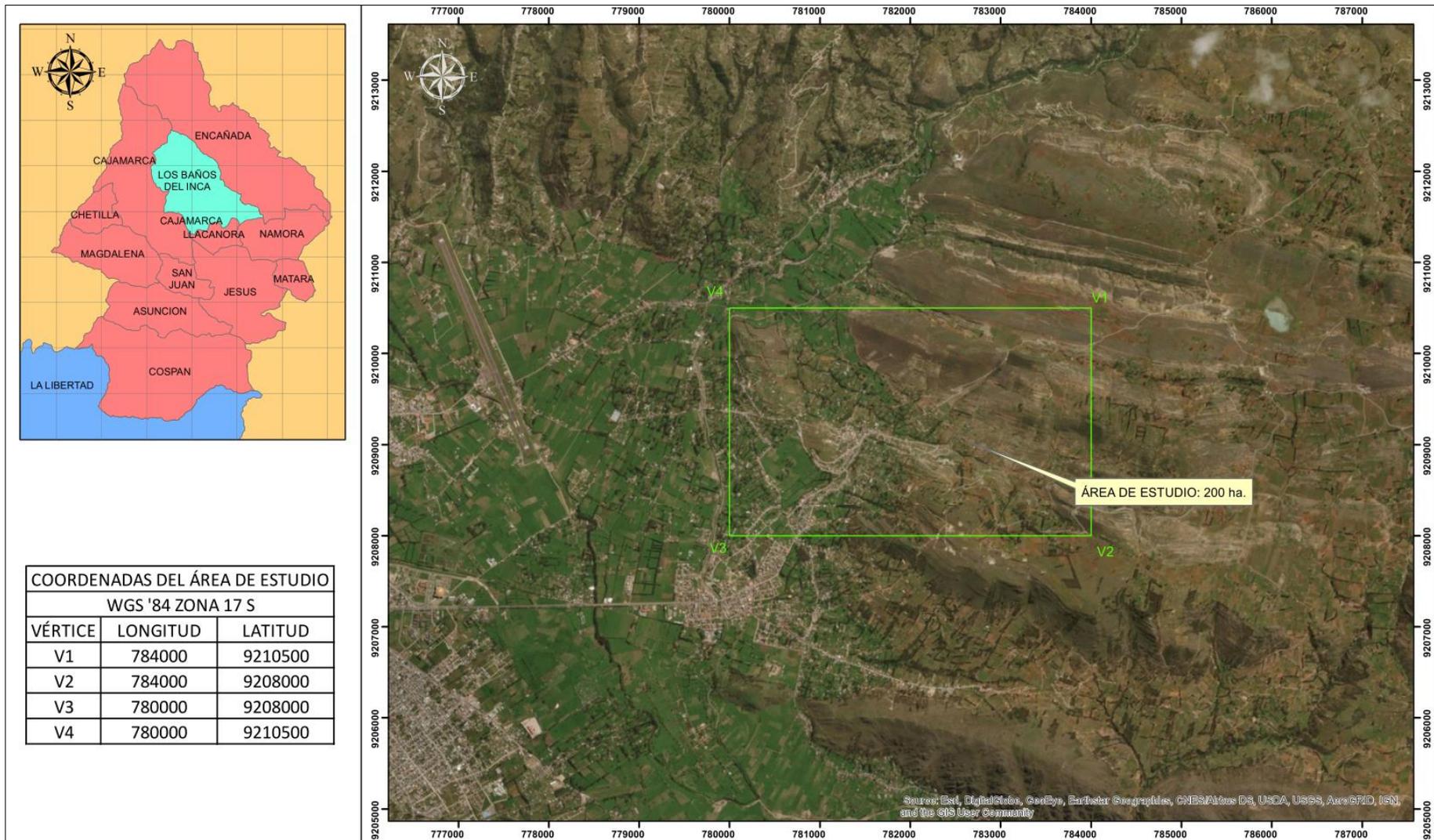


Figura 16 Ubicación del área de estudio

3.1.3. ACCESIBILIDAD

Existen un acceso al área de estudio, que va desde la ciudad de Cajamarca hacia el distrito de Baños del Inca (Carretera Asfaltada, 10 min en auto) y de allí hacia el Centro Poblado de Puyllucana (Carretera Asfaltada, 10 min).

Luego se toma un acceso que lleva hacia la zona (camino de herradura, 20 min a pie)

Tabla 3 Acceso al área de estudio

TRAMO		TIPO DE CARRETERA	LONGITUD (KM)	TIEMPO (MINUTOS)
CAJAMARCA	BAÑOS DEL INCA	ASFALTADA	5	20
BAÑOS DEL INCA	PUYLLUCANA	ASFALTADA	4	10
PUYLLUCANA	ZÓNA DE ESTUDIO	CAMINO DE HERRADURA	0.34	20

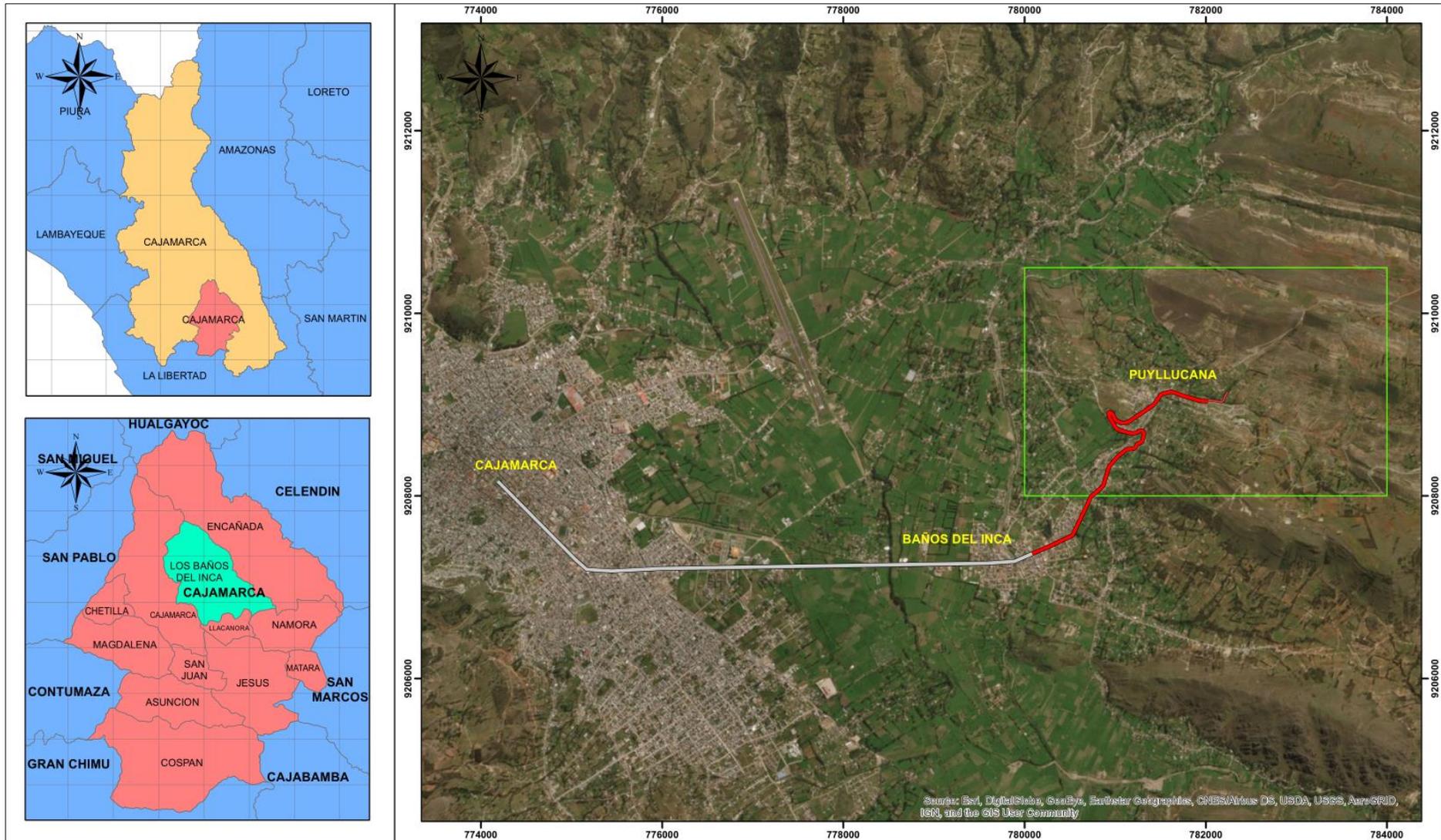


Figura 17 Accesibilidad a la Zona de Estudio

3.1.4. FISIOGRAFÍA

El relieve de la Cuenca de Cajamarca se caracteriza por presentar una topografía variada con áreas de pendientes suaves – altas, que toman valores de 10° a 60°.

La cuenca presenta un relieve accidentado, siendo la altura mínima de 2700 m.s.n.m. y la máxima de 3600 m.s.n.m.

Tabla 4 Clasificación de pendientes (Borkoswi 1994)

PENDIENTES	TIPO
0-15	Baja
15 -30	Moderada
30 – 45	Moderada – alta
45 – 60	Alta
60 – 90	Muy alta

3.1.5. CLIMA

Climáticamente, la región presenta dos estaciones características; na lluviosa de diciembre a marzo y otra seca; de abril a noviembre, con sus respectivas etapas transicionales; sin embargo, este ciclo tiene periodos excepcionales cuando se presentan años de sequía y/o de abundantes precipitaciones, con funestas consecuencias para la agricultura, ganadería y en general, para la economía de la región.

- Temperatura Máxima Promedio : 12°C.
- Temperatura Mínima Promedio : 10°C.
- Temperatura Promedio : 8°C.

3.1.5.1. Precipitación:

- Precipitación Máxima Promedio : 618.8 mm.
- Precipitación Promedio Mensual : 51.6 mm.

3.1.5.2. Meses de Lluvia:

- Periodo lluvioso: diciembre, enero, febrero, marzo y abril; generalmente también se presenta abundante neblina.
- Meses más lluviosos: febrero y marzo. (Fuente: <http://www.senamhi.gob.pe/>, 2017)

3.1.6. VEGETACIÓN

En la zona se encuentra especies de árboles como cipreses (*Cupressus*), eucaliptos (*Eucaliptus Camaldulensis* Dehn), capulíes (*Prunus Salicifolia*), nogal (*Junglans Regia*), también encontramos pencas (*Cynara Scolymus*); zonas de cultivo: maíz (*Zea Mays*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum Vulgare*), etc.



Foto 1 Vegetación en Puylucana

3.1.7. GEOMORFOLOGÍA

Las diversas geoformas presentes en el área de estudio, son resultado de la intervención de procesos exógenos y endógenos.

3.1.7.1. Procesos Exógenos

Para la descripción de los procesos exógenos principalmente nos vamos a referir a los agentes que han actuado para dar origen a la geomorfología del área de estudio.

a) Superficie de erosión

Se encuentra en el área de estudio, producidos por la acción del agua y viento, erosionando a la Formación Pariatambo, generando deslizamiento e intemperismo.



Foto 2 Superficie de erosión del área de estudio – Puyllucana

b) Quebradas

Gran escurrimiento, por lo general de gran pendiente, abertura estrecha y áspera entre montañas. Valle relativamente estrecho entre dos cadenas de montañas



Foto 3 Quebrada formada por erosión eólica y fluvial – Puyllucana (NE -SW)

Procesos endógenos

También han actuado agentes endógenos dando lugar a afloramientos rocosos, lomadas; formados por el proceso de orogénesis.

- **Lomadas**

Elevación del terreno de poca altura, normalmente de forma redondeada formada por orogénesis.



Foto 4 Lomada Formada Por Orogénesis – Puyllucana

3.1.8. HIDROLOGÍA

Los ríos principales del área del Centro Poblado de Puyllucana, son:

Río Puyllucana: es uno de los afluentes del Río Chonta, y tiene una dirección Sur Este con respecto al Río Chonta.

Río La Retama: Siendo también un afluente del Río Chonta y está ubicado al sur del Río Puyllucana.

3.1.9. GEOLOGÍA

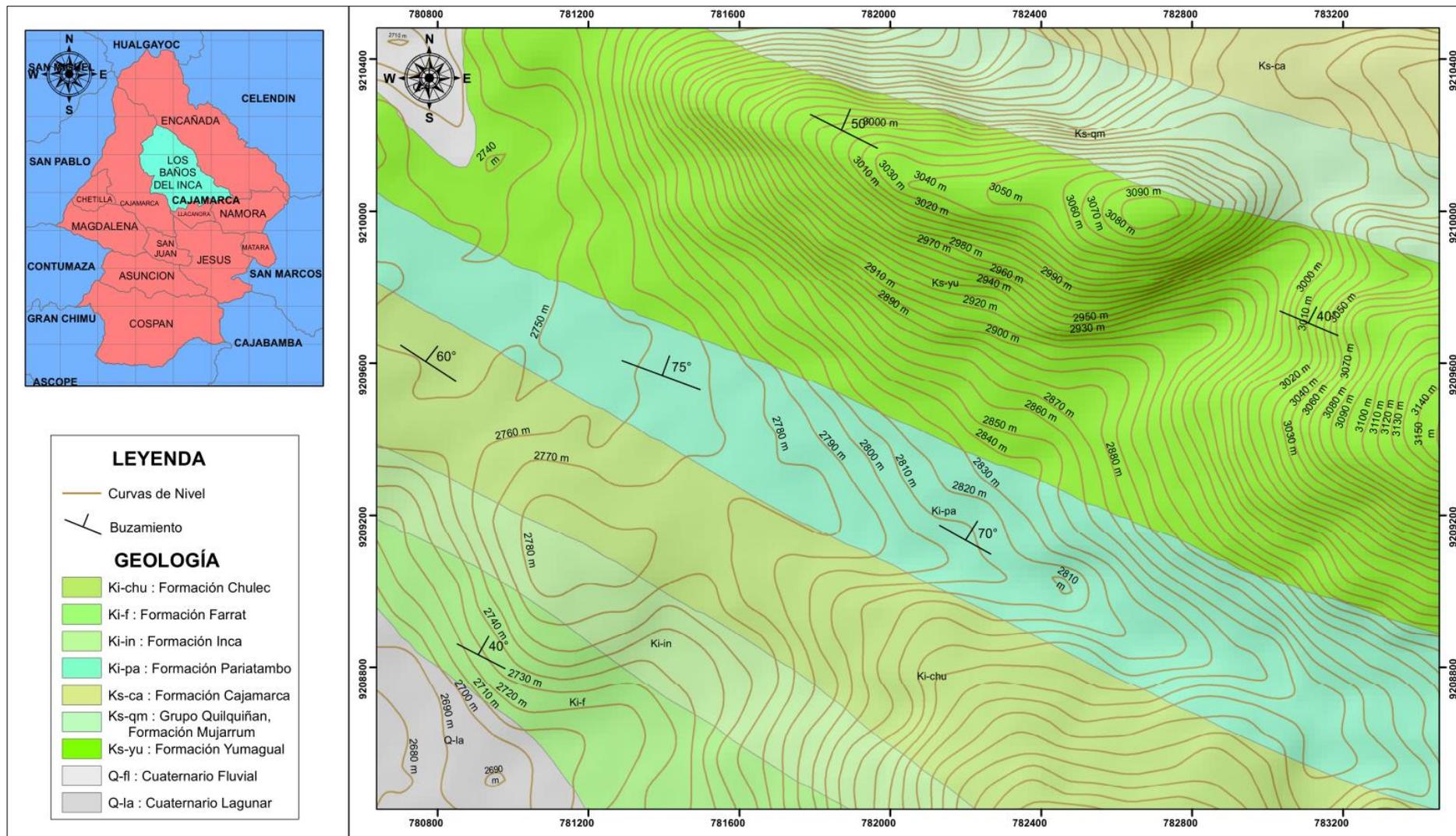
La geología local está compuesta por Formaciones (Chúlec, Pariatambo y Yumagual) sobre las cuales yace en la parte superior Depósitos Cuaternarios Fluviales y Coluviales.

3.1.9.1. Grupo Crisnejas: Compuesta por una alternancia monótona de calizas y margas, con presencia de areniscas calcáreas en la base que son una transición al ambiente marino de la Formación Chulec. Consta de potentes bancos de calizas masivas Wackestone – Packestone con un alto contenido fosilífero de mar abierto que cambia a una facies de Margas también con contenido fosilífero, hundiéndose progresivamente hasta llegar a una transición a un medio euxínico que es la Formación Pariatambo.

3.1.9.2. Formación Pariatambo: Conformada por una alternancia de calizas grises con lutitas gris oscuras por la abundante presencia de materia orgánica en su deposición, esta materia pudo depositarse gracias a la ausencia de oxígeno que se generó en el Albiano Medio-superior, dando lugar a las calizas Mudstone – Wackestone negras y bituminosas con un olor fétido al fracturarlas. Aflora en toda el área de estudio.

3.1.9.3. Grupo Puyllucana: Compuesta de bancos de caliza potentes con presencia de margas, lutitas y abundantes lumaquelas que se interpretan como una biozona de alta actividad biológica.

3.1.9.4. Depósitos Fluviales y Coluviales: Son depósitos generados por acumulaciones rocosas que son caracterizadas según su origen y ubicación. Debido a que están presentes junto a otros detritos de granulometría inferior (arenas y arcillas) toman patrones texturales distintivos. Su desarrollo está condicionado a la geología de los macizos rocosos sobre las que tienen lugar y a las condiciones climáticas del área geográfica donde afloran.



3.2. PROCEDIMIENTO

El proceso que se siguió en la realización de la presente investigación se dividió en tres etapas, la etapa de recolección de toda la información bibliográfica existente relacionada al tema de investigación, luego se procedió a la etapa de campo en la cual se siguió los siguientes pasos: visita al Centro Poblado de Puyllucana, elaboración de la columna litoestratigráfica, así como la observación directa de todas las características estratigráficas de los afloramientos de la Formación Pariatambo en el área de estudio; se procedió a obtener muestras de rocas para su descripción y clasificación macroscópica y finalmente la etapa de gabinete en la cual se realizó el análisis de los datos recolectados en la etapa de campo, con lo cual se pudo realizar la contrastación de la hipótesis.

Tabla 5 Técnicas de recolección de datos utilizadas en campo y gabinete

Variables	Indicadores	Técnica	Instrumento
Litología	Cartografiado Geológico	Observación directa/mapeo de afloramientos de la Formación Pariatambo en Puyllucana	Mapa topográfico base/ colores, lápices, protactor, brújula y GPS navegador, libreta de campo, Softwares.
Minerales	Minerales Indicadores (Calcita, limolita)	Observación directa macroscópica	Lápiz de dureza, lupa Iwamoto 20X, HCL 10%.
Estructuras Sedimentarias	Columna Estratigráfica	Observación Directa	Formato para columna estratigráfica, libreta de campo, softwares.

3.2.1. METODOLOGÍA

Esta sección contiene el desarrollo metodológico de la investigación planteada, a partir del tipo de investigación, el universo y muestra, las técnicas de recolección de datos, e instrumentos y equipos utilizados

3.2.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo de Investigación**

A. Según el nivel de conocimiento (grado de profundidad)

La presente investigación se basa en la observación y medición directa, descriptiva y explicativa; ya que se midió, se describió y se explicó la secuencia litoestratigráfica de forma local, descompactación de las unidades litológicas y su correlación.

B. Según el tipo de estudio

La investigación está dentro del paradigma positivista (carácter cualitativo – cuantitativo) para determinar la estratigrafía secuencial y correlación local de la Formación Pariatambo del Cretácico Inferior en el Centro Poblado de Puyllucana.

C. Según el fin o propósito de la investigación

Es una investigación aplicada, porque se busca poner en práctica un marco teórico para determinar: “Estratigrafía Secuencial de la Formación Pariatambo en el Centro Poblado de Puyllucana”.

- **Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación se resume en el siguiente cuadro.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

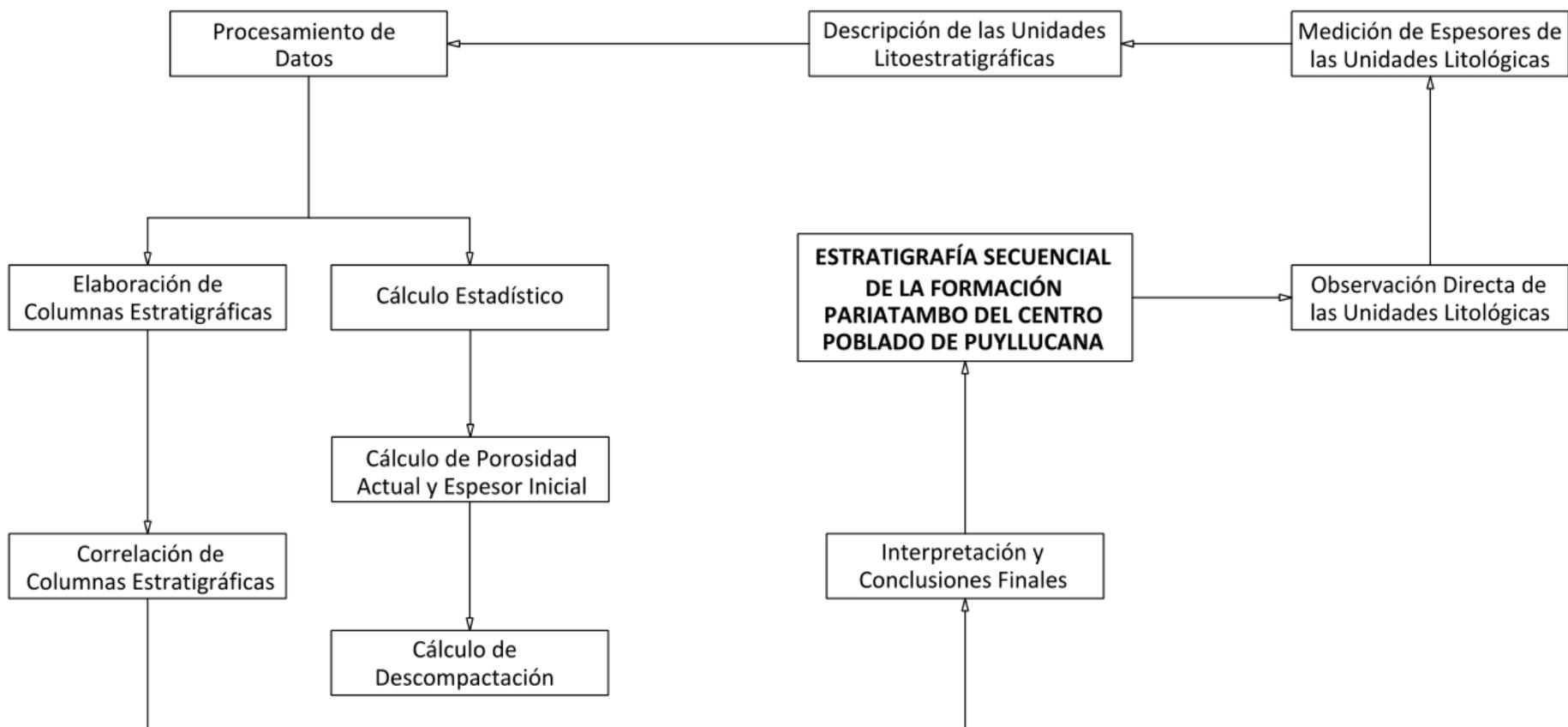


Figura 19 Diseño de la investigación

3.2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Tabla 6 Definición de Variables

Variable Independiente (causa)	Variable Dependiente (efecto)
Litología	Textura Ambiente de Sedimentación
Correlación Estratigráfica	Facies Estrato Guía Estructuras Sedimentarias Estratigrafía Secuencial

3.3. MARCO ESTRATIGRÁFICO

3.3.1. Generalidades de la Formación Pariatambo

La Formación Pariatambo representa la parte superior del Albiano y está compuesta de calizas de color oscuro a negras, bituminosas, fétidas, intercaladas con margas y lutitas calcáreas de color gris oscuro, este color oscuro de la formación es una guía para diferenciarla de otras formaciones calcáreas del Cretácico.

Suprayace concordantemente con la Formación Chúlec e infrayace en Cajamarca en aparente discordancia a la Formación Yumagual y en el Perú central a la Formación Jumasha.

La Formación Pariatambo tiene una rica fauna marina, contiene Ammonites, bivalvos y crinoides del Albiano superior.

En la parte Nororiental del Geoanticlinal del Marañón la secuencia de las Formaciones Chúlec y Pariatambo esta condensada en la Formación Crisnejas, formando una sola unidad consistente de lutitas calcáreas verde amarillentas, areniscas y calizas arenosas pardo amarillentas en la parte superior (Reyes, 1980)

a. Litología y Grosor de la Formación Pariatambo:

El desarrollo más típico de la Formación Pariatambo, se encuentra en los cuadrángulos de Cutervo, Chota, y Celendín, donde presenta un espesor de 150 – 250 m de caliza con intercalaciones delgadas de lutitas. La caliza es fina de color negro, bituminosa y generalmente tiene un olor fétido. Su estratificación es delgada y uniforme de tal manera que forma lajas bastantes características.

Las lutitas son negras y bituminosas y ocurren como intercalaciones delgadas entre las capas calcáreas. Estas facies de la Formación Pariatambo, es bien fosilífera, con abundantes Ammonites bien conservados y escamas de peces.

Yendo hacia el norte y hacia el oeste del área de Chota y Celendín, la Formación Pariatambo se vuelve tobácea. En el valle del Jequetepeque, la formación consiste en calizas oscuras intercaladas con lutitas grises y tobas de color violáceo. La misma facies aflora en los alrededores al Nor-Oriente de Chepén y en el sector oriental de Chongoyape.

Las intercalaciones tobáceas se vuelven más importantes en los sectores más occidentales de los cuadrángulos de Chongoyape y Chepén, donde comúnmente constituyen la mayor parte de la formación. Esta facies bien tobácea, aflora en el área de Huaca Blanca (al sur del pueblo de Chongoyape), en los alrededores de Culpón, en el valle de Zaña y en el sector “Las Viejas” en Chepén. Generalmente consiste de 200 a 300m de tobas bien estratificadas con intercalaciones de caliza gris.

A pesar de la diferencia de litología, se notan las mismas características de estratificación con las rocas calcáreas que afloran en el área de Cutervo y Chota las tobas son finas, duras y solidificadas, sobresalen a las capas calcáreas. Estas últimas también han sufrido silicificación en algunas áreas. (Reyes. 1980).

b. Edad y Correlación:

La fauna de la Formación Pariatambo está compuesta mayormente por especies Ammonites y escamas de peces. La facies calcárea de la Formación es bien fosilífera, pero lo Ammonites son relativamente escasos en la facies tobácea del sector occidental de la región. Sin embargo, todas las facies contienen Oxitropidoceras Carbonarium (GABB), que indica la parte superior del Albiano Medio.

La Formación Pariatambo se correlaciona con la parte superior de la Formación Crisnejas del valle del Alto Marañón. También equivale a la Formación Muerto de los cerros Amotape, cuya litología de calizas oscuras en capas delgadas intercaladas con lutitas y tobas, es idéntica a una gran parte de la Formación Pariatambo en la región Cajamarca. (Reyes. 1980).

c. Ambiente de Formación:

El hundimiento progresivo iniciado por las Formaciones Inca y Chulec, continuó durante la parte tardía del Albiano Medio. La cubeta que se había formado en el tiempo de la Formación Chulec en el área de Chota y Celendín se acentuó hasta formar una cuenca definida en la cual el ambiente fue euxínico. La fauna fue exclusivamente pelágica y la falta de oxígeno en el fondo de la cuenca permitió la depositación de sedimentos bituminosos.

Esta cuenca siguió hacia el sur y quizá también al noroeste, pero estaba cerrada al Este y Oeste por plataformas menos profundas. El material tobáceo en el sector occidental del área tiene que haber provenido del Oeste o Norte. Sin embargo, no se conoce la ubicación precisa de este volcánico Albiano. (Reyes. 1980).

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

Figura 20 Ubicación de la Formación Pariatambo en la columna estratigráfica de la región Cajamarca (INGEMMET 2007)

3.3.2. UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO

La Formación Pariatambo fue dividida en tres unidades litoestratigráficas, para una mayor comprensión (Unidad A, Unidad B y Unidad C)

A. Unidad A:

- **Espesor:** El afloramiento de esta unidad tiene un espesor de 35.70 m que fueron elaborados y plasmados en una columna estratigráfica, la cual fue elaborada y analizada (Ver Figura 21)

Tabla 7 Tabla de coordenadas de Base y Techo del afloramiento de la Unidad A

UNIDAD A			
BASE		TECHO	
ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
782354	9209267	782439	9209314



Foto 5 Afloramiento de la unidad litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo

- **Litología:** La base de la Formación Pariatambo está compuesta por estratos de dos metros de espesor como el contacto concordante con la Formación Chúlec, seguida por una secuencia rítmica de calizas nodulares de ocho a 15 cm de espesor intercaladas con lutitas de 10 cm a 20 cm de espesor.



Foto 6 Afloramiento de intercalación de calizas y lutitas ubicadas en la base de la Formación Pariatambo

La unidad litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo, también está conformada por una secuencia rítmica de estrato de calizas dolomitizadas intercalada con lutitas de 4 a 5 cm de espesor.



Foto 7 Intercalación de calizas dolomitizadas y lutitas de 4 a 5 cm de espesor

La parte superior de la Unidad A, consta de una secuencia rítmica decreciente de intercalación de calizas margosas y lutitas con sedimentos de limo y arcilla compactados de 20 a 30 cm de espesor



Foto 8 Estrato de margas, parte superior de la unidad litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo

- **Estructuras Sedimentarias:** En esta unidad litoestratigráfica A se identificaron estructuras primarias tanto en las capas de las calizas como en las de lutitas, siendo la más relevantes las siguientes:

- **Bioturbaciones:** Es la biodegradación de un componente carbonático (sedimento o roca) por actividad orgánica, se produce por la destrucción parcial o total de las texturas originales, creando así una porosidad secundaria denominada burrows, y al producirse la disolución de las rocas carbonatadas estas bioturbaciones son rellenadas por carbonato de calcio formando una estructura tipo vetillas.



Foto 9 Bioturbación en estratos de limolita

- **Laminación:** son superficies delgadas de 0.5 a 1 cm de espesor presentes en las calizas bituminosas, ubicadas en la base de la Formación Pariatambo, y en algunas superficies quedaron atrapados algunos animales marinos del Albiano superior.



Foto 10 Laminación de las Calizas Bituminosas en la base de la Formación Pariatambo

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	MIEMBRO	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	TEXTURA DE ROCAS CARBONATADAS					ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	FÓSILES	DESCRIPCIÓN
								MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE			
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	INFERIOR	35			MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE		 Oxitropydoceras Carbonarium	Aparición de facies de Margas intercaladas con calizas de espesores 15 a 20 cm con una secuencia Rítmica Creciente
									MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE			
		Estructura Tabular		Secuencia Decreciente											
		Ammonite		Secuencia Creciente											
								ARCILLITA LIMOLITA ARENISCA CONGLOMERADO							
								TEXTURA DE ROCAS DETRÍTICAS							

Figura 21 Columna de la Unidad Litoestratigráfica A de la Formación Pariatambo

B. Unidad B

- **Espesor:** El afloramiento de la unidad litoestratigráfica B tiene un espesor de 56.54 m que fueron levantados y plasmados en una columna estratigráfica, la cual fue medida y analizada (Ver Figura 22)

Tabla 8 Tabla de coordenadas de Base y Techo de la Unidad B

UNIDAD B			
BASE		TECHO	
ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
782439	9209314	782443	9209347



Foto 11 Unidad Litoestratigráfica B de la Formación Pariatambo

- **Litología:** La Unidad litoestratigráfica B, está compuesta por un estrato de 4 m de espesor en la base, seguida por una secuencia rítmica de calizas de 8 a 15 cm de espesor intercaladas con lutitas de 10 a 20 cm de espesor, algunos estratos de caliza llegan a tener un espesor de 1.5 metros.



Foto 12 Afloramiento de la Unidad litoestratigráfica B de la Formación Pariatambo

En la parte superior de la unidad litoestratigráfica B, está compuesto por una secuencia rítmica de intercalaciones de calizas nodulares y lutitas de espesores de 10 a 20 cm de espesor.

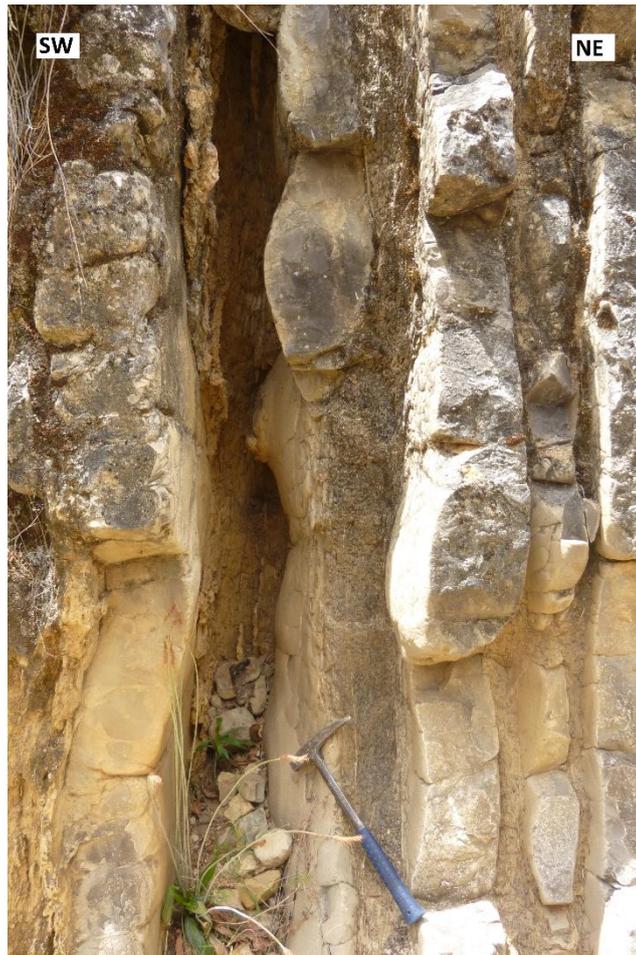


Foto 13 Calizas de estructura nodular de la Formación Pariatambo

- **Estructuras Sedimentarias:** En esta unidad litoestratigráfica se identificó la estructura lenticular en las calizas, que no presenta en la unidad A de la Formación Pariatambo, también presentan estructuras de bioturbación rellenas con carbonato de calcio, formando una estructura tipo vetiforme.

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	MIEMBRO	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	SECUENCIA	TEXTURA DE ROCAS CARBONATADAS					ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	FÓSILES	DESCRIPCIÓN
								MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE			
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	MEDIO	92					<p>Inicio de una secuencia Rítmica Decreciente de intercalación de calizas y arcillas que empiezan a disminuir su espesor</p>	<p>Inicio de una secuencia Rítmica Decreciente de calizas y arcillas con espesores que varían de 0.8 a 1 m. con la presencia de Limolita en los estratos de mayor espesor de arcilla</p>	<p>Sedimentación de arcillas en un nivel bajo de mar</p>			
													<p>ARCILLITA</p> <p>LIMOLITA</p> <p>ARENISCA</p> <p>CONGLOMERADO</p>		
													<p>TEXTURA DE ROCAS DETRÍTICAS</p>		
<p> Estructura Lenticular Ammonite Bivalvo </p>						<p> Secuencia Decreciente Secuencia Directa </p>									

Figura 22 Columna de la Unidad Litoestratigráfica B de la Formación Pariatambo

C. Unidad C

- **Espesor:** El afloramiento de esta unidad litoestratigráfica tiene un espesor de 68.55 m que fueron levantados y plasmados en una columna estratigráfica, la cual fue medida y analizada (Ver anexos Figura 23)

Tabla 9 Tabla de coordenadas de Base y Techo del afloramiento de la Unidad C

UNIDAD C			
BASE		TECHO	
ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
782443	9209347	782469	9209380

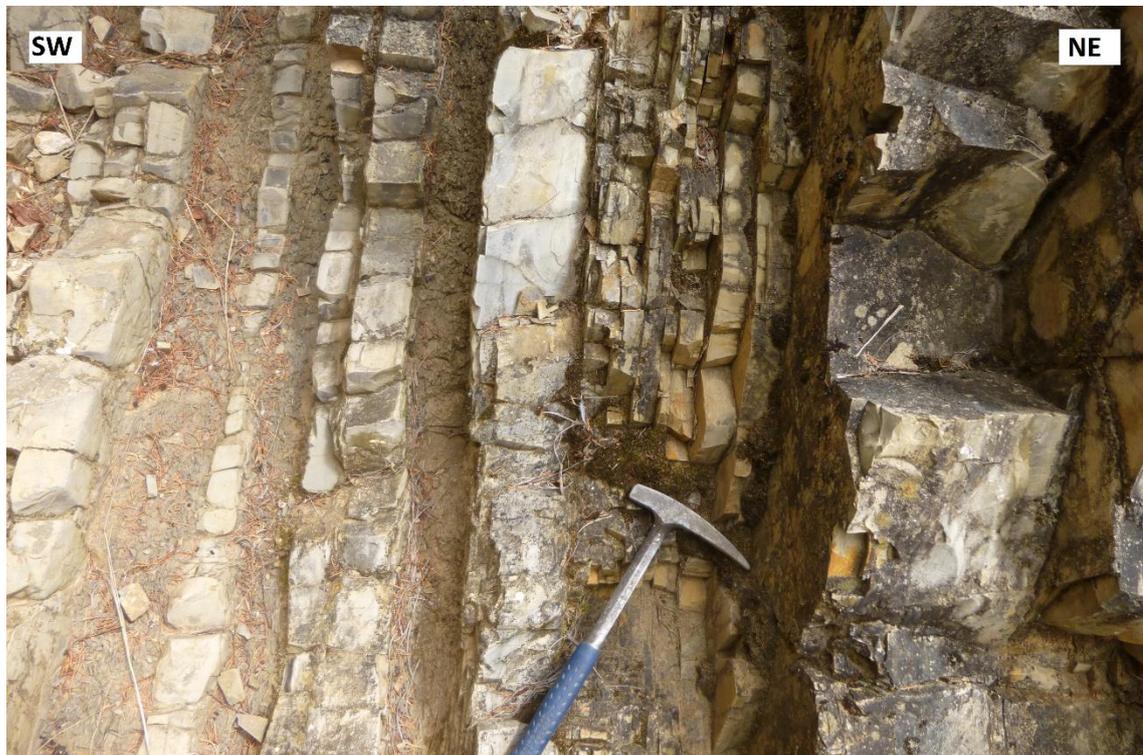


Foto 14 Afloramiento de la Unidad Litoestratigráfica C de la Formación Pariatambo

- **Litología:** La Formación Pariatambo en la parte superior, está compuesta por una secuencia rítmica de calizas de lutitas de 8 a 12cm de espesor; y en la parte superior tiene una secuencia de calizas silicificadas y horizontes de chert.



Foto 15 Horizonte de Chert y Calizas silicificadas

- **Estructuras Sedimentarias:** En esta unidad litoestratigráfica se presenta escasa estructura lenticular, con predominio de calizas masivas.

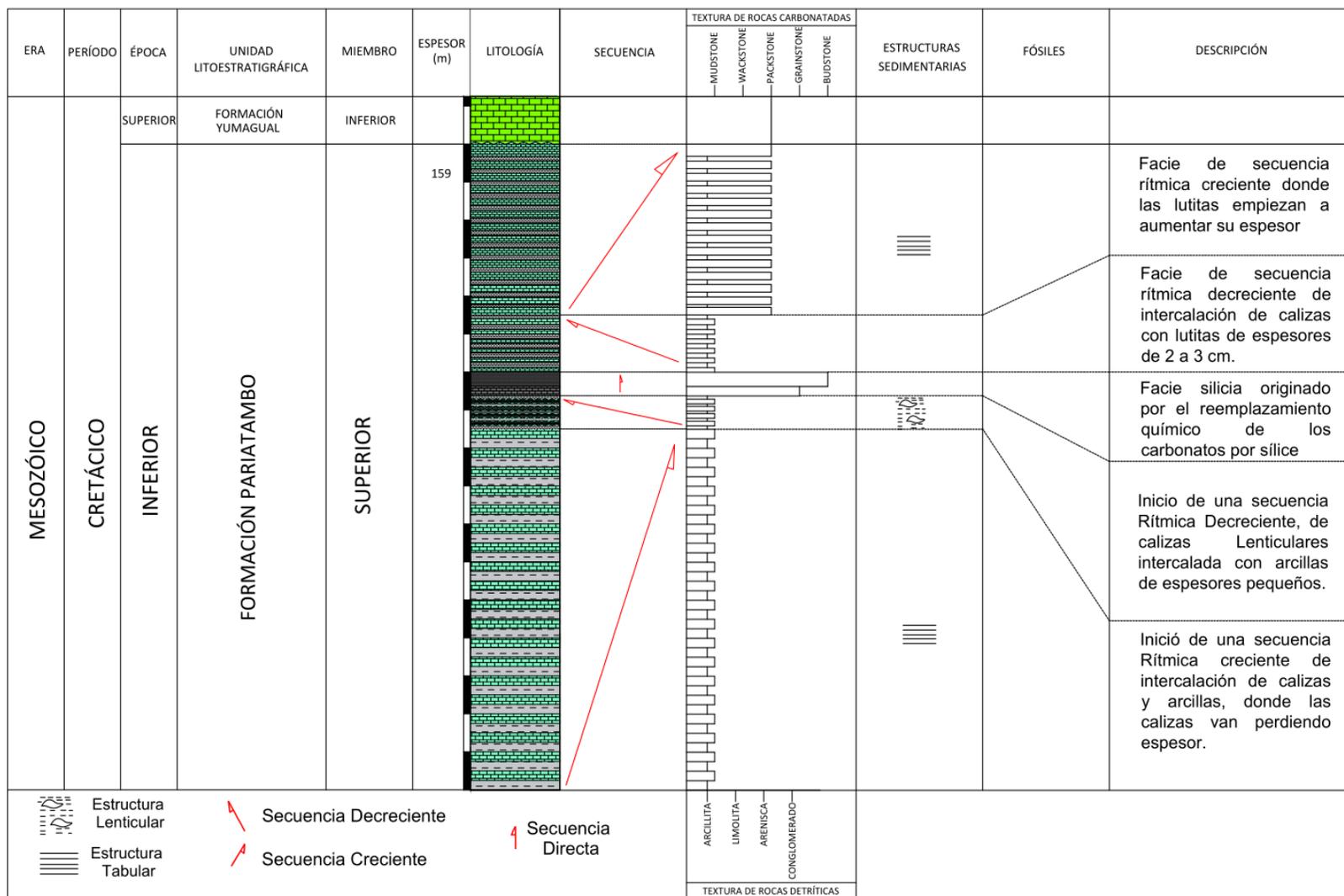


Figura 23 Columna de la Unidad Litoestratigráfica C de la Formación Pariatambo

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. Cálculo de Espesor Inicial y Porosidad Actual

Aplicaremos las ecuaciones 01, 02 y 03 en la página 28 y 29 y los datos de la tabla N° 1 de la página 29.

4.1.1.1. Columna Estratigráfica de la Formación Pariatambo

Litología: Caliza = 73.54 metros; Lutitas = 77.99 metros; Marga = 6.5 metros; Dolomita = 0.73 metros

Espesor Actual Total = 158.76 metros.

A. Para Calizas:

- **Porosidad Actual (θ_n)**

$$\theta_n = 0.51 * e^{(-\left(\frac{0.00052}{m}\right)*73.54 m)}$$

$$\theta_n = 0.49$$

- **Espesor Inicial (E_0)**

$$E_0 = \frac{(1 - 0.49) * 73.54}{(1 - 0.51)}$$

$$E_0 = 76.41 \text{ m.}$$

B. Para Lutitas:

- **Porosidad Actual (θ_n)**

$$\theta_n = 0.63 * e^{(-\left(\frac{0.00051}{m}\right)*77.99 \text{ m})}$$
$$\theta_n = 0.60$$

- **Espesor Inicial (E_0)**

$$E_0 = \frac{(1 - 0.60) * 77.99}{(1 - 0.63)}$$
$$E_0 = 83.17 \text{ m.}$$

C. Para Margas:

- **Porosidad Actual (θ_n)**

$$\theta_n = 0.60 * e^{(-\left(\frac{0.000515}{m}\right)*6.5)}$$
$$\theta_n = 0.59$$

- **Espesor Inicial (E_0)**

$$E_0 = \frac{(1 - 0.59) * 6.5}{(1 - 0.60)}$$
$$E_0 = 6.53 \text{ m.}$$

D. Para Dolomía:

- **Porosidad Actual (θ_n)**

$$\theta_n = 0.30 * e^{(-\left(\frac{0.00022}{m}\right)*0.73 \text{ m})}$$
$$\theta_n = 0.29$$

- **Espesor Inicial (E_0)**

$$E_0 = \frac{(1 - 0.29) * 0.73}{(1 - 0.30)}$$

$$E_0 = 0.74 \text{ m.}$$

4.1.1.2. Porosidad Actual de la Formación Pariatambo:

$$\theta_n = \frac{0.49 + 0.29 + 0.60}{3}$$

$$\theta_n = 0.46$$

Tabla 10 Resumen de resultados de la Columna estratigráfica de la Fm. Pariatambo

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO				
UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	Porosidad Actual (θ_n)	Porosidad Inicial (θ_0)	Espesor Inicial (E_0) (m)	Espesor Actual (E_n) (m)
Caliza	0.49	0.51	76.41	73.54
Dolomia	0.29	0.30	0.74	0.73
Arcilla	0.60	0.63	83.17	77.99
TOTAL			160.32	152.26
PROMEDIO	0.46	0.48		

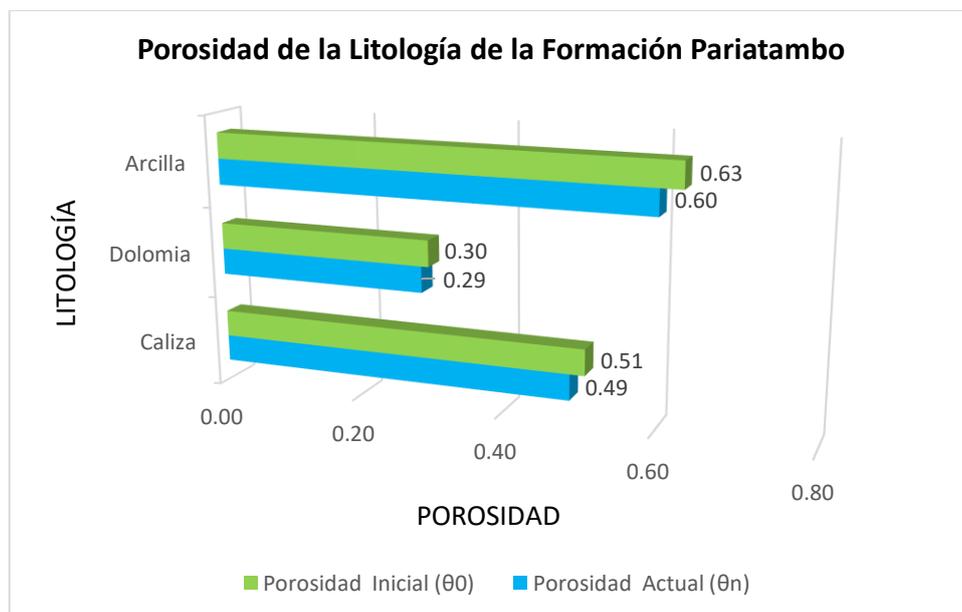


Gráfico 1 Variación de la Porosidad de la Litología de la Formación Pariatambo

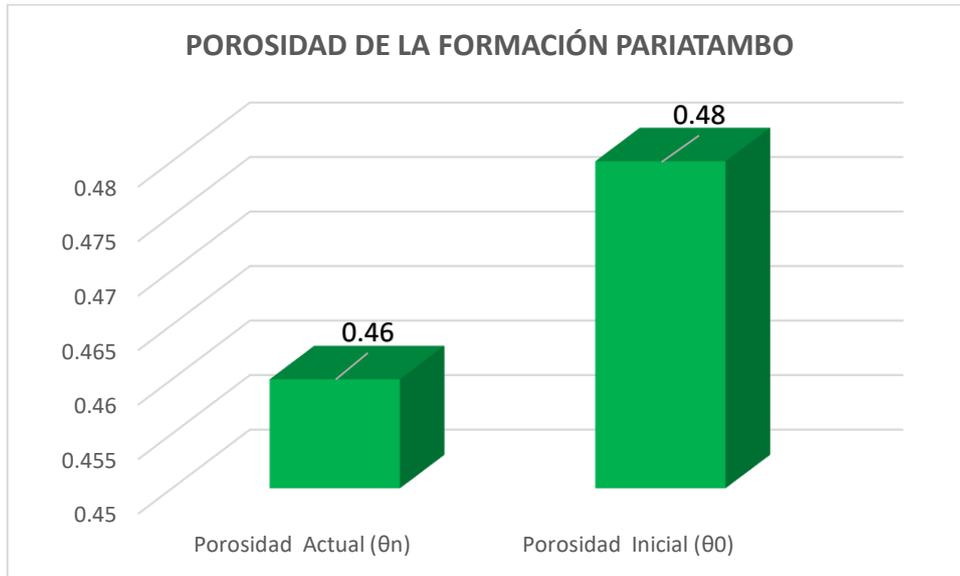


Gráfico 2 Gráfico del Promedio de la Porosidad Inicial y Actual de la Formación Pariatambo

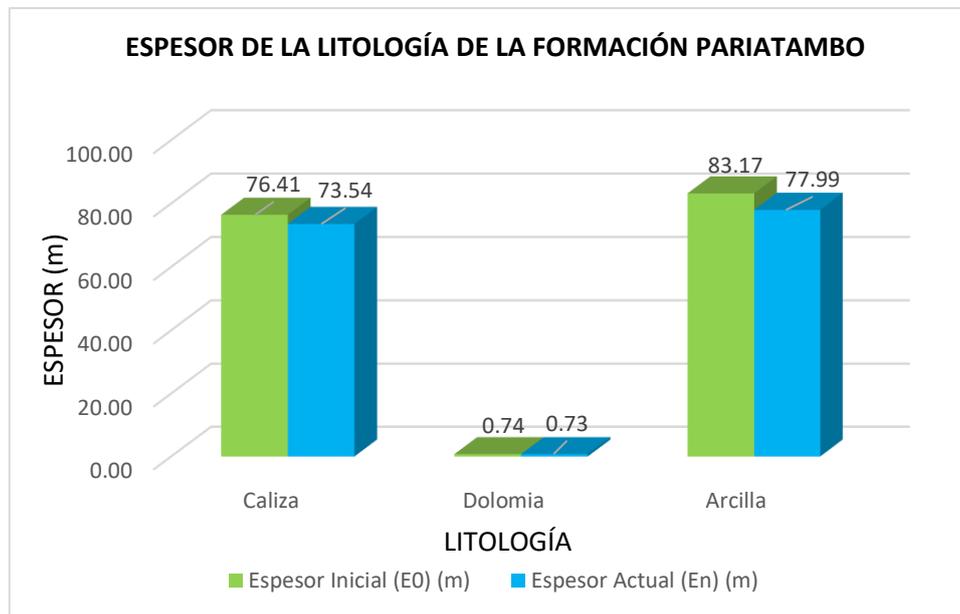


Gráfico 3 Variación del Espesor Inicial y Espesor Actual de la Formación Pariatambo

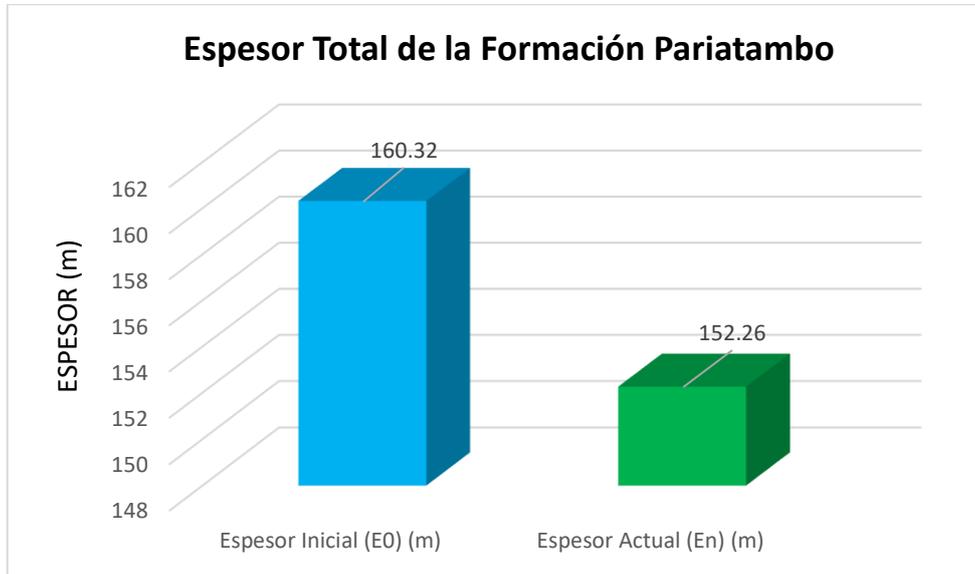


Gráfico 4 Variación del Espesor Actual y Espesor Inicial de la Formación Pariatambo

4.1.2. Ratio de Descompactación

Aplicaremos la Ecuación 03 que se encuentra en la página N° 28.

4.1.2.1. Columna Estratigráfica de la Formación Pariatambo

Litología: Caliza = 73.54 metros; Lutitas = 77.99 metros; Marga = 6.5 metros; Dolomita = 0.73 metros

A. Ratio para Calizas:

Espesor inicial = 76.41 metros; Espesor actual = 73.54 metros.

$$\text{Ratio (\%)} = \frac{(76.41 - 73.54) * 100}{76.41}$$

$$\text{Ratio (\%)} = 3.76$$

B. Ratio para Lutitas:

Espesor inicial = 83.17 metros; Espesor actual = 77.99 metros.

$$\text{Ratio (\%)} = \frac{(83.17 - 77.99) * 100}{83.17}$$

$$\text{Ratio (\%)} = 6.23$$

C. Ratio Para Dolomía:

Espesor inicial = 0.74 metros; Espesor actual = 0.73 metros.

$$\text{Ratio (\%)} = \frac{(0.74 - 0.73) * 100}{0.74}$$

$$\text{Ratio (\%)} = 1.35$$

Tabla 11 Ratio de Descompactación de las Unidades Litoestratigráficas de la Formación Pariatambo

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	
Und. Litoestratigráfica	Ratio de Descompactación (%)
Caliza	3.76
Dolomia	1.35
Arcilla	6.23

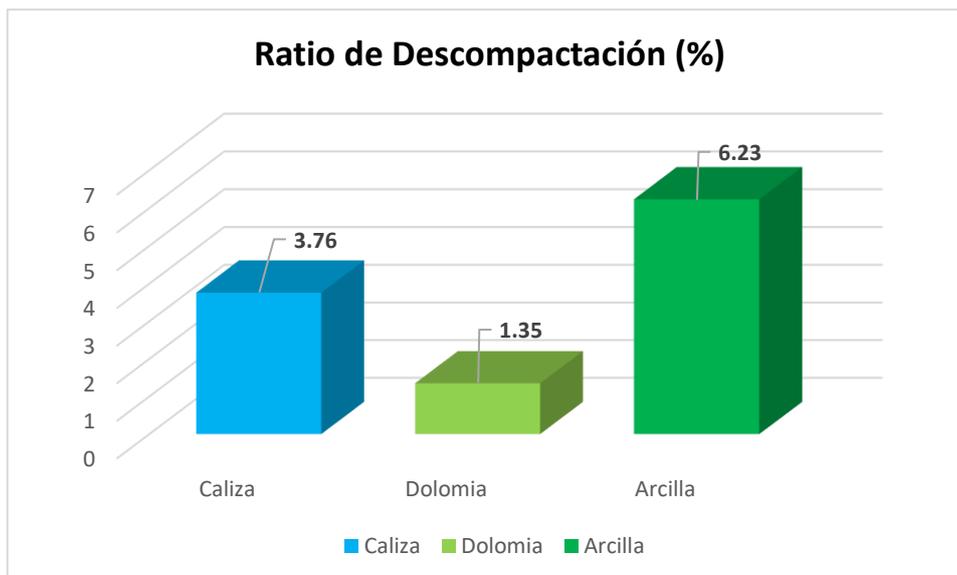


Gráfico 5 Ratios de Descompactación de la Formación Pariatambo

4.1.3. Correlación De Columnas Litoestratigráficas (Ronquillo Y Puyllucana)

Las columnas litoestratigráficas tanto de Ronquillo como de Puyllucana se correlacionan en 6 secuencias:

Secuencia 1: la base de la Formación Pariatambo que está conformada por una intercalación de calizas de estructura tabular y lutitas de 8 a 12 cm de espesor en una secuencia rítmica degradacional, con la presencia de huellas y marcas de fósiles como Ammonites, y Ostreas.

Secuencia 2: Compuesta por una secuencia rítmica creciente de una intercalación de calizas dolomitizadas de estructura tabular y lutitas con presencia de estructuras inorgánicas rellenas de carbonato de calcio y con presencia de fósiles como ammonites.

Secuencia 3: Esta secuencia se caracteriza por la aparición de las margas intercaladas con calizas de estructuras lenticular y tabular, y lutitas de espesores de 1.5 m a 25 cm con presencia de fauna fósil, como ammonites de 12 cm de longitud y bivalvos de 4 cm de longitud.

Secuencia 4: En esta secuencia se encuentran calizas de estructura lenticular intercaladas con lutitas de espesores que varían de 8 a 14 cm.

Secuencia 5: Presenta calizas silicificadas, producto del reemplazamiento químico del carbonato por sílice, seguido de un horizonte de Chert de espesores de 1 a 4 cm.

Secuencia 6: La parte superior de la Formación Pariatambo está compuesta por una secuencia rítmica creciente de calizas de estructuras tabulares intercaladas con estratos de lutita

El ambiente de depositación de los sedimentos que componen la Litoestratigrafía de la Formación Pariatambo en Puyllucana es predominantemente euxínico de aguas estancadas y de profundidad media a baja, lo que no permitía la descomposición de la materia orgánica, transformándose en bitumen dándole un color oscuro a las rocas.

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La unidad litoestratigráfica de la Formación Pariatambo, presenta facies de sedimentación como Margas, calizas nodulares, lutitas, calizas silicificadas, dolomías, calizas de estructuras lenticulares y un horizonte de Chert, de unidades Inferior, medio y superior; los cuales tienen relación en las secuencias rítmicas crecientes y decrecientes.

También Presenta un cambio de ambiente anóxico donde presenta calizas bituminosas a un ambiente somero con presencia de bastante fauna marina como bivalvos, ammonites y ostreas. Los cuales indican un ambiente oxigenado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La Formación Pariatambo del Centro Poblado de Puyllucana, se subdivide en tres unidades litoestratigráficas (A, B y C)
- En la unidad litoestratigráfica A en la base en contacto concordante con la Formación Chúlec con estratos de calizas compactas de 2m, seguida de secuencia rítmica decreciente con una intercalación de lutitas y calizas bituminosas delgadas de 9 a 12 cm de espesor; seguidos de una secuencia rítmica creciente de margas intercaladas con calizas, con predominio de estructuras lenticulares.
- En la unidad litoestratigráfica B, presenta secuencia rítmica decreciente con intercalaciones de estratos delgados de calizas, algunas lenticulares otras tabulares con fósiles de amonites; con mayores espesores de lutitas grises, donde aparecen estructuras inorgánicas que han sido rellenadas por carbonato de calcio, formando estructuras vetiformes.
- La Unidad litoestratigráfica C, presenta secuencia rítmica creciente y decreciente, de calizas tabulares intercaladas con lutitas, seguidas de una secuencia de lutitas con calizas nodulares bien delgadas, seguidas de un horizonte de calizas silicificadas y una capa de chert efecto de un proceso químico que intercambia el carbonato por sílice.

- Las unidades litoestratigráficas determinadas en la Formación Pariatambo poseen un ratio de des compactación de: 3.76 % para calizas, 1.35% para Dolomías y 6.23% para Lutitas.
- En la correlación de Columnas Litoestratigráficas de Ronquillo y Puyllucana se determinaron 6 secuencias similares entre ellos, donde se presentan facies de calizas tabulares, margas, calizas de estructura lenticular, calizas nodulares, calizas silicificadas y un horizonte de chert.
- La Formación Pariatambo posee un ambiente deltaico distal (anóxico) en la unidad A, por la presencia de calizas bituminosas, calizas lajosas y moldes de fósiles como ammonites. Y en las unidades B y C un ambiente Playero somero donde se encuentra abundante fauna fósil como Bivalvos, Ammonites y Ostreas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar la estratigrafía secuencial de las Formaciones Chúlec y Yumagual para poder compararlas con la estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo y al final realizar las variaciones y evoluciones de la sedimentación de la cuenca Cajamarca.
- Realizar análisis microscópico para poder determinar la porosidad de cada tipo de roca carbonatada presente en la Formación Pariatambo presente en el Centro Poblado Puyllucana y así poder tener un análisis más exacto de la estratigrafía secuencial.
- Realizar un Análisis de tasa de subsidencia de la Formación Pariatambo presente en el Centro Poblado de Puyllucana para poder tener un estudio más completo sobre dicha formación y así seguir aportando al conocimiento del Cretácico Inferior de la cuenca de Cajamarca.

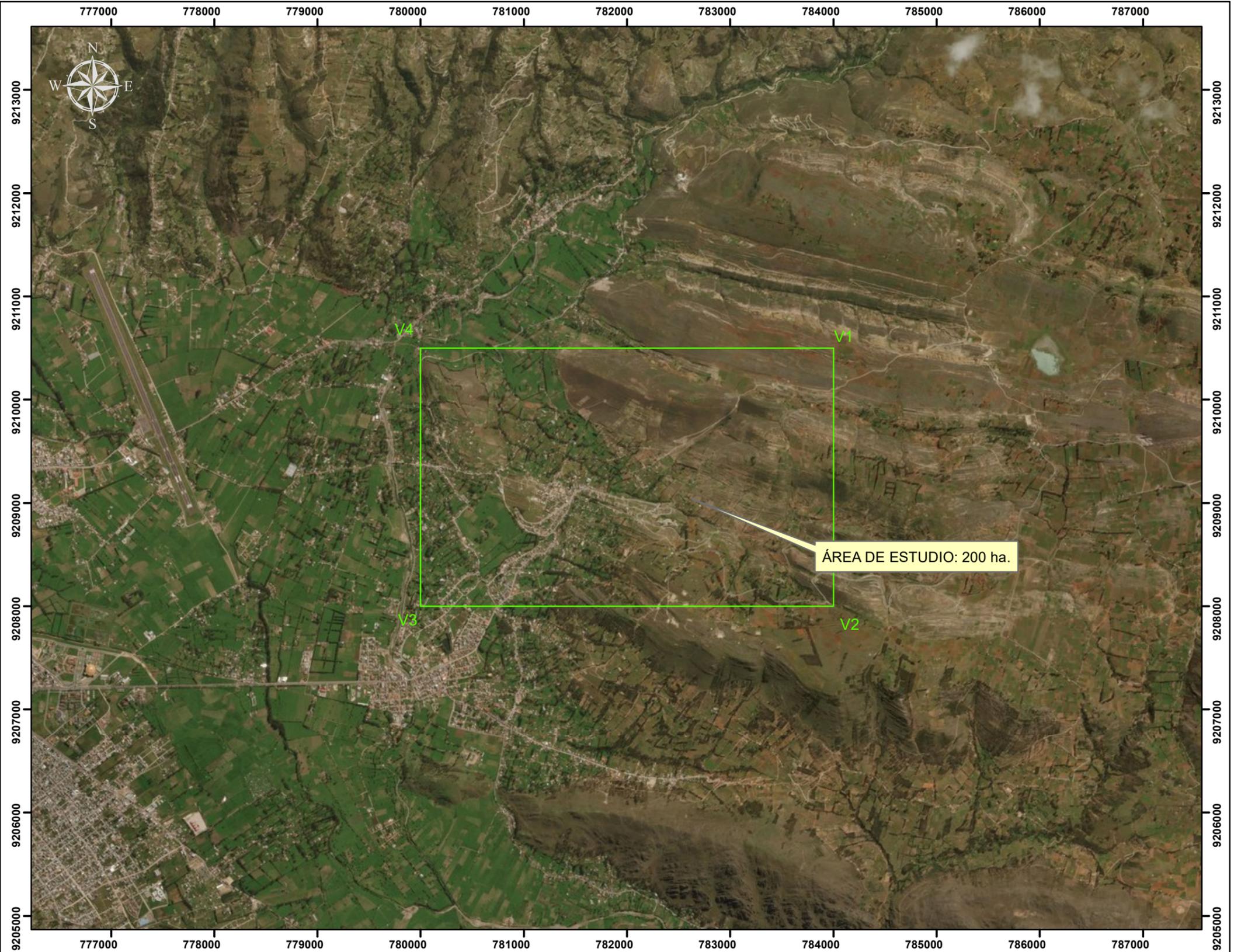
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso F.J. (2003) Apuntes Petrología Sedimentaria, Rocas Carbonatadas: Dolomías, Universidad Nacional de Oviedo, Facultad de Geología, pág. 72 – 87
- Barragán R., Christophul F., White H., Baby P. Rivadeneira M., Ramirez F., Rodas J. (2004). Estratigrafía Secuencial del Cretácico de la Cuenca Oriente del Ecuador. Editores Científicos, pág. 45 – 68.
- Bazán JC. (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, pág. 35 - 72
- Emmanuel Robert, Luc G. Bulot, Annie Dhondt, Etienne Jaillard, Rommel Villagómez, Marco Rivadeneira, y Medardo Paz. (1998). La Transgresión del Cretácico Inferior en el Margen Andino (Perú y Ecuador), pág.75 - 83
- Einsele G. (1991), Sedimentary Basins-Evolution, Facies, and Sediment Budget, pág. 509 – 540
- Javier Martín Chivelet (1992). Las Plataformas Carbonatadas del Cretácico Superior de la Margen Bética (Altiplano de Jumilla – Yecla, Murcia), pág. 82 – 104
- Oyarzún J. (2009). Léxico sobre procesos y estructuras geológicas, Universidad de la Serna – Chile, pág. 11 – 23.
- Lagos A, Sánchez J, Quispe Z, Palacios O (2007). Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de Baños del Inca, Cruz Blanca y Otuzco, distrito de Cajamarca. XIII Congreso de Geología. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, pág. 551-554
- López W. (20013). Subsistencia de la Cuenca Sedimentaria del Cretácico Superior en el Distrito de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Geológica, pág. 43 - 48, 54 – 99.
- López R. (2002). Manual para la Clasificación de Rocas Carbonatadas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, pág. 6 - 24.
- René Marocco (2009), Introducción a la Estratigrafía Secuencial, pág. 4-46.
- Rivera L. (1980). Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Hojas: 15 – f, 15 – g, 16 – g). INGEMMET, Boletín N° 31, pág.32

- Soria, A.R, Vennin, E. y Meléndez, A. Estratigrafía (1994), sedimentología y control tectónico en la evolución de las rampas carbonatadas del Cretácico Interior de la Cubeta de Oliete (provincia de Teruel), Rev. Soc. Geol. España, 7 (1-2), Pág. 48 – 56
- Tafur (2016), Estratigrafía Secuencial de la Formación Celendín, Distrito de Otuzco – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Geológica, pág. 35 – 60.
- Y. Sánchez – Moya; Sopeña; A. Muñoz y Ramos (1992). Consideraciones Teóricas Sobre el Análisis de la Subsidecna: Aplicación a un Caso Real en el Borde de la Cuenca Triásica Ibérica, Rev. Soc. Geol. Espala, 5, (3-4), pág. 24.

ANEXOS

1. Plano de Ubicación
2. Plano de Accesibilidad
3. Plano Geológico
4. Plano Topográfico
5. Plano Columna Estratigráfica de la Unidad A de la Formación Pariatambo
6. Plano Columna Estratigráfica de la Unidad B de la Formación Pariatambo
7. Plano Columna Estratigráfica de la Unidad C de la Formación Pariatambo
8. Plano Columna Estratigráfica de la Formación Pariatambo
9. Plano Correlación de Columnas Estratigráficas de Ronquillo y Puyllucana



COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

WGS '84 ZONA 17 S

VÉRTICE	LONGITUD	LATITUD
V1	784000	9210500
V2	784000	9208000
V3	780000	9208000
V4	780000	9210500

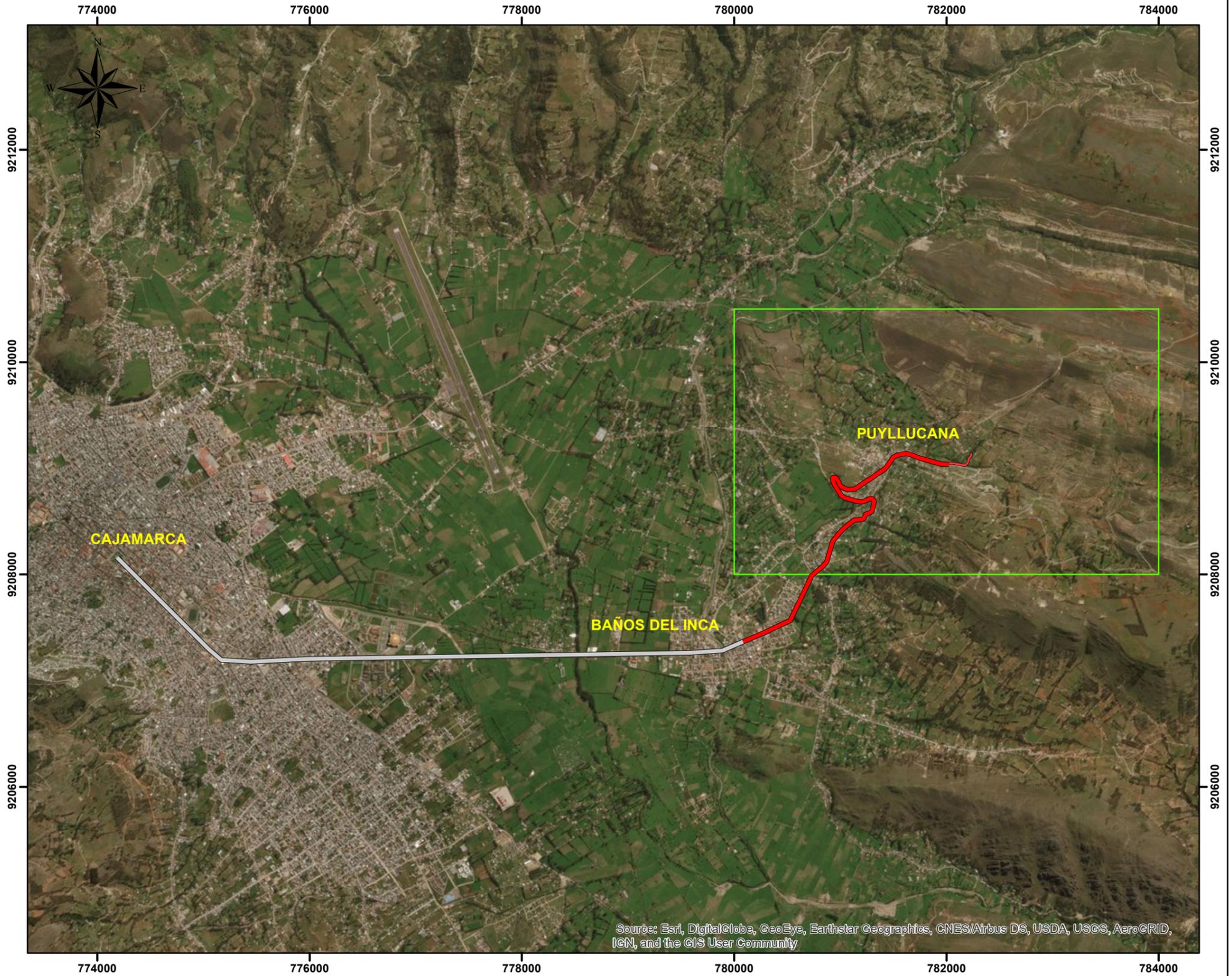
LEYENDA

ÁREA DE ESTUDIO

ESCALA : 1/40 000
 SISTEMA DE CUADRICULADO: UTM CADA UN KILÓMETROS
 DATUM : WGS 1984



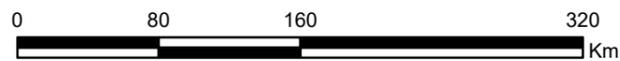
TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"		PLANO : UBICACIÓN	
		REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS	
ASESOR: M.Cs. Ing. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN		ESCALA : 1/40 000	LAMINA N°:
UBICACIÓN : CASERIO : PUYLLUCANA DISTRITO : BAÑOS DEL INCA PROVINCIA : CAJAMARCA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA		FECHA : Cajamarca, mayo del 2017	
			01



ACCESIBILIDAD

- Baños del Inca - Puyllucana
- Cajamarca - Baños del Inca
- Puyllucana - Área de Estudio
- Área de Estudio

ESCALA : 1/40 000
 SISTEMA DE CUADRICULADO: UTM CADA DOS KILÓMETROS
 DATUM : WGS 1984



TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"



ASESOR: M.Cs. Ing. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN

UBICACIÓN :

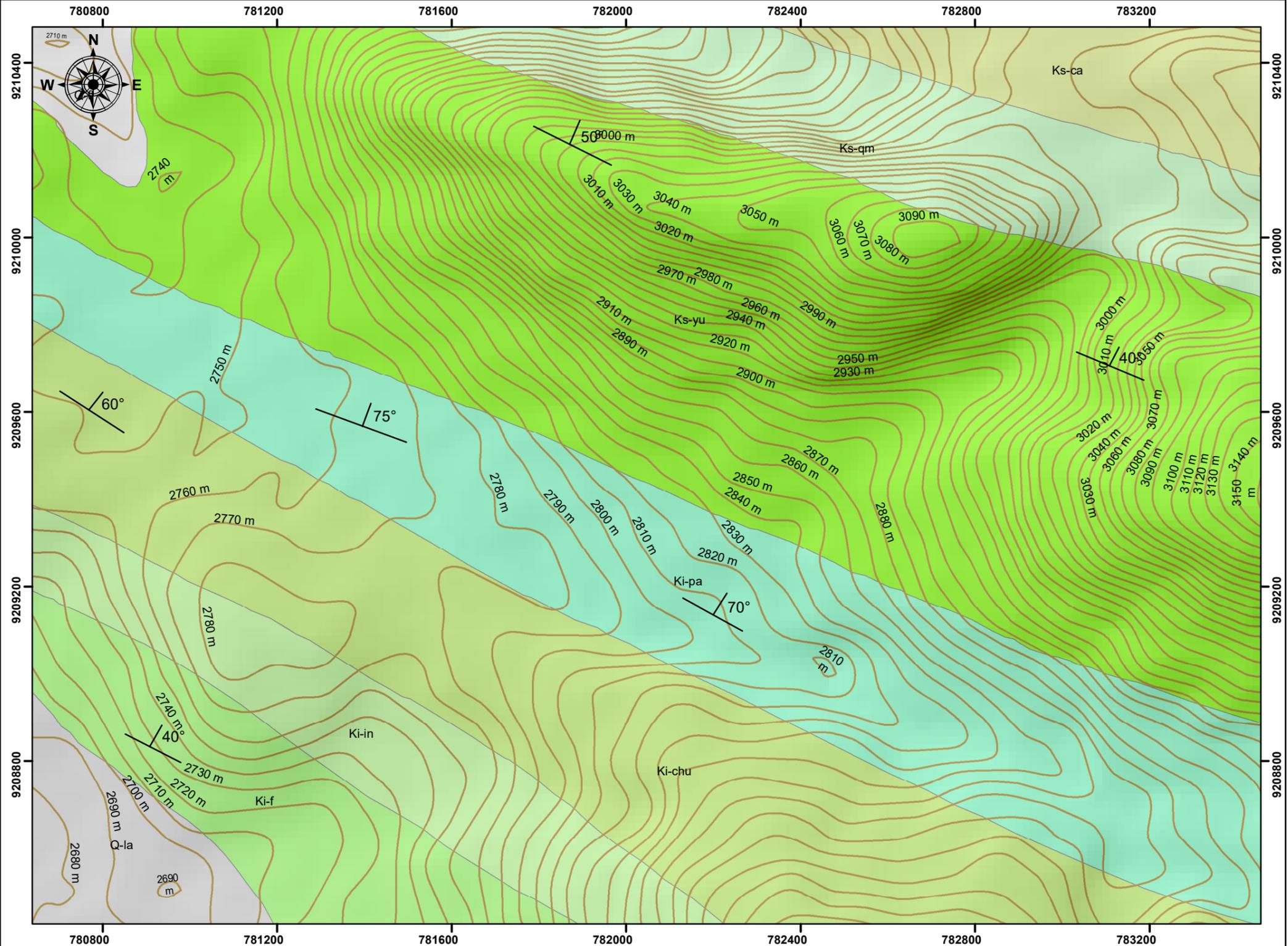
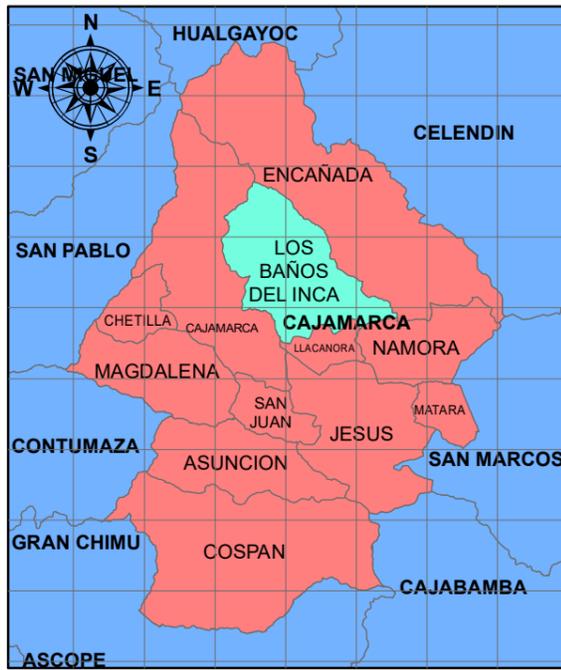
CASERIO : PUYLLUCANA

DISTRITO : BAÑOS DEL INCA

PROVINCIA : CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

PLANO :	ACCESIBILIDAD	
REALIZADO POR:	BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS	
ESCALA :	1/40 000	LAMINA N°:
FECHA :	Cajamarca, mayo del 2017	02



LEYENDA

— Curvas de Nivel
 / Buzamiento

GEOLOGÍA

- Ki-chu : Formación Chulec
- Ki-f : Formación Farrat
- Ki-in : Formación Inca
- Ki-pa : Formación Pariatambo
- Ks-ca : Formación Cajamarca
- Ks-qm : Grupo Quilquiñan, Formación Mujarrum
- Ks-yu : Formación Yumagual
- Q-fl : Cuaternario Fluvial
- Q-la : Cuaternario Lagunar

ESCALA : 1/10 000
 SISTEMA DE CUADRICULADO: UTM CADA CUATROCIENTOS METROS
 DATUM : WGS 1984

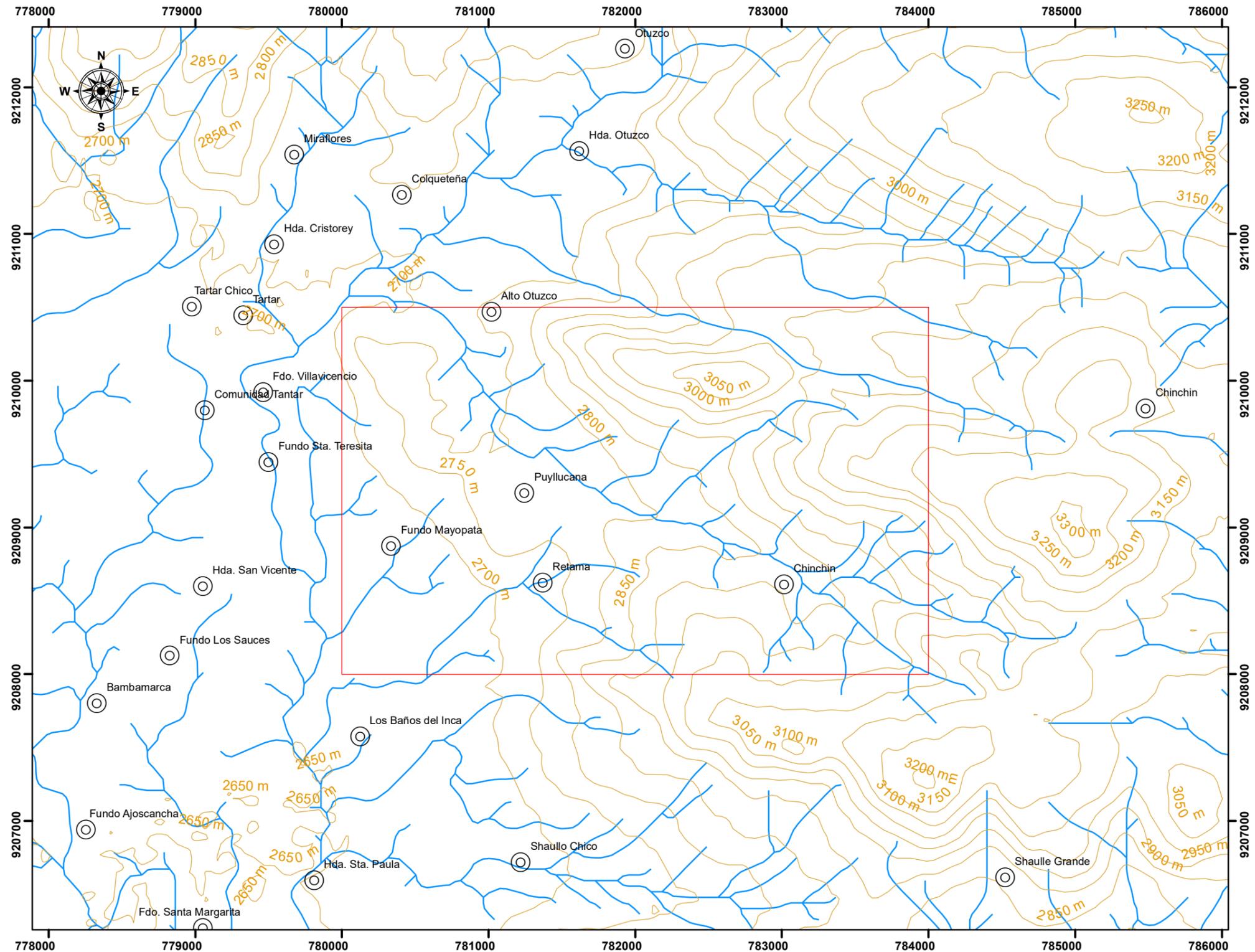


TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"		PLANO : GEOLÓGICO	
	ASESOR: MCs. Ing. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN		REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS
	UBICACIÓN :	CASERIO : PUYLLUCANA	ESCALA : 1/10 000
		DISTRITO : BAÑOS DEL INCA	FECHA : Cajamarca, mayo del 2017
		PROVINCIA : CAJAMARCA	LAMINA N°: 03
	DEPARTAMENTO : CAJAMARCA		



LEYENDA

- ⊙ Centros Poblados
- ▭ Área de Estudio
- Curvas de nivel
- Drenaje



ESCALA : 1 / 30 000
 SISTEMA DE CUADRICULADO : UTM CADA UN KILÓMETRO
 DATUM : WGS 1984



TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"



ASESOR: M.Cs. Ing. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN

UBICACIÓN :
 CASERIO : PUYLLUCANA
 DISTRITO : BAÑOS DEL INCA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

PLANO : TOPOGRÁFICO

REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS

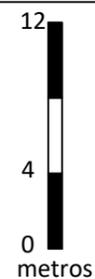
ESCALA : 1/30 000

FECHA : Cajamarca, mayo del 2017

LAMINA N°: 04

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	MIEMBRO	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	TEXTURA DE ROCAS CARBONATADAS					ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	FÓSILES	DESCRIPCIÓN
								MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE			
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	INFERIOR	35			MUDSTONE WACKSTONE PACKSTONE GRAINSTONE BUDSTONE					Oxitropydoceras Carbonarium	Oxitropydoceras Carbonarium	Aparición de facies de Margas intercaladas con calizas de espesores 15 a 20 cm con una secuencia Rítmica Creciente
															Inicio de la sedimentación de la Formación Pariatambo con una secuencia rítmica decreciente de una intercalación de calizas nodulares y arcillas de 8 a 10 cm de espesor
Estructura Tabular Ammonite								Secuencia Decreciente Secuencia Creciente		ARCILLITA LIMOLITA ARENISCA CONGLOMERADO TEXTURA DE ROCAS DETRÍTICAS					

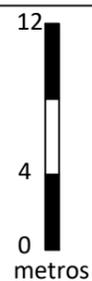
LEYENDA			
	CALIZAS		MARGAS
	DOLOMIA		LUTITAS



TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"		PLANO: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA UNIDAD A DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	
	ASESOR: MCs. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN	REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉS COLI DAVIS	
	UBICACIÓN:	CASERIO : PUYLLUCANA DISTRITO : BAÑOS DEL INCA PROVINCIA : CAJAMARCA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA	ESCALA: 1 / 375
	FECHA: Cajamarca, mayo del 2017		LÁMINA N°:
			05

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	MIEMBRO	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	TEXTURA DE ROCAS CARBONATADAS					ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	FÓSILES	DESCRIPCIÓN	
								MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE				
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	MEDIO	92								 Oxitropydoceras Carbonarium	Inicio de una secuencia Rítmica Decreciente de intercalación de calizas y arcillas que empiezan a disminuir su espesor		
																 Diploceras sp.
Estructura Lenticular Ammonite Bivalvo Secuencia Decreciente Secuencia Directa								ARCILLITA LIMOLITA ARENISCA CONGLOMERADO	TEXTURA DE ROCAS DETRÍTICAS							

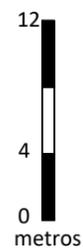
LEYENDA	
	CALIZAS
	LUTITAS



TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"		PLANO: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA UNIDAD B DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	
	ASESOR:	MCs. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN	
	UBICACIÓN:	CASERIO : PUYLLUCANA	REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉS COLI DAVIS
	DISTRITO : BAÑOS DEL INCA	ESCALA: 1 / 375	LÁMINA N°: 06
	PROVINCIA : CAJAMARCA	FECHA: Cajamarca, mayo del 2017	
	DEPARTAMENTO : CAJAMARCA		

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	MIEMBRO	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	TEXTURA DE ROCAS CARBONATADAS					ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	FÓSILES	DESCRIPCIÓN	
								MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BUDSTONE				
MESOZÓICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	FORMACIÓN YUMAGUAL	INFERIOR	159											
		INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	SUPERIOR											Facie de secuencia rítmica creciente donde las lutitas empiezan a aumentar su espesor	
													Facie de secuencia rítmica decreciente de intercalación de calizas con lutitas de espesores de 2 a 3 cm.			
													Facie silicia originado por el reemplazamiento químico de los carbonatos por sílice			
													Inicio de una secuencia Rítmica Decreciente, de calizas Lenticulares intercalada con arcillas de espesores pequeños.			
							Inició de una secuencia Rítmica creciente de intercalación de calizas y arcillas, donde las calizas van perdiendo espesor.									
						Estructura Lenticular Estructura Tabular		Secuencia Decreciente Secuencia Creciente		Secuencia Directa						
								ARCILLITA LIMOLITA ARENISCA CONGLOMERADO								
								TEXTURA DE ROCAS DETRÍTICAS								

LEYENDA		
	CALIZAS	
	CALIZAS SILICIFICADAS	
	LUTITAS	
	CHERT	
		CALIZAS NODULARES



TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"



ASESOR: M.Cs. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN

UBICACIÓN:
 CASERIO : PUYLLUCANA
 DISTRITO : BAÑOS DEL INCA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

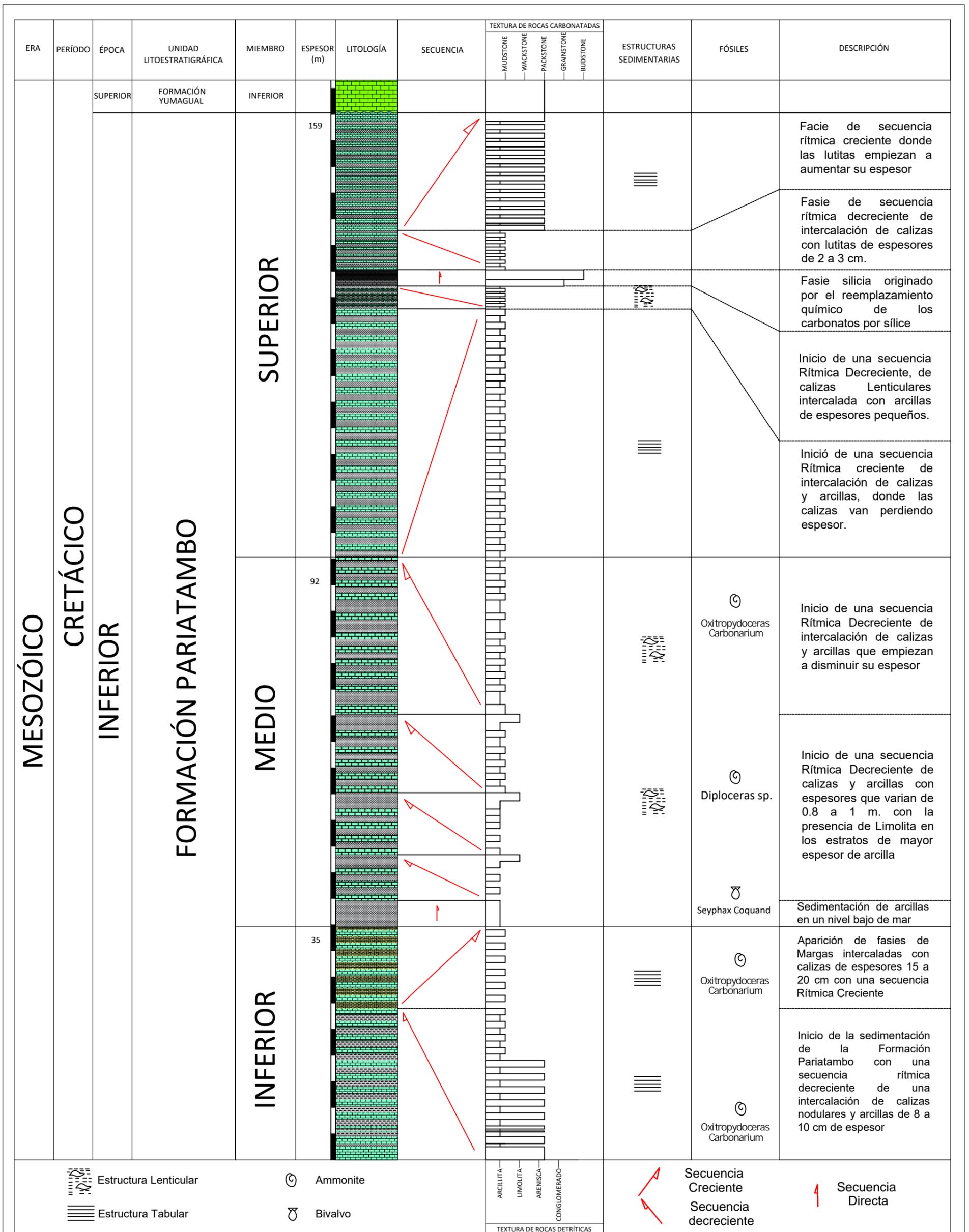
PLANO: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA UNIDAD C DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO

REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS

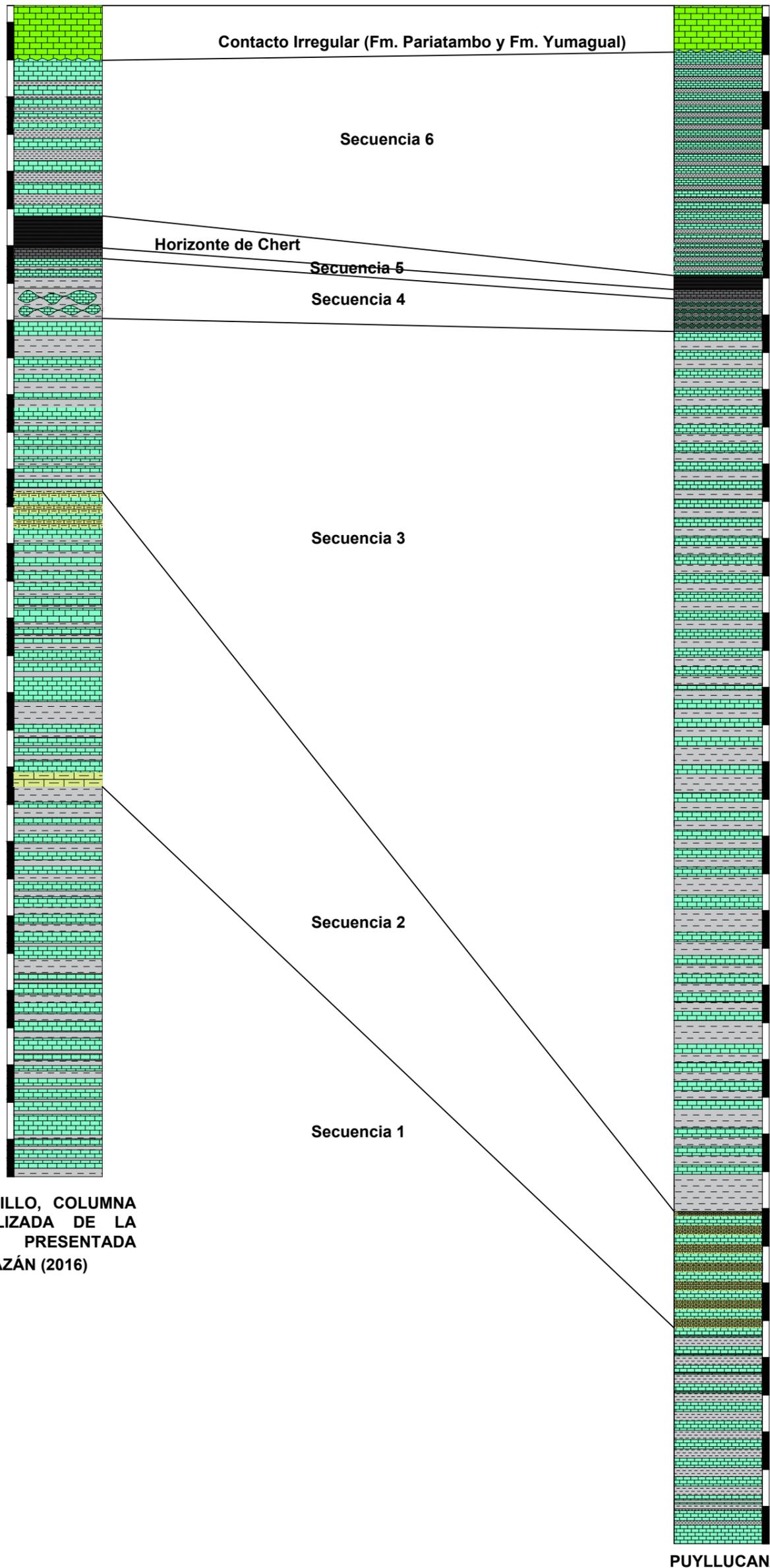
ESCALA: 1 / 425

FECHA: Cajamarca, mayo del 2017

LÁMINA N°: 07



<p style="text-align: center;">LEYENDA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> CALIZAS MARGAS CALIZAS SILICIFICADAS LUTITAS CALIZAS NODULARES CHERT </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> <p>12 4 0 metros</p> </div> </div>	<p>TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"</p> <p>ASESOR: MCs. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN</p> <p>UBICACIÓN: CASERIO : PUYLLUCANA DISTRITO : BAÑOS DEL INCA PROVINCIA : CAJAMARCA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA</p>	<p>PLANO: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO</p> <p>REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS</p> <p>ESCALA: 1 / 550</p> <p>FECHA: Cajamarca, mayo del 2017</p>	08
--	---	---	----



RONQUILLO, COLUMNA DIGITALIZADA DE LA TESIS PRESENTADA POR BAZÁN (2016)

PUYLLUCANA

LEYENDA

- CALIZAS
- MARGAS
- CALIZAS SILICIFICADAS
- LUTITAS
- CALIZAS DE LA FORMACIÓN YUMAGUAL
- CHERT
- CALIZAS NODULARES

TESIS PROFESIONAL "ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO"



ASESOR: MCs. QUISPE MAMANI ZENÓN CRISPIN

UBICACIÓN:
 CASERIO : PUYLLUCANA
 DISTRITO : BAÑOS DEL INCA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

PLANO: CORRELACIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE RONQUILLO Y PUYLLUCANA

REALIZADO POR: BACH. ESCOBEDO CHÁVEZ FRANCÉSCOLI DAVIS

ESCALA: 1 / 500

FECHA: Cajamarca, mayo del 2017

LÁMINA N°: 09