

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DE LA MICROCUENCA
COCHAMARCA - SAN MARCOS CAJAMARCA PERÚ.**

Para optar El Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. JUAN CARLOS DURÁN RAMÍREZ

Asesor:

M. Cs. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Cajamarca - Perú

2018

AGRADECIMIENTO

A Dios, ser maravilloso que me dio fuerza y fe en la realización de este proyecto, a la Universidad Nacional de Cajamarca Alma Mater, por haberme permitido formarme en ella, quien me inculco conocimientos en diferentes campos del saber, para mi crecimiento personal y profesional.

A nuestros docentes, ellos que con enseñanzas impartidas en las aulas; contribuyeron con gran tesón y ahínco la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi familia y hermanos, especialmente a mi Madre; Josefina Ramírez Carhuanambo, por el apoyo incondicional y constante brindado durante mi formación académica, profesional y personal.

A mi asesor: M.Cs. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, que me brindo su valiosa y desinteresada orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La Microcuenca de Cochamarca - San Marcos pertenece a la cuenca del río Crisnejas comprende parte de las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, con un relieve bastante irregular con desniveles que van desde los 1500 a 4100 m.s.n.m. gran variabilidad biótica, climática y edáfica. En la zona de estudio encontramos las Formaciones Geológicas Carhuaz, Farrat e Inca. Estas Formaciones a su vez presentan características variables en cuanto a su génesis, considerando el evento tectónico a escala regional que contribuyó a su sedimentación, depositación y litificación de dichos estratos. El objetivo general de la Investigación es determinar y correlacionar la sedimentología y estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca de la microcuenca de Cochamarca - San Marcos Cajamarca Perú, realizándose estudios de Aplicaciones de Análisis de Cuencas Sedimentarias del Sistema Cretácico en el área de Paucamarca y los objetivos específicos son Determinar las características sedimentológicas y estratigráficas de las rocas, elaborar la columna Estratigráfica de las Formaciones existentes de la Microcuenca, determinar los Ambientes y Eventos que originaron la sedimentación, depositación y litificación de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, comparar las columnas estratigráficas del Sur, Centro y Norte del Perú y las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca de la Microcuenca. Los resultados obtenidos con este estudio es que Las Formaciones del Cretácico Inferior como Carhuaz, Farrat poseen las mismas características a lo largo de toda la zona de estudio, solo en la Formación Inca, es donde se ha observado algunos cambios específicos de espesor, fósiles y litología los cuales has sido identificados en la zona de estudio.

Palabras Claves: Formación, Sedimentología, Estratigrafía, Columna Estratigráfica, Correlación Estratigráfica, Evento Geológico, Ambientes de Sedimentación.

ABSTRACT

The microcuenca of Cochamarca - San Marcos belongs to Crisnejas river basin, it includes part of the provinces of Cajamarca, San Marcos and Cajabamba, with a quite irregular relief with differences of levels from 1500 to 4100 m.s.n.m. great biotic, climatic and edaphic variability. In the study area we find Formations Carhuaz, Farrat and Inca. These formations, in turn, have variable characteristics in terms of their genesis, considering the tectonic event on a regional scale that contributed to their sedimentation, deposition and lithification of said strata. The general objective is determine and correlate the sedimentology and stratigraphy of the Carhuaz, Farrat and Inca Formations of the microcuenca Cochamarca - San Marcos Cajamarca Peru, studies of Sedimentary Basin Analysis Applications of the Cretaceous System in the Paucamarca area and the specific objectives are to determine the sedimentology and stratigraphic characteristics of the rocks, to elaborate the stratigraphic column of the existing formations of the microcuenca, to determine the environments and events that originated the sedimentation, deposition and lithification of the Carhuaz, Farrat and Inca Formations, to compare the stratigraphic columns of the South, Center and North of Peru and the Carhuaz, Farrat and Inca Formations of the Microcuenca. The results obtained with this study is that the Formations of the Lower Cretaceous as Carhuaz, Farrat have the same characteristics throughout the study area, only in the Inca Formation, where it has been observed some specific changes of thickness, fossils and lithology which have been identified in the study area.

Key words: Formation, sedimentology, stratigraphy, stratigraphic column, Stratigraphic Correlation, Geological Event, depositional environments.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	v
CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	4
2.1.1. HISTORIA DE LA SEDIMENTOLOGÍA	4
2.1.2. HISTORIA DE LA ESTRATIGRAFÍA	6
2.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS	8
2.2.1. ANTECEDENTES NACIONALES	8
2.3 BASES TEÓRICAS	9
2.3.1 ETIMOLOGÍA DE SEDIMENTOLOGÍA	9
2.3.2 DEFINICIÓN	9
2.3.3 OBJETIVOS DE LA SEDIMENTOLOGÍA	10
2.3.4 PROCESOS SEDIMENTARIOS.	10
2.3.5 AMBIENTES SEDIMENTARIOS.	11
2.3.6. TIPOS DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS.	12

2.3.6.1	AMBIENTES CONTINENTALES	12
2.3.6.2	AMBIENTES DE TRANSICIÓN	14
2.3.6.3	AMBIENTES MARINOS	15
2.3.7	RELACIÓN DE LA SEDIMENTOLOGÍA CON OTRAS CIENCIAS	17
2.3.8	ETIMOLOGÍA DE ESTRATIGRAFÍA	19

	Pág.	
2.3.9	DEFINICIÓN	19
2.3.10	PROCESO DE ESTRATIFICACIÓN	20
2.3.11	PRINCIPIOS ESTRATIGRÁFICOS	21
2.3.11.1	PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICIÓN DE ESTRATOS	21
2.3.11.2	PRINCIPIO DE SUCESIÓN FAUNÍSTICA	22
2.3.11.3	PRINCIPIOS DEL ACTUALISMO Y UNIFORMITARISMO	22
2.3.11.4	PRINCIPIO DE LA CORRELACIÓN DE FACIES	22
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	23
CAPÍTULO III	: MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	28
3.1.1	GEOGRÁFICA.	28
3.1.2	POLÍTICA.	28
3.2	ACCESIBILIDAD	29
3.3	CLIMA.	30
3.4	VEGETACIÓN	30
3.5	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	32
3.5.1	PROCESOS EXÓGENOS	32
3.5.2	CAUCES FLUVIALES	32
3.5.3	SUPERFICIES DE EROSIÓN	32
3.6	HIDROLOGÍA.	33
3.7	GEOLOGÍA REGIONAL.	33
3.8	CRETÁCICO INFERIOR.	35
3.8.1	GRUPO GOYLLARISQUIZGA.	35
3.8.1.1	FORMACIÓN CHIMÚ.	35
3.8.1.2	FORMACIÓN SANTA.	35
3.8.1.3	FORMACIÓN CARHUAZ.	36
3.8.1.4	FORMACIÓN FARRAT.	36
3.8.1.4	FORMACIÓN INCA.	37

	Pág.
3.8.3 FORMACIÓN CHULEC.	37
3.8.4 FORMACIÓN PARIATAMBO.	38
3.9 CRETÁCICO SUPERIOR.	39
3.9.1 FORMACIÓN YUMAGUAL.	39
3.9.2 GRUPO QUILQUIÑÁN-FORMACIÓN MUJARRÚN.	39
3.9.2.1 FORMACIÓN MUJARRÚN.	39
3.9.2.2 FORMACIÓN ROMIRÓN.	40
3.9.2.3 FORMACIÓN COÑOR.	40
3.9.3 FORMACIÓN CAJAMARCA.	40
3.9.4 FORMACIÓN CELENDÍN.	41
3.10 GEOLOGIA LOCAL.	42
3.10.1 FORMACIÓN CARUHAZ.	42
3.10.2 FORMACIÓN FARRAT.	42
3.10.3 FORMACIÓN INCA.	43
3.11 PROCEDIMIENTOS.	43
3.11.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	43
3.11.1.1 SEGÚN TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	43
3.11.1.2 SEGÚN EL TIPO DE PREGUNTA PLANTEADA EN EL PROBLEMA.	43
3.11.1.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	44
3.11.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.	45
3.11.2.1 EQUIPO DE CAMPO.	45
3.11.2.2 INFORMACIÓN Y SOPORTE TÉCNICO.	46
3.11.2.3 MATERIALES DE ESCRITORIO.	46
3.11.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES.	46
3.11.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.	46
3.11.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES.	46
3.12 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	47
3.12.1. PROCESOS ENDÓGENOS.	47
3.12.1.1 OROGÉNESIS	47

	Pág.
3.12.1.2 EPIROGÉNESIS	47
3.12.2 PROCESOS TECTÓNICOS	48
3.13 PETROLOGÍA.	50
3.13.1 DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA DE LAS FORMACIONES CARHUAZ, FARRAT E INCA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA – SAN MARCOS CAJAMARCA PERÚ.	50
3.13.1.1 ARENISCA.	50
3.13.1.2 LUTITA.	50
3.13.1.3 CALIZA	51
3.14 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	52
3.14.1 ESTRATIGRAFÍA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA - SAN MARCOS CAJAMARCA PERÚ.	52
3.14.1.1 FORMACIÓN CARHUAZ (Ki-ca).	52
3.14.1.2 FORMACIÓN FARRAT (Ki-fa).	57
3.14.1.3 FORMACIÓN INCA (Ki-in).	61
3.14.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS (HOLOCENO RECIENTE).	66
3.14.3.1 DEPÓSITOS ALUVIALES	66
3.14.3.2 DEPÓSITOS FLUVIALES.	66
3.15 BIOESTRATIGRAFÍA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA – SAN MARCOS	66
3.15.1 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE FÓSILES.	67
3.15.2 CLASIFICACIÓN DE LOS FÓSILES DE LA ZONA.	68
3.15.2.1 TIPOS DE FÓSILES.	68
3.15.2.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN BIVALVO	69
3.15.2.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN PELECÍPODO	70
3.15.2.4 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN GASTERÓPODO	71

	Pág.
CAPÍTULO IV : ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	72
4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.	72
4.1.1 SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA.	72
4.1.1.1 RESULTADOS.	72
4.1.1.2. INTERPRETACIÓN.	72
4.1.2 EVENTOS SEDIMENTARIOS.	73
4.1.2.1 RESULTADOS.	73
4.1.2.2 INTERPRETACIÓN.	73
4.1.3 CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA NORTE, CENTRO Y SUR DEL PAÍS.	73
4.1.3.1 RESULTADOS.	73
4.1.3.2. INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN CARHUAZ.	74
4.1.3.3 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN FARRAT.	75
4.1.3.4 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN INCA.	76
4.1.4. MEDIDA DE ESPESORES.	77
4.1.5 PALEONTOLOGÍA.	77
4.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	78
4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	78
CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1 CONCLUSIONES.	79
5.2 RECOMENDACIONES.	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Ítem	Pág.
Figura N° 01. Esquema del ciclo de las rocas, los procesos de sedimentación y formación de rocas sedimentarias (James H. 1726 - 1797).	10
Figura N° 02. Distribución de los diferentes Ambientes Sedimentarios Barbara W. Murck, Brian J. Skinner, (1999).	16
Figura N° 03. Esquema de la sedimentología y su relación con otras ciencias	18
Figura N° 04. Esquema secuencial de la relación del proceso de Sedimentación y el proceso de estratificación.	19
Figura N° 05. Columna estratigráfica generalizada de Cajamarca	32

ÍNDICE DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Ítem	Pág.
Columna Estratigráfica N° 01. Espesor y litología de la Formación Carhuaz	51
Columna Estratigráfica N° 02. Espesor y litología de la Formación Farrat.	56
Columna Estratigráfica N° 03. Espesor y litología de la Formación Inca.	61

ÍNDICE DE CUADROS

Ítem	Pág.
Cuadro N° 01. Variables independientes y dependientes	43
Cuadro N° 02. Rumbo y Buzamiento del Estrato y de la Falla Geológica	45
Cuadro N° 03. Correlación de la Formación Carhuaz	70
Cuadro N° 04. Correlación de la Formación Farrat	71
Cuadro N° 05. Correlación de la Formación Inca.	72
Cuadro N° 06. Cuadro comparativo de espesores.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Ítem	Pág.
Tabla N° 01. Coordenadas UTM (DATUM WGS84) de la Zona de Estudio	26

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El departamento de Cajamarca, es un territorio conformado por diferentes formaciones geológicas, las que históricamente pertenecen a la era geológica que va desde el Precámbrico hasta el Cenozoico cuya litología está constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios. Las características Sedimentológicas y Estratigráficas de las diversas Formaciones Cretáceas, están relacionadas con los ambientes de sedimentación, tipos de estratos y restos Paleontológicos, así como los elementos de los Depósitos Cuaternarios están en proporción al tipo de energía de transporte y depositación sufrida, pertenece a la cuenca del río Crisnejas comprende parte de las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, En la zona en estudio encontramos al Grupo Goyllarisquizga, del cual realizaremos el estudio de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca.

La Formación Carhuaz, consta de una alternancia de lutitas verdosos y areniscas de grano fino en estratos comúnmente delgados con un espesor de 500 m. Lo cual indica que presentó una depositación en un ambiente continental y muy cercano a una zona transicional, con predominancia de climas cálidos y húmedos. Yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infrayace a la Formación Farrat.

La Formación Farrat consta de Areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m., tiene estratificación tabular pero también en algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje la cual descansa concordantemente a la Formación Carhuaz y subyace a la Formación Inca.

La Formación Inca su localidad típica está al Este de los Baños del Inca en Cajamarca, aflora a lo largo de casi toda la provincia, en San Marcos aflora al este y oeste, En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza. Su grosor aproximado es de 100 m. Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat.

Estas formaciones a su vez presentan características variables en cuanto a su génesis, considerando en su estudio una serie de eventos que contribuyeron a su sedimentación, depositación y litificación de dichos estratos.

Para la investigación se plantea la interrogante ¿Qué eventos ocurrieron para la formación de los estratos de dichas formaciones geológicas que se encuentran en la microcuenca Cochamarca-San Marcos?

La problemática a dicha investigación es la existencia de Formaciones Geológicas que aún no han sido estudiadas, tales como la Formación Carhuaz, Farrat e Inca, el cual pueden presentar una sedimentación y estratificación con características geológicas diferentes a otras zona ya estudiadas, esto se debe a que en tiempos geológicos los agentes de meteorización sucedieron pero a diferente escala dependiendo del material, lugar y clima de dicho tiempo.

Los motivos para llevar a cabo este trabajo obedecen a la necesidad de establecer y proporcionar un conocimiento base, ya que el presente trabajo ayudará al conocimiento geológico de la zona y a comprender mejor los eventos sedimentológicos y estratigráficos ocurridos en tiempos geocronológico

El desarrollo de la investigación se realizó usando el método directo, descriptivo y correlacional no experimental. con la finalidad de lograr y proporcionar un aporte técnico y científico a la Universidad Nacional de Cajamarca e interesados a seguir investigando la sedimentología y la estratigrafía, el mismo que a su vez servirá a

futuros egresados de nuestra alma mater, para la realización de trabajos de investigación posteriores.

El objetivo general es: correlacionar y determinar la sedimentología y estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca de la microcuenca de Cochamarca - San Marcos Cajamarca Perú. Y los específicos son: Determinar los eventos que originaron la sedimentación, depositación y litificación en la microcuenca Cochamarca - San Marcos, Determinar las características sedimentológicas y estratigráficas de las rocas, comparar las columnas estratigráficas en el sur, centro y norte del Perú y la microcuenca de Cochamarca - San Marcos, Determinar la estratigrafía de las Formaciones existentes de la microcuenca, Determinar los Ambientes de Sedimentación de las Formaciones de la microcuenca

La hipótesis planteada es que en la zona de estudio existen Formaciones Geológicas, tales como la Formación Carhuaz, Farrat e Inca los cuales presentan una sedimentación y estratificación intercalada de diferente litología tales como arenisca, lutita, caliza, esto se debe a que en tiempos geológicos se desarrolló variedad de Ambientes Sedimentarios originando la sedimentación, depositación y litificación de estos estratos que afloran en la superficie terrestre.

Capítulo II: Marco teórico se aborda temas de antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de los términos básicos.

Capítulo III: Está referido a Materiales y Métodos en donde se detallan la metodología utilizada y la descripción de los materiales y equipos.

Capítulo IV: Trata los Análisis y Discusión de resultados; donde analizamos todos los datos y resultados obtenidos.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

2.1.1. HISTORIA DE LA SEDIMENTOLOGÍA

En un primer período desde la última tabla estratigráfica del tiempo geológico ha variado la definición de su edad durante el siglo XX, porque se iba a definir de acuerdo a la aparición de los hombres más antiguos que se encontraron y variaron desde los 10,000 hasta 300, 000 años (Australopitecus del valle Olmo), el de Kenya; un Australopitecus en un depósito sedimentario de 5, 000,000 de años, demostró que los Australopitecus aparecieron desde el Plioceno tardío.

El hombre busco ventajas de todo su entorno, esto llevó al hombre al uso de las rocas en el Paleolítico, que significa en la prehistoria el uso de las rocas desde la época primitiva del hombre. Para lograr este conocimiento, se tuvo que hacer una burda clasificación de estas rocas, para así saber cuáles servían para cada uno de los propósitos, y el uso se los sedimentos se inició cuando el hombre observa y razona que el barro al ponerse a secar bajo los rayos de sol se endurecía. Algunos representantes:

Aristóteles (siglo IV a.c.) En sus viajes a Egipto notó la coloración del agua donde desembocaba el río Nilo y notó que había una gran cantidad de sedimentos en época de avenida.

Estrobón (siglo IV a.c.) Continúa con el estudio de los deltas de los ríos para posteriormente generalizarlos para todos los ríos; también se dedicó a clasificar el tamaño de los sedimentos.

Hutton, J. 1726-1797. Se considera como el fundador de la ciencia geológica debido a su formulación del Principio del Uniformismo. Todos los cambios que ha sufrido la superficie de la Tierra en el pasado son el resultado de la operación de las mismas leyes físicas que operan en la actualidad. Hutton dijo que las costas estaban erosionándose constantemente.

Xenofonte (siglo V a.c.). Observó que en las playas el nivel del mar aumentaba o disminuía, encontró conchas, animales marinos en lo alto de los cerros. Se le considera como el precursor de la paleontología.

Un segundo período se da con el establecimiento de una ciencia actualizada de rocas sedimentarias, y se fundamenta como ciencia. Tenemos algunos de sus representantes

Achossemius, 1877. En Italia estudia la formación de los minerales que hay en ciertas zonas de evaporación solar y da el nombre de evaporitas.

Clifton, H. 1826-1908. Mostró gran interés en los sedimentos en sus escritos. Descubre el microscopio petrográfico utilizando ciertos filtros y placas.

En un tercer período se da la Consolidación y profesionalización de la sedimentología como ciencia.

Pettijohn (1930). Publica su tratado de geología sedimentaria, en donde establece como se forman las estructuras sedimentarias.

Udden, Wentworth y Zingg 1908-1910. Estudian las partículas sedimentarias y dan sus clasificaciones al tamaño de las mismas.

Wentworth, 1910-1915. Establece la diferencia entre los tipos de partículas (grava, arena, limo y arcilla).

Un cuarto periodo se conoce como periodo profesional de la sedimentología. Hay mayor afluencia para dar a conocer publicaciones sobre sedimentología

- Interés en el estudio por cuestiones económicas, principalmente por búsqueda de titanio y petróleo.
- Nace la geofísica. El año de 1950 se establece como el Año Geofísico Internacional. Utilización de los rayos X en la sedimentología.
- Comienzan a verse menos conceptos de sedimentología con el surgimiento de la Tectónica.

Un Quinto Período que va hasta la actualidad, se conoce como Era Moderna de la sedimentología.

Desarrollo de la geoquímica en el área de la sedimentología, cobrando importancia en la exploración mineral y uso del microscopio electrónico en estudios de procedencia de los sedimentos.

- Se incrementa el conocimiento de las cuencas sedimentarias, y se logra establecer la relación de estas con la tectónica.
- Se estudia con detalle a de las corrientes de turbidez (turbiditas) y se llega a una mejor interpretación de su origen.
- Hay una mayor difusión de los trabajos efectuados en sedimentología, esto gracias a la publicación en gran escala y a la buena calidad de las investigaciones.

2.1.2. HISTORIA DE LA ESTRATIGRAFÍA.

Steno, N. 1638 – 1686. Habla sobre la importancia que tuvo hacia 1830 la aparición del libro Principles of Geology de Sir Charles Lyell, y la revolución que

esto significó para la Arqueología, pero plantea que la interpretación de los yacimientos arqueológicos compuestos de estratificación natural o geológica (en la que se hayan artefactos o restos humanos) está gobernada por los principios de la estratigrafía geológica y que es hora de que aquellos arqueólogos que aún creen en estos principios como método efectivo en el estudio del yacimiento arqueológico reconozcan y asimilen el divorcio (como el mismo dice) que hace tiempo se produjo entre las ideas geológicas de la estratigrafía y los contextos arqueológicos. El término estratigrafía apareció en 1865 y existen numerosos antecedentes que dieron lugar a su origen, donde se citan los más destacados:

Cuvier, G. 1769-1832. Zoólogo y naturalista francés publicó en 1811 una carta geológica de las zonas aledañas a París, en un trabajo que llamó: *Essais sur la géographie mineralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique et des coupes de terrain* (ensayo acerca de la geografía mineralógica de los alrededores de París con una carta geognóstica o de reconocimiento geológico de secciones o cortes de terreno).

Steno, N. 1618-1687. Padre de la estratigrafía. Estableció la Ley de la superposición y el Principio de la horizontalidad original. Contribuyó al desarrollo de la cristalografía.

Fue un Científico y religioso danés fundó las bases teóricas de la estratigrafía cuando consolidó la Ley de la Superposición en 1669, en sus *Dissertationis Prodomus*.

Smith, W. 1769-1832. Geólogo inglés que entre finales del siglo XVIII y los inicios del XIX, creó el primer mapa geológico de Inglaterra.

2.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.2.1 ANTECEDENTES NACIONALES

Benavides, V. 1956. “Sistema Cretáceo del Norte del Perú”. Quien estudió geológicamente la región Cajamarca llegando a describir las diferentes Unidades Geológicas de dicha región, además estudia la fauna fósil y ubicó dentro de la base de la Formación Pariatambo una zonificación faunística del Oxitopedoceras Carbonarium.

Lagos, A. & Quispe, Z. 2007. Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca. XIII congreso Peruano de Geología. En este estudio se analizan tanto los fósiles y las rocas que pertenecen a las formaciones Santa y Carhuaz de edad Cretácico Inferior, hallados en las localidades de San Marcos y Cajamarca. Estos análisis han permitido determinar su edad y las condiciones de depositación. La determinación de la posición media pesada relativa (PMPR) de las areniscas de la Fm. Carhuaz determinó su caracterización depositacional regional. Cabe indicar que, tanto la Fm. Santa como la Fm. Carhuaz, en contacto con intrusivos miocénicos se comporta muchas veces como buenas rocas receptoras para eventos de mineralización, como es el caso del yacimiento tipo Pórfido de Cu- Mo El Galeno, ubicado en el Departamento de Cajamarca.

Reyes, F. 1980. Con apoyo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), desarrollo el cartografiado geológico de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas (15-f, 15-g y 16-g), presentándolo en el Boletín N°31, con el nombre de “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”, en el describe las principales características geológicas de la zona y la caracterización de las Formaciones geológicas

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. ETIMOLOGÍA DE SEDIMENTOLOGIA.

Etimología.

Sedimento: materia, partícula o grano

Logos : discurso, doctrina, ciencia o estudio

Estudio de los procesos que forman, transportan y depositan materiales que se acumulan como sedimento, en ambientes continentales y marinos y que eventualmente se convierten en rocas sedimentarias.

2.3.2. DEFINICIÓN

Etimológicamente significa sedimento grano, y logos ciencia. Es el estudio de los procesos que forman, transportan y depositan materiales que se acumulan como sedimento, en ambientes continentales y marinos, que eventualmente se convierten en rocas sedimentarias.

La Sedimentología es una rama de la Geología que se ocupa del estudio de los procesos de formación y transporte, así como de deposición del material acumulado en forma de sedimento en regiones de tierra o mar, y que generalmente se convierte en rocas sedimentarias. Es el estudio de los sedimentos y su formación con el propósito de establecer modelos sedimentarios actuales que nos permitan reconocer e interpretar los modelos sedimentarios del pasado. Interpreta los procesos y ambientes de formación de las rocas sedimentarias, no se encarga de la descripción de las rocas, sino de la interpretación de sus procesos y entornos. Se encuentra estrechamente ligada a la Petrología Sedimentaria y a la Estratigrafía, si bien su objeto de estudio no es

la roca en sí (como la Petrología) sino su ubicación dentro de la cuenca sedimentaria, y no se preocupa tanto del tiempo (como la Estratigrafía), sino del medio sedimentario propiamente dicho (James H. 1726 – 1797).

2.3.3 OBJETIVOS DE LA SEDIMENTOLOGÍA

- El estudio del funcionamiento de los procesos sedimentarios.
- Intemperismo, erosión, transporte y cualquier otra forma de producción de sedimentos.
- Transporte, depósito y acumulación de sedimentos.
- Litificación y diagénesis.
- La caracterización de los procesos que ocurren en los diferentes ambientes sedimentarios y su relación con los materiales que producen. Ambiente-facies.

2.3.4 PROCESOS SEDIMENTARIOS.

Es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita. Un tipo común de sedimentación ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión y otras moléculas en disolución. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se deposite o precipite; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado.

Puesto que la mayor parte de los procesos de sedimentación se producen bajo la acción de la gravedad, las áreas elevadas de la litosfera terrestre tienden a ser sujetas prevalentemente a fenómenos erosivos, mientras que las zonas deprimidas están sujetas prevalentemente a la sedimentación. Las depresiones de

la litosfera en la que se acumulan sedimentos, son llamadas cuencas sedimentarias.

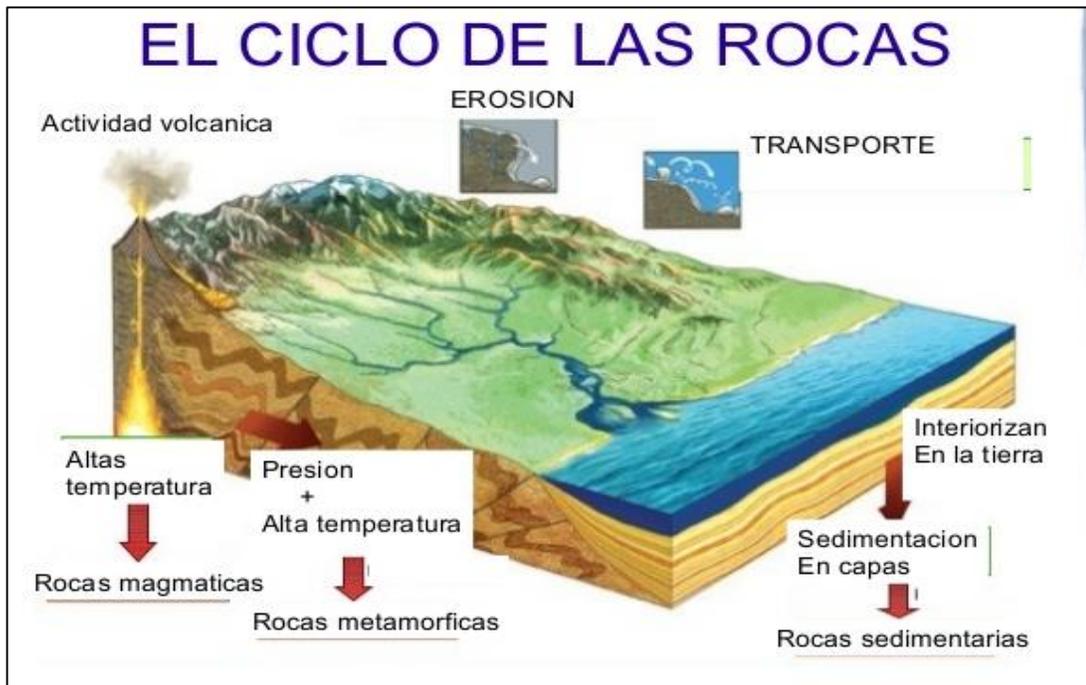


Figura N° 01. Esquema del ciclo de las rocas, los procesos de sedimentación y formación de rocas sedimentarias (Hutton, J. 1726 - 1797).

2.3.5. AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Un ambiente deposicional o ambiente sedimentario es simplemente un punto geográfico donde se acumulan los sedimentos. Cada lugar se caracteriza por una combinación particular de procesos geológicos (procesos sedimentarios) y condiciones ambientales (físicas, químicas y biológicas) que la diferencian de zonas adyacentes. Algunos sedimentos, como los sedimentos químicos que precipitan en cuerpos acuáticos, son únicamente el producto de su ambiente sedimentario. Es decir, los minerales que los componen se originaron y se depositaron en el mismo lugar. Otros sedimentos se forman lejos del lugar donde se acumulan. Estos materiales son transportados a grandes distancias de su origen por una combinación de gravedad, agua, viento y hielo.

En cualquier momento la situación geográfica y las condiciones ambientales de un ambiente sedimentario determinan la naturaleza de los sedimentos que se acumulan. Por consiguiente los geólogos estudian atentamente los sedimentos en los ambientes deposicionales actuales porque los rasgos que encuentran también pueden observarse en rocas sedimentarias antiguas Hutton, J. 1726 – 1797.

2.3.6 TIPOS DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los ambientes sedimentarios suelen estar localizados en una de las tres categorías: continental, marina y de transición (línea de costa). Cada uno consiste en un área donde el sedimento se acumula y donde los organismos viven y mueren. Cada uno produce una roca o una agrupación sedimentaria característica que refleja las condiciones predominantes.

2.3.6.1 AMBIENTES CONTINENTALES

Están dominados por la erosión y la deposición asociada a corrientes. En algunas regiones frías, las masas de hielo glacial en movimiento sustituyen el agua corriente como proceso dominante. En las regiones áridas (así como en algunos puntos litorales) el viento asume mayor importancia. Es evidente que la naturaleza de los sedimentos depositados en los ambientes continentales recibe una fuerte influencia del clima.

2.3.6.1.1 AMBIENTES FLUVIALES

Las corrientes son el agente dominante de la alteración del paisaje, erosionando más tierra y transportando y depositando más sedimentos que cualquier otro proceso. Además de los depósitos fluviales, se depositan grandes cantidades de sedimentos cuando las crecidas periódicas inundan valles amplios y llanos, denominados llanura de inundación. Donde emergen corrientes rápidas de área

montañosa hacia una superficie más llana, se forma una acumulación sedimentaria en forma de cono conocida como abanico aluvial.

2.3.6.1.2 AMBIENTE GLACIAR

En localizaciones frías de alta latitud o elevada altitud, los glaciares recogen y transportan grandes volúmenes de sedimentos. Los materiales depositados directamente del hielo suelen ser mezclas desordenadas de partículas con tamaños que oscilan entre las arcillas y los bloques. El agua procedente de la fusión de los glaciares transporta y deposita algunos de los sedimentos glaciares, creando acumulaciones estratigráficas ordenadas.

2.3.6.1.3 AMBIENTES EÓLICOS

La obra del viento y los depósitos resultantes se llaman eólicos. A diferencia de los depósitos glaciares, los sedimentos eólicos, están bien clasificados. El viento puede levantar el polvo fino hacia la atmósfera y transportarlo a grandes distancias. Donde los vientos son fuertes y la superficie no está fijada por la vegetación, la arena es transportada más cerca del suelo, donde acumula en dunas. Los desiertos y las dunas son lugares habituales de este tipo de depósitos.

2.3.6.1.4 AMBIENTE LACUSTRE

Presentan una gran variabilidad según la dimensión, situación climática, superficie drenada, profundidad, etc. y se pueden acumular sedimentos terrígenos relacionados con un importante transporte fluvial, incluso con desarrollo de deltas marginales, a sedimentos muy salinos, con evaporitas, en climas áridos y de escasa aportación fluvial. Por ejemplo las cuencas desérticas son lugares donde ocasionalmente se forman lagos playa poco profundos tras fuertes lluvias o periodos de fusión de la nieve en las montañas adyacentes. Se secan con rapidez,

y algunas veces dejan atrás evaporitas y otros depósitos característicos. En las regiones húmedas, los lagos son estructuras más duraderas y sus aguas tranquilas son excelentes trampas para los sedimentos. Los pequeños deltas, las playas y las barras se forman a lo largo de la orilla del lago, y los sedimentos más finos acaban reposando en el fondo del lago.

2.3.6.2 AMBIENTES DE TRANSICIÓN

Son ambientes situados en la zona límite continente - mar, y los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. La fuerte intensidad de sedimentación da lugar a cambios continuos en la morfología y delimitación en la línea de costa, por lo que los ambientes sedimentarios que aparecen, son de gran complejidad y a veces de difícil separación.

2.3.6.2.1 AMBIENTE DELTAICO

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

2.3.6.2.2 AMBIENTE DE PLAYA

En las zonas de costas no afectadas por desembocaduras fluviales, se desarrollan los ambientes de playa y de islas barreras, formadas por acumulaciones arenosas que se adosan a la costa o crecen a expensas del arrastre por deriva litoral, a cierta distancia aislando una masa de agua marina semicerrada, o laguna litoral.

Las facies asociadas a playas e islas barreras son fundamentalmente arenosas, mientras que en el interior de la laguna predominan los limos y arcillas. Si la isla barrera se corta por la influencia de mareas o tormentas, se desarrollan asociados a la apertura, pequeñas facies con geometría de deltas que se han llamado deltas maréales.

2.3.6.2.3 AMBIENTE DE LLANURA DE MAREAS O MARISMAS

Corresponden a costas muy planas, donde la marea cubre alternativamente superficies extensas, y pueden presentarse también en el interior de zonas protegidas por barreras o arrecifes. Las facies corresponden a sedimentos muy finos, con gran actividad orgánica y fuerte bioturbación, y donde las amplias variaciones en morfología que se presentan durante los ciclos maréales originan grandes variaciones de facies en los sedimentos. Suelen distinguirse llanuras de mareas terrígenas, con la aportación de sedimentos finos terrígena, y llanuras de mareas carbonatadas con aportación de fangos con composición de carbonato cálcico, a veces también transportado en suspensión desde el mar, o generado en la propia marisma por actividad orgánica, fundamentalmente de algas. En climas áridos, se forman sedimentos dolomíticos incluso depósitos de yeso y anhidrita por la fuerte evaporación del agua intersticial durante los momentos de bajada de mareas. En climas húmedos puede haber un fuerte desarrollo de vegetación continental que provocará la formación de extensos depósitos de turberas Hutton, J. 1726 – 1797.

2.3.6.3. AMBIENTES MARINOS

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

2.3.6.3.1 AMBIENTES DE PLATAFORMA

Se extiende por toda la plataforma continental, desde el borde de la zona submareal, y una de sus características es la fuerte dispersión a que están sometidos los sedimentos por la acción del oleaje, mareas, corrientes marinas y tormentas. La litología es muy variable, predominando las arenas en las zonas más agitadas y próximas a las zonas de aporte (costas), y limos y arcillas finas en las zonas más alejadas y en calma. En las zonas más alejadas de la costa, o de los lugares de aportación de los sedimentos, son frecuentes largos episodios de interrupción o atenuación de la sedimentación, y acusa en un endurecimiento de la superficie del sedimento, los suelos endurecidos generalmente acompañados por procesos de diagénesis, pudiendo estar representados, en pequeños espesores, grandes periodos de tiempo, llamándose estas delgadas sucesiones series condensadas. Las secuencias están, al igual que en la sedimentación litoral, con la que enlazan lateralmente, muy influenciadas por procesos de transgresión y regresión. En su conjunto la sucesión de una serie transgresiva y regresiva define un ciclo sedimentario. Hutton, J. 1726 – 1797.

2.3.6.3.2 AMBIENTE DE TALUD

En el exterior de la plataforma continental se encuentran estos ambientes de talud y marino profundo, que por la distribución de facies depositadas y mecanismos de aportación de sedimentos son más conocidos como ambientes de abanicos submarinos o de turbiditas. Son sedimentos que por la acción de corrientes, oleaje, tormentas, etc., llegan al borde de la plataforma donde son empujados, a veces sencillamente por inestabilidad mecánica, hacia el exterior de la plataforma, abriéndose camino por los cañones submarinos, y llegan a la base del talud desde donde se extiende en forma de abanicos por el fondo marino hasta que se atenúa

la corriente densa, corriente de turbidez, que los ha introducido con diversos mecanismos de transporte en masa. Hutton, J. 1726 – 1797.

2.3.6.3.3 AMBIENTE ABISAL

En éste la sedimentación es poco intensa y hacia el interior de los océanos van desapareciendo paulatinamente los depósitos más antiguos, debido a que puede aparecer corteza oceánica de edad posterior a los sedimentos considerados. La mayor parte de los sedimentos en los fondos oceánicos son pelágicos y de composición orgánica silíceo o arcillosa terrígena. Sobre los dorsales, la sedimentación es poco importante, y compuesta casi exclusivamente de restos de productos volcánicos y material muy fino arcilloso y silíceo (éste de procedencia orgánica) que llega hasta en interior del océano en suspensión (material pelágico).

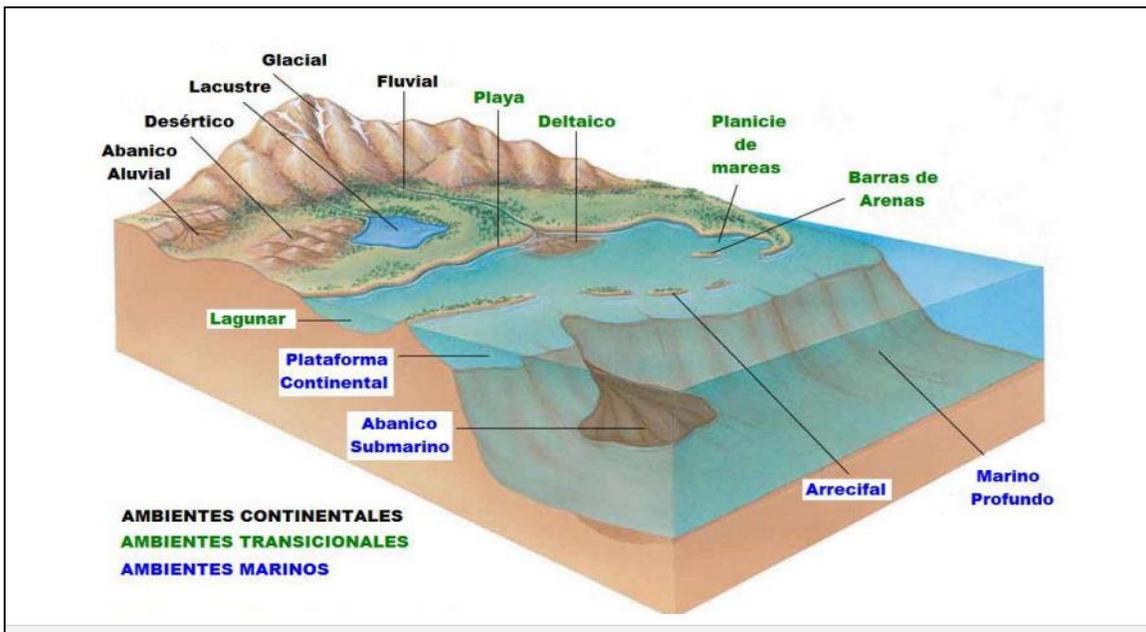
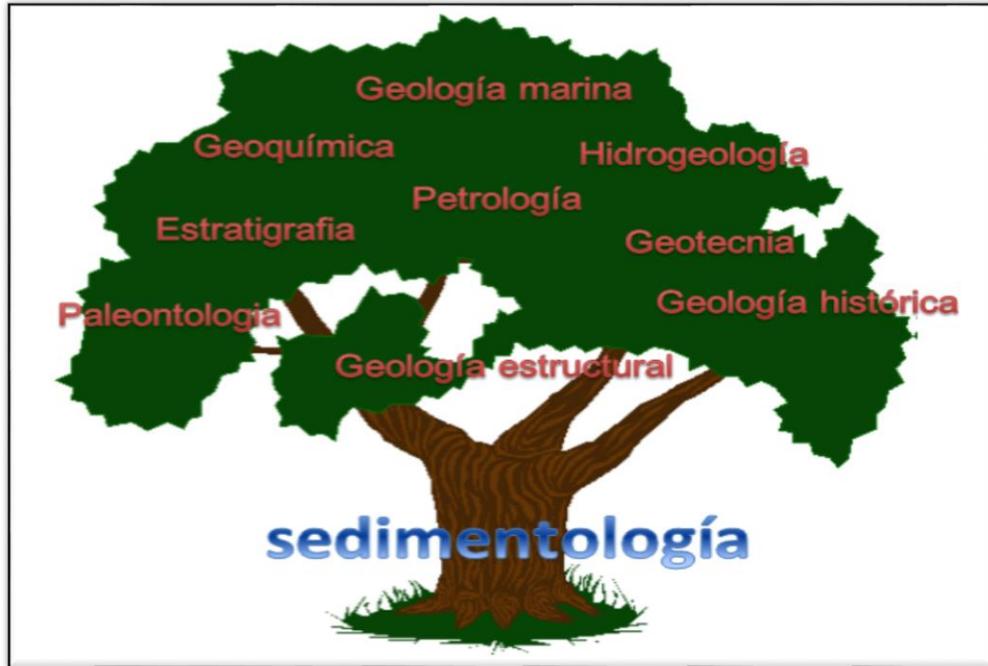


Figura N° 02. Distribución de los diferentes Ambientes Sedimentarios

Barbara W. Murck, Brian J. Skinner, 1999.

2.3.7 RELACIÓN DE LA SEDIMENTOLOGÍA CON OTRAS CIENCIAS

- **ESTRATIGRAFÍA:** Se encuentra muy relacionada con la Sedimentología, ya que para la formación de estratos la base son los sedimentos.
- **PETROLOGÍA:** Por la existencia de diferentes tipos de rocas tales como rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.
- **PETROGRAFÍA SEDIMENTARIA:** Por que estudia las características más a profundidad y a detalle de los sedimentos.
- **GEOLOGÍA AMBIENTAL:** Se enlazan por las diferentes características de ambientes, climas etc.
- **GEOLOGÍA MARINA:** Se encontraron y encuentran las distintas características de los océanos y los sedimentos.
- **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL:** Rama de la Geología que analiza la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman.
- **GEOLOGÍA HISTÓRICA:** Ayuda a la Sedimentología para poder determinar de qué período de depósito geológico se está hablando.
- **GEOFÍSICA:** Nos sirve para determinar las diferentes características de los estratos a profundidad mediante métodos indirectos.
- **GEOTECNIA:** Estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre.
- **HIDROGEOLOGÍA:** Estudia el ciclo de las aguas superficiales y subterráneas, así como su prospección, captación, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas,



Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

Figura N° 03. Esquema de la sedimentología y su relación con otras ciencias.

2.3.8 ETIMOLOGÍA DE ESTRATIGRAFÍA

Etimología.

Stratus: estar extendido en sentido horizontal, cubierta o manta.

Graphein: escribir, grabar.

Es una ciencia que estudia la superposición de capas o estratos de la tierra en el terreno. Cada capa tiene una edad diferente, y según donde encontremos un objeto podemos establecer su antigüedad.

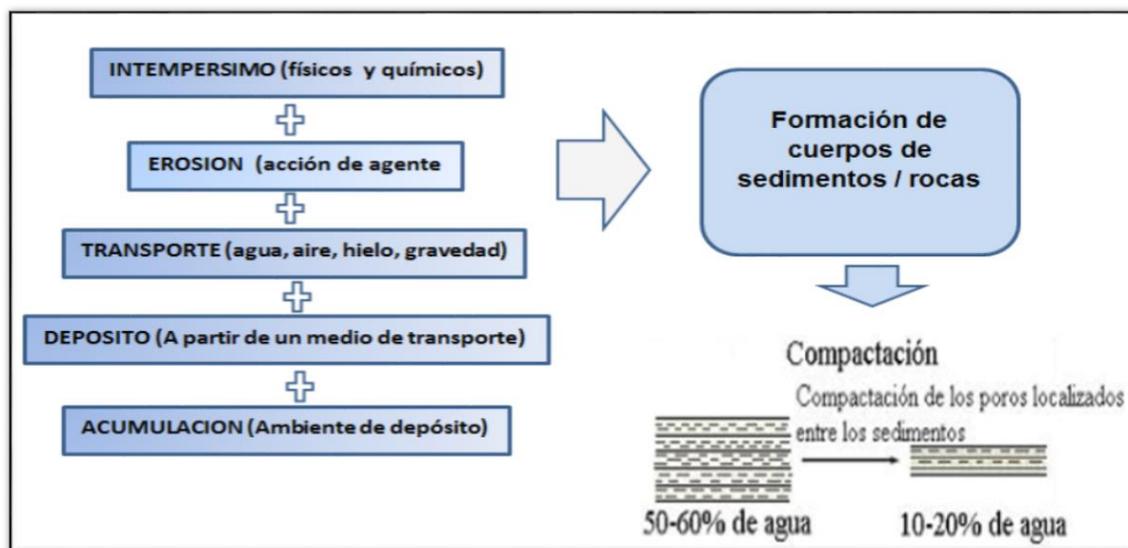
2.3.9. DEFINICIÓN

Etimológicamente significa Stratus cubierta y Graphein escribir, se encarga de estudiar la superposición de capas o estratos de la tierra en el terreno. Cada capa tiene una edad diferente, y según donde encontremos un objeto podemos establecer su

antigüedad. La Estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas (James H. 1726 – 1797).

2.3.10 PROCESO DE ESTRATIFICACIÓN

Los estratos se forman típicamente como capas horizontales de potencia (espesor) uniforme, limitadas por superficies de estratificación, que son interfaces más o menos nítidas respecto el estrato más joven (situado encima) y el más viejo (debajo). En la descripción de los estratos se usa el término base para referirse a la parte más antigua y techo para la más reciente.



Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

Figura N° 04. Esquema secuencial de la relación del proceso de Sedimentación y el proceso de estratificación.

2.3.11 PRINCIPIOS ESTRATIGRÁFICOS

Steno formuló los principios que rigen la Estratigrafía, para que estos principios se den en la realidad hace falta que no haya habido perturbaciones y que los estratos estén claramente separados. La principal perturbación es la presencia humana. Steno, N. 1638 – 1686.

2.3.11.1 PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICIÓN DE ESTRATOS

Es un axioma clave basado en observaciones de la historia natural, y el principio fundacional de la Estratigrafía Sedimentaria y por lo mismo de otras ciencias naturales dependientes de la Geología. La misma define que las capas sedimentarias se depositan a lo largo del tiempo, constituyendo una secuencia en la cual a mayor antigüedad, mayor será la distancia de la capa con respecto a la superficie. Este axioma es fundamental para muchas ciencias naturales que dependen de la Geología y parte de la observación de la historia del planeta.

Se rige por un principio básico, lo más antiguo se encuentra en las capas inferiores y lo más moderno en las superiores. Se originan con el paso del tiempo, a causa de agentes naturales que fueron cubriendo lo que allí estaba; por ríos, derrumbes de cavernas.

Los niveles no son todos uniformes, es decir, no todos ellos tienen la misma medida y duración. Se presentan en finas láminas o en gruesas capas de varios metros de grosor, y representan en unos casos una duración mínima, un día por ejemplo, y en otros un largo periodo de tiempo (1.000 años). En una excavación es muy importante tener cuidado de extraer la tierra de forma ordenada para saber exactamente en qué estrato se encontró ya que nos dará información sobre el contexto, lugar y orientación para poder sacar conclusiones válidas. Una vez distinguidos los niveles, hay que ordenarlos en una secuencia cronológica, que será la cronología relativa de un yacimiento.

2.3.11.2 PRINCIPIO DE SUCESIÓN FAUNÍSTICA

Establece que el contenido fósil de las rocas sedimentarias varía verticalmente en un determinado orden y que cada conjunto se puede identificar horizontalmente a distancias considerables. Es decir, en rocas de diferentes edades se conservan fósiles correspondientes a organismos paleobiológicos diferentes (variación vertical) y para cada edad se pueden identificar fósiles de los mismos taxones en áreas alejadas (correlación horizontal). La base de este principio es la irreversibilidad de la evolución biológica, una vez que una especie se ha extinguido, no vuelve a aparecer.

2.3.11.3 PRINCIPIOS DEL ACTUALISMO Y UNIFORMITARISMO

Es el principio según el cual los procesos naturales que actuaron en el pasado son los mismos que actúan en el presente. A pesar de ser tratado a menudo como una sola idea, es de hecho una familia de cuatro principios relacionados pero no idénticos: 1) Uniformidad de ley; 2) Uniformidad de clase; 3) Uniformidad de grado; 4) Uniformidad de resultados. Mientras que el primer sentido del término ha sido universalmente aceptado y el último, universalmente rechazado, la segunda y la tercera acepción siguen siendo polémicas. En décadas recientes, la teoría uniformista se ha relativizado, admitiendo que se han producido y continúan produciéndose acontecimientos catastróficos (impactos de meteoritos, terremotos, tsunamis o erupciones volcánicas) que puntúan el proceso gradual total.

2.3.11.4 PRINCIPIO DE LA CORRELACIÓN DE FACIES

Conocido como Ley de Walther, expresa que facies contiguas en un medio sedimentario pueden aparecer superpuestas en el registro estratigráfico, y es de gran importancia para la interpretación sedimentológica y la reconstrucción paleogeográfica, ya que caracteriza la capacidad de desplazamiento de los

ambientes sedimentarios, en función de la cantidad de aportes y condiciones tectónicas. La tendencia de las cuencas sedimentarias, en condiciones de estabilidad tectónica, es a la colmatación y es esto lo que determina la superposición de las facies más someras sobre las más profundas.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Para entender y comprender mejor la terminología geológica es necesario definir algunos términos para ello usaremos el Diccionario Geológico del autor Jorge Dávila Burga, en el cual se encuentran bien definidos dichos términos.

2.4.1 SEDIMENTO: Son las partículas procedentes de las rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren. Todos estos materiales, después de cierto acarreo finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos, en presas de almacenamiento, en la planicie y hasta el mar. **Dávila, J. 2011.**

2.4.2 PROCESOS SEDIMENTARIOS: Son todos los que tienen que ver con la producción, movilidad, depósito y acumulación de sedimentos y que intervienen en la formación de las rocas sedimentarias. Forman parte del ciclo de las rocas o más específicamente del ciclo sedimentario **Dávila, J. 2011.**

2.4.3 INTEMPERISMO: Descomposición y desgaste (desintegración, destrucción) de las rocas debido a la acción de la intemperie. El grado y velocidad de intemperismo dependen principalmente del tipo de roca y del clima, composición del material parental o roca original, Temperatura y disponibilidad de agua. Tenemos: **Dávila, J. 2011.**

Químico. Oxidación, disolución, carbonatación/hidrólisis

Mecánico. Acción del hielo, efecto de T°, (contracción/expansión), crecimiento de plantas

Químico + Mecánico. Biológico, exfoliación

2.4.4 EROSIÓN: Desgaste de las rocas debido a la acción de agentes (agua, aire, viento, gravedad) y de las partículas sólidas inmersas en tales agentes. Agua en forma de Lluvia (erosión pluvial), Ríos y Corrientes fluviales (erosión fluvial), Oleaje y Corrientes marinas (erosión marina), Hielo (erosión glacial), Viento (erosión eólica). **Dávila, J. 2011.**

2.4.5 TRANSPORTE: Movimiento de partículas separadas de las rocas por acción de la gravedad, y la de algún medio de transporte (viento, agua en forma de corrientes fluviales, marinas y hielo). Erosión y transporte son dos procesos que ocurren simultáneamente (agente erosión = medio de transporte). La capacidad de carga y transporte de partículas en cada medio de transporte, y la forma de viaje de tales partículas en estos medios (arrastre, suspensión, tracción, saltación), así como la velocidad a la que erosiona, transporta y deposita partículas cada uno de estos medios, son objeto de estudio de la Sedimentología. Transporte y erosión en condiciones especiales producen diversas Estructuras Sedimentarias que se conservan en las rocas y que de cuyo estudio se infiere como fueron estas condiciones de transporte y depósito. **Dávila, J. 2011.**

2.4.6 DEPÓSITO: Asentamiento de las partículas en movimiento (suspensión de la acción de transporte) debido a un cambio de velocidad en el medio de transporte. De acuerdo al tamaño de las partículas y la velocidad de transporte, algunas partículas se depositan primero en tanto que otras pueden continuar en movimiento. **Dávila, J. 2011.**

2.4.7 ACUMULACIÓN: Formación de capas debido a eventos sucesivos de depósito. Si el depósito la acumulación son suspendidas, se puede producir erosión y la formación de discordancias. El depósito y acumulación ocurre en diferentes sitios, ambientes y medios. **Dávila, J. 2011.**

2.4.8 ESTRATO: Es una capa de roca delimitada por superficies de roca, con continuidad lateral y equivalentes a una unidad de tiempo de depósito y que por lo

general las superficies deposicionales se inclinan hacia el interior de la cuenca. Y no siempre son paralelos a las superficies de depósito, a veces son oblicuas. **Dávila, J. 2011.**

2.4.9 LÁMINA: Es puramente de escala. Se define como una superficie de sedimentos menor a 1 cm. es también cuestión de escala, es el nivel megascópico más pequeño de una secuencia de sedimentos, que está delimitado por superficies de sedimentación. En si lámina es una división dentro del estrato. Actualmente, lamina es una capa de espesor inferior a un centímetro, que diferencia al nivel megascópico que se incluye dentro de un estrato, y que está delimitado inferior y superiormente por superficies de laminación. **Dávila, J. 2011.**

2.4.10 ESTRATIFICACIÓN: Referida a la disposición de aparecer en estratos sucesivos, englobando los estratos desde el punto de vista genético (intervalos de tiempo de sedimentación) y descriptivo (disposición de capas sucesivas). **Dávila, J. 2011.**

2.4.11 LAMINACIÓN: Disposición sucesiva de láminas dentro de un mismo estrato. Está considerado como una estructura de ordenamiento interno. Distinguiéndose en general la laminación paralela y la laminación cruzada. En base a esta disposición podemos distinguir tres tipos de estratos (masivos sin laminación, con laminación paralela, con laminación cruzada). **Dávila, J. 2011.**

2.4.12 SUPERFICIES DE ESTRATIFICACIÓN: Son las superficies que delimitan geoméricamente el estrato, llamando techo a la superior, y muro o base a al inferior. Representan una interrupción en la sedimentación, la duración de esta puede ser muy variable. Es muy frecuente que en el techo, como en el muro, aparezcan estructuras sedimentarias, teniendo esta importancia para determinar la polaridad (cuál es la capa superior) y el sentido y/o dirección de la corriente de los aportes. **Dávila, J. 2011.**

2.4.13 ESPESOR: Es la distancia entre las superficies de estratificación que delimitan el estrato, medida perpendicularmente a las mismas. La potencia varía desde centímetros hasta poco más de un metro, pudiéndose mantener lateralmente o variar. En función del espesor los estratos se pueden clasificar. **Dávila, J. 2011.**

2.4.14 FORMA: Un estrato es un cuerpo de tres dimensiones, y su forma queda definida por el espesor, longitud y anchura del estrato. En general la forma viene condicionada por las superficies de estratificación que lo delimitan, de esta manera es importante definir la forma según las superficies de estratificación y según su terminación lateral. **Dávila, J. 2011.**

2.4.15 POSICIÓN ESPACIAL: Para definirla hay que indicar la dirección y buzamiento del estrato. La dirección del estrato es el ángulo que forma el norte geográfico y la intersección del estrato con las horizontales. El ángulo de buzamiento es aquel que forma la pendiente del estrato con la horizontal, se expresa en grados y el punto geográfico (N135E/40N Se expresa en separados con una raya). La dirección de buzamiento es el ángulo que forma con el norte geográfico y la proyección sobre el plano horizontal de una línea de máxima pendiente del estrato. **Dávila, J. 2011.**

2.4.16 SERIE ESTRATIGRÁFICA: Es una sucesión de estratos con continuidad en el tiempo y separada de otras series por una discontinuidad estratigráfica. **Dávila, J. 2011.**

2.4.17 LAGUNA ESTRATIGRÁFICA: Es la ausencia de materiales que puede ser tanto por erosión como por la ausencia del registro de la sedimentación. **Dávila, J. 2011.**

2.4.18 CORRELACIÓN: Se trata de establecer la relación o equivalencia entre dos o más series locales, comparando los materiales o estudiando el contenido

fósil. (Correlación litológica o temporal). Desde el punto de vista Litológico son equivalentes cuando son el mismo material. Y desde el punto de vista Paleontológico, son equivalentes cuando tienen igual edad, y distinto material.
Dávila, J. 2011.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. GEOGRÁFICA

El área de estudios se encuentra ubicada al Sur - Este de la ciudad de Cajamarca con orientación al distrito de baños del inca y Puyllucana en el Centro poblado: Paucamarca, siguiendo el travel longitudinal dentro del sector de Paucamarca, donde se aprecia el entorno topográfico, geomorfológico, geológico y/o estructural del tramo en estudio. Cuya posición geográfica queda delimitada por las siguientes coordenadas y abarca un total de 35 km². Se realizó en un tiempo aproximado de cinco meses, desde junio a octubre del año 2016 (ver mapa N° 01).

Tabla N° 01. Coordenadas UTM (DATUM WGS84) de la Zona de Estudio

Vértice	Longitud	Latitud
1	825000	9205000
2	825000	9180000
3	810000	9180000
4	810000	9205000

3.1.2 POLÍTICA

La zona de estudio se encuentra en:

- DEPARTAMENTO : Cajamarca.
- PROVINCIA : San Marcos
- DISTRITO : Matara
- CENTRO POBLADO : Paucamarca

3.2 ACCESIBILIDAD

Se tiene una vía de acceso principal: La Carretera Cajamarca – San Marcos, la cual se encuentra asfaltada en su totalidad. Para entrar a la zona de estudio se siguen dos vías:

- Caserío Huayobamba – Paucamarca tiene 18 Km de distancia. Es una carretera afirmada y toma 30 minutos para llegar.
- Caserío de Cochamarca – Paucamarca tiene 13 Km de distancia. Es una carretera afirmada y toma 25 minutos para llegar.



Foto N° 01. Vía a la zona de estudio (Huayobamba - Paucamarca)



Foto N° 02. Vía a la zona de estudio (Cochamarca- Paucamarca)

3.3 CLIMA

La zona estudiada comprende altitudes que van desde los 1500 hasta los 4100 m.s.n.m. en ella se puede distinguir tanto valles interandinos como zonas de jalca y puna y una gran diversidad de microclimas. Se identifica una gran variedad climática, desde cálido – seco hasta sub – húmedo y frío; siendo notoria la diferencia de temperaturas mínimas y máximas o nocturnas y diurnas.

La zona pertenece a la región natural denominada “Región Quechua”. En la cual se presenta un clima con una temperatura media anual de 15-20°C. Tiene como límites climáticos una temperatura promedio anual de 18-30°C para el caso de los valles interandinos y de 8-15°C en la zona de jalca.

La precipitación promedio anual varía de 600 a 800 mm y la humedad relativa es de 60-70% de acuerdo a la estación. Los vientos predominan de julio a setiembre, la época de lluvia se presenta en los meses de octubre a abril y el verano de mayo a setiembre (SENAMHI 2016),

3.4 VEGETACIÓN

La vegetación es típica de la zona y de la región de Cajamarca el cual encontramos Pino, Eucalipto, Ciprés, Alisos, Agave Sp. (penca). Además plantas de cultivo como son hortalizas (lechuga, zanahoria, repollo), tubérculos (papa, olluco), Gramíneas (cebada, trigo, maíz) y pastizales (avena, eno, alfalfa) para la ganadería. Donde se clasifican a continuación.

- **Arbórea.** En la zona se ha podido identificar especies como: pino (*pinus radiata*), ciprés (*Cupressus sempervirens*) y eucalipto (*eucaliptus globulus*) manzano (*Malus domestica*) y palta conocida como aguacate (*Persea americana*).

- **Pastos Cultivados.** En la parte del lecho del río Muyoc, se observan pastizales cultivados constituidos por especies como alfalfa (*Medicago sativa*), avena forrajera y pasto cordura.
- **Pastos Naturales.** En la parte alta del cerro Paucamarca encontramos vegetación herbácea, constituidos en su gran mayoría por gramíneas y en el que desarrollan solo especies adaptadas a las condiciones ecológicas del medio, los que sirven como pastoreo temporal, Es común encontrar el ichu (*Stipaichu*) denominada Pajonal de Jalca
- **Plantas Trepadoras.** En la zona tenemos plantas típicas de la región de Cajamarca, se encuentra las especies: granadilla o granada (*Passiflora ligulari*) y poro poro (*Passiflora tripartita*).



Foto N° 03. La zona muestra la vegetación de eucaliptos y pastizales.

3.5 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

3.5.1 PROCESOS EXÓGENOS

En gran parte las distintas geo formas existentes en la zona se deben a los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación. Existen rocas sedimentarias del Cretácico y volcánicas del Paleógeno-Neógeno alteradas y fracturadas las cuales son erosionadas, el proceso de erosión tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre, se genera material suelto que se deposita en el fondo de los lechos, que son fácilmente transportable en épocas de grandes avances.

En la zona se observan las nacientes fluviales que son torrentes muy erosivos, tanto en la sección lateral y de fondo, constituyéndose en agentes transportadores de materiales resultantes de la erosión de la Formaciones Cretácicas y Volcánicas del Paleógeno-Neógeno. Finalmente son sedimentados en las partes más bajas o pie de montaña y en los cursos bajos de los ríos Muyoc y Cascasén.

3.5.2 CAUCES FLUVIALES

Las nacientes fluviales son torrentes muy erosivos, especialmente en la sección lateral y de fondo, constituyéndose en agentes transportadores de materiales, estos son mayormente sedimentos arenosos a gravas finas de cuarzo, feldspatos y micáceos, resultados de la erosión de las Formaciones Cretácicas y volcánicas del Paleógeno – Neógeno.

3.5.3 SUPERFICIES DE EROSIÓN

La erosión es un proceso destructivo que tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre. La erosión implica los siguientes procesos: fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química, arranque y transporte de los materiales, por agentes geológicos como el agua, viento, olas. Es originado por la escorrentía superficial, la cual se ve incrementada en épocas de intensas precipitaciones. Este

proceso genera material suelto que se deposita en el fondo de los lechos, que son fácilmente transportable en épocas de grandes avenidas.

3.6 HIDROLOGÍA

Es afluente de los ríos Muyoc y Cascasén; pertenece a la cuenca del Crisnejas, el río Crisnejas se forma por la confluencia de los ríos Condebamba y Cajamarca, en su recorrido NE – SW atraviesa el distrito de Paucamarca y los caseríos de Manzanilla y Cochamarca. Presenta una área aproximada de 225 Km² de extensión **(Rodríguez, R. 2016)**

Presenta un caudal promedio de 46 m³/s. las sub cuencas de los ríos Cajamarca y Condebamba presentan un área aproximada de 690 km² de las cuales solamente el 6.24% (105.6 km²) son áreas bajo riego. **(Fuente: Municipalidad de Paucamarca)**

3.7 GEOLOGÍA REGIONAL

Está marcada por las Formaciones del Cretácico así tenemos la Formación Chimú como el inicio y la Formación Chota como término de la columna estratigráfica generalizada de la región de Cajamarca. La zona de estudio presenta muchas características litoestratigráficas, donde el Grupo Goyllarisquizga del Cretácico Inferior es el más notorio, presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, Pulluicana, Quilquiñán, y Cajamarca (Cretácico inferior - superior) están conformadas por principalmente calizas y lutitas.

La columna estratigráfica generalizada de Cajamarca fue elaborada por el Ing. **Herrera. E. 2012**. En su tesis, Estudio estratigráfico del cretáceo superior en los alrededores de la ciudad de Cajamarca. Dicha columna ha sido complementado

por el Ing. **Mejía, W. 2012.** En su tesis, Estudio Sedimentológico y Estratigráfico del Caserío de Puylucana – Otuzco Cajamarca.

ERA	SIST.	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLÓGICA	POTENCIA (m)	LITOLÓGIA	SECUENCIA + -	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN															
M E S O Z O I C O	C R E T Á C I O	S U P E R I O R	Holoceno	Cuaternario Aluvial					Depósitos aluviales															
			Pleistoceno																					
			Paleoceno	Selandiano	Fm. Chota	500			Estructura laminar	Areniscas rojizas con intercalación de lutitas.														
				Daniano																				
			Senoniano	Maastrichtiano	Fm. Celendin	200			Estructura laminar y de carga	Predominio de margas con intercalación de lutitas, abundantes fósiles (Ampullina, ostreas, moluscos, gasterópodos equinodermos y pelecípodos)														
				Capaniano																				
				Santoniano																				
				Conociano																				
			Turoniano	Fm. Cajamarca	600-700			Estructura laminar, gradual y bioturbaciones	Intercalación de lutitas, con calizas margosas, con estratos potentes de 3.8 metros, con presencia de fósiles (Ostreas).															
										Fm. Mujarrún	200			Estructura laminar, carga	Arcillitas amarillentas (fosilíferas), margas, calizas nodulares (macizas).									
																Grupo Quliquiñan	300			Estructura laminar, carga y mud cracks	Delgados lechos de calizas nodulares con margas pardo-amarillentas también fosilíferas, se caracteriza por presentar abundantes fósiles de exogyras, bivalvos, algunos amonites, gasterópodos, ostreas y con pequeños paquetes de lutitas calcáreas en el techo de esta Formación el alto contenido de carbonato de calcio Presenta bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles.			
			Fm. Romirón																					
			Cenomaniano	Fm. Yumasgual	700			Estructura laminar, cruzada	Secuencia de margas y calizas grises parduscas en bancos más o menos uniformes. Encontrándose el mineral Aragonito en el cerro Coñorputa. Miembro lutáceo margoso amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas alargadas debido a su dureza uniforme. Se caracteriza por tener un delgado miembro intermedio bastante fosilífero, por lo que litológicamente se puede confundir con la Formación Mujarrun o Quliquiñan.															
										Superior														
										Medio														
			Alviano	Fm. Pariatambo	150-200			Estructura laminar y mud cracks	Calizas con intercalación de lutitas de estratos de 3, 4 y 5 cm. y con presencia de Chert (sílice).															
										Fm. Chulec	200-250			Estructura laminar y de carga	Intercalación de lutitas calcáreas, con calizas (grainstone, packstone y mudstone) y margas. Con presencia de macrofósiles (Amonites y Pelesípodos).									
																Fm. Inca	150			Estructura de carga	Areniscas ferruginosas con intercalación de limolitas, conestratos de 20 a 40 cm.			
Gpo. Goyllarisquiza	500																						Estructura Cruzada	Areniscas de grano grueso, con estratos de 10 a 50 en la base, aumentando de potencia en la parte superior.
Neocomiano	Fm. Carhuaz	500			Estructura Laminar	Areniscas intercaladas con lutitas grises, con presencia de óxidos de hematita y caolinita.																		
							Hauteriviano																	

Fuente: Ing. Wilder Roberto Mejía Chatilán

Figura N° 05. Columna estratigráfica generalizada de Cajamarca

3.8 CRETÁCICO INFERIOR.

3.8.1 GRUPO GOYLLARISQUIZGA

3.8.1.1 FORMACIÓN CHIMÚ

Esta formación aflora al este de Cajamarca, al suroeste de Contumazá, al oeste de San Marcos, en Cajabamba y al oeste de Celendín. La formación Chimú consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso. Tiene un grosor aproximado de 600 m.

Edad y correlación. Por sus relaciones estratigráficas la formación Chimú se ubica en el Valanginiano inferior a medio, pues yace sobre la formación Chicama del Titoniano e infrayace a la formación Santa del Valanginiano superior. Se correlaciona con las areniscas cuarzosas de la formación Hualhuani (parte superior del grupo Yura) del departamento de Arequipa (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.8.1.2 FORMACIÓN SANTA

Consiste en la intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. suprayace a la formación Chimú e infrayace a la formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos. El cambio de facies es notable según los lugares, en la zona de Cajamarca solamente hay lutitas y areniscas grises, fenómeno que se interpreta como relacionado con la forma de la cuenca.

Edad y correlación. Se han hallado lamelibranquios y gasterópodos entre Llacanora y Baños del Inca, pero estos fósiles mencionados no son diagnósticos como para precisar una edad determinada. Sin embargo a la formación Santa puede asignársele una edad del Valanginiano superior. La formación Santa se extiende hacia el sur, zona del Callejón de Huaylas, Sihuas y Pomabamba, donde se le encuentra con las mismas relaciones estratigráficas, a pesar de que su litología varía en el contenido calcáreo y lutáceo (INGEMME, Boletín N° 31).

3.8.1.3 FORMACIÓN CARHUAZ

Consiste en la intercalación de areniscas (rojizas, violetas y verdosas; características principales para diferenciarla en campo) con lutitas grises. Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. La formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infrayace concordante a la formación Farrat. Tiene un grosor aproximado de 500m.

Edad y correlación. Probablemente las edades Valanginiano superior Hauteriviano y Barremiano corresponden a esta formación, ya que encima se encuentra la formación Farrat que a su vez infrayace a sedimentos del Aptiano – Albiano (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.8.1.4 FORMACIÓN FARRAT

Esta formación aflora al noreste de San Miguel, al noreste- suroeste de San Pablo, al sur de Hualgayoc, al oeste de Celendín, al norte y al sur de San Marcos, al este y oeste de Cajabamba, en Cajamarca en casi toda la provincia, al norte y al sur de Contumazá. Esta formación consiste de areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. en algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhuaz e infrayace con la misma relación,

a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares de tratarse de un paso gradual.

Edad y correlación. Se han encontrado especímenes correspondientes al Cretáceo inferior. Por otra parte la formación Farrat infrayace a sedimentos de los niveles más altos del Aptiano por lo que se le asigna una edad Aptiana. La formación Farrat se extiende con el mismo nombre hacia el norte del Perú, y a las regiones de Sihuas, Pomabamba, al sur. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.8.2 FORMACIÓN INCA

Su localidad típica al este de los Baños del Inca en Cajamarca. En Cutervo se localiza al noroeste- sureste, en Chota al este y al oeste, en Hualgayoc al noreste, en Celendín al este y oeste, en San Pablo al sureste, en Cajamarca aflora a lo largo de casi toda la provincia, en Contumazá aflora al noreste, en San Marcos aflora al este y oeste, en Cajabamba al este y oeste. Consta de la intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza. Su grosor aproximado es de 100 m. Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat.

Edad y correlación. Por la presencia de Parahoplites, se le asigna una edad que se encuentra entre el Aptiano superior y Albiano inferior. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.8.3 FORMACIÓN CHULEC

Se localiza al suroeste de San Ignacio, al noroeste de Jaén, al noroeste y sureste de Cutervo, en chota al noreste- suroeste, en Santa Cruz al noreste y sureste, en Hualgayoc al noroeste y sureste, en Celendín al noroeste- sureste, en San Marcos al noroeste- sureste, en Cajabamba al noreste y suroeste, en Cajamarca en casi

toda la provincia, en Contumazá al noroeste- sureste, en San Pablo al sur y al noreste, en San Miguel al norte. Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillenta. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente los bancos de margas nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados. Su grosor varía de 200 a 250 m.

Edad y correlación. Presenta una gran variedad de fósiles como cefalópodos, lamelibranquios y equinoideos. Estos fósiles se encuentran distribuidos en la parte baja del Albiano medio y en el Albiano inferior. Se correlaciona con la parte inferior de la formación Crisnejas que aflora en el valle del Marañón y con la formación Santa Úrsula. Esta formación se extiende por los andes centrales del Perú. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.8.4 FORMACIÓN PARIATAMBO

Consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Su espesor varía entre 150 a 200 m. Esta formación yace concordantemente sobre la formación Chúlec e infrayace con suave discordancia a la formación Yumagual, relación observable en la cuenca de Pulluicana, en la carretera Cajamarca- La Encañada, al este de los Baños del Inca.

Edad y correlación. La formación Pariatambo contiene restos de moluscos, estas especies son típicamente pelágicas del Albiano medio. Se correlaciona con la parte superior de la formación Crisnejas y con la formación Yacu Ushco. Se extiende ampliamente en los andes centrales del Perú. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9 CRETÁCICO SUPERIOR

3.9.1 FORMACIÓN YUMAGUAL

Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas debido a su dureza uniforme. En algunos horizontes se observan nodulaciones calcáreas. Tiene un grosor aproximado de 700 m.

Edad y correlación. Se han encontrado especímenes del Albiano y parte temprana del Cenomaniano. Se correlaciona con la parte inferior del grupo Pulluicana y con la parte baja de la formación Jumasha del centro del Perú. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9.2 GRUPO QUILQUIÑÁN-FORMACIÓN MUJARRÚN

3.9.2.1 FORMACIÓN MUJARRÚN

En la región de Cajamarca, el Grupo Quilquiñán y la Formación Mujarrún se inicia con limolitas carbonatadas de medio emersivo; sigue con margas de plataforma abierta poco profunda. En la parte inferior de la secuencia de la Formación Mujarrún descansa concordantemente sobre la Formación Yumagual, mientras que su parte superior el Grupo Quilquiñán infra yace con discordancia paralela a la Formación Cajamarca.

La base consiste en una gruesa secuencia de calizas nodulares macizas (miembro choro), seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas con abundante elementos del género *Exogyra* (miembro Culebra), continuando con delgados lechos de calizas nodulares y con margas pardo-amarillentas también fosilíferas (Formación Romirón) y también con bancos de calizas claras con lutitas

arenosas y margas delgadas; esta Formación se encontró al NE del centro de la zona de estudio. Presenta una fauna abundante de ammonites, echinoidea y lamelibranquios incluyendo a coquinas de exogyras indican un mar somero de plataforma. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9.2.2 FORMACIÓN ROMIRÓN

La Formación Romirón del Grupo Quilquiñán supra yace concordantemente al miembro Culebra de la Formación Mujarrún, infra yace a la Formación Coñor del Grupo Quilquiñán, continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas pardo-amarillentas también fosilíferas, se caracteriza por presentar abundantes fósiles de Exogyra, Bivalvos, algunos Amonites, Gasterópodos, Ostreas en los diferentes estratos de calizas nodulares que presenta limolitas; margas también con fósiles y con pequeños bancos de lutitas calcáreas en el techo de esta Formación el alto contenido de carbonato de calcio se debe a su proximidad con los estratos de mayor espesor de calizas nodulares. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9.2.3 FORMACIÓN COÑOR

La Formación Coñor presenta bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles de Exogyra ponderosa y Exogyra Africana, los Cefalópodos, Lamelibranquios y Gasterópodos; y que descansa concordantemente sobre la Formación Romirón e infra yace a la Formación Cajamarca. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9.3 FORMACIÓN CAJAMARCA

Los afloramientos de la formación Cajamarca se ubican en el sector de la Pampa de la Culebra y hacienda Sangal. Esta formación consiste de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con escasos fósiles. Esta formación yace concordantemente

sobre la formación Quilquiñán y con la misma relación infrayace a la formación Celendín. Su grosor varía entre los 600 y 700 m.

Edad y correlación. El *Coilopoceras newelli* asigna a la formación Cajamarca la edad perteneciente al Turoniano superior. Se correlaciona con la parte superior de la formación Jumasha, corresponde a la parte inferior de la formación Otuzco. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.9.4 FORMACIÓN CELENDÍN

Esta formación está constituida por margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo, abigarradas hacia el tope, en capas cuyo grosor en la base varía entre 2 y 6 m, alcanzando hasta 8 m, en la parte superior. La Formación Celendín presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas en capas delgadas, algunas son lumaquélicas, asimismo calizas areniscosas color gris amarillento, sobre todo en la parte superior. Se observa abundantes láminas de yeso secundario distribuido en el material arcilloso, formando costras en los estratos calcáreos o también relleno de cavidades. Su grosor aproximado es de 300 m. El contacto de la formación Celendín con la formación Cajamarca que infrayace es concordante, en cambio el contacto suprayacente con la formación Chota no es claro debido a la cobertura del material reciente. Esta formación representa el final de la sedimentación marina del cretáceo iniciándose la sedimentación continental de las capas rojas.

Edad y correlación. Esta formación es muy fosilífera, principalmente en la parte inferior y media, la fauna se encuentra tanto en los niveles limoarciliticos como en los calcáreos y corresponden a cefalópodos, equinodermos, pelecípodos pertenecientes al Coniaciano y Santoniano. La formación Celendín se extiende hasta la región central del Perú y es equivalente lateral de la formación Arenisca de Azúcar de la región subandina. (INGEMMET, Boletín N° 31).

3.10 GEOLOGÍA LOCAL

La secuencia sedimentaria del área local está constituida por rocas arenisca, lutita y caliza, habiéndose observado en afloramiento se ha considerado como área local unos 1200 metros de longitud transversal a lo largo de la carretera que va desde Huayobamba hasta Paucamarca

Estratigráficamente están constituidas por la Formación Carhuaz, la Formación Farrat y Formación Inca, además se ha observado estructuras sedimentarias.

3.10.1 FORMACIÓN CARHUAZ

En la zona de estudio el afloramiento de esta Formación consiste en la intercalación de areniscas ferruginosas con lutitas grises, también se caracteriza porque la mayor parte de areniscas son de grano medio. Esta Formación yace sobre la formación Santa e infrayace concordantemente a la formación Farrat. Tiene un espesor de 480 metros aproximadamente. Aflora al norte y al sur de la microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca Perú.

3.10.2 FORMACIÓN FARRAT

Esta formación aflora al norte y al sur de la microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca Perú, Esta Formación consiste de areniscas blanquecinas de grano medio a grueso con limoarcillitas, tiene un espesor promedio de 480 m. en algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhuaz e infrayace con la misma relación a la formación Inca.

3.10.3 FORMACIÓN INCA

Esta Formación aflora al este y oeste de la microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca Perú. Se caracteriza por su coloración rojiza y amarillenta, Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat. Tiene un espesor de 90 metros aproximadamente.

3.11 PROCEDIMIENTOS

3.11.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.11.1.1 SEGÚN TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología que se aplicará está ligada a la investigación de tipo exploratoria, el método es directo, descriptivo y correlacional no experimental donde la descripción y toma de datos será en campo. Estos incluyen la compilación bibliográfica, tecnología disponible, aspectos económicos. Es una investigación aplicada, porque busca poner en práctica un marco teórico para conocer una realidad determinada y pues de acuerdo a las características encontradas se determinara la: “sedimentología y estratigrafía de la microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca Perú”

3.11.1.2 SEGÚN EL TIPO DE PREGUNTA PLANTEADA EN EL PROBLEMA

Es teórico descriptiva-explicativa; es descriptiva porque pretende decir una realidad (características sedimentológicas y estratigráficas de las Formaciones Geológicas existentes en la zona).

Es explicativa porque responde a la pregunta ¿Qué eventos se suscitaron para la formación de los estratos de dichas formaciones geológicas que se encuentran en la microcuenca Cochamarca-San Marcos? y en la explicación se da a conocer las razones, las causas de ¿Qué eventos sucedieron?

3.11.1.3 TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Aplicaremos técnicas de observación, descripción e interpretación,

3.11.1.3.1 ETAPA PRELIMINAR

- Revisión Bibliográfica: Ya que consiste en la recopilación, revisión y síntesis de la información necesaria para utilizar diversas fuentes, así como libros, tesis y/o trabajos anteriores, planos, imágenes satelitales, páginas Web.
- Planeamiento en gabinete: Esta etapa consistirá en la revisión de toda la información existente de trabajos realizados sobre el área de estudio. Se hará una revisión y análisis minucioso sobre las técnicas aplicadas para la medición de unidades estratigráficas. Se realizará la elaboración de los planos Topográficos y Geológicos a escala 1:100000 de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos, por el INGEMMET.

3.11.1.3.2 ETAPA DE CAMPO

Etapa más importante de la investigación:

- Reconocimiento del área de estudio, cartografiado geológico, observación y descripción de las unidades estratigráficas de la Era Mesozoico.
- Toma de azimuts y buzamientos de las formaciones geológicas para el cartografiado geológico a escala 1/10000. así también identificación de estructuras y construcción de las columnas estratigráficas.
- Ubicación de zonas más adecuadas donde realizar las mediciones de espesores de los estratos de las Formaciones que se encuentren.
- El análisis y recolección de muestras de fósiles de distintas Unidades Estratigráficas para su estudio e interpretación.

- Recolección de muestras de rocas y fósiles encontrados en todo el recorrido de la zona de estudio.

3.11.1.3.3 ETAPA DE GABINETE

- Se elaboró un plan de trabajo, se planificó, analizó y recolectó la información.
- Las mediciones de los estratos y otras estructuras encontradas serán trabajadas con el software ArcGIS 10.1.
- Elaboración de Columnas Estratigráficas en AutoCAD Civil 3D 2013
- Procesamiento de todos los datos tomados en campo para confeccionar los planos geológicos, climatológico, Metalogenético y topográfico con el software ArcGIS 10.1
- Elaboración y presentación del 50% del avance de la tesis.

3.11.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

En la elaboración de la presente tesis, según el trabajo de campo y gabinete realizado se contó con los materiales y equipos siguientes:

3.11.2.1 EQUIPO DE CAMPO

- Plano topográfico y Plano geológico.
- GPS GARMIN (Datum WGS84). Brújula (Brunton),
- Picota, protactor (escala 1:250), rayador, lupa (20x).
- Ácido Clorhídrico (HCl).
- Libreta de Campo, colores, lápiz.
- Flexómetro y Wincha de (5m - 50m) respectivamente.
- Cámara digital.

3.11.2.2 INFORMACIÓN Y SOPORTE TÉCNICO

- Plano de Ubicación a escala 1:100000
- Plano Topográfico a escala 1:50000
- Plano Geológico a escala 1:50000
- Plano Hidrológico a escala 1:100000

3.11.2.3 MATERIALES DE ESCRITORIO

- Laptop, memoria USB, Cd, papel bond, fotocopias, impresiones, plumones indelebles.
- Servicios: tenemos movilidad, alimentación, otros, propios del tesista.

3.11.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES

3.11.3.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Son las que cumplen la función de supuestas causas.

3.11.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES.

Son las que cumplen la función de posibles efectos.

Cuadro N° 01. Variables independientes y dependientes

independiente	dependiente
Correlación regional y local	Columna estratigráfica
Estratos, textura	Litología
Geocronológico, cronoestratigrafía	Tiempo geológico

3.12 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.12.1. PROCESOS ENDÓGENOS

Se originan en el interior de la Tierra debido a las altas temperaturas y presiones que allí se generan, y se pueden clasificar en dos tipos: orogénicos y epirogénesis. La zona de estudio presenta los siguientes procesos diastroficos que se desarrolla sobre la unidad morfo estructural más importante dentro del contexto geomorfológico. Está emplazado dentro de la cordillera occidental, originada por procesos Epiro - orogénicos y por la acción erosiva de los sistemas morfo genéticos. Existe una relación estructural en toda la cuenca del río Crisnejas, desde sus nacientes hasta su desembocadura. La reactivación de fallamientos verticales del mio-plioceno, modificaron el drenaje antiguo del río, hasta constituir un fuerte control estructural del mismo. Esta condición ha dado lugar a la formación de los depósitos a lo largo de toda la microcuenca, encontrándose este tipo de depósitos al Este y Sureste de la ciudad de San Marcos.

3.12.1.1 OROGÉNESIS

Debido a que este proceso produce principalmente movimientos tectónicos horizontales y verticales, este proceso produce la formación de montañas o cadenas montañosas las cuales a su vez pueden formar ríos y quebradas.

3.12.1.2 EPIROGÉNESIS

Debido a que hubo movimiento de emersión y sumergimiento de grandes áreas la corteza terrestre de manera lenta. Esta se caracteriza por un reajuste isostático entre áreas, predominado movimientos verticales lentos en la estructura de la quebrada. También es interesante notar como éste agente endógeno actúa en gran parte de la zona.

3.12.2 PROCESOS TECTÓNICOS

También es interesante notar como este proceso fue modelando esta zona de estudio con movimientos verticales y movimientos horizontales en la corteza terrestre como son la Epirogénesis y la Orogénesis originando así el resultado de anticlinales y sinclinales; pliegues y fallas respectivamente en la Formación Carhuaz, se ve afectado por esfuerzos de compresión (falla inversa) lo cual ha generado un sinclinal volcado. Los procesos tectónicos duran por lo general largos períodos geológicos y pueden ser de intensidad cambiante. Se dan casos en los que las dinámicas exógenas han superpuesto a algunas unidades del relieve de origen endógeno inidentificables en la actualidad.

- **SINCLINAL VOLCADO**

En esta Formación se observó un sinclinal volcado. Las líneas amarillas representan líneas de capa fáciles de seguir en los estratos; los símbolos rojos representan buzamientos. La línea que atraviesa paralelamente el sinclinal representa el eje, el sinclinal aparece afectando a la Formación Carhuaz de dicha zona en estudio.

Cuadro N° 02. Rumbo y Buzamiento del Estrato y de la Falla Geológica

ESTRUCTURA	
ESTRATO	FALLA
Rumbo: N60°W	Rumbo: S40°E
Buzamiento: N45°E	Buzamiento: S42°W



Foto N° 04. Coordenadas E: 813335, N 9193977
espejo y estrías de Falla Inversa.

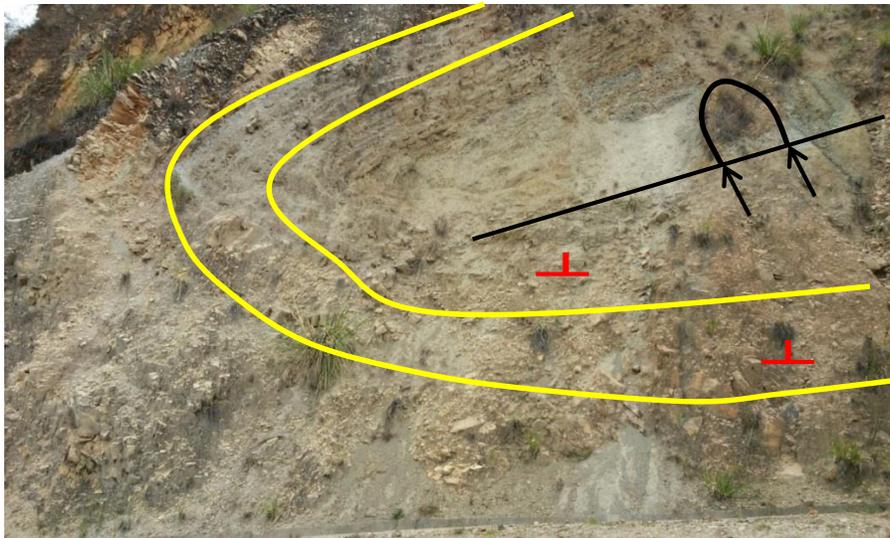


Foto N° 05. Coordenadas E: 813335, N 9193977, Falla Inversa
Sinclinal volcado en la Fm Carhuaz.

3.13 PETROLOGÍA

3.13.1 DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA DE LAS FORMACIONES CARHUAZ, FARRAT E INCA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA - SAN MARCOS CAJAMARCA PERÚ

3.13.1.1 ARENISCA

Roca sedimentaria de tipo detrítico, de color variable, que contiene clastos de tamaño arena. Ligeramente con contenido feldespático, después de las lutitas son las rocas sedimentarias más comunes en la corteza terrestre. En cuanto a los granos se componen de cuarzo, feldespato o fragmentos de roca.

- **Color**

Ferruginosas, blanquecinas, amarillentas originadas por la oxidación, presentes en las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, son grano medio.

- **Composición**

Se compone de granos muy pequeños de minerales generalmente del tamaño de los granos de arena. Cada grano suele tener un tamaño que ronda entre (0.01 y 1.19 cm). Los minerales más comunes de la arenisca son el feldespato y el cuarzo.

- **Textura**

Presenta una textura detrítica ya que tiene granos individualizados visibles (roca clástica) estos granos son menores a 2mm y tiene un tacto áspero.

3.13.1.2 LUTITA

Roca sedimentaria detrítica, que está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y de limo, su característica principal es que se presenta fracturada.

- **Color**

Lutitas gris amarillento y verdosas, esto se debe al contenido de óxidos y materia orgánica, presentes en las todas las Formaciones de la zona de estudio.

- **Composición**

Principalmente de granos de tamaño de arcilla y limo.

- **Textura**

Su textura es laminar o forma de láminas, también son fósiles.

3.13.1.3 CALIZA

Rocas sedimentarias que están compuestas principalmente de carbonatos los cuales se han producido por reacciones químicas con CO_3 y Ca, una de sus características es ser roca huésped de fósiles.

- **Color**

Caliza gris a gris oscura, se encontró en la zona de transición de la Formación Farrat e Inca de la zona de estudio.

- **Composición**

Roca Sedimentaria formada principalmente por carbonato de calcio.

- **Textura**

Según su origen calizas masivas, nodulares, margosas, también son Calizas de grano grueso (Grainstone), medio (Packstone), fino (Mudstone, wackstone). (Dunhman 1962)

3.14 TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

3.14.1 ESTRATIGRAFÍA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA – SAN MARCOS CAJAMARCA PERÚ

En el área de estudio “Microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca Perú” se logró determinar sus características Sedimentológicas y Estratigráficas de las Formaciones del Sistema Cretáceo inferior y se elaboró el plano geológico cartografiado, columnas estratigráficas locales, y a su vez se hará una correlación de estas, con las existentes en el norte, centro y sur del país, determinando así los ambientes y eventos de sedimentación, en la microcuenca se identificó las siguientes formaciones: Los resultados se discutirán en el siguiente capítulo

3.14.1.1 FORMACIÓN CARHUAZ (Ki-ca)

Ésta Formación es la base de nuestro estudio, en dicho afloramiento encontramos una alternancia de areniscas con lutitas (con matices gris verdosos) y ortocuarcitas blancas. Esta serie sedimentaria se ha identificado en la carretera de Huayobamba a Paucamarca y en el río Muyoc.

- **Edad**

Del Valanginiano superior Hauteriviano y Barremiano, en lo que representa a esta Formación, ya que suprayace a los sedimentos del Valanginiano (Formación Santa) que a su vez Infrayace a sedimentos del Aptiano – Albiano (Formación Farrat) (Wilson, 1967).

- **Litología**

Encontramos una alternancia de areniscas con lutitas (grises verdosos), con presencia de óxidos de hematita, los estratos de areniscas son de 0.10 m hasta los 3.60 m. Y los estratos de Lutitas son de 0.05 m hasta un 1.00 m.



Foto N° 06. Coordenadas E: 813735, N: 9193150 Fm. Carhuaz, intercalación de areniscas y lutitas presentes en la carretera de Huayobamba a Paucamarca.



Foto N° 07. Coordenadas E: 813535, N: 9192280 Fm. Carhuaz Areniscas de grano grueso, estratos de 0.6 m. intercaladas con lutitas grises, estratos de 0.05 m. presentes en el río Muyoc.

- **Evento**

Un evento tectónico a escala regional.

- **Ambiente de depositación**

Un Ambiente Lacustre (presencia de limoarcillitas), (Lagos, Quispe 2007).

- **Relación Estratigráfica**

Sobreyace concordante a la Formación Santa e Infrayace a la Formación Farrat.

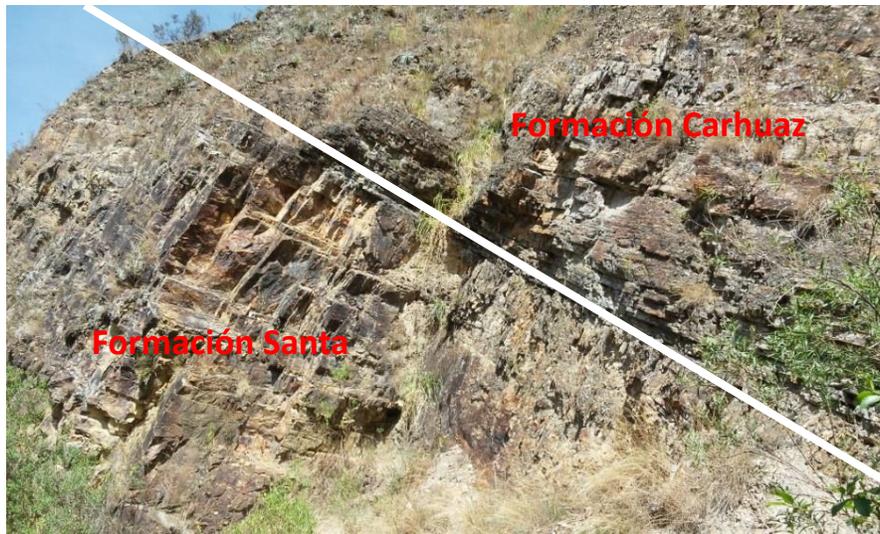


Foto N° 08: Coordenadas E: 813535, N: 9192208. Zona de transición de la Fm Santa y la Fm Carhuaz en el margen del río Muyoc.

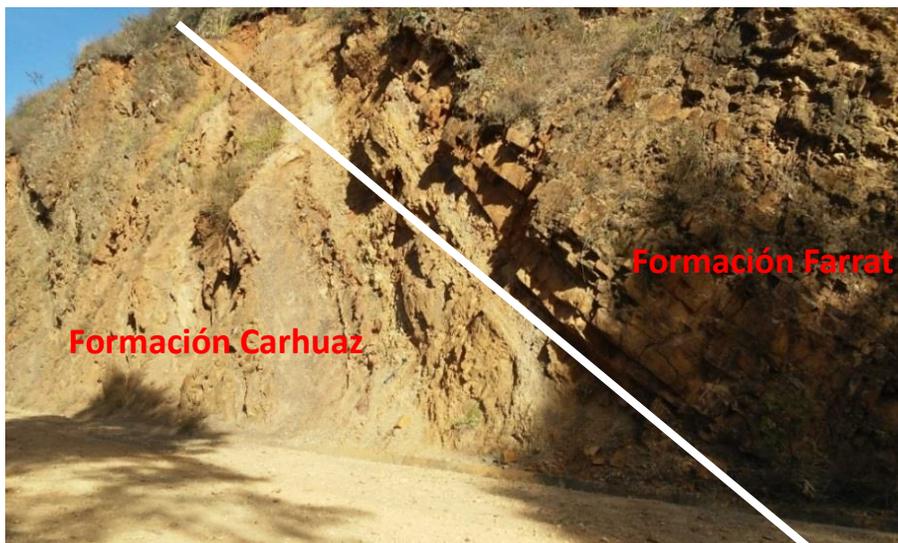
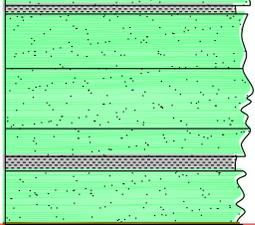
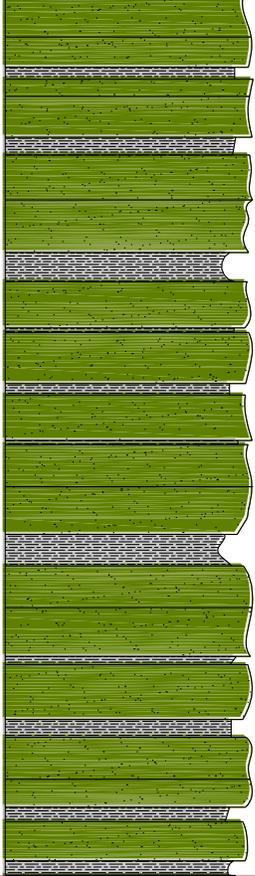
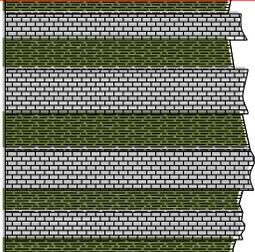


Foto N° 09. Coordenadas E: 813398, N: 9194454. Zona de transición de la Fm Carhuaz y la Fm Farrat Carretera a Paucamarca.

FORMACION CARHUAZ (Ki-ca)

EÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
F A N E R O Z O I C O	M E S O Z O I C O	C R E T Á C I C O	I N F E R I O R	APTIANO	FORMACIÓN FARRAT	480 aprox.		Intercalación de areniscas de grano grueso y lutitas, las areniscas con un espesor máximo de 5m, la lutitas con espesor máximo de 1m.
				NEOCOMIANO	FORMACIÓN CARHUAZ	460 aprox.		Alternancia de areniscas con lutitas (gris verdosos), cuarcitas blancas y presencia de óxidos de hematita, los estratos de areniscas van desde los 0.50 m hasta los 3.60 m de espesor. Y los estratos de lutitas van desde los 0.05 m hasta 1.00 m de espesor.
				HAUTERIVIANO	FORMACIÓN SANTA	150 aprox.		Consiste en la intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas grisoscúras

Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

Columna Estratigráfica N° 01. . Espesor y litología de la Formación Carhuaz

- **Estructuras**

Se identificó un Stockwork y protuberancias irregulares que sobresalen del muro del estrato en las areniscas, siendo Huellas de carga o Estructuras de carga



Foto N° 10. Coordenadas E: 813516, N: 9194197
Huellas de carga o Estructuras de carga



Foto N° 11. Coordenadas E: 813515, N: 9194167. Stockwork
en lutitas grises y areniscas de la Formación Carhuaz

- **Espesor promedio**

Tienen un espesor aproximado de 460 m.

- **Correlación Estratigráfica**

La columna estratigráfica de la formación Carhuaz de la microcuenca se correlaciona por el Norte con la Formación Carhuaz, por el centro con el Grupo Huayllapampa (Fm Pamplona) y por el Sur con la Formación Hualhuani.

3.14.1.2 FORMACIÓN FARRAT (Ki-fa)

Esta Formación consiste de areniscas blanquecinas de grano medio a grueso y lutitas, Esta serie sedimentaria se ha identificado en la carretera de Huayobamba a Paucamarca

- **Edad**

Se correlaciona durante el Aptiano Inferior, también se considera el Barremiano - Aptiano. (Wilson, 1967).

- **Litología**

Alternancia de Areniscas rojizos blanquecinos y lutitas, las areniscas con espesor máximo de 5m, las lutitas con espesor máximo 1m. En la zona de transición de la Fm Carhuaz y Farrat una intercalación de lutitas de color amarillento, en la zona de transición de la Fm Farrat e Inca encontramos estratos de caliza de 0.50m de espesor con fósiles Pelecípodos (Biozona).



Foto N° 12. Coordenadas E: 813460, N: 919410. Medida de los estratos de lutitas amarillentas y areniscas de la Formación Farrat.



Foto N° 13. Coordenadas E: 813441, N: 9194025
Areniscas blanquecinas de la Formación Farrat.

- **Evento**

Un evento tectónico a escala regional.

- **Ambiente de depositación**

Es de un ambiente Litoral - Playero, (Lagos, Quispe 2007).

- **Relación Estratigráfica**

Sobreyace concordante a la Formación Carhuaz e Infrayace a la Formación Inca.

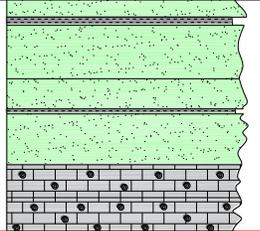
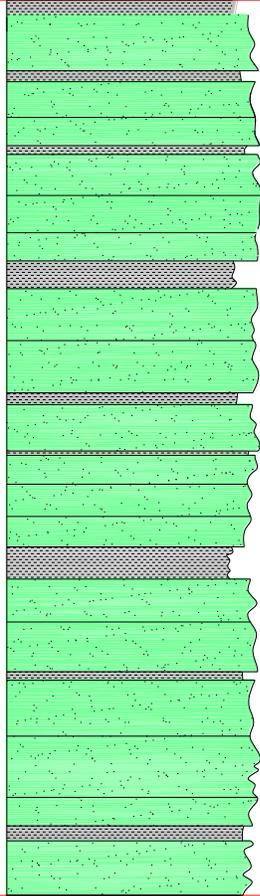
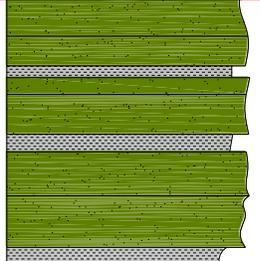


Foto N° 14. Coordenadas E: 813398, N: 9194454. Zona de transición de las Fms. Carhuaz y Farrat en la carretera a Paucamarca



Foto N° 15. Coordenadas E: 813706 N: 9192924. Zona de transición de la Fm. Farrat y Fm Inca en la Carretera a Paucamarca.

FORMACIÓN FARRAT (Ki-fa)

EÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
F A N E R O Z O I C O	M E S O Z O I C O	C R E T Á C I C O	I N F E R I O R	APTIANO	FORMACIÓN INCA	90 aprox.		Intercalación de areniscas ferruginosas con limolitas, con estratos de 0.10m a 0.50m.
					FORMACIÓN FARRAT	480 aprox.		Intercalación de areniscas de grano grueso y lutitas, las areniscas con un espesor máximo de 5m, la lutitas con espesor máximo de 1m.
					FORMACIÓN CARHUÁZ	460 aprox.		Intercalación de areniscas con lutitas grises, con presencia de óxidos de hematita.
				NEOCOMIANO				
				HAUTERIVIANO BARRENIANO				

Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

Columna Estratigráfica N° 02. Espesor y litología de la Formación Farrat.

- **Espesor promedio**

Tienen un espesor aproximado de 480 m.

- **Correlación Estratigráfica**

La columna estratigráfica de la formación Farrat de la microcuenca se correlaciona por el Norte con la Formación Farrat, por el centro con la Formación Atocongo y por el Sur con la Formación Mara.

3.14.1.3 FORMACIÓN INCA (Ki-in)

La Formación en estudio se caracteriza por su coloración rojiza amarillenta, esta serie sedimentaria se ha identificado en la carretera de Huayobamba a Paucamarca; en la zona de transición de la Fm Farrat e Inca presenta una Biozona de Pelecípodos en los estratos de caliza y en la zona de transición de la Fm Inca y Chúlec encontramos dolomita

- **Edad**

Se la correlaciona durante el Aptiano Superior y Albiano Inferior. La existencia de fósiles Bivalvos contribuyó también a determinar la edad de la Formación Inca. (Reyes, 1980).

- **Litología**

Encontramos una alternancia de areniscas ferruginosas, caliza y lutitas, los estratos de areniscas van desde los 0.30 m. hasta los 0.90 m. de espesor. Los estratos de caliza tienen 0.50 m. a 0.30 m. de espesor, los estratos de lutitas van desde los 0.10 m. hasta los 0.40 m de espesor.



Foto N° 16. Coordenadas E: 812756 N: 9194690 Areniscas ferruginosas Intercaladas con limolita en la carretera de Paucamarca a Cochamarca.



Foto N° 17. Coordenadas E: 812386 N: 9194611 Estratos de caliza (Biozona de Pelecípodos)



Foto N° 18. Coordenadas E: 812386 N: 9194611 Fósil de Pelecípodo

- **Evento**

Un evento tectónico a escala regional

- **Ambiente de depositación**

La Formación Inca por su litología, contenido fosilífero, agua marinas bien oxigenadas y mar poco profundo con corrientes turbulentas indican una Ambiente Marino.

- **Relación Estratigráfica**

Sobreyace concordante a la Formación Farrat e Infrayace a la Formación Chulec.

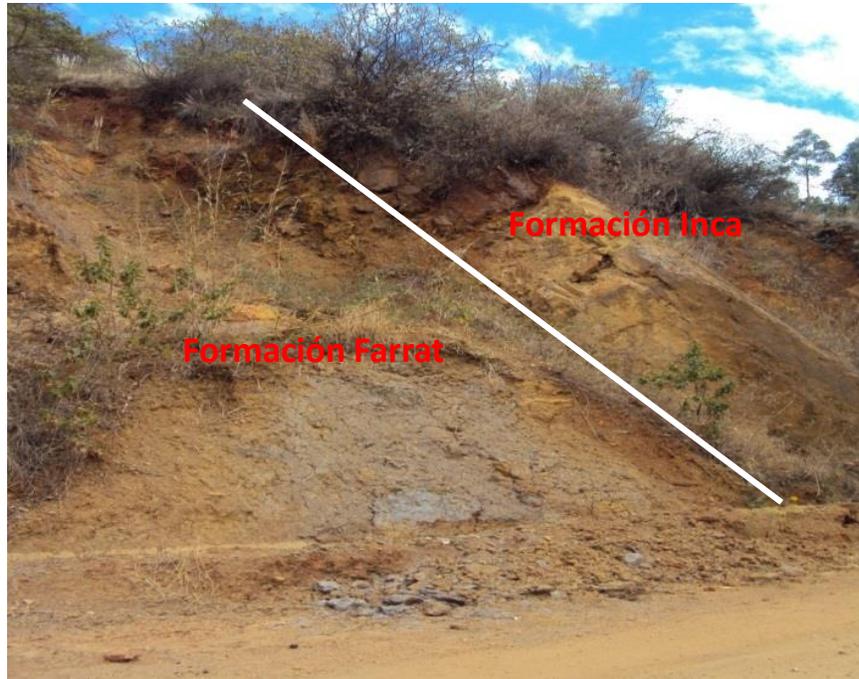


Foto N° 19. Coordenadas E: 813706N: 9192924. Zona de transición de la Fm. Farrat y la Fm Inca en la carretera a Paucamarca

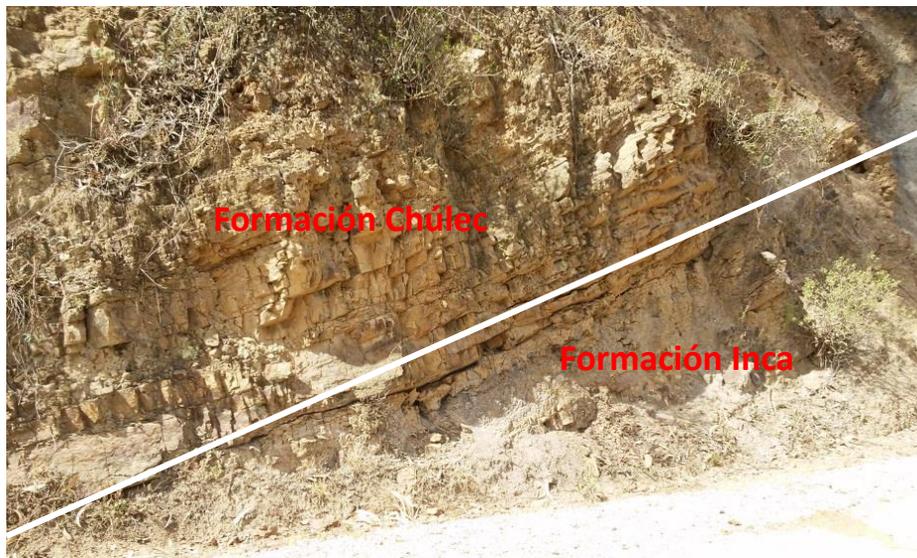
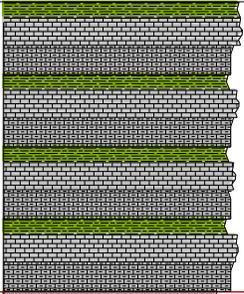
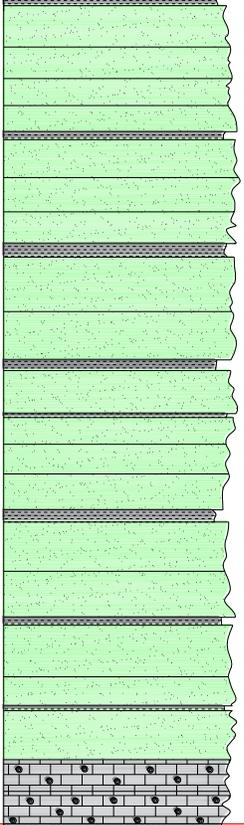
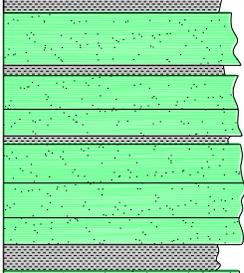


Foto N° 20. Coordenadas E: 812386, N: 9194611. Zona de transición de las Fms. Inca y Chulec en la carretera de Paucamarca a Cochamarca

FORMACIÓN INCA (Ki-in)

EÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
F A N E R O Z O I C O	M E S O Z O I C O	C R E T Á C E O	I N F E R I O R	ALBIANO	FORMACIÓN CHULEC	250 aprox.		Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitascaláceas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento
				APTÍANO	FORMACIÓN INCA	90 aprox.		Alternancia de areniscas ferruginosas, caliza y lutitas, los estratos de areniscas van desde los 0.30m hasta los 0.9 m de espesor. los estratos de caliza tienen 0.50m a 0.30m de espesor, los estratos de lutita van desde los 0.10m hasta los 0.4m de espesor. Estratos de caliza (Biozona de Pelecipodos)
				FORMACIÓN FARRAT	480 aprox.		Intercalación de areniscas de grano grueso y lutitas, las areniscas con un espesor máximo de 5m, la lutitas con espesor máximo de 1m.	

Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

Columna Estratigráfica N° 03. Espesor y litología de la Formación Inca.

- **Espesor promedio**

Tienen un espesor aproximado de 90 m.

- **Correlación Estratigráfica**

La columna estratigráfica de la formación Inca de la microcuenca en estudio, se correlaciona por el Norte con la Formación Inca, por el centro con la Formación Chilca y por el Sur con las Fms Ferrobamba y Arcurquina.

3.14.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS (HOLOCENO RECIENTE)

3.14.3.1 DEPÓSITOS ALUVIALES

Son los depósitos que se encuentra en las faldas de todos los cerros, a diferencia de los anteriores sus clastos son más finos y redondeados por consecuencia del transporte. Los encontramos en el cerro el Shirac y parte alta del distrito de Paucamarca.

3.14.3.2 DEPÓSITOS FLUVIALES

Son los que se encuentran en las zonas más bajas de la zona de estudio y sus clastos han sufrido más transporte y erosión por lo que son más redondeados, los encontramos al Sur de la zona de estudio en los alrededores del distrito de Paucamarca, la mayoría han sido cortados por el río Muyoc.

3.15 BIOESTRATIGRAFÍA DE LA MICROCUENCA COCHAMARCA - SAN MARCOS

La importancia que representa el estudio de los fósiles, es porque nos permite apreciar la utilidad de éstos, en la interpretación de los eventos geológicos que integran la vida terrestre (edad del planeta Tierra) Lo que conlleva a prestar atención a todas las características que perduran en el tiempo geológico.

Los fósiles son restos, huellas o impresiones dejadas por los organismos que vivieron en épocas pasadas preservando así su morfología lo que nos permitirá su identificación y que se encuentran en diferentes formaciones geológicas. La Paleontología es una ciencia que se encarga de su estudio

La fosilización de un resto orgánico se da cuando es recubierto por varias sustancias minerales como los carbonatos, la sílice y sulfuro de hidrógeno que complementan la petrificación. La zona de estudio en sus diferentes formaciones presenta abundancia de restos fósiles los cuales serán jerarquizados para su mejor comprensión y análisis de su Litoestratigráfica.

3.15.1 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE FÓSILES

Para investigación se realizara la observación, comparación y explicación.

Observación:

Se realizó directamente en campo.

Comparación:

Se procedió a comparar dichos fósiles para su respectiva clasificación.

Ejemplo: Gasterópodo



Foto N° 21. España (Madrid)



Foto N° 22. Perú (Paucamarca)

Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

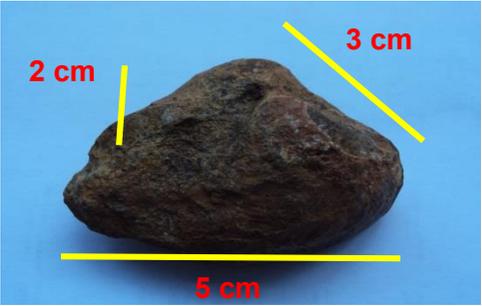
3.15.2 CLASIFICACIÓN DE LOS FÓSILES

3.15.2.1 TIPOS DE FÓSILES

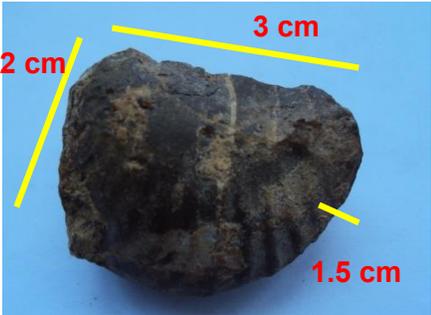
Se han encontrado fósiles en el tramo de la carretera a Paucamarca, que pertenece a la Microcuenca de Cochamarca San Marcos, las siguientes especies conocidas por un nombre común el cual después de realizado dicho estudio se tendrá una clasificación de cada uno de estos restos fósiles:

- Bivalvo
- Pelecípodos
- Gasterópodos

3.15.2.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN BIVALVO

CARACTERÍSTICAS	FÓSIL								
<p>Colectado: Bach. Juan Carlos Durán Ramírez</p> <p>Lugar: carretera a Paucamarca.</p> <p>Clasificación: PHYLLUM MOLLUSCA</p>	 <p>Foto N° 23. Fósil de un Bivalvo</p>								
<p>Clase: Bivalva. Orden: Veneroida. Familia: Corvicolidae. Género: Pelecípodo Edad: cenomaniano MA: (99.6 ± 0.9 – 93)</p>									
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roca huésped caliza (Formación Inca). • relleno está dado por calcita. • son animales constituidos por una concha. • En su primera aparición las condiciones no eran tan favorables para su desarrollo y crecimiento. 	 <p>Foto N° 24. Bivalvo In Situ, Coordenadas E: 812386, N: 9194611.</p>								
<table border="1" data-bbox="444 1388 712 1556"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ancho</td> <td>3 cm.</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>5 cm.</td> </tr> <tr> <td>Espesor</td> <td>2 cm.</td> </tr> </tbody> </table>	TAMAÑO		Ancho	3 cm.	Largo	5 cm.	Espesor	2 cm.	 <p>Foto N° 25. Dimensiones de un Bivalvo</p>
TAMAÑO									
Ancho	3 cm.								
Largo	5 cm.								
Espesor	2 cm.								

3.15.2.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN PELECÍPODO

CARACTERÍSTICAS	FÓSIL								
Colectado: Bach. Juan Carlos Durán Ramírez	 <p>Foto N° 26. Fósil de Pelecípodo</p>								
Lugar: carretera a Paucamarca.									
Clasificación: PHYLLUM MOLLUSCA Clase: Bivalva. Orden: Arcoida. Familia: Arcidae. Género: Arca Girondica Edad: cenomaniano MA: (99.6 ± 0.9 – 93.5±0.8)									
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Roca huésped caliza (Formación Yumagual) • Su relleno está dado por calcita. • son animales constituidos por una concha presenta costillas radiales. • En su primera aparición las condiciones no eran tan favorables para su desarrollo y crecimiento. 	 <p>Foto N° 27. Pelecípodo In Situ escala real, Coordenadas E: 812934, N: 9195251.</p>								
<table border="1" data-bbox="441 1398 729 1562"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ancho</td> <td>2 cm.</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>3 cm.</td> </tr> <tr> <td>Espesor</td> <td>1.5 cm.</td> </tr> </tbody> </table>	TAMAÑO		Ancho	2 cm.	Largo	3 cm.	Espesor	1.5 cm.	 <p>Foto N° 28. Dimensiones de un Pelecípodo</p>
TAMAÑO									
Ancho	2 cm.								
Largo	3 cm.								
Espesor	1.5 cm.								

3.15.2.4 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE UN GASTERÓPODO

CARACTERÍSTICAS	FÓSIL								
<p>Colectado: Bach. Juan Carlos Durán Ramírez</p>	 <p>Foto N° 29. Fósil de Gasterópodo</p>								
<p>Lugar: carretera a Paucamarca</p>									
<p>Clasificación: PHYLLUM MOLLUSCA</p>									
<p>Clase: Gastrópoda o gasterópoda Orden: Xenophora. Superfamilia: Strombacea familia: Strombidae Género: Strombus Edad: cenomaniano MA: (99.6 ± 0.9 – 93.5±0.8)</p>	 <p>Foto N° 30. Gasterópodo In Situ, Coordenadas E: 812934, N: 9195251.</p>								
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roca huésped caliza (Formación Yumagual). • Su relleno está dado por calcita. • Son de concha univalva normalmente conforme invertida, de involuta a subenvoluta. Se caracteriza por tener un labro engrosado • Promedio de 5-6 espiras 									
<table border="1" data-bbox="441 1373 711 1535"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ancho</td> <td>2 cm.</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>4 cm.</td> </tr> <tr> <td>Espesor</td> <td>2 cm.</td> </tr> </tbody> </table>	TAMAÑO		Ancho	2 cm.	Largo	4 cm.	Espesor	2 cm.	 <p>Foto N° 31. Dimensiones de un Gasterópodo</p>
TAMAÑO									
Ancho	2 cm.								
Largo	4 cm.								
Espesor	2 cm.								

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

4.1.1 SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

4.1.1.1 RESULTADOS

Luego de haber realizado el estudio sedimentológico y estratigráfico de las formaciones encontradas, se han obtenido los siguientes resultados, columnas estratigráficas de las formaciones estudiadas y Ambientes de sedimentación de dichas formaciones. Las Formaciones del Cretáceo Inferior tales como Carhuaz, Farrat poseen las mismas características a lo largo de toda la zona de estudio, solo en la Formación Inca, es en donde se ha observado algunos cambios específicos identificados en la zona de Paucamarca.

4.1.1.2. INTERPRETACIÓN

Las interpretaciones conseguidas luego de realizar la estratigrafía de la zona de estudio son las siguientes:

La Formación Farrat presenta en todo su espesor, una intercalación masiva de areniscas y lutitas, debido a que se originó en un Ambiente litoral, La Formación Inca de Cajamarca, que está al Este del distrito de Baños de Inca afloran areniscas y algunos horizontes calcáreos, pero hacia la zona de estudio al Norte Oeste (Huayobamba - Paucamarca) presenta estratos de calizas con fósiles de Pelecípodos (Biozona), debido a que se desarrolló en un Ambiente Marino.

4.1.2 EVENTOS SEDIMENTARIOS

4.1.2.1 RESULTADOS

En la zona de estudio se identificó las Formaciones geológicas Carhuaz, Farrat e Inca, las cuales se originaron por un Evento Tectónico a escala regional.

4.1.2.2 INTERPRETACIÓN

Desde el Precámbrico hasta el Jurásico superior; se presentan tres grandes secuencias: una secuencia inferior (Valanginiano-Aptiano) que pertenece a la plataforma siliciclástica, una segunda secuencia (Albiano-Turoniano al Campaniano) que pertenece a una gran plataforma carbonatada y la tercera secuencia al tope del Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichtiano) compuesta por las series rojas continentales que pertenecen a procesos de inversión tectónica y transición a cuencas de antepaís.

Durante el Cretácico Inferior se tiene el registro de dos ciclos transgresivos que van del Valanginiano Inferior al Aptiano Terminal y el segundo del Albiano Basal al Albiano Medio, generando importantes aportes silicoclásticos donde se refleja un cambio nítido de las fuentes detríticas siendo en éste sistema transgresivo del Cretácico Inferior, donde se aprecia los mayores espesores llamado también mayor subsidencia (Javier J. 2005).

4.1.3 CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA NORTE, CENTRO Y SUR DEL PAÍS.

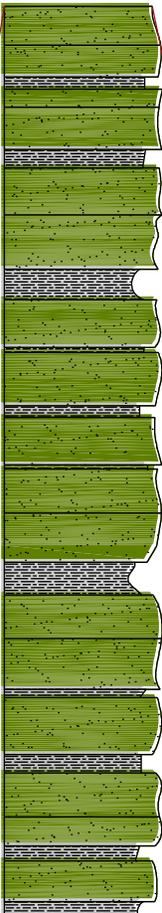
4.1.3.1 RESULTADOS

Se realizó la correlación con las columnas estratigráficas del Norte, Centro y Sur del país. Teniendo en cuenta las características Geocronológico, paleontológicas (fósiles) y litológicas (areniscas, lutitas y calizas).

4.1.3.2. INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN CARHUAZ.

La Columna Estratigráfica de la Formación Carhuaz de la microcuenca se correlaciona por el Norte con la Formación Carhuaz, por el centro con el Grupo Huayllapampa (Fm Pamplona) pues ésta Formación comprende las edades a fines del Valanginiano superior hasta comienzos del Aptiano, es decir es íntegro del piso Neocomiano (Hauteriviano – Barremiano), (Lisson C. 1907). Y por el Sur con la Formación Hualhuani de edad del Barremiano, (Wilson & García 1962).

Cuadro N° 03. Correlación de la Formación Carhuaz

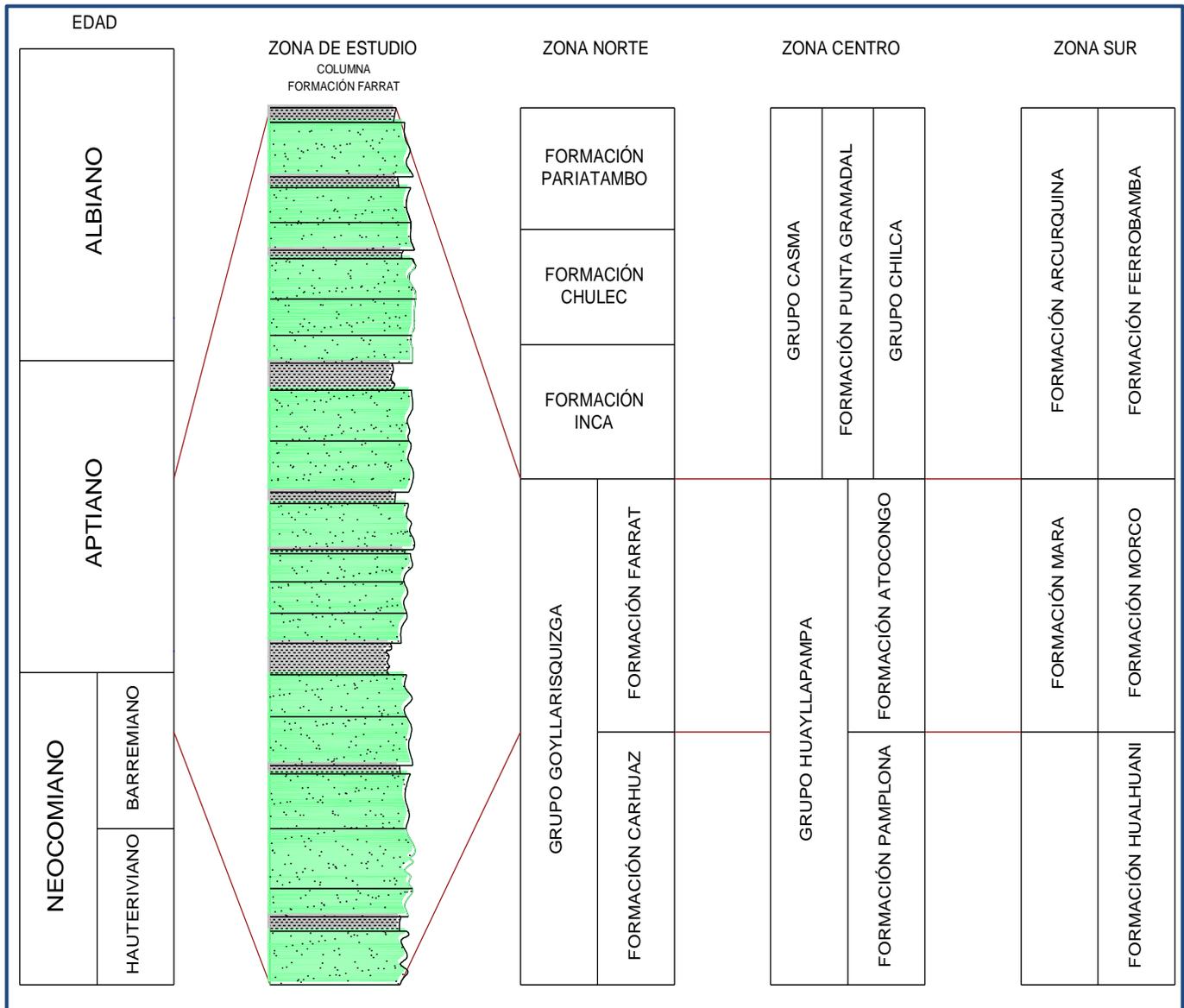
EDAD		ZONA DE ESTUDIO COLUMNA FORMACIÓN CARHUAZ	ZONA NORTE	ZONA CENTRO	ZONA SUR
ALBIANO			FORMACIÓN PARIATAMBO	GRUPO CASMA FORMACIÓN PUNTA GRAMADAL GRUPO CHILCA	FORMACIÓN ARGURQUINA
			FORMACIÓN CHULEC		FORMACIÓN MARA
APTIANO			FORMACIÓN INCA	GRUPO HUAYLLAPAMPA FORMACIÓN ATOCONGO	FORMACIÓN MORCO
			GRUPO GOYLLARISQUIZGA FORMACIÓN FARRAT		FORMACIÓN HUALHUANI
NEOCOMIANO	HAUTERIVIANO BARREMIANO		FORMACIÓN CARHUAZ	FORMACIÓN PAMPLONA	

Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

4.1.3.3 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN FARRAT

La Columna Estratigráfica de la Formación Farrat de la microcuenca se correlaciona por el Norte con la Formación Farrat, por el centro con la Formación Atocongo que comprende una edad del Barremiano a Aptiano Inferior (Lisson C. 1907) y por el Sur con la Formación Mara de edad del Aptiano (W. Jenks 1951).

Cuadro N° 04. Correlación de la Formación Farrat

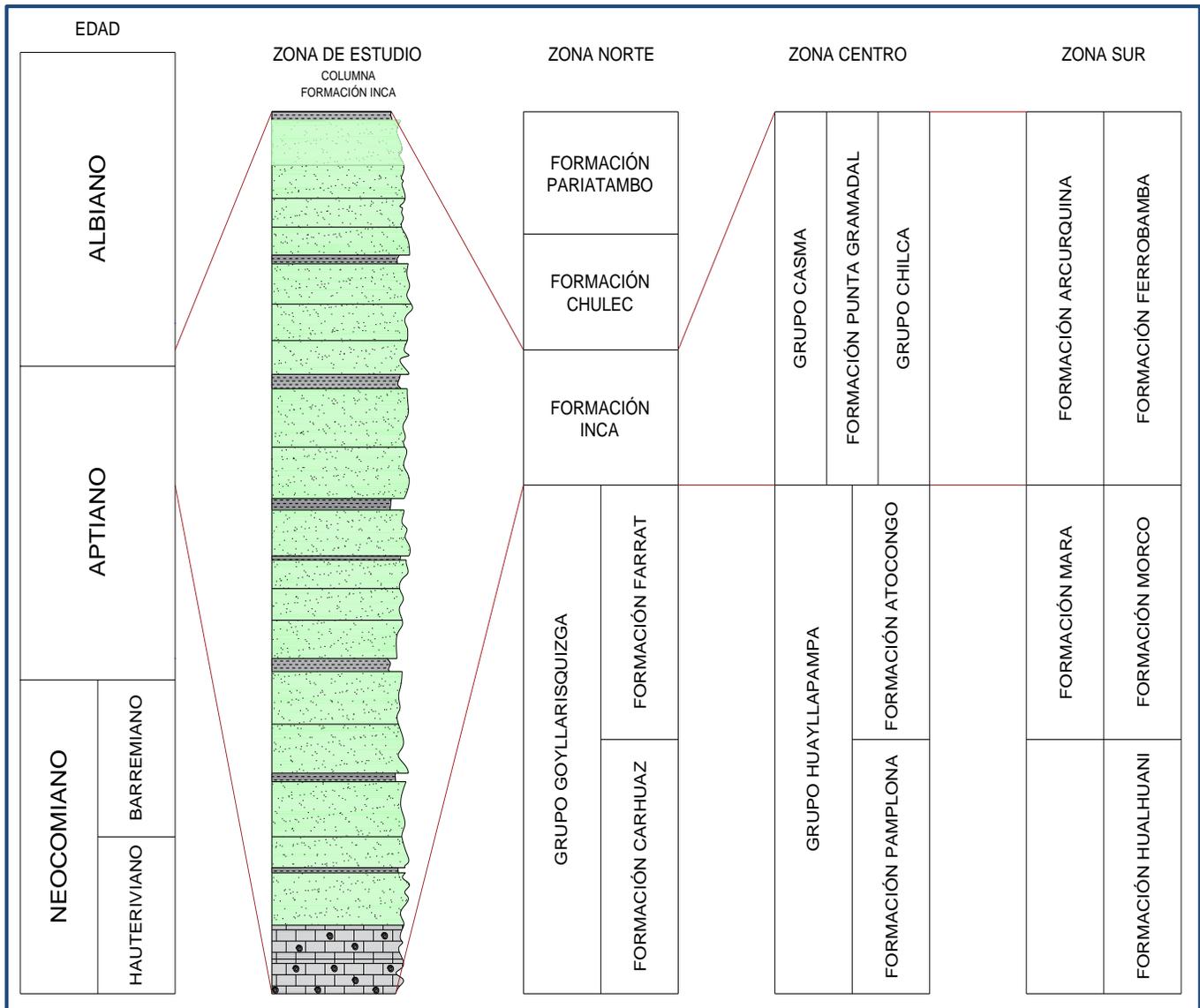


Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

4.1.3.4 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN INCA

La Columna Estratigráfica de la Formación Inca de la microcuenca en estudio, se correlaciona por el Norte con la Formación Inca, por el centro con la Formación Chilca del Aptiano a Albiano inferior (E. Bosc 1963) y por el Sur con las Formación Arcurquina de Aptiano y Formación Ferrobamba del Aptiano – Turoniano, de un Ambiente Marino (fósiles Bivalvos), (Marocco R. 1975).

Cuadro N° 05. Correlación de la Formación Inca.



Fuente: Bach. Durán Ramírez Juan Carlos

4.1.4. MEDIDA DE ESPESORES

Cuadro N° 06. Cuadro comparativo de Espesores.

Unidad Litológica	Medida en metros según INGEMMET (boletín N° 31)	Medida insitu
Formación Carhuaz	500 m.	460 m.
Formación Farrat	500 m.	480 m.
Formación Inca	100 m.	90 m.

4.1.5 PALEONTOLOGÍA

En la microcuenca de Cochamarca San Marcos se encontró algunas especies de fósiles, por su importancia con la Estratigrafía se hizo una descripción de cada una de las especies encontradas a fin de poder relacionar y determinar del tipo de Ambiente donde vivieron estos organismos, en el capítulo anterior se realizó a detalle la descripción de dichos fósiles.

4.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

En la zona de estudio encontramos las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, los cuales presentan una sedimentación y estratificación intercalada de diferente litología, esto se debe a que en tiempos geológicos se desarrolló una gran variedad de Ambientes Sedimentarios lo cual dio origen a la existencia de Formaciones geológicas en la Microcuenca. Estas Formaciones se caracterizan mediante afloramientos en la superficie, lo que indica que su sedimentación, depositación y litificación es de un Ambiente Sedimentario.

4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En la Microcuenca Cochamarca - San Marcos Cajamarca Perú, se encontró afloramientos de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca; las cuales presentan una litología definida y variable, debido a que cada formación geológica se desarrolló en un Ambiente de Sedimentación diferente en espacio y tiempo geológico. El afloramiento litológico de la formación Carhuaz se originó en un Ambiente de transgresión que van del Valanginiano Inferior al Aptiano Terminal por esta razón se aprecia una litología de areniscas intercaladas con lutitas de variable espesor entre sus estratos. El afloramiento litológico de la formación Farrat se originó en un Ambiente de transgresión que van del Valanginiano Inferior al Aptiano Terminal Litoral por esta razón es que se aprecia una litología intercalada de areniscas blanquecinas de grano medio a grueso con lutitas y limoarcillitas con estratos de variable espesor. El afloramiento litológico de la formación Inca, indica que se originó en un transgresión que van del Valanginiano Inferior al Aptiano Terminal (Ambiente Marino), debido a presencia de Fósiles bivalvos. Se aprecia una litología intercalada de areniscas ferruginosas, caliza y lutitas con estratos de variable espesor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó La Sedimentología y Estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca de la Microcuenca Cochamarca - San Marcos Cajamarca Perú. la cual lo hemos representado con la elaboración de cada Columna Estratigráfica de las Formaciones estudiadas. Y a su vez se hizo la correlación de dichas columnas estratigráficas.
- El evento tectónico a escala regional originó la sedimentación, depositación y litificación de los sedimentos de la zona, el cual ocurrió durante el Cretácico inferior siendo los aportes de materiales silicoclásticos una evidencia de tal evento.
- Las características Sedimentológicas y Estratigráficas como textura, composición y fractura de las rocas, encontradas en las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, es típico de un Ambiente de transgresión, lo que corresponde al Sistema Cretácico Inferior ocurrido en los Andes Peruanos, la existencia de depósitos silicoclásticos de tipo deltaico .
- Las columnas estratigráficas elaboradas de las Formaciones geológicas de la zona de estudio elaboradas, se hizo la comparación teniendo en cuenta sus características geocronológico, paleontológicas (fósiles) y litológicas de areniscas, lutitas y calizas, con las Columnas Estratigráficas del Sur, Centro y Norte del Perú y la microcuenca de Cochamarca-San Marcos Cajamarca Perú, esto con la finalidad de conocer la importancia en la diferenciación de Formaciones litológicas Homogéneas.

- La Estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, de la Microcuenca Cochamarca – San Marcos están sujetas a los principios estratigráficos de Uniformismo o actualismo, sucesión de eventos, superposición de estratos, horizontalidad original, continuidad lateral y Principio de sucesión faunística, pues todo evento sucedido en el pasado ocurre en el presente pero en escalas diferentes
- El Ambiente sedimentario donde se llevó la génesis de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, es de Transgresión (Cretácico Inferior) que va desde el Valanginiano Inferior hasta el Aptiano Terminal, cuya evolución vertical expresa una transgresión desde medios costaneros a medios de plataforma abierta (foreshore) y más profunda hasta talud (offshore). La identificación de este Ambiente de Sedimentación se realizó con el análisis detallado de las Formaciones por medio de Columnas Estratigráficas, Geocronología, Correlación y fósiles. Un ejemplo claro es la Formación Inca de un ambiente marino de poca profundidad, abundante oxigenación y presencia de fósiles (Bivalvos)

5.2 RECOMENDACIONES

- Complementar al estudio Bioestratigráfico que se realizó de las especies encontradas en la microcuenca, a fin de tener un registro fosilífero más completo y a detalle; pues servirá como registro para otras zonas de estudio que presenten la misma litología.
- Realizar un estudio petrográfico minucioso para el aprovechamiento económico de la extracción de minerales no metálicos de la zona de investigación.
- Realizar estudios en las Sub Cuencas de río Crisnejas de Geotecnia, Hidrogeología, pues el área de trabajo presenta condiciones favorables para su estudio en estos temas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Benavides, V. 1956.** “Cretaceous System of North Perú”. New York, EE.UU,
- **Dávila, J. 2011.** Diccionario Geológico
- **Herrera Carranza, E. 2012.** “Estudio estratigráfico del cretáceo superior en los alrededores de la ciudad de Cajamarca”. Realiza la descripción detallada el Cretáceo Superior.
- **Hutton, J. 1726 – 1797.** Esquema del ciclo de las rocas, los procesos de sedimentación y formación de rocas sedimentarias
- **Jacay, J. 2005.** “Análisis de sedimentación del Sistema Cretáceo de los Andes del Perú Central”. Lima, Perú,
- **Lagos, A; Quispe, Z. 2007.** “Aportes al Análisis de Cuencas sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, distrito de Cajamarca”, Cajamarca, Perú, Sociedad Geológica del Perú.
- **Lagos, A; Quispe, Z; Rodríguez, R. 2011.** “Análisis Estructural y su Relación con los intrusivos miocénicos. Zona de Urubamba y Alrededores”, Cajamarca, Perú,
- **Mejía Chatilán, WR. 2012.** Estudio Sedimentológico y Estratigráfico del Caserío de Puyllucana – Otuzco Cajamarca.
- **Tafur, I. 1950.** “Estudio Preliminar de la Geología de Cajamarca”, Lima Perú. INGEMMET Boletín N° 31.

ANEXOS