

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



TESIS PROFESIONAL

**CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA
FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. WILMER ROMERO SALAZAR

Asesor:

Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Cajamarca - Perú 2022

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darme la vida y guiarme por la senda correcta, para lograr culminar la presente Tesis.

Un agradecimiento con mucho cariño a los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, en especial a mi asesor Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani, por su apoyo incondicional y asesoramiento en la orientación, redacción y por compartir conmigo parte de sus conocimientos durante el desarrollo de mi tesis.

DEDICATORIA

A mis padres: Antonio Abad Romero Ventura y María Florencia Salazar Celis, asimismo a mi hermana Fredesbinda Romero Salazar, que con su apoyo brindado he logrado culminar mi carrera profesional.

CONTENIDO	pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Nacionales.....	3
2.1.2. Locales	3
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Estratigrafía y sedimentología	5
2.2.2. Estrato	5
2.2.2.1. Geometría de los estratos	6
2.2.2.2. Asociación de los estratos	7
2.2.3. Estratificación	8
2.2.3.1. Medida de la estratificación	8
2.2.3.2. Tipos de superficie de estratificación.....	9
2.2.4. Sección estratigráfica.....	10
2.2.5. Facie Sedimentaria.....	11
2.2.6. Clasificación de las rocas carbonatadas y rocas clásticas.....	11
2.2.6.1. Clasificación de Dunham (1962).....	12
2.2.6.2. Clasificación de rocas sedimentarias, según Pettijohn (1975) y Folk (1974).....	13
2.2.6.3. Clasificación De J. Udden y C. Wentrth (1979)	16
2.2.7. Estructuras sedimentarias	16
2.2.7.1. Estructuras pre – sedimentarias	17

	pág.
2.2.7.2. Estructuras sin – sedimentarias.....	20
2.2.7.3. Estructuras post – sedimentarias.....	25
2.2.8. Unidades Litoestratigráficas.....	28
2.2.9. Unidades Bioestratigráficas	29
2.2.9.1. Clasificación de los fósiles.....	30
2.2.10. Ambientes sedimentarios	30
2.2.10.1. Características que definen los ambientes sedimentarios.....	30
2.2.10.2. Clasificación de los ambientes sedimentarios.....	31
A. Ambientes continentales	31
B. Ambientes de transición.....	31
C. Ambientes marinos	31
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	33
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1.1. Geográfica	34
3.1.2. Política	34
3.2. ACCESIBILIDAD	34
3.3. CLIMA.....	35
3.4. VEGETACIÓN	36
3.5. GEOMORFOLOGÍA	37
3.6. HIDROLOGÍA	37
3.7. PROCEDIMIENTO	38
A. Etapa preliminar.....	38
B. Etapa de campo.....	38
C. Etapa de gabinete.....	39
3.7.1. Metodología de la investigación.....	39
3.7.1.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	39
3.7.1.2. Población de estudio	40
3.7.1.3. Muestra.....	40
3.7.1.4. Unidad de análisis	40
3.7.2. Identificación de variables.....	40
3.7.3. Instrumentos y equipos.....	40

	pág.
A. Equipos.....	40
B. Materiales	41
3.8. MARCO GEOLÓGICO	42
3.8.1. Geología Regional	42
3.8.2. Geología Local.....	43
3.8.2.1. Grupo Goyllarisquizga	43
3.8.2.2. Formación Santa	44
3.9. MARCO LITOBIOESTRATIGRÁFICO	45
3.9.1. Litología	45
3.9.1.1. Estación Estratigráfica N° 01	45
3.9.1.2. Estación Estratigráfica N° 02	50
3.9.1.3. Estación Estratigráfica N° 03	51
3.9.1.4. Estación Estratigráfica N° 04	53
3.9.1.5. Estación Estratigráfica N° 05	57
3.9.2. Estructuras sedimentarias	61
3.9.2.1. Estratificación paralela.....	61
3.9.2.2. Estructuras lenticulares	62
3.9.2.3. Grietas de desecación	63
3.9.2.4. Laminación	64
3.9.2.5. Concreciones.....	64
3.9.3. Geometría de los estratos.....	66
3.9.4. Secuencia elemental o de Bouma	67
3.9.5. Bioestratigrafía.....	69
3.9.6. Descripción petrológica.....	71
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	79
4.1.1. La Formación Santa en el centro poblado La Grama	79
4.1.2. Ambiente de sedimentación de la Formación Santa en el cuadrángulo de Cajamarca y San Marcos.....	81
4.1.3. Ambiente de sedimentación de la Formación Santa en el centro poblado La Grama.....	81

	pág.
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	82
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. CONCLUSIONES	83
5.2. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS	pág.
Figura 1: Geometría de los estratos de acuerdo a su continuidad, tomada de (Vera, 1994).....	6
Figura 2: Tipos de asociaciones de estratos basados en la distribución de espesores y en las litologías presentes. Las letras a, b y c son litologías diferentes, a con mayor granulometría y c de menor granulometría, tomada de (Vera, 1994)	8
Figura 3: Medida de espesores de los estratos mediante vara de Jacob, tomada de (Agueda,2004).....	9
Figura 4: Tipos de superficies de estratificación, tomada de (Vera, 1994).....	10
Figura 5: Sección estratigráfica elaborada mediante el principio de superposición, tomada de (Vera, 1994).....	11
Figura 6: Clasificación de Dunham 1962, modificado por (Moore, 2001)	12
Figura 7: Clasificación de rocas clásticas, tomada de (Pettijhon,1973).....	14
Figura 8: Clasificación textural, modificada de (Folk ,1974).	15
Figura 9: Escalas Granulométricas de las rocas sedimentarias y sedimentos detríticos, tomadas de (Udden y Wentrth, 1979).....	16
Figura 10: Canales de alta sinuosidad, producidos en ambientes marinos profundos de las Capas del Cabo Viamonte (Mioceno Medio), Cuenca Austral, tomada de (Cheel, 2005).....	18
Figura 11: Grietas de desecación, tomada de (Griem, 2006).....	19
Figura 12: Huellas de gotas de lluvia, tomada de (Griem,1998).....	20
Figura 13: Estratificación sesgada: a la izquierda – planar. a la derecha – en cubeta, tomada de (Navarrete, 2003).....	21
Figura 14: Diagrama que muestra estratificación flasher, tomada de (Cheel, 2005).....	22
Figura 15: Estratificación lenticular, tomada de (Caballero, 2015).	22
Figura 16: Laminación horizontal en capas de areniscas, tomada de (Navarrete, 2003).....	23

	pág.
Figura 17: Esquema mostrando los diferentes tipos de gradación y las características del flujo que las origina, tomada de (Nemec, 1990).....	24
Figura 18: Esquema mostrando la disposición de los clastos imbricados La dirección del flujo es de derecha a izquierda como indican las flechas negras. T1 - 6 indican el movimiento del clasto a través del tiempo, tomada de (Cheel, 2005).	25
Figura 19: Estructuras de carga en el contacto entre estratos, tomada de (Navarrete,2003).	26
Figura 20: Cantos de arcilla armados, tomada de (Corrales, 1977).	27
Figura 21: Diques y filones de arenisca: Génesis de los diques clásticos, 1. Areniscas, 2. Lutitas, 3. Diques. Tomadas de (Andrieux,1967).....	28
Figura 22: Dique en series estratigráficas, tomada del libro de Estratigrafía de (Corrales, 1977).	28
Figura 23: Unidades litoestratigráficas, tomada del Libro de Estratigrafía de (Corrales, 1977).....	29
Figura 24: Clasificación de los ambientes sedimentarios, modificada por (Nichols, 2009).	32
Figura 25: Ruta de acceso a la zona de estudio, superponiendo como base el relieve terrestre, tomada de (Google maps, 2020).....	35
Figura 26: Diagrama estadístico meteorológica de San Marcos, tomada de (SENAMHI, 2019).	36
Figura 27: Ubicación de la Formación Santa perteneciente al Grupo Gollarisquisga en la columna estratigráfica de la región Cajamarca (INGEMMET, 2007).	43
Figura 28: Según Folk 1974, se clasificó a la muestra N° 01 dentro del campo de las lodolitas específicamente como arcillolita, ya que presenta una matriz mayor al 70%.	72
Figura 29: Según Folk 1974, se clasificó a la muestra N° 02 dentro del campo de las lodolitas específicamente como limolita, ya que presenta una matriz mayor al 75%.	73

Figura 30: Según J. Udden y C. Wentrth 1979, se clasificó a la muestra N° 02 como limolita compuesta principalmente por limo de grano fino a medio.....	74
Figura 31: Según Pettijohn 1975, se clasificó a la muestra N° 03 como cuarzoarenita, ya que presenta una matriz menor al 5%.....	75
Figura 32: Según J. Udden y C. Wentrth 1979, se clasificó a la muestra N° 03 como una arenisca compuesta principalmente por arena de grano medio.	75
Figura 33: Ambiente marino somero según (Nichols, 2009).....	81

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	Pág.
Fotografía 1: Vegetación característica del Centro Poblado La Grama... ..	36
Fotografía 2: Unidades morfogénéticas en el Centro Poblado la Grama (planicies y lomadas).....	37
Fotografía 3: Quebrada Cedrocucho ubicado al SW de zona de investigación (Centro Poblado La Grama).	38
Fotografía 4: Observamos la presencia de carbón bituminoso en la parte media de la Formación Santa.....	44
Fotografía 5: Observamos la presencia de anhidrita que siempre están rellenoando las fracturas de las calizas y areniscas.	45
Fotografía 6: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 01 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas.....	46
Fotografía 7: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita, areniscas y limolitas. Coordenadas: E:817348, N:9178551 y Cota: 2316 m.s.n.m.....	47
Fotografía 8: Parte media de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita con Potentes estratos de areniscas y limolitas. Coordenadas: E: 817348, N: 9178551 y Cota: 2316 m.s.n.m.	48
Fotografía 9: Parte superior de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita con potentes estratos de areniscas rojizas fuertemente fracturada y limolitas. Coordenadas: E: 817352 , N: 9178532 y Cota: 2319 m.s.n.m.....	49
Fotografía 10: Contacto inferido entre la Formación Chimú y la Formación Santa. Coordenadas: N: 9178549, E: 817356 y Cota: 2312 m.s.n.m.....	49
Fotografía 11: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 02 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas.....	50

	pág.
Fotografía 12: Afloramiento de limolitas de coloración amarillenta intercaladas con arcillolitas y areniscas. Coordenadas N:9178310, E: 817904 y Cota: 2357 m.s.n.m.....	51
Fotografía 13: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 03 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas, se observan también mantos de carbón bituminoso.....	52
Fotografía 14: Afloramiento de intercalación de limolitas de coloración amarillenta, arcillolitas, areniscas y mantos de carbón bituminoso. Coordenadas N:9178165, E: 817858 y Cota: 2368 m.s.n.m.....	53
Fotografía 15: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 04 donde se observa una alternancia de calizas, arcillolitas grises y limolitas.....	54
Fotografía 16: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de limolita rojiza con arcillolitas grises. Coordenadas N:9178205, E: 817892 y Cota: 2372 m.s.n.m.	55
Fotografía 17: Presencia de anhidrita entre los estratos de limolita. Coordenadas N:9178205, E: 817892 y Cota: 2372 m.s.n.m.....	55
Fotografía 18: Parte media de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de calizas mudstone y packstone con arcillolitas grises y limolitas. Coordenadas N:9178210, E: 817888 y Cota: 2372 m.s.n.m.....	56
Fotografía 19: Parte superior de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de calizas con arcillolitas grises principalmente. Coordenadas N:9178217, E: 817894 y Cota: 2373 m. s. n. m.	57
Fotografía 20: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 05 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, calizas y calizas margosas.....	58

Fotografía 21: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas. Coordenadas N:9178392, E: 817893 y Cota: 2389 m.s.n.m.	58
Fotografía 22: Parte media de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas wackestone y calizas margosas. Coordenadas N:9178387, E: 817891 y Cota: 2389 m.s.n.m.....	59
Fotografía 23: Parte superior de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas margosas y calizas packstone. Coordenadas N:9178387, E: 817891 y Cota: 2389 m.s.n.m.....	60
Fotografía 24: Fósiles encontrados en la parte superior de la estación estratigráfica N° 05, A) Gasterópodo (Paraglauconia strombiformis). B) Bivalvo (Corbicula sp.).....	60
Fotografía 25: Contacto inferido de la Formación Santa y la Formación Carhuaz. Norte: 9178470, Este: 817887 y Cota: 2400 m.n.m.....	61
Fotografía 26: Estratificación paralela en los estratos de calizas intercaladas con arcillolitas.	62
Fotografía 27: Estructuras lenticulares presentes en rocas calizas de la Formación Santa.....	63
Fotografía 28: Presencia de grietas de desecación en sedimentos producto de erosión de las calizas margosas y arcillolitas de la Formación Santa.....	63
Fotografía 29: Laminación presente en las arcillolitas.	64
Fotografía 30: Concreciones incrustadas en arcillolitas.....	65
Fotografía 31: Concreciones de calizas altamente oxidadas y alteradas encontradas entre los estratos de arcillolitas.	65
Fotografía 32: Concreciones de calizas con presencia de pirita.	66
Fotografía 33: Visualización de una geometría de estratos tabulares en areniscas.	66

	pág.
Fotografía 34: Visualización de estratos ondulados en limolitas.....	67
Fotografía 35: Visualización de la secuencia directa en estratos de areniscas. Coordenadas N:9178310, E: 817906 y Cota: 2358 m.s.n.m.	68
Fotografía 36: Visualización de la secuencia inversa en estratos de areniscas y arcillolitas grises. Coordenadas N:9178234, E: 817126 y Cota:2322 m.s.n.m.....	68
Fotografía 37: Fósil Gasterópodo, Paraglauconia Strombiformis, con líneas de sutura en cada espira cerca del ápice.....	69
Fotografía 38: Fósil bivalvo, Corbícula sp.	70
Fotografía 39: Concreción de caliza encontrada en el afloramiento de arcillolitas, donde se observa la presencia de una gran variedad de fósiles micritas y esparitas. Coordenadas N:9178257, E: 817821 y Cota: 2347 m.s.n.m.	71
Fotografía 40: Clasificación de la muestra N° 01, de la estación estratigráfica N° 05, como arcillolita según las clasificaciones de Folk 1974.	71
Fotografía 41: Clasificación de la muestra N° 02, de la estación estratigráfica N° 02, como limolita según las clasificaciones de Folk 1974 y J. Udden y C. Wentrth 1979.	72
Fotografía 42: Clasificación de la muestra N° 03, de la estación estratigráfica N° 01, según las clasificaciones de J.Udden y C. Wentrth 1979 y Pettijohn 1975. En la muestra se observa que los granos de cuarzo presentan pátinas de óxidos de hierro.....	74
Fotografía 43: Clasificación macroscópica de la muestra N° 04, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Mudstone de color gris con pátinas de óxidos Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 04.	76
Fotografía 44: Clasificación macroscópica de la muestra N° 05, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Wackestone	

	pág.
de color gris con pátinas de óxidos. Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 05.....	77
Fotografía 45: Clasificación macroscópica de la muestra N° 06, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Packstone con presencia de óxidos, se observan pequeños fósiles gasterópodos Paraglauconia Strombiformis Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 05.....	78

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio	34
Tabla 2: Ruta de acceso a la zona de estudio (Centro Poblado La Grama)...	35
Tabla 3: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 01	46
Tabla 4: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 02.....	50
Tabla 5: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 03.....	51
Tabla 6: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 04.....	53
Tabla 7: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 05.....	57

RESUMEN

La presente investigación contiene un estudio basado en la Litobioestratigrafía de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama, al Noreste, en el Distrito de Eduardo Villanueva, realizándose para ello un análisis descriptivo directo de manera local, en la cual se caracterizó las unidades litobioestratigráficas realizadas en 5 estaciones estratigráficas, litológicamente está conformada por intercalaciones de limolitas, arcillolitas, areniscas y estratos lenticulares de calizas, calizas margosas en la parte superior de dicha Formación, también se identificó presencia de anhidrita y mantos de carbón bituminoso, en cuanto al contenido paleontológico se identificó presencia de fósiles gasterópodos *Paraglauconia Strombiformis* y bivalvos como *corbícula* sp. Finalmente con los datos obtenidos de las estaciones estratigráficas se ha elaborado la columna litobioestratigráfica con un espesor total de 112m. De acuerdo a las características litobioestratigráficas identificadas se concluye que la Formación Santa pertenece a un ambiente marino somero.

Palabras claves: Estratigrafía, litología, fósil, estructura sedimentaria, facie sedimentaria, columna litobioestratigráfica.

ABSTRACT

The present investigation contains the study based on the lithobiostratigraphy of the Santa Formation in the La Grama Populated Center, to the Northeast, in the District of Eduardo Villanueva, carrying out a direct descriptive analysis locally, in which the lithobiostratigraphic units were characterized. carried out in 5 stratigraphic stations, lithologically it is made up of intercalations of siltstones, claystones, sandstones and lenticular strata of limestone, marly limestone in the upper part of said Formation, the presence of anhydrite and mantles of bituminous coal was also identified, in terms of paleontological content the presence of gastropod fossils *Paraglauconia Strombiformis* and bivalves such as *corbicula* sp. Finally, with the data obtained from the stratigraphic stations, the lithobiostratigraphic column with a total thickness of 112m has been elaborated. According to the lithobiostratigraphics characteristics identified, it is concluded that the Santa Formation belongs to a shallow marine environment.

Keywords: Stratigraphy, lithology, fossil, sedimentary structure, sedimentary facies, lithobiostratigraphic column.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación: Caracterización Litobioestratigráfica de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama, se ubica al NE en el distrito: Eduardo Villanueva, provincia de San Marcos y departamento de Cajamarca.

La Formación Santa pertenece al Cretácico Inferior; litológicamente está constituida por una intercalación de lutitas, calizas margosas y areniscas gris oscuras, con un espesor que oscila entre 100 y 150 m. suprayace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz. Gran parte del tiempo de depositación y sedimentación se dio en un ambiente somero (Benavides, 1956).

El problema a dicha investigación es porque en la actualidad no existen estudios íntegramente detallados donde mencionen de las principales características litobioestratigráficas de la Formación Santa, solo hay estudios regionales donde indican sus características generales, para la cual se genera la siguiente pregunta: ¿Cuál es la caracterización litobioestratigráfica de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama?

La hipótesis que se plantea para la investigación es que la caracterización litobioestratigráfica de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama, se determina de acuerdo a las unidades litobioestratigráficas, textura, estructura, secuencia estratigráfica, ambiente sedimentario; litológicamente está constituida por alternancia de arcillitas, limolitas y areniscas finas de coloración gris oscuras; como contenido Paleontológico se identificarán gasterópodos como *Paraglauconia Strombiformis* (Schlotheim) y Bivalvos como *Corbícula* sp, que indican una edad del Valanginiano Medio al Hauteriviano Inferior (Lagos y Quispe, 2007).

La investigación tiene como objetivo general caracterizar la litobioestratigrafía de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama; y como objetivos específicos describir las unidades litobioestratigráficas, identificar las texturas y estructuras sedimentarias, y determinar el ambiente de sedimentación.

Este trabajo de investigación servirá como base para posteriores estudios de investigación y también será de gran aporte para las instituciones locales y regionales, permitiendo conocer más sobre los nuevos conocimientos de la Formación Santa ya sea referente a su origen y características que la hacen diferenciarse de las demás Formaciones del Grupo Gollarisquizga.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se ha tenido en cuenta el siguiente contenido de capítulos:

Capítulo II: Contiene antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III: Comprende la ubicación de la investigación, accesibilidad, procedimientos, metodología, instrumentos utilizados y descripción de algunas texturas y estructuras sedimentarias identificadas.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, contrastación de la hipótesis planteada.

Capítulo V: Se presenta las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Nacionales

Reyes (1980), Boletín N° 31, Cuadrángulo de Cajamarca - San Marcos - Cajabamba; con apoyo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), indica que la formación Santa se extiende hacia el sur del área; zona del Callejón de Huaylas, Pomabamba y Sihuas, donde se le encuentra con las mismas relaciones estratigráficas, a pesar de que su litología varía en el contenido calcáreo y lutáceo, siendo correlacionable, en parte, con el sector inferior de la formación Llacanora.

Benavides (1956), “Sistema Cretácico del Norte del Perú”, logro identificar que la Formación Santa consiste en una intercalación de lutitas, calizas margosas y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m.

Tafur (1950), Nota Preliminar sobre la Geología del valle de Cajamarca. Tesis doctoral en la Universidad Nacional de San Marcos, Lima – Perú, describe las correlaciones estratigráficas y las ubica en el tiempo geológico.

2.1.2. Locales

López (2021), en su tesis Estudio Lito y Bioestratigráfico del Grupo Crisnejas entre las localidades de Pampa de la Culebra y Polloc – La Encañada, caracteriza la Lito-Bioestratigrafía del Grupo Crisnejas en La Pampa de la Culebra, Polloc y Encañada, en los cuales se ha realizado el levantamiento de columna Lito - Bioestratigráfica a escala local 1/1400, reconociéndose dos unidades litoestratigráficas del piso al techo como Formación Chúlec y Formación Pariatambo. Posteriormente también se ha realizado la caracterización Lito- Bioestratigráfica de las Formaciones, aplicando el método

directo para la medición del espesor de estratos, identificación de texturas, facies, estructuras sedimentarias y biozonas.

Mendoza (2021), en su tesis Correlación Litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las Zonas de Matara, San Marcos y Otuzco, utilizando el Sistema Gráfico de Correlación de Shaw se realizó la Correlación Litoestratigráfica de la Formación Yumagual, determinando las condiciones de depositación, los espesores de los estratos, las facies sedimentarias y la elaboración de columnas estratigráficas.

Saavedra (2019), en su tesis Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el Caserío de Shaullo Chico del Distrito Baños del Inca, determina la caracterización estratigráfica de las Formaciones Santa, Carhuaz y Farrat; que corresponden al Cretácico inferior, para la cual se elaboró dos columnas estratigráficas de la Formación Farrat, dos columnas estratigráficas de la formación Carhuaz, una levantada en la base de la formación y otra en el techo, en la parte central se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios, y de la formación Santa se realizó el levantamiento de la columna estratigráfica en el techo en 60 m, la misma que está cubierta por depósitos cuaternarios, también se realizó la descompactación de dichas Formaciones.

Duran (2018), en su tesis Estudio Sedimentológico y Estratigráfico de la microcuenca Cochamarca – San Marcos Cajamarca Perú, permite determinar y correlacionar la sedimentología y estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, determina las características sedimentológicas y estratigráficas de las rocas, elabora la columna Estratigráfica de las Formaciones existentes en la microcuenca, también determina los Ambientes de Sedimentación de las Formaciones de la microcuenca.

Spelucin (2016), en su tesis Estratigrafía Y Paleontología de la Formación Santa en los distritos de Cajamarca, Baños del Inca y Llacanora, realiza una descripción detallada de la Formación Santa, determina los contactos litoestratigráficos, el espesor, bioestratigrafía y estructuras sedimentarias,

correlaciona las columnas estratigráficas de Cajamarca, Baños del Inca y Llacanora.

Lagos & Quispe (2007), aportes al Análisis de cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de Los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca. En este estudio se analizan tanto los fósiles y las rocas que pertenecen a la Formación Santa y Formación Carhuáz de edad Cretácico inferior, hallados en las localidades de San Marcos y Cajamarca, el análisis ha permitido determinar su edad y las condiciones de depositación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estratigrafía y sedimentología

La Estratigrafía se basa en la sucesión y relaciones cronológicas originales de los estratos y también de su forma, distribución, composición litológica, contenido fósil, propiedades geoquímicas y geofísicas, es decir de todas las características, propiedades, y atributos de las rocas “como estratos”, de la interpretación de su ambiente de formación o modo de origen y de su historia geológica” (Herdgerg, 1980).

La sedimentología es la rama de la geología que se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y deposición de material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos y que normalmente forman rocas sedimentarias. Trata de interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado (Arche, 2010).

2.2.2. Estrato

El estrato es la unidad básica de la estratigrafía o unidad litoestratigráfica de menor rango. Los estratos se forman típicamente como capas horizontales de espesor uniforme, limitadas por superficies de estratificación (Navarrete, 2003)

2.2.2.1. Geometría de los estratos

De acuerdo a su geometría o tipos geométricos, los estratos se clasifican de la siguiente manera (Vera, 1994).

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

Estratos irregulares: Tienen la base erosiva (irregular) y un techo plano, con un espesor variable.

Estratos acanalados: Presentan un espesor muy variable, con una geometría interna que semeja el relleno de un canal.

Estratos en forma de cuña: Están limitados por superficies planas no paralelas entre sí, lateralmente terminan por pérdida progresiva de espesor.

Estratos lenticulares: Son discontinuos con la base plana y el techo convexo.

Estratos ondulados: Son continuos con base plana y techo ondulado.

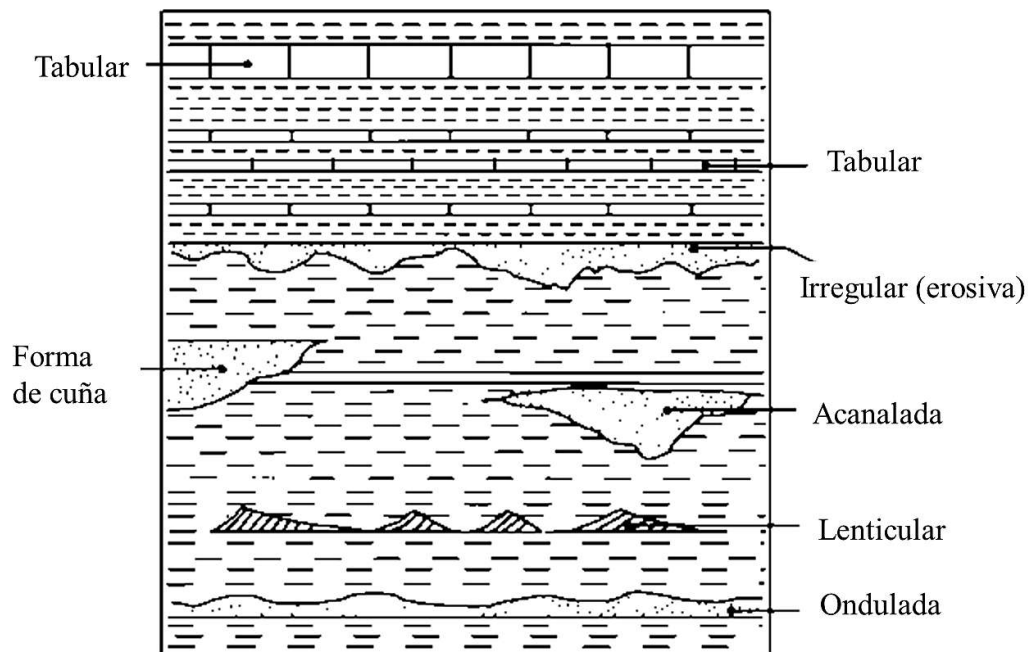


Figura 1: Geometría de los estratos de acuerdo a su continuidad, tomada de (Vera, 1994).

2.2.2.2. Asociación de los estratos

Al analizar un conjunto de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diferentes tipos de clasificación genética, la asociación de estratos se clasifica de la siguiente manera (Escobedo, 2017).

Clasificación de asociaciones de estratos basados en su espesor:

Uniforme: Los espesores en los estratos sucesivos, todos ellos presentan valores de espesores semejantes, con un valor real cercano a la estadística de todos los espesores.

Aleatorio o de espesor variable: Los espesores de los estratos presentan características variables y no presentan una ordenación definida.

Estrato Creciente: Los espesores de los estratos tienden en una ordenación creciente en función al espesor de cada estrato presente en la sucesión, este tipo de ordenamiento también se le conoce como secuencia negativa (Lombard, 1956).

Estrato Decreciente: Es la disminución de espesores de los estratos hacia el techo en cada estrato. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva (Lombard, 1956).

En haces: Los espesores de los estratos se distribuyen en estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes en cada asociación de estratos.

Clasificación de asociaciones de estratos basados en la litología:

Homogénea: Los estratos sucesivos tienen la misma naturaleza.

Rítmica: La litología se alterna ordenadamente.

Cíclica: Conjunto de estratos en los que se repite un módulo de más de dos litologías.

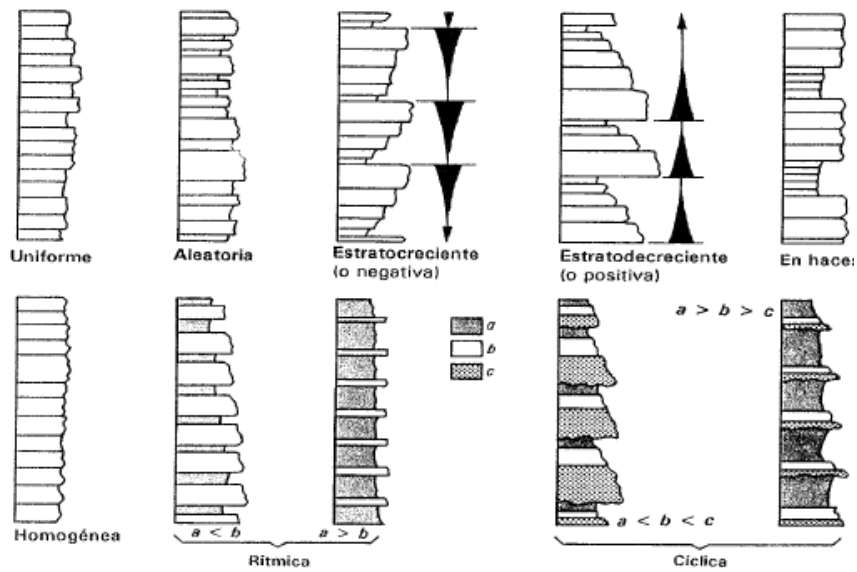


Figura 2: Tipos de asociaciones de estratos basados en la distribución de espesores y en las litologías presentes. Las letras a, b y c son litologías diferentes, a con mayor granulometría y c de menor granulometría, tomada de (Vera, 1994).

2.2.3. Estratificación

La estratificación es un fenómeno ligado a la sedimentación en lo cual los sedimentos se depositan en un medio sedimentario formando capas apiladas unas encima de las otras que se denominan estratos horizontales y que constituyen secuencias estratigráficas (Vera, 1994).

2.2.3.1. Medida de la estratificación

El espesor de un conjunto de estratos, es la distancia entre sus límites medida perpendicularmente a ellos y representa el espesor actual de los materiales sedimentados durante un determinado intervalo de tiempo.

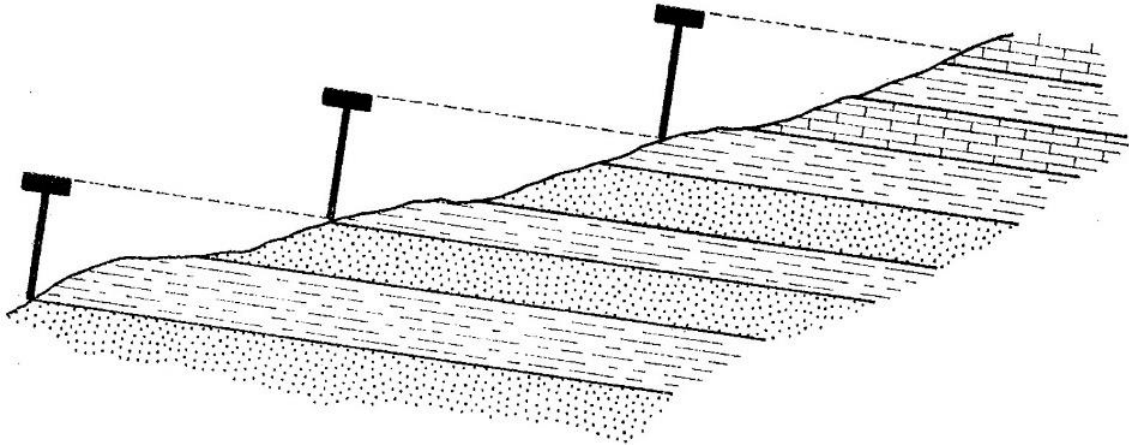


Figura 3: Medida de espesores de los estratos mediante vara de Jacob, tomada de (Agueda,2004).

2.2.3.2. Tipos de superficie de estratificación

La superficie de estratificación está relacionada a la geometría de los estratos, llamando techo a la parte superior, y base a la inferior. Esta representa una interrupción en la sedimentación, con una duración muy variable. Se pueden clasificar por sus características físicas, por su geometría y por sus rasgos geométricos (Vera, 1994).

Por sus características físicas:

Superficies netas (erosivas o no)

Superficies graduales (difusa)

Por su geometría:

Planares

Irregulares (onduladas o curvadas).

Por sus rasgos geométricos de detalle:

Estructuras de corriente

Bioturbación

Estructuras de carga

Rizaduras

Nódulos

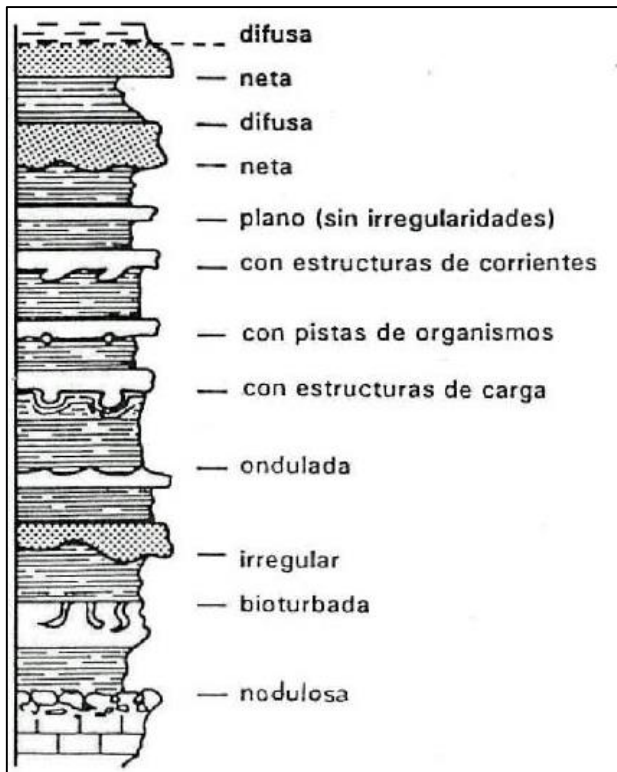


Figura 4: Tipos de superficies de estratificación, tomada de (Vera, 1994).

2.2.4. Sección estratigráfica

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

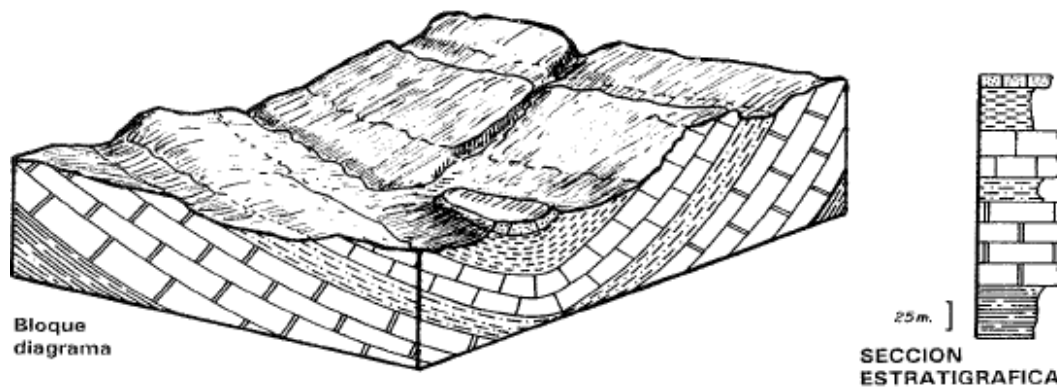


Figura 5: Sección estratigráfica elaborada mediante el principio de superposición, tomada de (Vera, 1994).

2.2.5. Facie Sedimentaria

Una facie es un conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles (Selley, 1970).

2.2.6. Clasificación de las rocas carbonatadas y rocas clásticas

Las rocas carbonatadas de acuerdo a su mineralogía se dividen en calizas y dolomías. Las calizas están compuestas principalmente por el mineral calcita y las dolomías compuestas por el mineral dolomita. Las rocas carbonatadas representan aproximadamente entre 20 al 25% de todas las rocas sedimentarias del registro geológico.

Las calizas presentan variadas texturas, estructuras y fósiles que proporcionan importante información acerca de los antiguos ambientes marinos, condiciones paleoecológicas y la evolución de la vida marina a través del tiempo.

Existe otro tipo de roca denominada marga que se compone de carbonatos y arcillas, frecuentemente lleva nódulos de anhidrita y calcita, presenta un color gris claro hasta oscuro, frecuentemente contiene microfósiles (Boggs, 2006).

Las rocas sedimentarias clásticas se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas. Están formadas a partir de la acumulación de arenas, gravas, bloques, cenizas volcánicas.

2.2.6.1. Clasificación de Dunham (1962)

Se basa en la caracterización del marco de soporte de la roca o sedimento. Si los granos generalmente se tocan entre sí y soportan el marco general, la roca está sustentada por granos; si los granos están "flotando" en el lodo, la roca está soportada por el lodo. Los porcentajes relativos de granos y barro se usan para generar los cuatro nombres principales: Mudstone, Wackestone, Packstone y Grainstone.

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

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

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

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

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

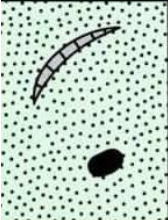
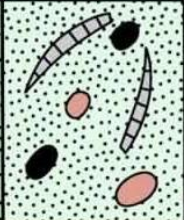
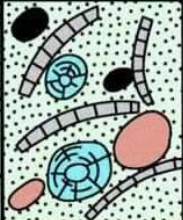
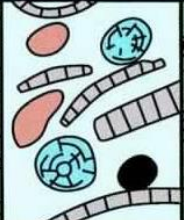

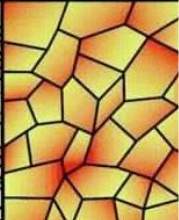
Textura deposicional reconocible				Textura deposicional no reconocible	
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción		
Con barro micrítico		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico			
Esqueleto matriz-soportado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

Figura 6: Clasificación de Dunham 1962, modificado por (Moore, 2001)

2.2.6.2. Clasificación de rocas sedimentarias, según Pettijohn (1975) y Folk (1974)

La matriz define el tipo de triángulo a utilizar, si la matriz es menor que 15 %, la roca que se está clasificando pertenece a la familia de las arenitas que conforman el primer triángulo; si la matriz está comprendida entre 15 % y 75 %, la roca pertenece a la familia de las grauvacas, finalmente si la matriz es mayor que 75 %, la roca pertenece a la familia de las lutitas.

Las areniscas se clasifican en función de la composición de los constituyentes mayoritarios de los clastos (cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca) y en el porcentaje de matriz. Existe gran cantidad de clasificaciones, pero las más utilizadas son la de Dott, modificada por Pettijohn (1975) y la de Folk (1974) A continuación, se muestra la tabla empleada para la clasificación macroscópica de las muestras analizadas.

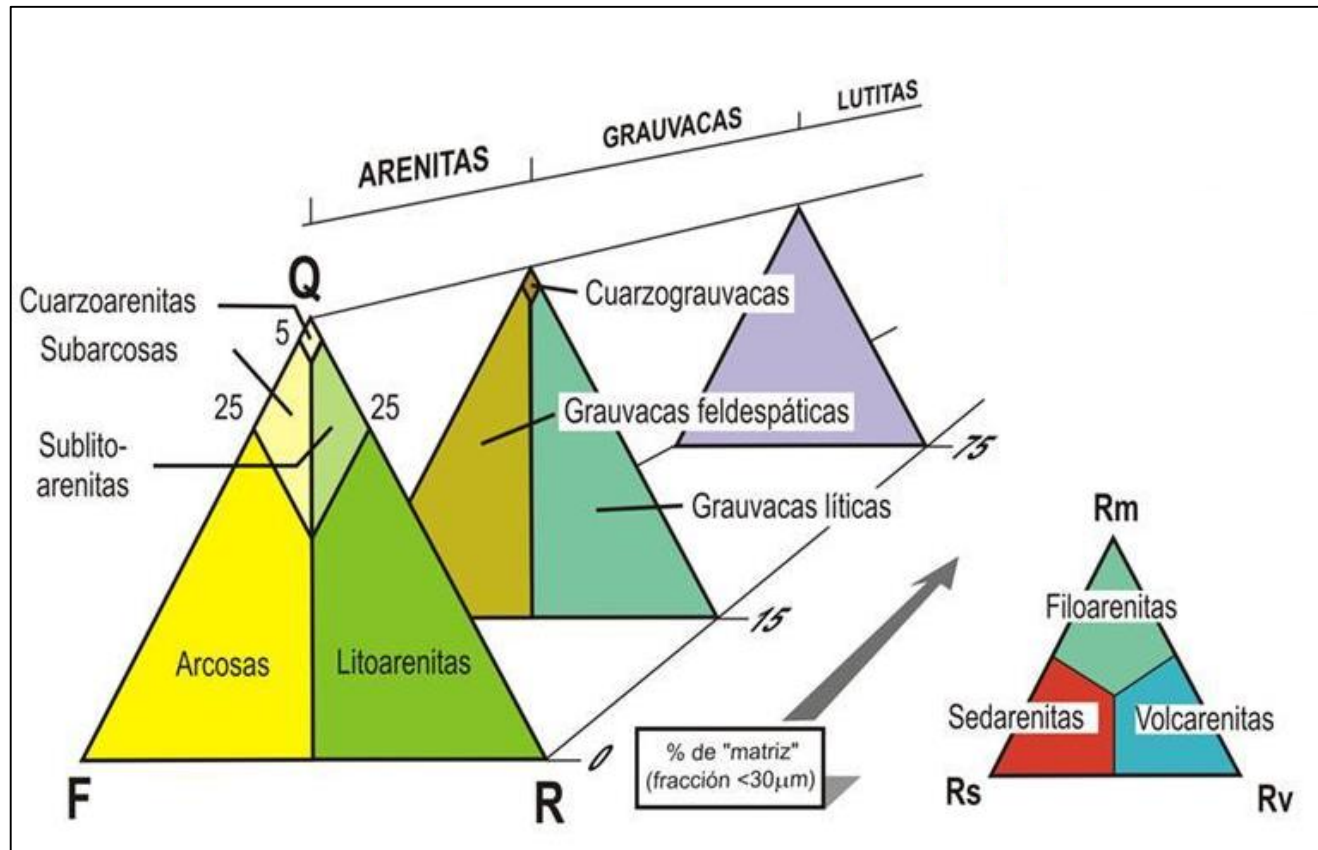


Figura 7: Clasificación de rocas clásticas, tomada de (Pettijon, 1973)

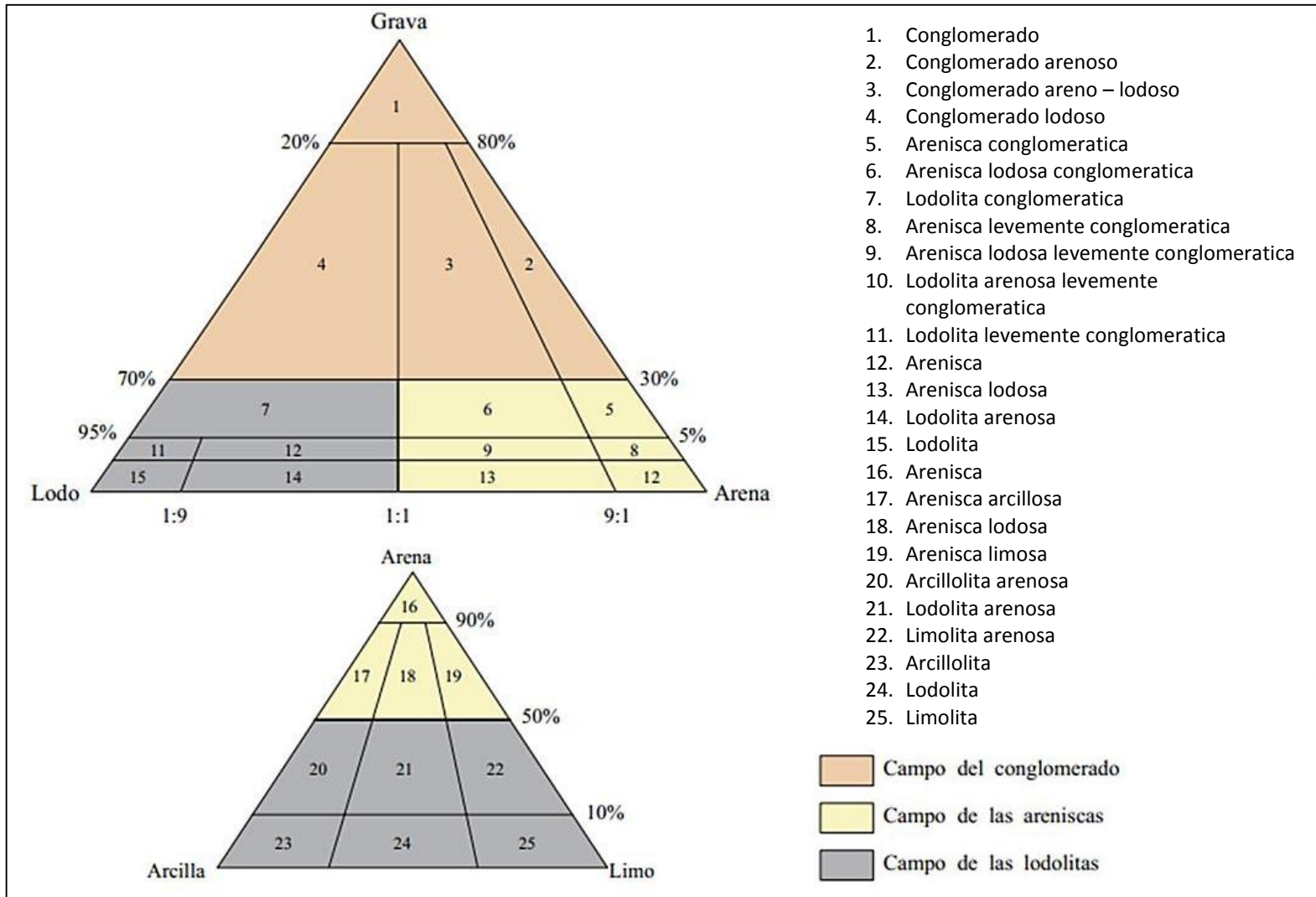


Figura 8: Clasificación textural, modificada de (Folk ,1974).

2.2.6.3. Clasificación De J. Udden y C. Wentrth (1979)

Basada en las escalas granulométricas de rocas sedimentarias y sedimentos detríticos.

CLASIFICACION DE SEDIMENTOS				
Límites de Clases (milímetros)	Clases de tamaño		Término para roca	
256 16 4 2	G r a v a s	Peñascos	Conglomerado Brecha Rudita Rocas rudáceas	
		Mataténas		
		Guijarros		
		Gránulos		
1 0.05 0.25 0.125 0.0625	A r e n a s	Arenas muy gruesas	Arenisca Arenita Rocas arenáceas	
		Arenas gruesas		
		Arenas medianas		
		Arenas finas		
		Arenas muy finas		
0.0312 0.0156 0.0078 0.0039	L i m o s	Limo grueso	L i m o l i t a	Argilita Rocas argiláceas Lodolita Rocas Lodosas Lutita
		Limo medio		
		Limo fino		
		Limo muy fino		
	Arcilla	Lutita		

Figura 9: Escalas Granulométricas de las rocas sedimentarias y sedimentos detríticos, tomadas de (Udden y Wentrth, 1979).

2.2.7. Estructuras sedimentarias

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

Las estructuras sedimentarias brindan valiosa información sobre los procesos mecánicos, químicos y biológicos que actuaron durante su acumulación, y durante el tiempo que estos sedimentos se encontraban en la superficie o cerca de ella (Pettijohn, 1957).

Por lo tanto, el análisis de las estructuras sedimentarias es de vital importancia ya que permite inferir cuáles fueron los mecanismos de transporte, las condiciones del flujo (turbulento o laminar, alta o baja energía, unidireccional o bidireccional), la dirección de migración de los sedimentos, las condiciones del sustrato, las condiciones paleoambientales, la polaridad de los estratos y la geometría.

Las estructuras sedimentarias pueden dividirse en tres categorías: pre - sedimentarias, sin - sedimentarias y post - sedimentarias (Arche, 2010).

2.2.7.1. Estructuras pre – sedimentarias

Las estructuras pre - sedimentarias se forman en el basamento antes de que se depositen los sedimentos. Por tanto, son siempre erosivas, y no deben confundirse con procesos de post - depósito que deforman la base de la capa, como los moldes de carga (load - casts). Entre otras son los canales, marcas de escurridura (scour marks) y turboglifos (flute marks). Suelen observarse mucho mejor los moldes en la capa superior que las estructuras en sí mismas y dan buenas indicaciones sobre la dirección y/o el sentido de las corrientes que las originaron. También se pueden considerar incluidas en este grupo las superficies marinas de omisión (hardgrounds) o las superficies subaéreas con grietas de desecación y/o brechas autogénicas (Arche, 2010).

2.2.7.1.1. Canales

Los canales son macroestructuras que pueden ir desde metros hasta kilómetros, tienen una forma cóncava en sección transversal. Están asociados a transporte de sedimentos por periodos de tiempos relativamente largos.

La mayoría de canales están rellenos de areniscas con estratificación sesgada y sus rellenos pueden formar cuerpos elongados de sedimentos al ser mapeados, dichos rellenos también pueden ser sedimentos gruesos que en la base contienen capas conglomeradas. El relleno sedimentario comúnmente, muestra los cambios ascendentes en el tamaño de grano o facies.

Los canales grandes normalmente no pueden ser vistos de cerca en el campo, pero al ser vistos a distancia se lo puede reconocer fácilmente (Gaibor, 2019).



Figura 10: Canales de alta sinuosidad, producidos en ambientes marinos profundos de las Capas del Cabo Viamonte (Mioceno Medio), Cuenca Austral, tomada de (Cheel, 2005).

2.2.7.1.2. Grietas de desecación (Mud cracks)

Son grietas cerradas en polígonos de lados planos o curvados, presentan un número reducido de lados. Si se desarrollan incompletamente pueden formar grietas bifurcadas o trifurcadas. El perfil de la grieta es en V y su longitud depende del espesor del material afectado por el agrietamiento.

Se originan en materiales fangoso arcillosos que se secan en contacto con la atmósfera, y al perder agua por evaporación los minerales de la arcilla, el material se contrae y se agrieta. Las grietas de desecación sirven como criterio de polaridad y criterio paleoambiental ya que aparecen principalmente en bordes de lagos, canales abandonados y llanuras de inundación de ríos, y parte superior de las llanuras mareales. Cuando se rellenan de un material suprayacente, se obtiene el calco de estas huellas en el piso del estrato superior (Navarrete, 2003).



Figura 11: Grietas de desecación, tomada de (Griem, 2006).

2.2.7.1.3. Huellas de gotas de lluvia

Son pequeñas depresiones redondeadas formadas sobre un fondo fangoso algo consolidado formadas por el impacto de gotas de lluvia sobre la superficie blanda.

Generalmente sólo se encuentran fósiles (moldes en el piso del estrato supra yacente).

Suelen estar asociadas a grietas de desecación y otras estructuras subaéreas, indican criterio de polaridad y criterio paleoambiental (Navarrete, 2003).

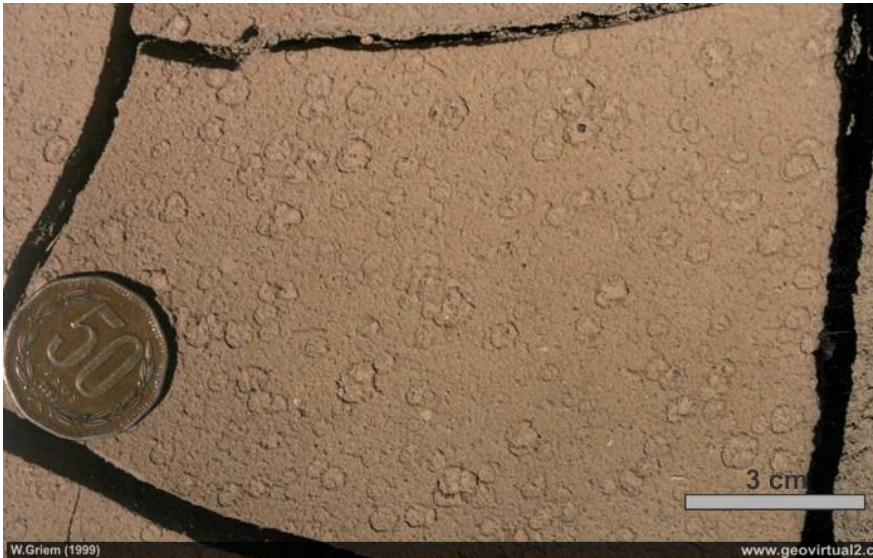


Figura 12: Huellas de gotas de lluvia, tomada de (Grieb,1998).

2.2.7.2. Estructuras sin – sedimentarias

Las estructuras sin - sedimentarias son de tres tipos fundamentales: estratificación planar, estratificación sesgada, con sus variedades de surco y planar, y microlaminación de ripples. Cuando un sedimento granular se ve sometido a una corriente de velocidad ascendente, desarrolla configuraciones externas que se reflejan en una estructura interna con una secuencia regular: ripples o capas planas, dunas, capas planas de alta energía y antidunas.

Hay que destacar que la aparición o desaparición de cada tipo no está ligada a una velocidad única, sino que depende de la granulometría del sedimento y de la profundidad del agua. En un sedimento fino, se alcanzará la configuración de capas planas de alta energía, cuando para la misma velocidad de corriente otro grano más grueso conservará aún la configuración de dunas. Por tanto, toda interpretación hidrodinámica de estructuras no es válida si no tiene en cuenta el tamaño de grano del sedimento en que se encuentra.

Estas estructuras dan información sobre la velocidad de la corriente que originó, pero poca sobre el medio en que se formaron (Arche, 2010).

2.2.7.2.1. Estratificación sesgada

La estratificación sesgada es una laminación sesgada a gran escala. Desde el punto de vista práctico se divide en dos grupos (Navarrete, 2003).

Estratificación sesgada planar: Con los estratos planos y el grupo de estratos en forma de cuña.

Estratificación sesgada en cubeta: Con superficies curvadas o festoneadas.

La estratificación sesgada de gran escala es típica de areniscas eólicas; cuando se tiene estratificación sesgada en una escala muy grande (sísmica), se le atribuye a cliniformas (Tucker, 2003).

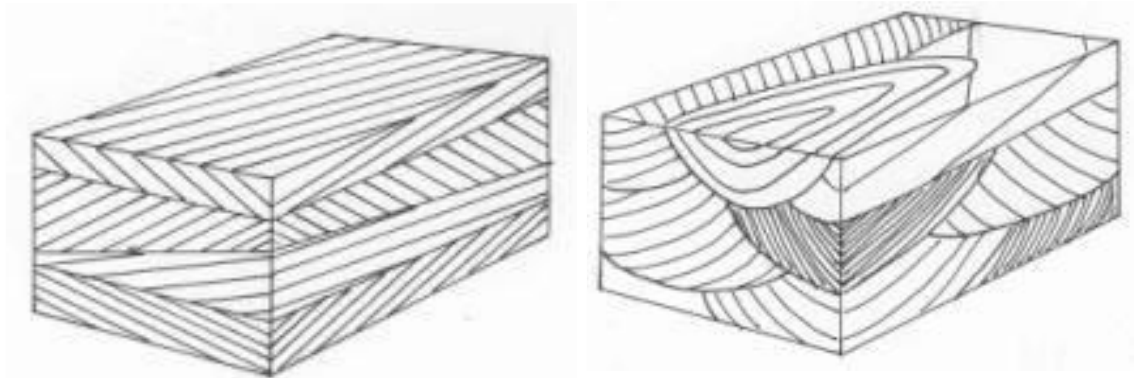


Figura 13: Estratificación sesgada: a la izquierda – planar. a la derecha – en cubeta, tomada de (Navarrete, 2003).

2.2.7.2.2. Estratificación Flasher

Son lentes de lodo en una matriz de arena; se debe a condiciones variables en forma cíclica tanto del régimen hidráulico como del aporte de estos dos materiales (Balcázar, 2019).

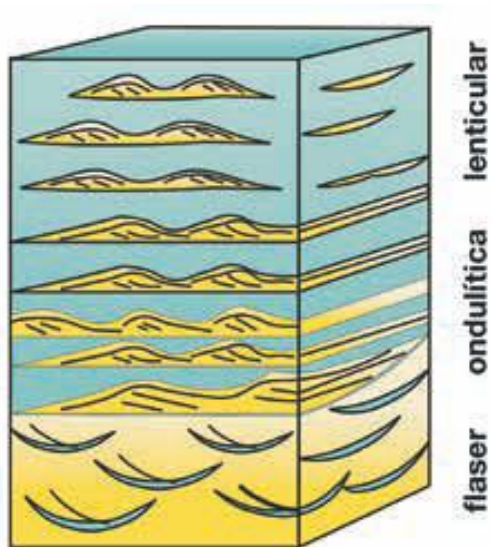


Figura 14: Diagrama que muestra estratificación flasher, tomada de (Cheel, 2005).

2.2.7.2.3. Estratificación Lenticular

Son lentes de arena en una matriz de lodo; se debe a condiciones variables en forma cíclica tanto del régimen hidráulico como del aporte de estos dos materiales (Balcázar, 2019).

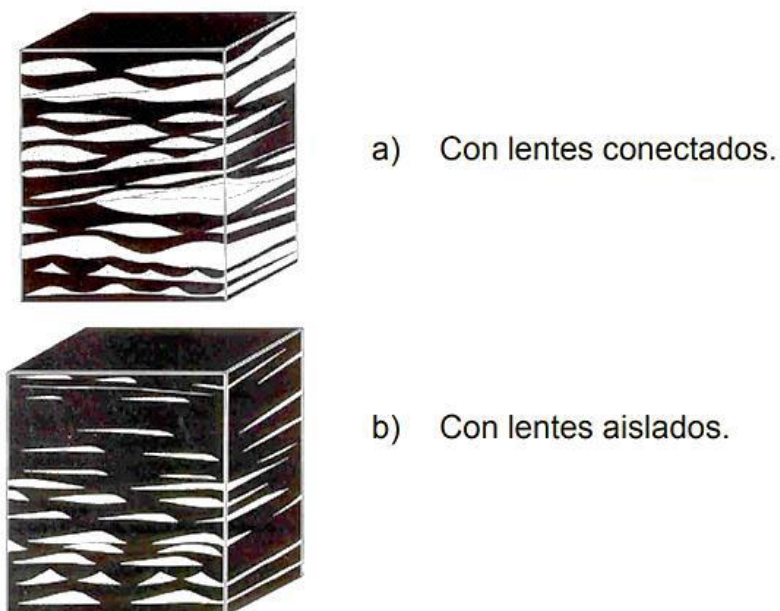


Figura 15: Estratificación lenticular, tomada de (Caballero, 2015).

2.2.7.2.4. Laminación horizontal

Consiste en láminas paralelas a las superficies limítrofes del estrato y entre sí. Se produce por un cambio brusco de granulometría. Los materiales donde se presentan preferentemente son arenas medianas y finas, depositadas en un ambiente de régimen hidráulico elevado (Navarrete, 2003).



Figura 16: Laminación horizontal en capas de areniscas, tomada de (Navarrete, 2003).

2.2.7.2.5. Ripples

Son estructuras que se desarrollan generalmente en sedimentos de tamaño de caliza o arenisca. Los ripples son muy comunes y ocurren en las superficies de los estratos.

Estas estructuras pueden ser producidas por diferentes mecanismos como son las olas, corrientes o el viento.

2.2.7.2.6. Estratificación gradada

La gradación describe los cambios en el tamaño de grano desde el fondo hasta el tope superior.

Lo más común es la gradación normal donde las partículas más gruesas se depositan en la base y las más finas en el tope.

La gradación normal por lo general resulta de la depositación de flujos en declive; como el flujo desacelera las partículas más grandes (pesadas) son depositadas

primero y después las finas. Dicha gradación es típica de corrientes turbidicas y depósitos de corrientes tormentosas (Gaibor, 2019).

La gradación inversa es cuando el tamaño de grano grueso se incrementa hacia el techo del estrato. Esto puede ocurrir a través de un estrato o en los primeros centímetros de la base del estrato, seguido por gradación normal. La gradación inversa puede afectar solo a las partículas gruesas. Los estratos gradados pueden ser observados sin dificultad en conglomerados y en areniscas (Gaibor, 2019).

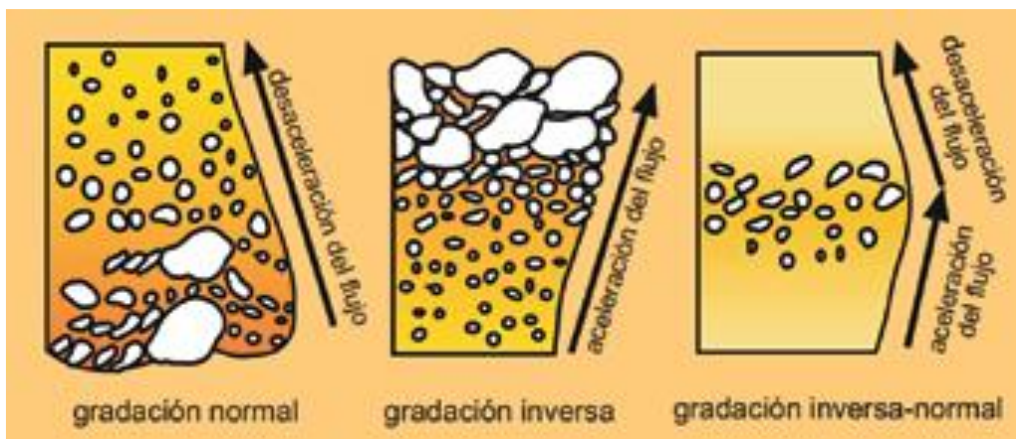


Figura 17: Esquema mostrando los diferentes tipos de gradación y las características del flujo que las origina, tomada de (Nemec, 1990).

2.2.7.2.7. Imbricación

La imbricación es el mecanismo en donde los clastos orientan sus ejes mayores de manera paralela o perpendicular a la dirección del flujo, adquiriendo una suave inclinación corriente arriba, el cual depende del medio en el que fueron transportados.

La orientación que muestran los sedimentos en los depósitos se analiza teniendo en cuenta la disposición que adquieren sus ejes respecto al plano horizontal que los contiene (Cheel, 2005).

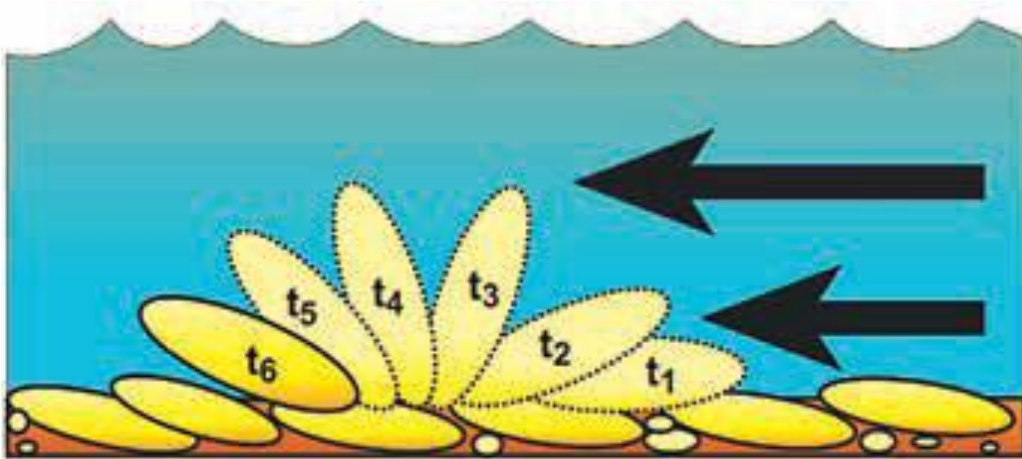


Figura 18: Esquema mostrando la disposición de los clastos imbricados. La dirección del flujo es de derecha a izquierda como indican las flechas negras. T1 - 6 indican el movimiento del clasto a través del tiempo, tomada de (Cheel, 2005).

2.2.7.3. Estructuras post – sedimentarias

Las estructuras post – Sedimentarias se dividen en dos grupos (Arche, 2010).

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

b) Las que significan una reorganización horizontal de la estratificación, como los pliegues recumbentes y fallas penecontemporáneas causadas por un deslizamiento a favor de la paleopendiente.

2.2.7.3.1. Estructuras de carga

Las estructuras de carga ("Load cast", "Load structures") están formados por el hundimiento diferencial entre un estrato y otro. Los moldes de carga son comunes en el piso de las capas de areniscas, estos ocurren como bulbos, estructuras redondeadas, generalmente sin ninguna elongación u orientación

preferente. El lodo puede ser inyectado dentro de la arena para formar estructuras de llama. También como resultado de carga, una capa usualmente de arena puede hundirse dentro de una capa inferior de lodo y romperla en pequeños pedazos, formando estructuras ball – and - pillow (Gaibor, 2019).



Figura 19: Estructuras de carga en el contacto entre estratos, tomada de (Navarrete,2003).

2.2.7.3.2. Cantos de arcilla armados o concreciones

Estas estructuras implican la destrucción previa de un estrato para su formación. Son esferas y elipsoides de arcillas que están envueltos de una superficie de pequeños cantos superficiales que forman una especie de “armadura” que protege al canto (Navarrete, 2003).

Su tamaño es variable, desde centímetros a metros (cm - m) y su génesis comprende las siguientes etapas:

Deslizamiento de materiales arcillosos que pueden ser transportados por una corriente acuosa.

Formación de un canto blando que al rodar va alcanzando un elevado redondeo y esfericidad con incrustación de partículas sólidas que forman la armadura.

Destrucción eventual por choque o caída. Si no se destruye fosiliza.



Figura 20: Cantos de arcilla armados, tomada de (Corrales, 1977).

2.2.7.3.3. Diques y filones de arenisca (Diques clásticos)

Son cuerpos de areniscas de forma irregular que cortan estratos en lutitas y margas, generalmente están unidos a niveles areniscosos infrayacentes. Tienen varios cm o dm de ancho, pero pueden cortar espesores de decenas de metros. Se deben a la inyección de arenas de grano fino y muy fino antes de la compactación del sedimento, por licuefacción iniciada por un terremoto o un deslizamiento. En estas condiciones, la arena se hace plástica y puede inyectarse en los materiales adyacentes tanto hacia arriba como hacia abajo (Navarrete,2003).

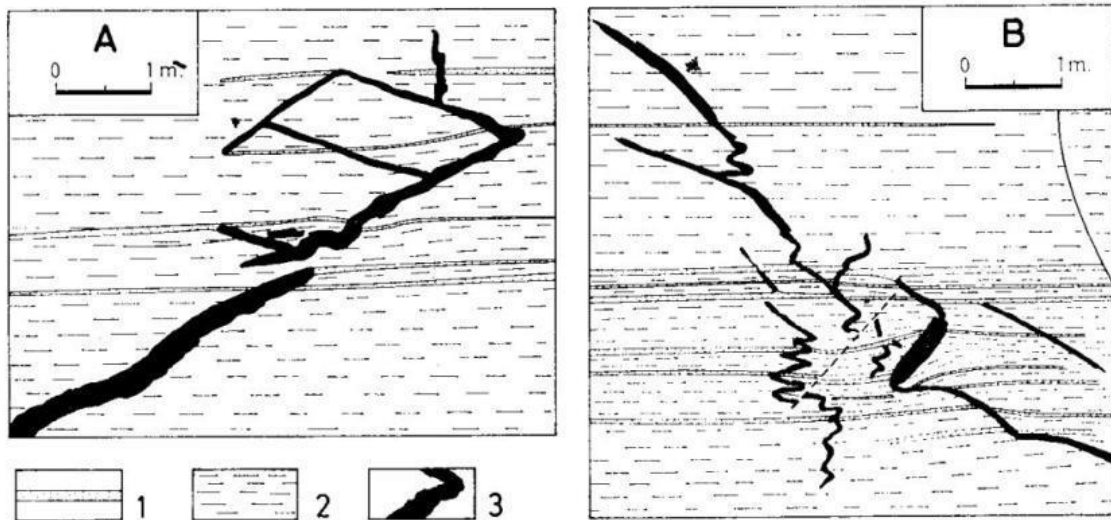


Figura 21: Diques y filones de arenisca: Génesis de los diques clásticos, 1. Areniscas, 2. Lutitas, 3. Diques. Tomadas de (Andrieux,1967).



Figura 22: Dique en series estratigráficas, tomada del libro de Estratigrafía de (Corrales, 1977).

2.2.8. Unidades Litoestratigráficas

La unidad litoestratigráfica es un conjunto de estratos que constituyen una unidad, por estar compuesto principalmente por un cierto tipo litológico o de una combinación de tipos litológicos, o por presentar otras características litológicas importantes en común, que sirvan para agrupar los estratos (GEI,1980).

La extensión geográfica de las unidades litoestratigráficas está determinada principalmente por la continuidad y extensión de sus características litológicas; los límites de las unidades litoestratigráficas se ubican en lugares de cambio litológico.

Las unidades litoestratigráficas se jerarquizan, de mayor a menor: Grupo – Formación – Miembro – Capa (Navarrete,2003).

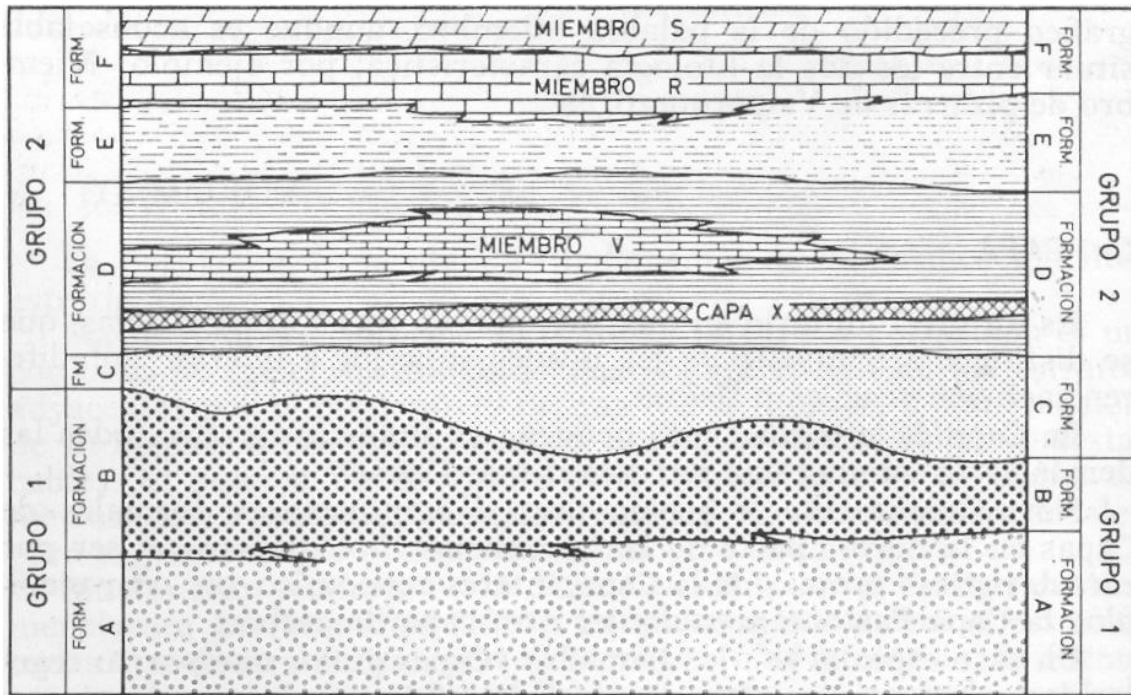


Figura 23: Unidades litoestratigráficas, tomada del Libro de Estratigrafía de (Corrales, 1977).

2.2.9. Unidades Bioestratigráficas

La unidad bioestratigráfica es la biozona que se define como un estrato o conjunto de estratos, que se caracterizan por su contenido fosilífero o su carácter paleontológico (Navarrete,2003).

El contenido fósil es independiente de la litología, ya que el organismo al morir se deposita sobre distintos fondos. La separación de unidades bioestratigráficas se basa en los diferentes tipos de fósiles.

2.2.9.1. Clasificación de los fósiles

De acuerdo a su taxonomía los fósiles se clasifican de la siguiente manera (Linneo, 1758).

Reino: Viene a ser la unidad más amplia.

Phyllum: Es la base de la sistemática biológica.

Clase: División que resulta del Phyllum y que es un plano fundamentalmente básico.

Orden: Son organismos que pertenecen a la misma Clase, pero tiene alguna diferencia que permite su separación.

Familia: Categoría que pertenece a la misma clase, pero tiene alguna diferencia que permite su separación.

Género: Categoría en donde los organismos de la misma Familia se diferencian por algunas características.

Especie: Categoría en que los individuos que, perteneciendo al mismo Género, presentan características específicas; indicando el carácter básico de diferenciación.

2.2.10. Ambientes sedimentarios

Un ambiente sedimentario es el lugar de la superficie terrestre donde se realizan procesos sedimentarios que pueden individualizarse en zonas limitadas por sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales determinan las propiedades del sedimento o roca sedimentaria (Reineck,1975).

2.2.10.1. Características que definen los ambientes sedimentarios

Características físicas: Se basan en los parámetros geográficos y climáticos como: el clima, tipo de meteorización, y en los aspectos dinámicos que condicionan el medio como: la velocidad, dirección, variaciones en el movimiento del fluido, corrientes de agua, vientos.

Características químicas: Se consideran las condiciones de pH, oxidación y reducción del medio, la geoquímica de la roca madre y la interacción química entre el sedimento y el ambiente.

Características biológicas: Se basa en la flora, fauna y también en su influencia sobre los procesos sedimentarios (formación de suelos, erosión, etc.).

2.2.10.2. Clasificación de los ambientes sedimentarios

Los ambientes sedimentarios comúnmente se dividen en tres categorías principales: terrestres o continentales, transicionales y marinos (Arche, 2010).

A. Ambientes continentales

Los ambientes continentales se ubican en zonas subaéreas o subacuáticas. La clasificación es principalmente morfológica y están muy influenciados por procesos erosivos, como el glacial, el fluvial, por lo que se destacan aquellos que más contribuyen a la aportación de sedimentos.

B. Ambientes de transición

Los ambientes de transición son aquellos que se ubican en la frontera entre los continentales y los marinos. La línea de costa no es un límite brusco entre los procesos terrestres y los oceánicos, por lo que los ambientes de transición participan de una mezcla de ambos procesos, es decir que los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. Para subdividirlos el criterio que se utiliza es la morfología de la costa; destacando las playas, los sistemas isla, los estuarios y los deltas.

C. Ambientes marinos

Son aquellos ambientes en los que predominan las regiones donde hay sedimentación sobre aquellas donde no la hay. La importancia del depósito es muy variable, generalmente la velocidad de sedimentación es mayor en los medios más próximos al continente y decrece hacia el centro de los mares.

Son los ambientes sedimentarios más importantes, producen grandes acumulaciones de sedimentos, aproximadamente un 80% del total.

Los elementos principales del perfil topográfico marino son: plataforma carbonatada, plataforma continental, talud continental, borde precontinental y llanura submarina.

Plataforma Carbonatada

Son acumulaciones de partículas y organismos de esqueleto carbonatado. Se forman cuando no se depositan muchos sedimentos detríticos y existe una importante actividad biológica. La acumulación se debe a la presencia de algas y animales de caparazón calcáreo.

Talud continental

Es la zona por donde transitan los sedimentos, lugar donde se depositan fangos hemipelágicos, restos de organismos planctónicos y sedimento muy fino.

El pie del talud o borde precontinental es la zona donde disminuye la pendiente antes de llegar a la llanura abisal. En esa zona se vuelven a sedimentar los depósitos inestables deslizados por gravedad.

Llanura abisal

Es la superficie más plana y horizontal de la Tierra. El único material detrítico que llega a la parte más cercana al talud son las arcillas.



Figura 24: Clasificación de los ambientes sedimentarios, modificada por (Nichols, 2009).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Estrato: Es un cuerpo generalmente tabular de roca o sedimento, en donde presenta una litología homogénea o gradacional que se ha depositado durante un intervalo de tiempo determinado. La separación de estratos está ligada al reconocimiento de las superficies de estratificación y por tanto al espesor de cada unidad. (Agueda, 2004).

Formación Geológica: Se denomina Formación geológica a un agrupamiento de estratos, que se considera como unidad para los efectos de la cartografía geológica (Oyarzun, 2009).

Litología: Parte de la geología que se basa en el estudio genético de la textura y estructura de las rocas. (Sánchez, 1988).

Bioestratigrafía: Es parte de la estratigrafía que estudia los restos o evidencias de vida pasada en los estratos y de la organización de estos estratos en unidades basadas en su contenido fosilífero. (GEI, 1980).

Anhidrita: Es un mineral de sulfato de calcio que cristaliza en el sistema rómbico. (Dávila, 2011).

Arcilloлита: Arcilla consolidada o roca sedimentaria detrítica. (Dávila, 2011).

Textura Sedimentaria: Son las condiciones de interrelación entre los componentes de la roca o sedimento, incluyéndose aspectos como tamaño del grano, clasificación, forma y empaquetamiento de los constituyentes del sedimento o roca. (Navarrete, 2003).

Estructura Sedimentaria: Es la disposición geométrica de los elementos que constituyen un sedimento, es consecuencia de los agentes geológicos y procesos con predominio de tipo físico, con menor influencia de los de tipo químico y biológico. (Navarrete, 2003).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

Geográficamente el área de investigación se encuentra ubicada en el Distrito de Eduardo Villanueva, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, al SE de la ciudad de Cajamarca. Correspondiendo al cuadrángulo de San Marcos (15 - g), con coordenadas: UTM – DATUM – WGS84 – ZONA – 17S.

Tabla 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio

Coordenadas del área de estudio WGS84 - Zona 17S		
Vértice	Este	Norte
V1	817200	9178900
V2	818400	9178900
V3	818400	9177900
V4	817200	9177900

3.1.2. Política

El estudio Litobioestratigráfico de la Formación Santa se ubica al norte del Perú en La Región y Departamento de Cajamarca, Provincia de San Marcos, Distrito de Eduardo Villanueva.

3.2. ACCESIBILIDAD

La ruta de acceso a la zona de estudio se llevó a cabo desde la ciudad de Cajamarca con orientación SE llegando a San Marcos definida por carretera pavimentada, siguiendo en la misma orientación llegando al distrito de Chancay y finalmente al área de investigación.

Tabla 2: Ruta de acceso a la zona de estudio (Centro Poblado La Grama).

Tramo		Estado de Vía	Vía	Recorrido	
De	A			Distancia (Km.)	Tiempo (h.)
Cajamarca	San Marcos	Buena	Terrestre	62.00	01:20
San Marcos	Chancay	Buena	Terrestre	11.60	00:20
Chancay	Zona de investigación	Buena	Terrestre	7.00	00:10

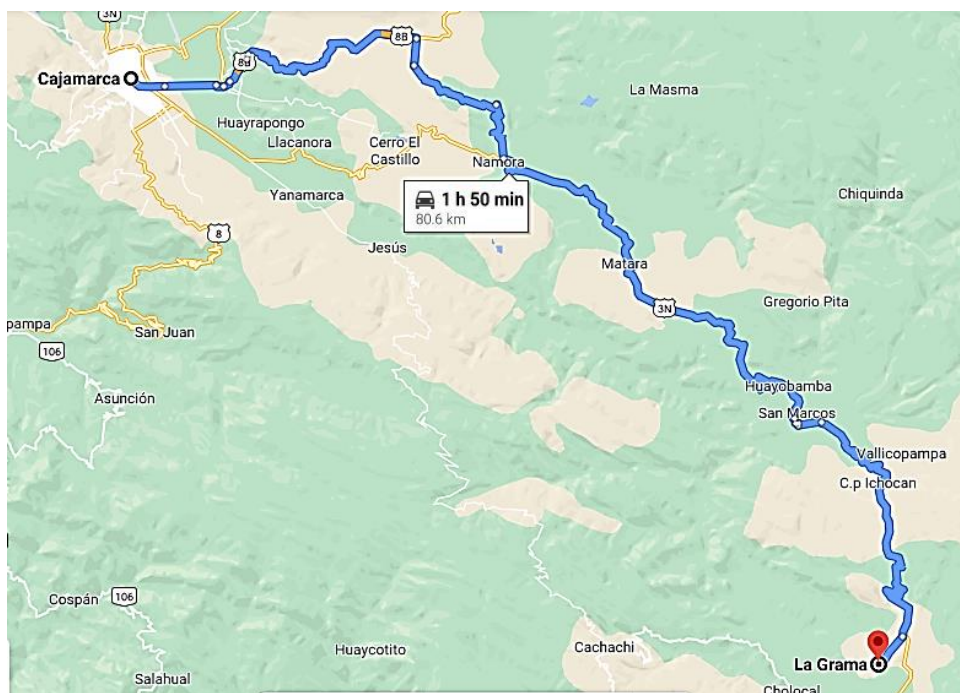


Figura 25: Ruta de acceso a la zona de estudio, superponiendo como base el relieve terrestre, tomada de (Google maps, 2020).

3.3. CLIMA

La zona de estudio presenta un clima templado, con temperaturas promedio mínimas y máximas que varían durante todo el año; presentando una variación de temperaturas mínimas que varía entre 12°C y 18°C por las noches, y con temperaturas máximas entre los 18°C y 26°C durante el día, según los datos obtenidos de la Estación meteorológica: San Marcos, Departamento: Cajamarca, Provincia: San Marcos y Distrito: Pedro Gálvez, con latitud 7°19'21.14''S y Longitud: 78°10'21.88''W y altitud: 2,287 msnm. Tipo: Automática – meteorológica. Código: 4725E206.

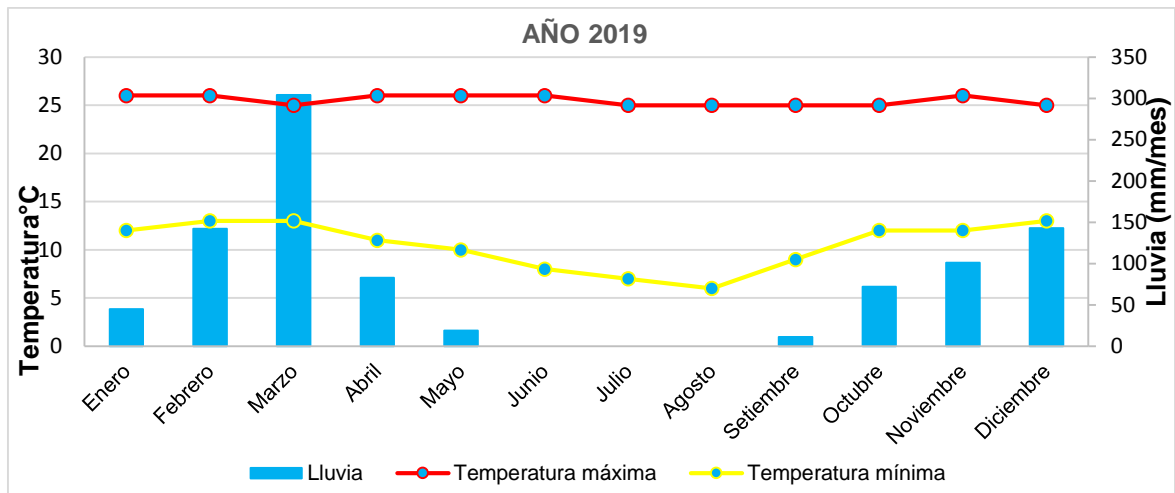


Figura 26: Diagrama estadístico meteorológica de San Marcos, tomada de (SENAMHI, 2019).

3.4. VEGETACIÓN

En la Zona de investigación encontramos molle (*schinus molle*), espinos (*Acacia caven*), huabo (*Inga edulis*) y otras plantas de tallo corto como: carrizo (*Phragmites australis*), taya (*Tara spinosa*).



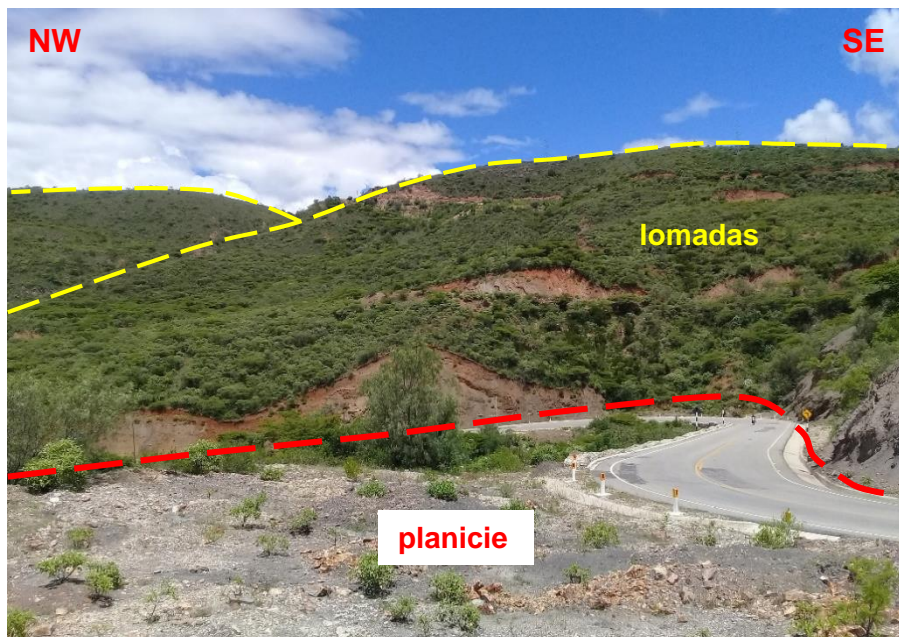
Fotografía 1: Vegetación característica del Centro Poblado La Grama.

3.5. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología está definida por dos unidades morfogénicas bien marcadas como: planicies y lomadas, siendo modeladas por la meteorización: física y química; también presenta estructuras geomorfogenéticas menores como: La quebrada Cedrocucho, taludes vistos en corte de la carretera La Grama – Chancay y también presencia de terrazas; que conforman la morfogénesis de la zona de estudio.

Las planicies están definidas por depósitos aluviales en las riveras de la Quebrada Cedrocucho, con capas de espesores de 10 a 25 cm., siendo zonas muy susceptibles a la erosión por su composición litológica y textural que presentan estos materiales.

Las lomadas en cambio se ubican en los flancos de los taludes y terrazas, generalmente conformados por acumulaciones de depósitos coluvio – aluviales.

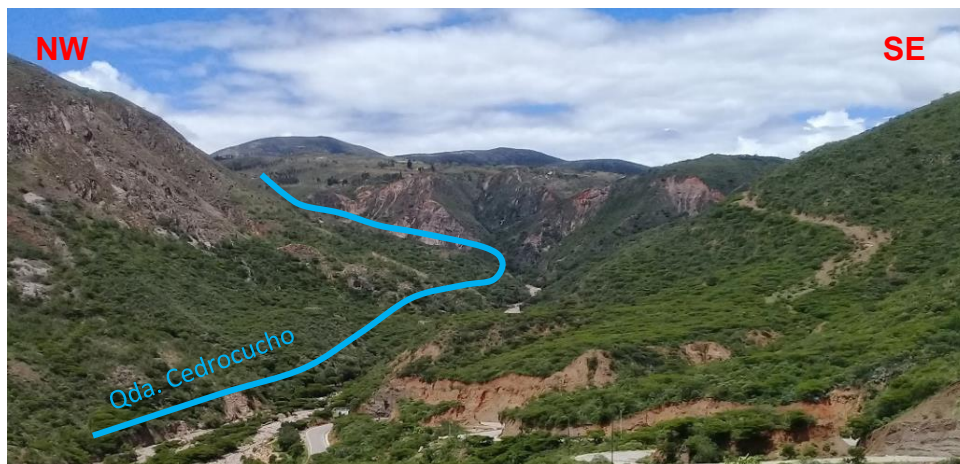


Fotografía 2: Unidades morfogénicas en el Centro Poblado la Grama (planicies y lomadas).

3.6. HIDROLOGÍA

Al SW de la Zona de investigación se ubica la quebrada Cedrocucho, naciente en el centro poblado La Haylla a los 2,950 msnm. con dirección ESE, aguas

abajo confluye con la Quebrada Sin Nombre a los 2,400 msnm. formando estos dos efluentes la misma Qda. Cedrocucho. Luego cambiando de dirección hacia SW con longitud de 4 Km confluye con la cuenca del río Crisnejas a los 1,900 msnm. en el Centro poblado La Grama.



Fotografía 3: Quebrada Cedrocucho ubicado al SW de zona de investigación (Centro Poblado La Grama).

3.7. PROCEDIMIENTO

Para la realización de este trabajo de investigación se aplicarán las técnicas de observación, descripción e interpretación, y se realizarán en tres etapas.

A. Etapa preliminar

Consiste en la recopilación, revisión y síntesis de la información bibliográfica como: libros, tesis y trabajos anteriores afines al tema, planos: geológico y topográfico, imágenes satelitales.

B. Etapa de campo

En esta etapa se realizará la delimitación del área de estudio, teniendo en cuenta las zonas más apropiadas para la recolección de los datos necesarios para el desarrollo de la investigación. Primero identificaremos el piso y techo de la Formación Santa, luego determinamos las unidades litobioestratigráficas haciendo la medición, descripción y clasificación litológica de los estratos y del registro fósil, para finalmente determinar el espesor total de la Formación, así como también determinar los ambientes sedimentarios.

C. Etapa de gabinete

Es la etapa final donde se procesará toda la información de campo, haciendo uso del Software AutoCAD v. 2019 se elaborará la columna litobioestratigráfica y con el Software ArcGis v. 10.6.1, se realizará los diferentes planos; También se realizará el análisis de las rocas y la clasificación de fósiles encontradas en la zona de estudio.

3.7.1. Metodología de la investigación

3.7.1.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.7.1.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es descriptiva - explicativa; es descriptiva porque pretende decir cómo es la realidad (caracterización litobioestratigráfica de la Formación Santa).

Es explicativa porque trata de dar a entender las características litobioestratigráficas de la Formación Santa.

3.7.1.1.2. Nivel de investigación

Es cualitativa porque se basa en la obtención de datos basados en la observación de los estratos, estructuras, texturas, litología, bioestratigrafía de la Formación Santa.

Es cuantitativa porque se basa en el estudio y análisis de la Formación Santa a través de diferentes procedimientos basados en la medición de las diferentes unidades litobioestratigráficas.

3.7.1.1.3. Diseño de investigación

La presente investigación es no experimental ya que se basa en conceptos, variables, sucesos sin que el investigador altere el objeto de investigación (Formación Santa).

3.7.1.1.4. Método de investigación

El método de investigación aplicado es descriptivo ya que se basa en la observación y descripción de las diferentes características litobioestratigráficas de la Formación Santa.

3.7.1.2. Población de estudio

Los afloramientos de la Formación Santa de aproximadamente 100 a 150 m de espesor, ubicado en el Centro Poblado La Grama.

3.7.1.3. Muestra

La litología, texturas, estructuras, secuencia, fósiles y tiempo cronoestratigráfico.

3.7.1.4. Unidad de análisis

Rocas sedimentarias de lutitas, calizas margosas y areniscas; estructuras sedimentarias como: laminaciones, de carga, concreciones, nódulos, oolitos; registro de tiempo cronoestratigráfico; biozona, género y especie.

3.7.2. Identificación de variables

Para la investigación se han identificado las variables de acuerdo a causa y efecto, las variables independientes son las que cumplen la función de supuestas causas y dentro de estas tenemos: litología, paleontología, secuencia estratigráfica y el tiempo cronoestratigráfico; y como variable dependiente son las que cumplen la función de posibles efectos y aquí tenemos la caracterización litobioestratigráfica.

3.7.3. Instrumentos y equipos

Para la elaboración de la tesis, según los trabajos: preliminar de gabinete, campo y gabinete, será necesario el empleo de equipos y materiales tales como:

A. Equipos

Brújula Brunton: Utilizada para medir azimut y buzamientos de estratos.

Cámara Fotográfica Sony 16x: Para capturar en forma virtual la realidad en que se encuentra la roca y su estructura de esta.

GPS: (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin, para la ubicación espacial de los puntos de muestreo; a través de sus coordenadas UTM, (Unidad Técnica de Medida).

Lupa de 20x: Para reconocer los componentes de las rocas muestreadas y para medir el tamaño de grano textural, con la cual también se podrá ver algunas impurezas que presenta la roca.

HCl: Ácido clorhídrico, utilizado para determinar la acides de carbonato de calcio en las rocas.

Picota: Para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.

Wincha: Utilizada para medir los espesores de los estratos.

Protactor: Para obtener una medida aproximada de los tamaños de granos para clasificar según la escala de Udden – Wentworth.

Rayador de punta imantada: Para obtener la dureza según la escala de Mohs de la roca muestreada.

B. Materiales

Formatos de elaboración de columna estratigráfica: Utilizado para colocar los datos de estratificación y tipos de roca recolectadas en campo.

Lápiz, lapiceros y marcadores: Se utilizará para el cartografiado geológico de la Formación Santa y anotaciones de datos.

Libreta de campo: Se utilizará para la anotación de coordenadas, datos de las rocas y otros apuntes que aporten a la investigación.

Plano geológico: Para ubicar la Formación geológica de estudio y para tener un alcance de sus límites con otras formaciones. Siendo el cuadrángulo geológico de Cajamarca (1/100 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

Plano satelital: Imagen satelital extraída del software SAS planet., para ubicar el área y accesibilidad de la zona de estudio.

Tablero: Material de gran apoyo para describir y dibujar las unidades litoestratigráficas y bioestratigráficas.

También se utilizó fichas de recolección de datos para fósiles y columnas.

3.8. MARCO GEOLÓGICO

3.8.1. Geología Regional

La denominación de Formación Santa fue dada por BENAVIDES (1956); en el área consiste en una intercalación de lutitas, calizas margosas y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace 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; así, mientras en la zona de Huamachuco, Cajamarca y Coina la proporción calcárea es predominante; en la zona de Cajamarca, Cascas y San Benito solamente hay lutitas y areniscas grises, fenómeno que se interpreta como relacionado con la forma de la cuenca. Indudablemente hacia el borde de la cuenca, sus cambios de facies son gradacionales ya que el material calcáreo lateralmente pasa a pelítico. La Formación Santa intemperiza generalmente con un tono gris marrón. Localmente contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones, están cubiertos mayormente por suelo, razón por la que sólo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Siempre da terrenos blancos, deleznable y fangosos. Ocasionalmente tiene horizontes fosilíferos (Benavides, 1956).

Edad y Correlación

En la Formación Santa se ha encontrado las especies *Paraglauconia strombiformis*, en la bajada de la carretera, en la laguna Sausacocha - El Pallar, hacienda Jocos y en la subida del puente Crisnejas Ichocán. También se han hallado lamelibranquios y gasterópodos en el estrechamiento del río Llacanora, entre el pueblo del mismo nombre y los Baños del Inca. Cerca de Tambores se encontraron *Nucula* sp y *Protocardia* sp., pero ninguno de los fósiles mencionados son diagnósticos como para precisar una edad determinada. Sin embargo, a la Formación Santa puede asignársele al Valanginiano en base a que en otros lugares; en la sección superior se han encontrado *Dobrodgeiceras broggianum* (LISSON) del Valanginiano superior (Benavides, 1956).

3.8.2. Geología Local

3.8.2.1. Grupo Goyllarisquiza

Este grupo pertenece al Albiano del Cretácico Inferior, en donde está conformado por las Formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

Nos centramos principalmente en la Formación Santa, ya que en esta se desarrollará el estudio de la caracterización litobioestratigráfica.

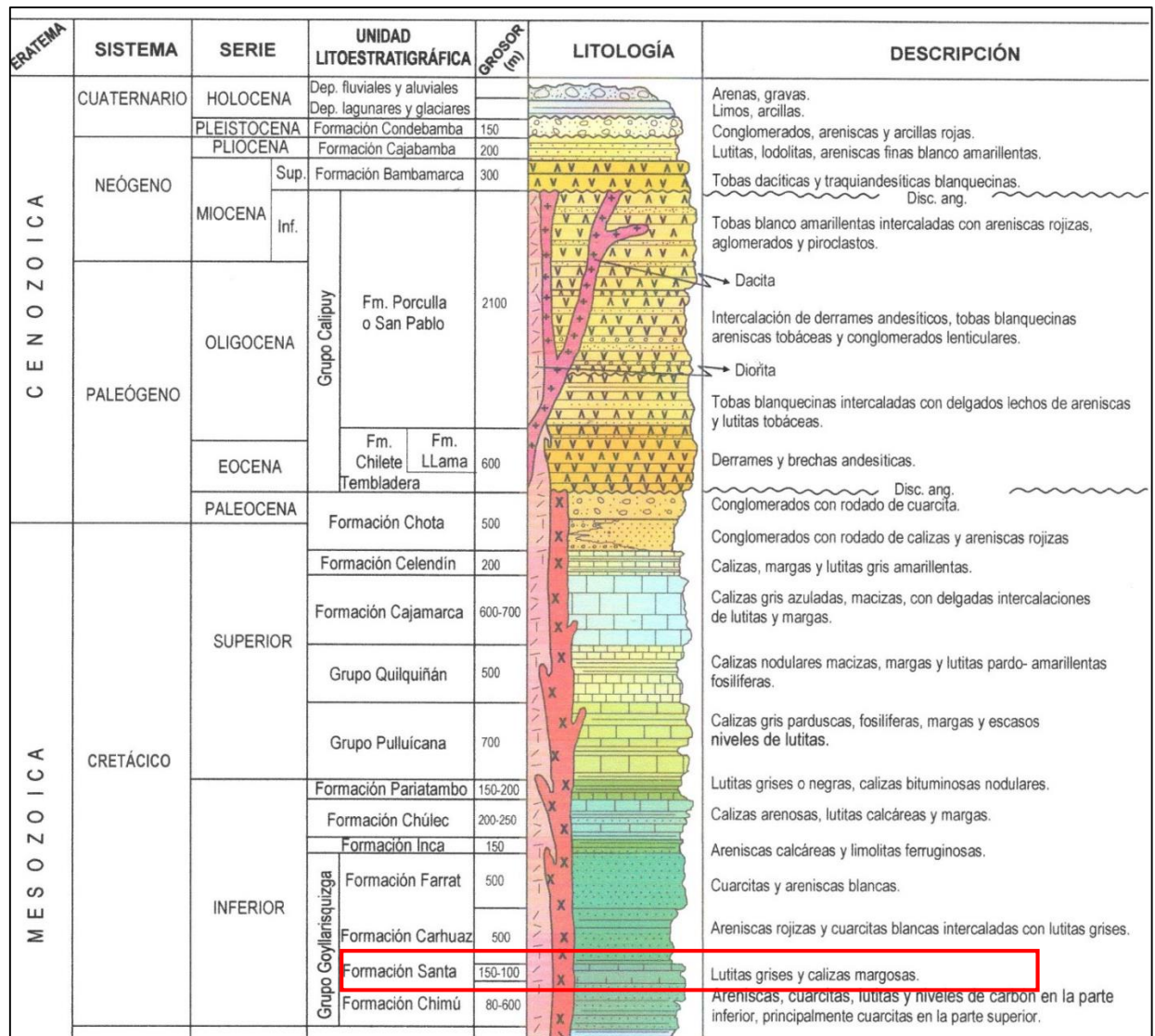
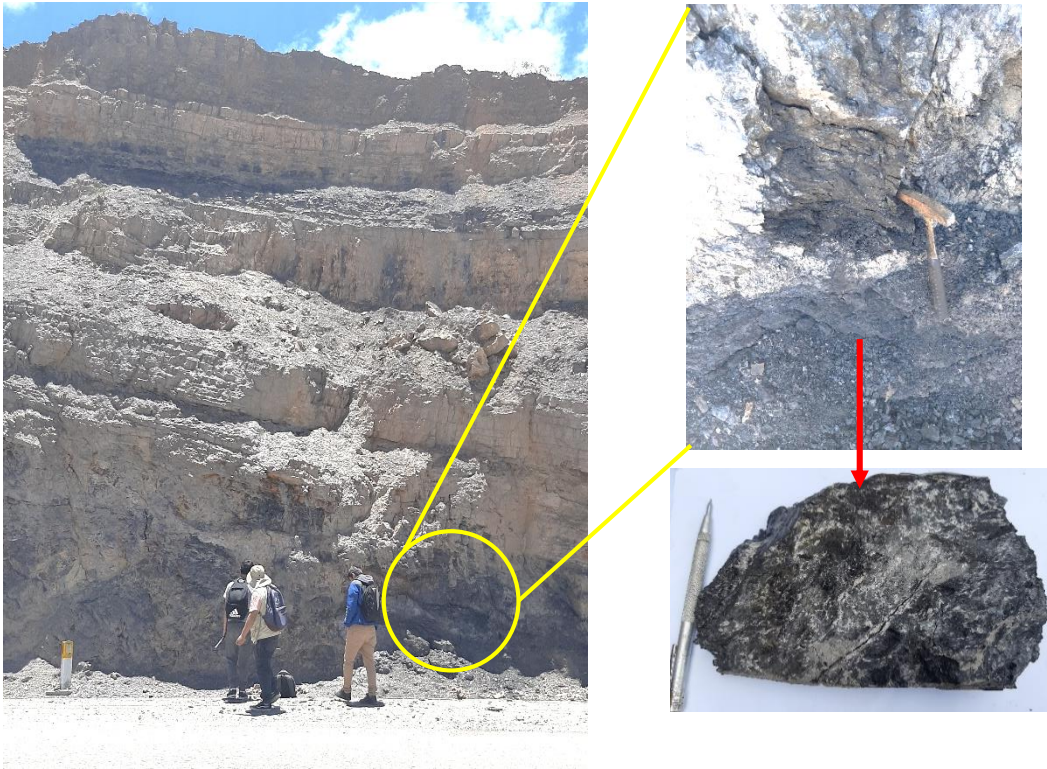


Figura 27: Ubicación de la Formación Santa perteneciente al Grupo Gollarisquisga en la columna estratigráfica de la región Cajamarca (INGEMMET, 2007).

3.8.2.2. Formación Santa

La Formación Santa está conformada por intercalaciones de calizas, areniscas, arcillolitas, limolitas, margas, presencia de anhidrita y mantos de carbón; evidenciándose también presencia de fósiles como bivalvos y gasterópodos. El carbón bituminoso encontrado en la Formación Santa es de color negruzco y relativamente duro que contiene betumen.



Fotografía 4: Observamos la presencia de carbón bituminoso en la parte media de la Formación Santa.

La anhidrita se encuentra formando capas gruesas en las fracturas, aparece con mucha frecuencia en las fracturas de las calizas, arcillolitas y limolitas. También se encuentra en forma de masas lenticulares y en algunas ocasiones cubriendo las concreciones de calizas.



Fotografía 5: Observamos la presencia de anhidrita que siempre están rellenando las fracturas de las calizas y areniscas.

3.9. MARCO LITOBIOESTRATIGRÁFICO

Para el estudio litobioestratigráfico de la Formación Santa se ha realizado el análisis de 5 estaciones estratigráficas en corte carretera La Grama – Chancay, al margen derecho de la Quebrada Cedrocucho, tomando datos como tipo de roca, espesor de estratos, fósiles, texturas y estructuras sedimentarias para la elaboración de la columna litobioestratigráfica.

3.9.1. Litología

3.9.1.1. Estación Estratigráfica N° 01

Esta estación se encuentra ubicada en corte de carretera La Grama – Chancay, la columna litobioestratigráfica alcanza un espesor aproximado de 22 metros, con las siguientes coordenadas:

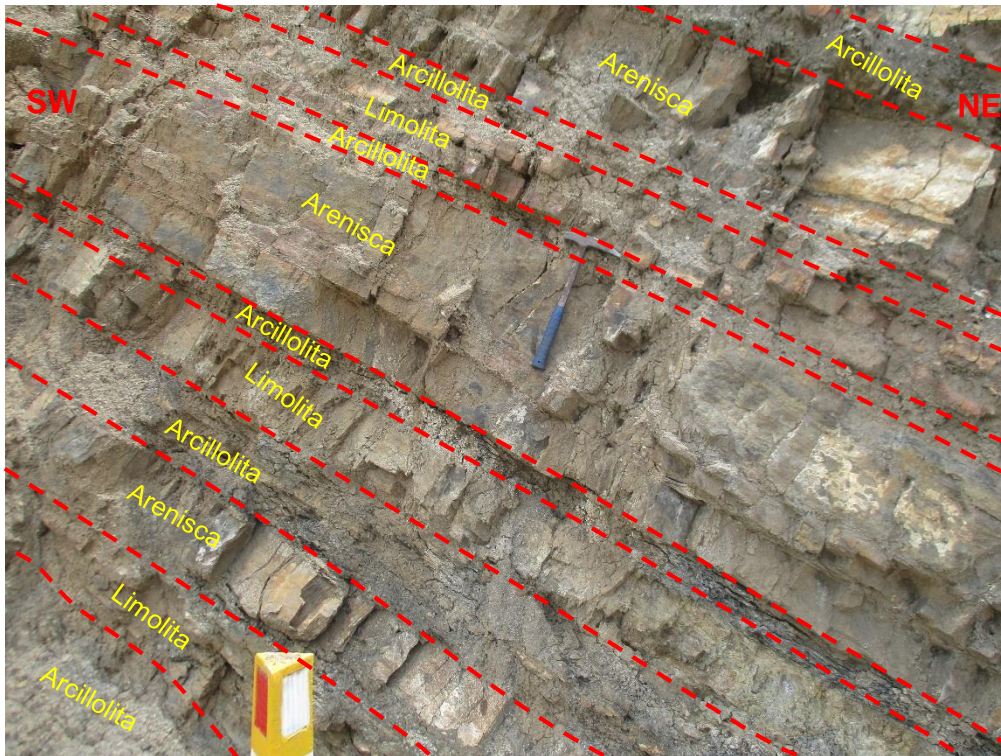
Tabla 3: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 01

Este	Norte	Cota
817348	9178551	2316



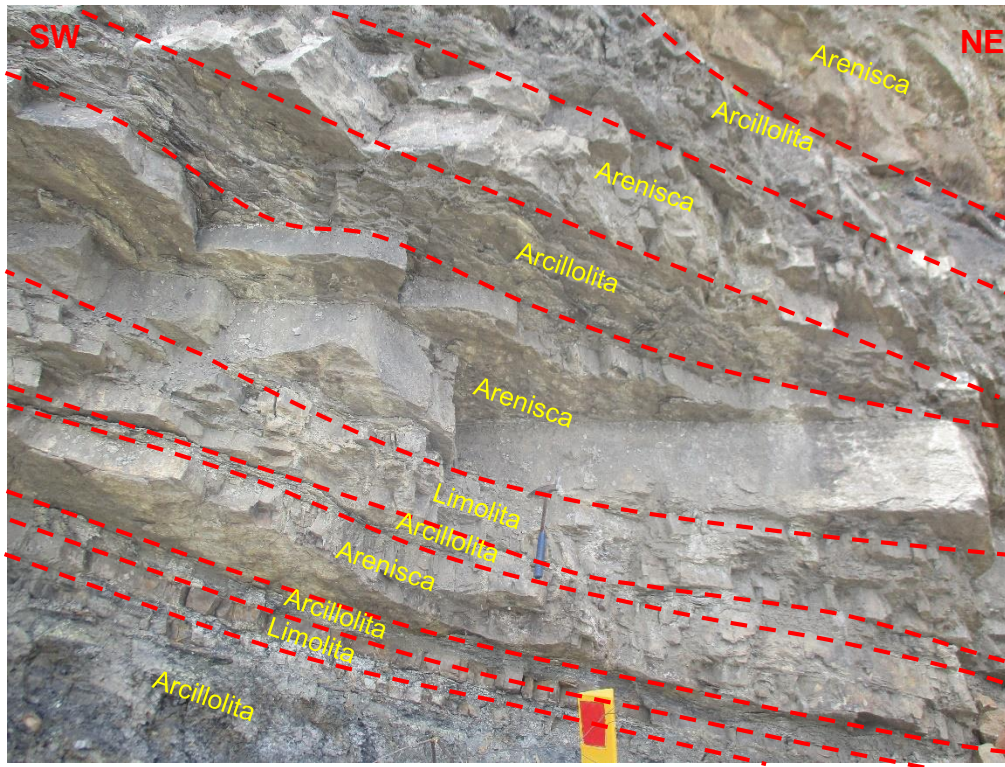
Fotografía 6: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 01 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas.

Litológicamente esta estación presenta en la parte inferior intercalaciones de arcillolitas grises oscuras, limolitas grises con areniscas de grano fino a medio, además de observarse la presencia de limos que se encuentran rellenando las fracturas.



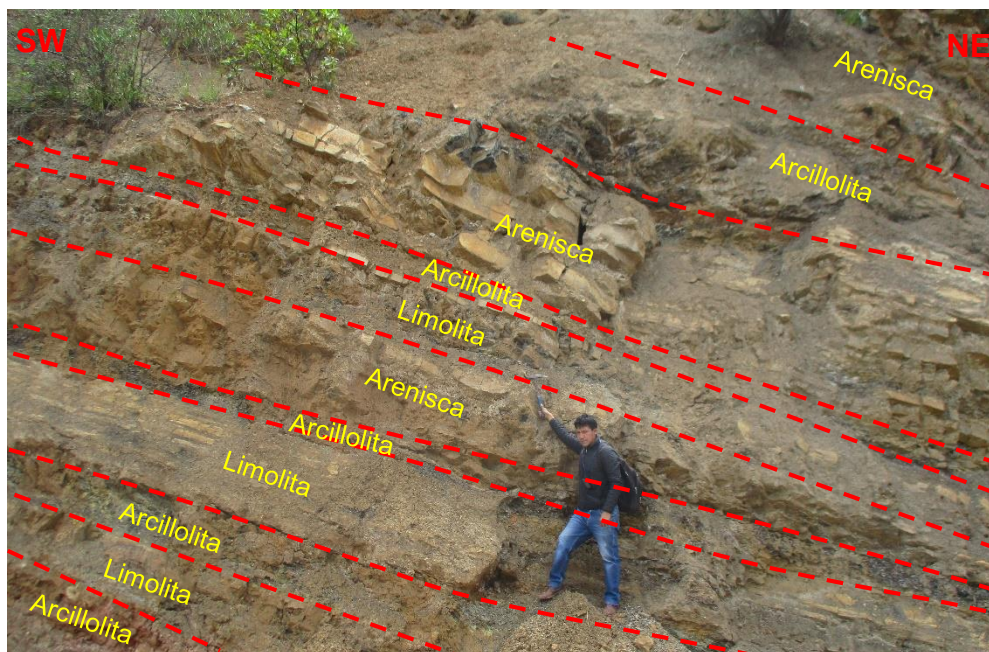
Fotografía 7: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita, areniscas y limolitas. Coordenadas: E:817348, N:9178551 y Cota: 2316 m.s.n.m.

La parte media se encuentra conformada por intercalación de estratos de arcillolitas de color gris oscuro, limolitas y areniscas de grano medio con presencia de óxidos.



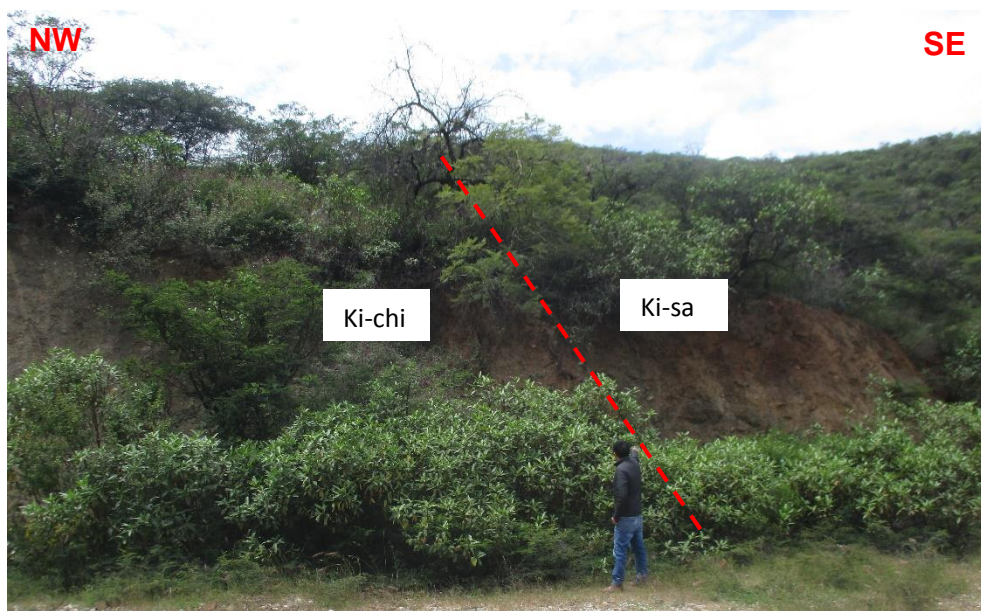
Fotografía 8: Parte media de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita con potentes estratos de areniscas y limolitas. Coordenadas: E: 817348, N: 9178551 y Cota: 2316 m.s.n.m.

En la parte superior está conformada por alternancia de areniscas de color rojizo de grado medio fuertemente fracturadas con estratos de arcillolitas de hasta 10cm de espesor y limolitas, además de estar alteradas muestran una coloración blanco amarillentas.



Fotografía 9: Parte superior de la estación estratigráfica N° 01, donde se observa alternancia de estratos de arcillolita con potentes estratos de areniscas rojizas fuertemente fracturadas y limolitas. Coordenadas: E: 817352, N: 9178532 y Cota: 2319 m.s.n.m.

En esta estación se identificó el contacto inferido entre la Formación Chimú y la Formación Santa.



Fotografía 10: Contacto inferido entre la Formación Chimú y la Formación Santa. Coordenadas: N: 9178549, E: 817356 y Cota: 2312 m.s.n.m.

3.9.1.2. Estación Estratigráfica N° 02

Esta estación se encuentra ubicada en corte de carretera La Grama – Chancay, la columna litobioestratigráfica alcanza un espesor aproximado de 15 metros, con las siguientes coordenadas:

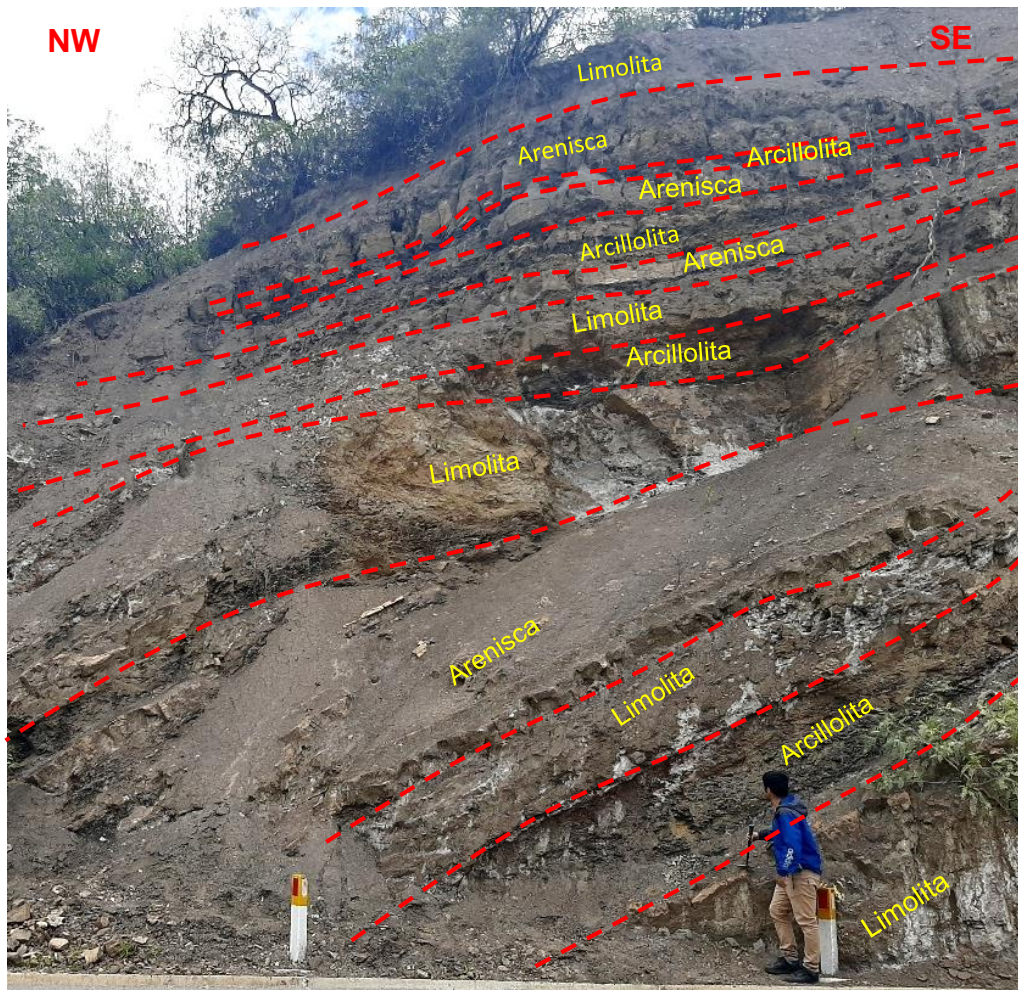
Tabla 4: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 02

Este	Norte	Cota
817904	9178310	2357



Fotografía 11: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 02 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas.

Litológicamente esta estación presenta en la parte inferior limolitas de coloración amarillenta intercaladas con arcillolitas, en la parte media está conformada por arcillolitas grises oscuras intercaladas con areniscas y limolitas; en la parte superior está conformada por intercalación de areniscas, limolitas y arcillolitas grises oscuras.



Fotografía 12: Afloramiento de limolitas de coloración amarillenta intercaladas con arcillolitas y areniscas. Coordenadas N:9178310, E: 817904 y Cota: 2357 m.s.n.m.

3.9.1.3. Estación Estratigráfica N° 03

Esta estación se encuentra ubicada en corte de carretera La Grama – Chancay, la columna litobioestratigráfica alcanza un espesor aproximado de 25 metros, con las siguientes coordenadas:

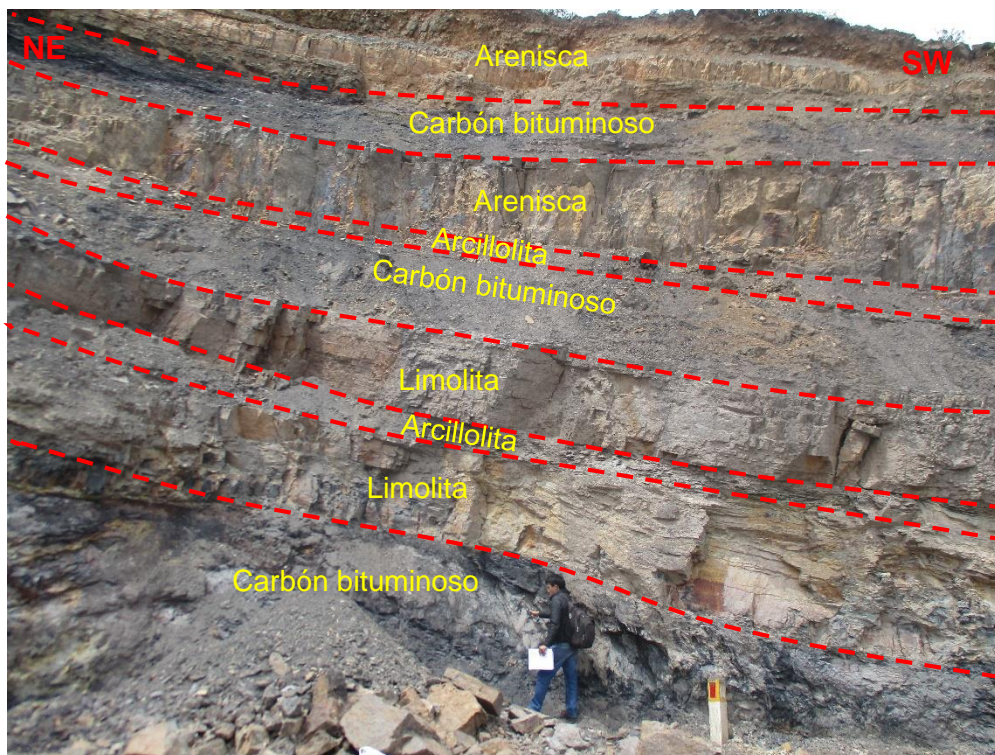
Tabla 5: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 03

Este	Norte	Cota
817858	9178165	2369



Fotografía 13: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 03 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, limolitas y areniscas, se observan también mantos de carbón bituminoso.

Litológicamente esta estación presenta en la parte inferior y media intercalación de estratos potentes de limolitas de hasta 2 metros de espesor y mantos de carbón bituminoso con arcillolitas grises y en la parte superior está conformada por intercalación de areniscas y mantos de carbón bituminoso.



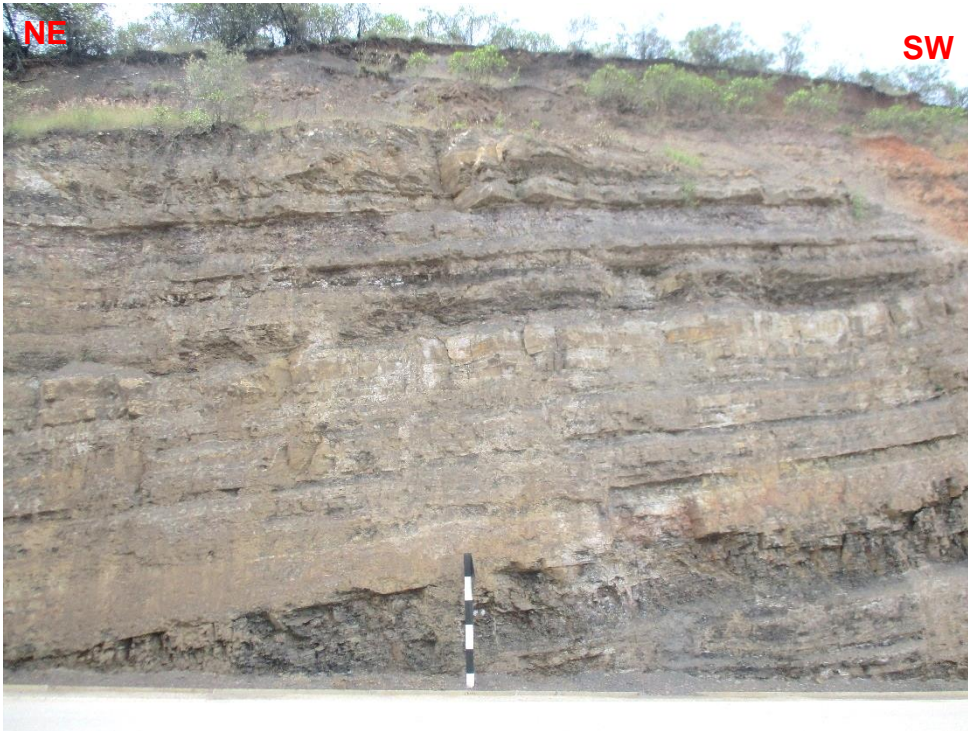
Fotografía 14: Afloramiento de intercalación de limolitas de coloración amarillenta, arcillolitas, areniscas y mantos de carbón bituminoso. Coordenadas N:9178165, E: 817858 y Cota: 2368 m.s.n.m.

3.9.1.4. Estación Estratigráfica N° 04

Esta estación se encuentra ubicada en corte de carretera La Grama – Chancay, la columna litobioestratigráfica alcanza un espesor aproximado de 30 metros, con las siguientes coordenadas:

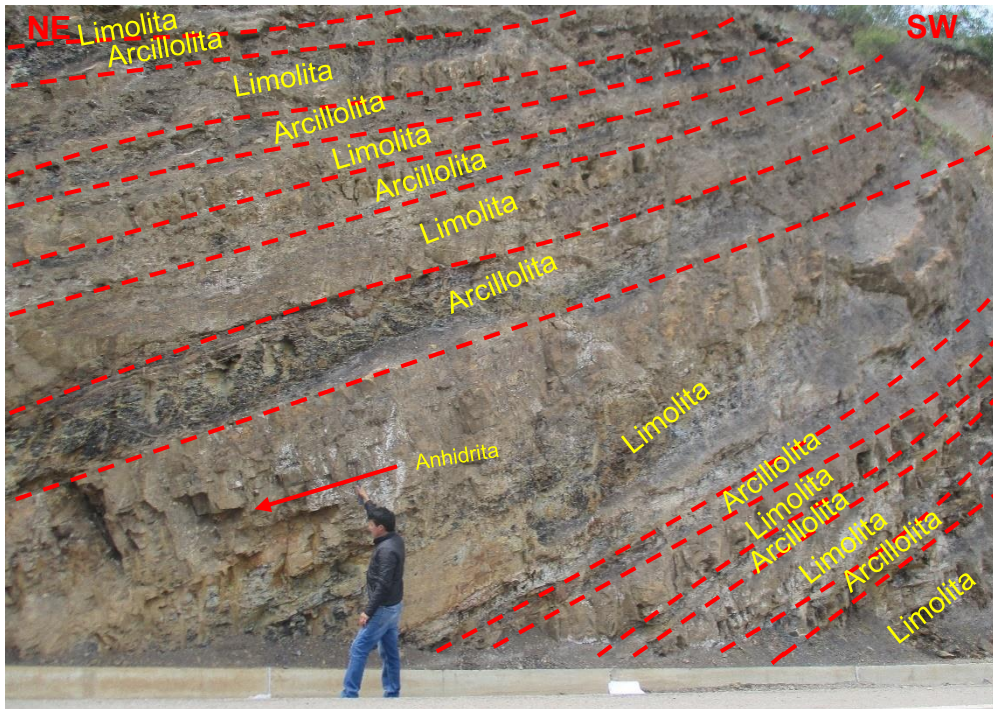
Tabla 6: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 04

Este	Norte	Cota
817897	9178201	2371



Fotografía 15: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 04 donde se observa una alternancia de calizas, arcillolitas grises y limolitas.

Litológicamente esta estación presenta en la parte inferior una intercalación de limolitas de color rojizo con arcillolitas grises, con presencia de óxidos de hierro, además de afloramientos de anhidrita en capas delgadas.

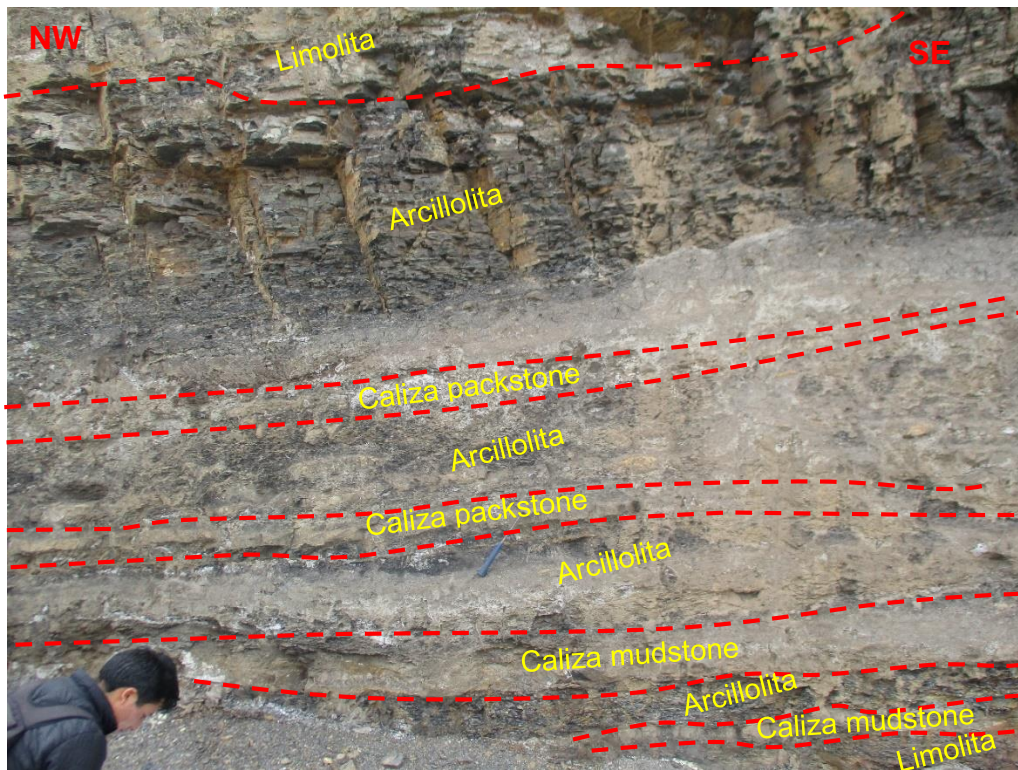


Fotografía 16: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de limolita rojiza con arcillolitas grises y presencia de anhidrita. Coordenadas N:9178205, E: 817892 y Cota: 2372 m.s.n.m.



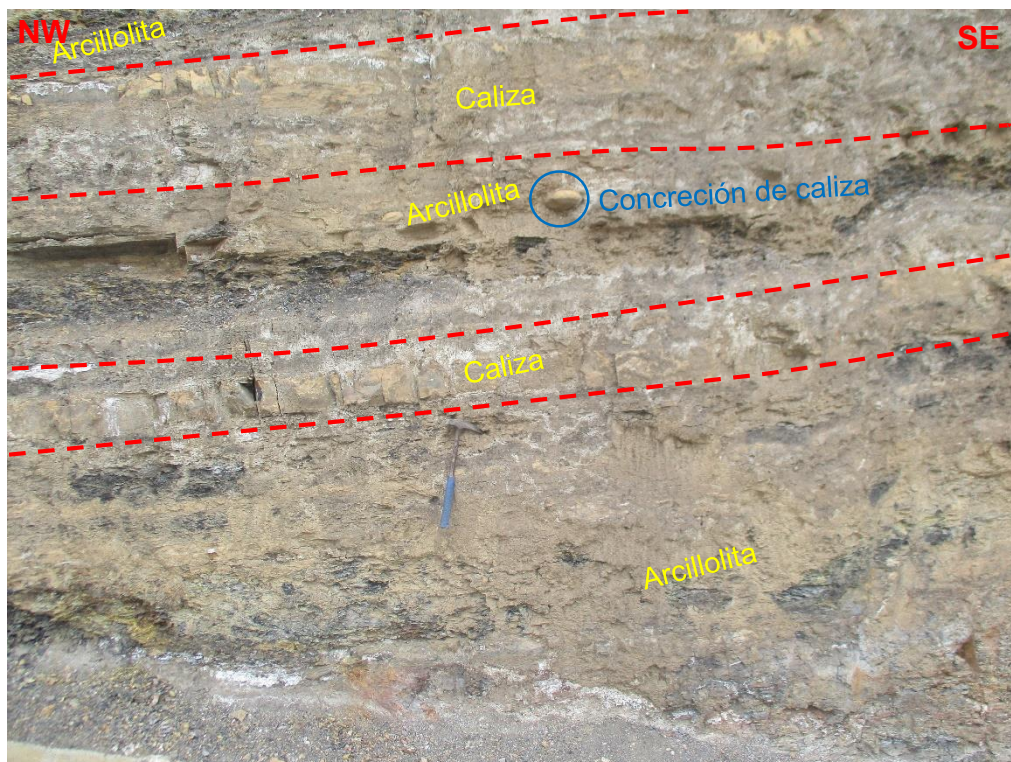
Fotografía 17: Presencia de anhidrita entre los estratos de limolita. Coordenadas N:9178205, E: 817892 y Cota: 2372 m.s.n.m.

En la parte media está conformada por una intercalación de arcillolitas con estratos de calizas mudstone y packstone de color gris y limolitas, además presencia de anhidrita rellenando fracturas de hasta 1cm de espesor y concreciones de calizas con presencia de fósiles gasterópodos (paraglauconía strombiformis), y también microfósiles de esparitas y micritas.



Fotografía 18: Parte media de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de calizas mudstone y packstone con arcillolitas grises y limolitas. Coordenadas N:9178210, E: 817888 y Cota: 2375 m.s.n.m.

En la parte superior está conformada por intercalación de arcillolitas grises oscuras con calizas tabulares mudstone, además la presencia de anhidrita y óxidos de hierro rellenando las fracturas, también se observa concreciones calcáreas en arcillolitas.



Fotografía 19: Parte superior de la estación estratigráfica N° 04 en la que se observa una alternancia de calizas con arcillolitas grises principalmente. Coordenadas N:9178217, E: 817894 y Cota: 2375 m. s. n. m.

3.9.1.5. Estación Estratigráfica N° 05

Esta estación se encuentra ubicada en corte de carretera La Grama – Chancay, la columna litobioestratigráfica alcanza un espesor aproximado de 20 metros, con las siguientes coordenadas:

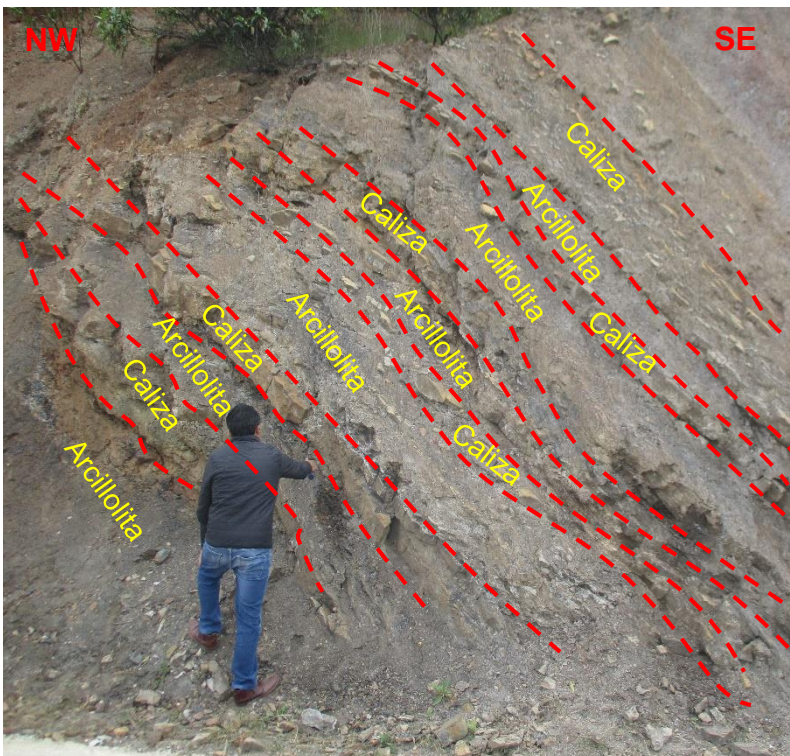
Tabla 7: Coordenadas de la estación estratigráfica N° 05

Este	Norte	Cota
817891	9178397	2389



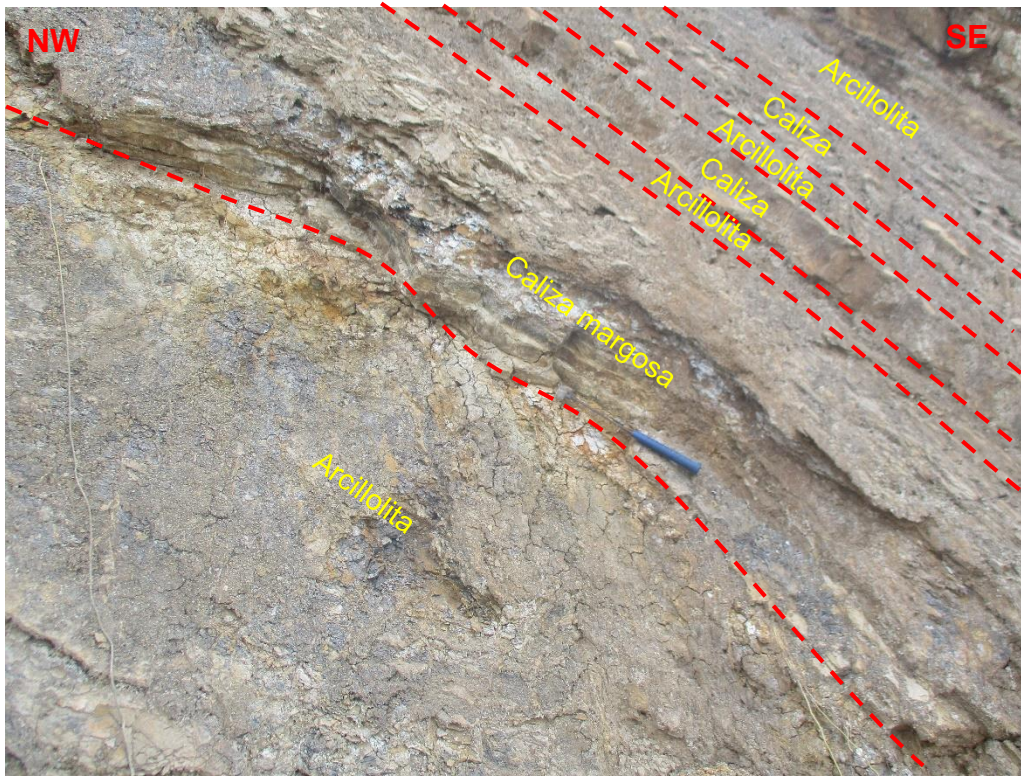
Fotografía 20: Vista panorámica de la estación estratigráfica N° 05 donde se observa una alternancia de arcillolitas grises, calizas y calizas margosas.

Litológicamente esta estación presenta en la parte inferior una intercalación de calizas amarillentas wackestone con rellenos de calcita y arcillolitas grises oxidadas superficialmente observándose también horizontes de anhidrita.



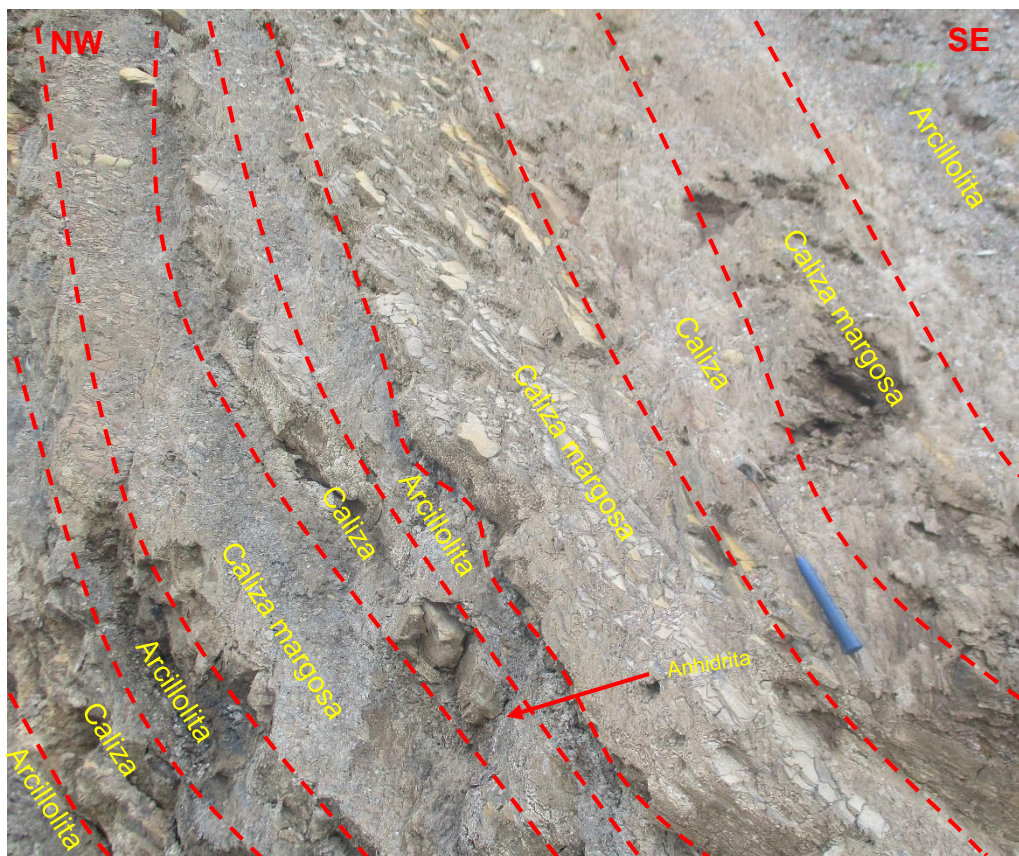
Fotografía 21: Parte inferior de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas. Coordenadas N:9178392, E: 817893 y Cota: 2389 m.s.n.m.

En la parte media está conformada por estratos potentes de arcillolita las que presentan patinas de óxido de hierro intercaladas con estratos de calizas margosas y calizas wackestone, estas presentan vetillas de calcita.



Fotografía 22: Parte media de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas wackestone y calizas margosas. Coordenadas N:9178387, E: 817891 y Cota: 2389 m.s.n.m.

En la parte superior está conformada por intercalación de arcillolitas, calizas packstone lenticulares y calizas margosas, estas presentan concreciones calcáreas de hasta 10cm de diámetro, además de presencia de óxidos de hierro y anhidrita. También se han evidenciado fósiles gasterópodos (*Paraglauconia strombiformis*) y bivalvos (*Corbicula* sp).

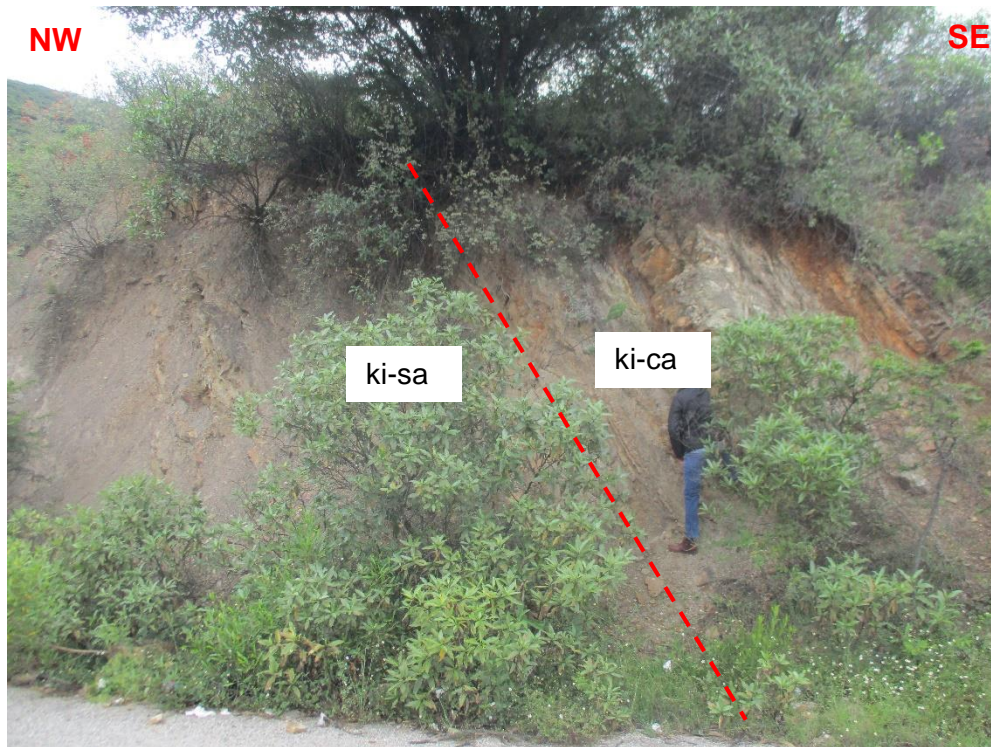


Fotografía 23: Parte superior de la estación estratigráfica N° 05 en la que se observa una alternancia de arcillolitas grises con calizas margosas y calizas packstone. Coordenadas N:9178387, E: 817891 y Cota: 2389 m.s.n.m.



Fotografía 24: Fósiles encontrados en la parte superior de la estación estratigráfica N° 05, A) Gasterópodo (*Paraglauconia strombiformis*). B) Bivalvo (*Corbicula* sp.)

En la parte superior se identificó el contacto inferido entre la Formación Santa y la Formación Carhuaz.

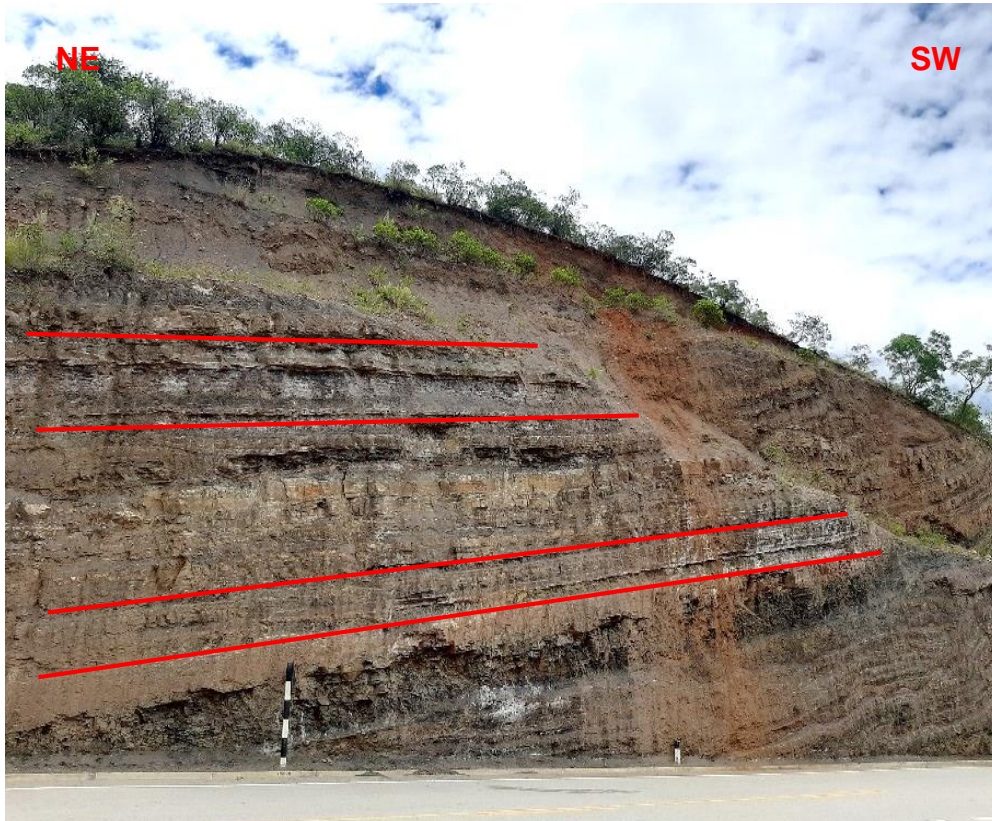


Fotografía 25: Contacto inferido de la Formación Santa y la Formación Carhuaz. Norte: 9178470, Este: 817887 y Cota: 2400 m.n.m.

3.9.2. Estructuras sedimentarias

3.9.2.1. Estratificación paralela

Es una estructura sin – sedimentaria, en donde los estratos se encuentran formando superficies paralelas entre sí en la cual la depositación se ha realizado con interrupción de periodos cortos manteniéndose el mismo ambiente sedimentario, este tipo de estratificación se encontró aflorando en la parte superior de la Formación.



Fotografía 26: Estratificación paralela en los estratos de calizas intercaladas con arcillolitas.

3.9.2.2. Estructuras lenticulares

Estructura sin – sedimentaria, formada sobre un fondo arcilloso, se produce un aporte deficitario de arena como para formar una capa continua, ésta es trabajada ya sea por las corrientes o las olas y se formarán ripples aislados. Las crestas están construidas por arena, y en el lugar que debían ocupar los valles, aflora la arcilla de un aporte anterior. Ello puede cubrirse y fosilizarse por una posterior capa de arcilla. Si el proceso se repite varias veces, en un corte de estos materiales se obtendrá una típica estratificación lenticular.



Fotografía 27: Estructuras lenticulares presentes en rocas calizas de la Formación Santa.

3.9.2.3. Grietas de desecación

Estructura pre - sedimentaria, formada en suelos arcillosos que al perder humedad producto del calor se forman grietas poligonales en tiempos de sequía.



Fotografía 28: Presencia de grietas de desecación en sedimentos producto de erosión de las calizas margosas y arcillolitas de la Formación Santa.

3.9.2.4. Laminación

Estructura sin – sedimentaria, en donde la laminación viene a ser una disposición sucesiva de láminas dentro de un mismo estrato. Está considerada como una estructura de ordenamiento interno. Distinguiéndose en general la laminación paralela y la laminación sesgada.



Fotografía 29: Laminación presente en las arcillolitas.

3.9.2.5. Concreciones

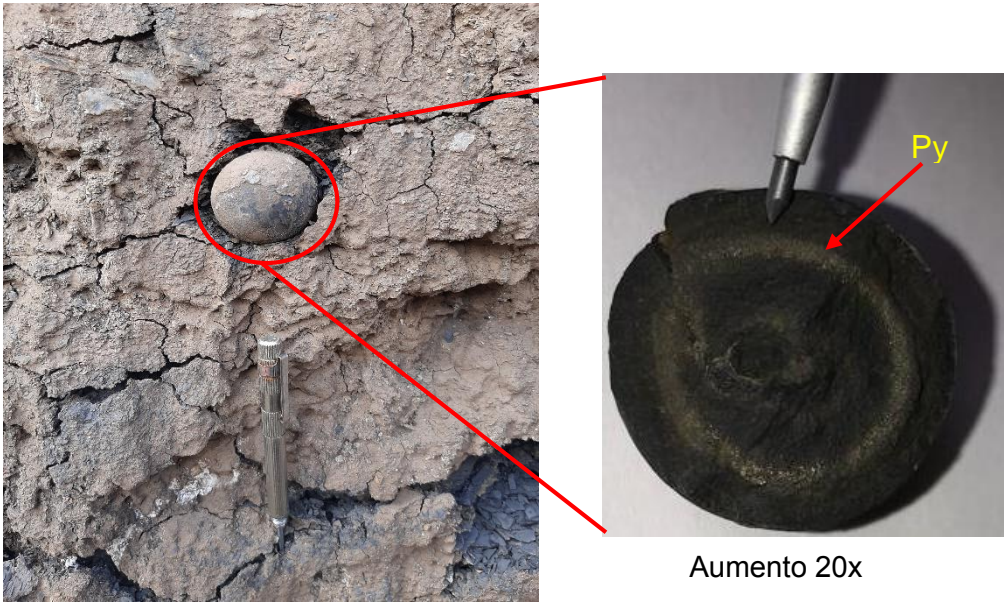
Son estructuras post – sedimentarias de composición igual o diferente a la roca encajante, se presenta en masas redondeadas o esféricas, su tamaño es variable, desde centímetros a metros (cm - m).



Fotografía 30: Concreciones incrustadas en arcillolitas.



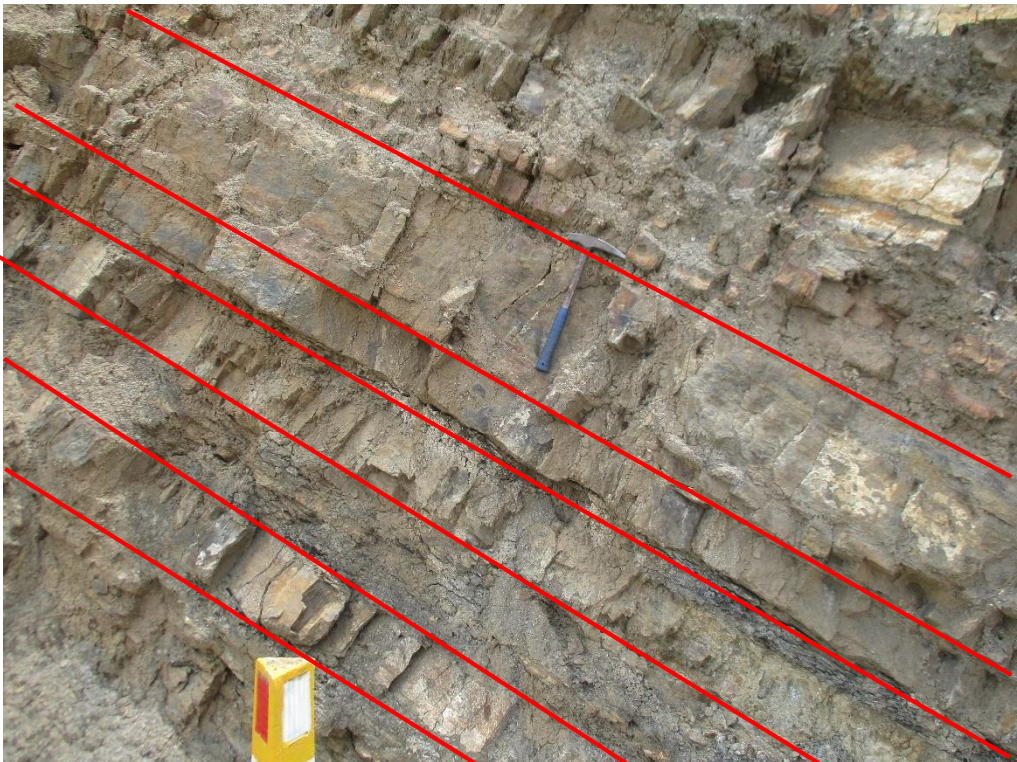
Fotografía 31: Concreciones de calizas altamente oxidadas y alteradas encontradas entre los estratos de arcillolitas.



Fotografía 32: Concreciones de calizas con presencia de pirita.

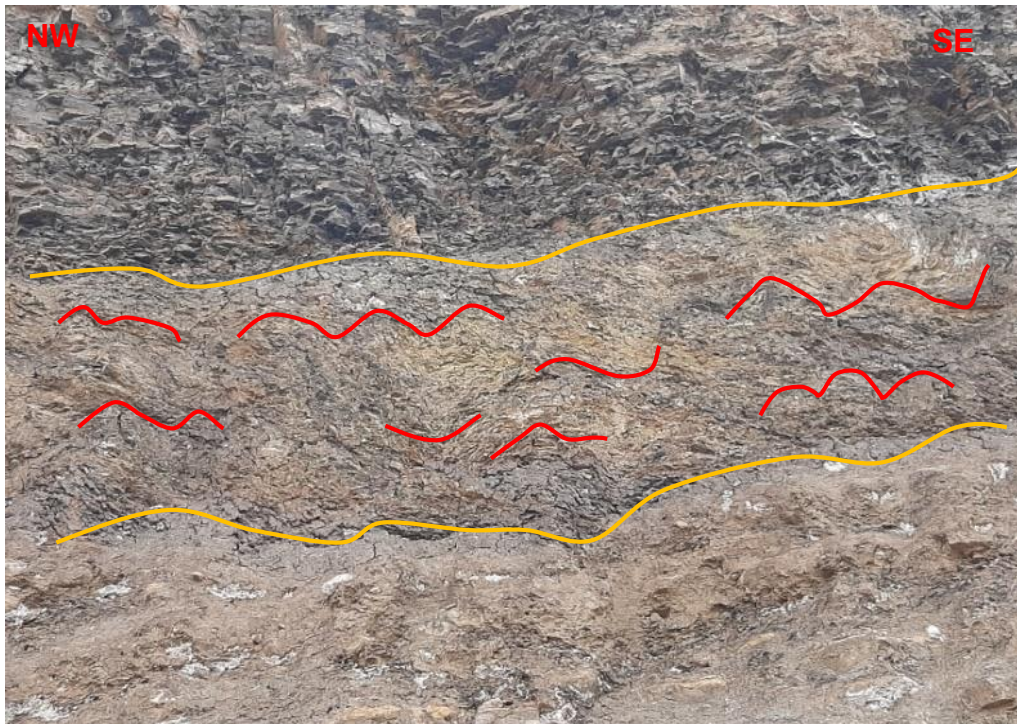
3.9.3. Geometría de los estratos

Estratos Tabulares: Cuando dos superficies de estratificación son planas y paralelas entre sí, este tipo de geometría se puede observar en areniscas de coloración amarillenta.



Fotografía 33: Visualización de una geometría de estratos tabulares en areniscas.

Estratos Ondulados: Son superficies onduladas paralelas entre sí con estructuras de ripples de corrientes de olas, este tipo de geometría se pudo observar en limolitas y arcillolitas grises.



Fotografía 34: Visualización de estratos ondulados en limolitas.

3.9.4. Secuencia elemental o de Bouma

Secuencia Directa: Este tipo de secuencia se observa en el afloramiento de rocas areniscas y limolitas, los estratos tienen mayor espesor en la base y disminuye de espesor hacia la parte superior, a este tipo de secuencia también se le llama secuencia positiva.



Fotografía 35: Visualización de la secuencia directa en estratos de areniscas y limolitas. Coordenadas N:9178310, E: 817906 y Cota: 2358 m.s.n.m.

Secuencia Inversa: Este tipo de secuencia se observa en el afloramiento de rocas areniscas y arcillolitas grises, los estratos tienen menor espesor en la base y aumenta de espesor hacia la parte superior, a este tipo de secuencia también denominada secuencia negativa.



Fotografía 36: Visualización de la secuencia inversa en estratos de areniscas y arcillolitas grises. Coordenadas N:9178234, E: 817126 y Cota:2322 m.s.n.m.

3.9.5. Bioestratigrafía

Para realizar la clasificación de fósiles de la Formación Santa encontrados en el Centro Poblado La Grama, nos basamos en la clasificación taxonómica de (Linneo,1758). Los fósiles encontrados en la Zona de estudio son gasterópodos (Paraglauconia Strombiformis), bivalvos (Corbícula sp) y también presencia de micritas y esparitas.

Clasificación Taxonómica de la Paraglauconia Strombiformis.

Generalidades		
Nombre	Paraglauconia Strombiformis	
Zona	La Grama	
Formación	Santa	
Coordenadas	Norte	917897
	Este	817892
	Cota	2385
Clasificación Taxonómica (Linneo,1758)	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Gasteropoda
	Orden	Sorbeoconcha
	Familia	Cassiopidae
	Genero	Paraglauconia
	Edad	Valanginiano



Aumento 20x

Fotografía 37: Fósil Gasterópodo, Paraglauconia Strombiformis, con líneas de sutura en cada espira cerca del ápice.

Fuente: Modificado de (López, 2021)

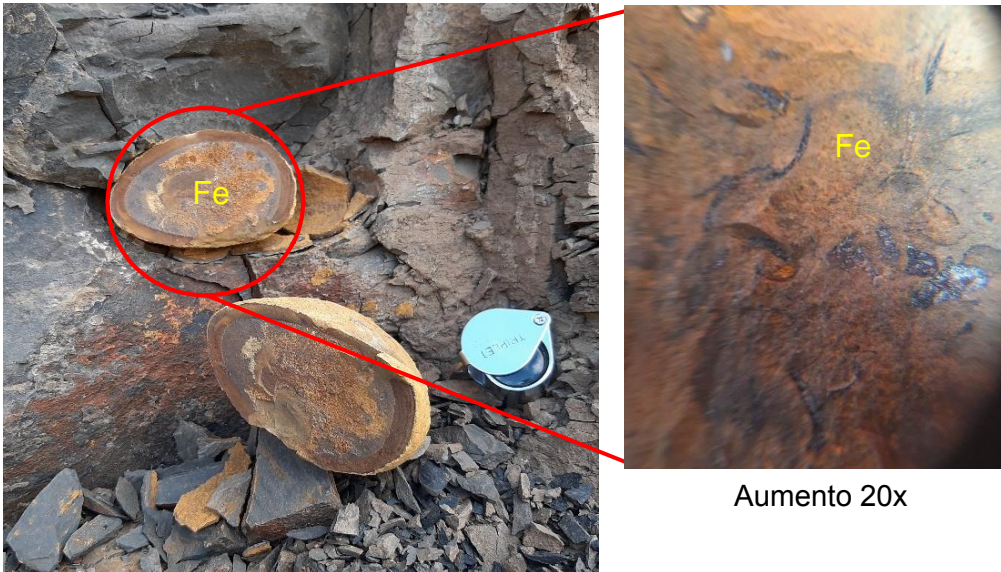
Clasificación Taxonómica de la Corbícula sp.

Generalidades		
Nombre	Corbícula sp	
Zona	La Grama	
Formación	Santa	
Coordenadas	Norte	9178397
	Este	817891
	Cota	2382
Clasificación Taxonómica (Linneo,1758)	Reino	Animalia
	Phyllum	Mollusca
	Clase	Bivalvia
	Orden	Veneroida
	Familia	Corbiculidae
	Genero	Corbícula
	Edad	Valanginiano



Fotografía 38: Fósil bivalvo, Corbícula sp.

Fuente: Modificado de (López, 2021)



Aumento 20x

Fotografía 39: Concreción de caliza encontrada en el afloramiento de arcillolitas, donde se observa la presencia de una gran variedad de microfósiles micritas y esparitas. Coordenadas N:9178257, E: 817821 y Cota: 2373 m.s.n.m.

3.9.6. Descripción petrológica

A continuación, se describen algunas muestras representativas extraídas de las estaciones estratigráficas de la Formación Santa, ubicado en el Centro Poblado la Grama, las cuales se proceden a su clasificación según Dunham 1962 para rocas carbonatadas y Pettijohn 1973, Folk 1974, J. Udden y C. Wentz 1979 para rocas clásticas:

N° DE MUESTRA	01	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	COTA
		817904	9178397	2385
CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK 1974				



Está dentro de las lodolitas específicamente es una arcillolita

Fotografía 40: Clasificación de la muestra N° 01, de la estación estratigráfica N° 05, como arcillolita según las clasificaciones de Folk 1974.

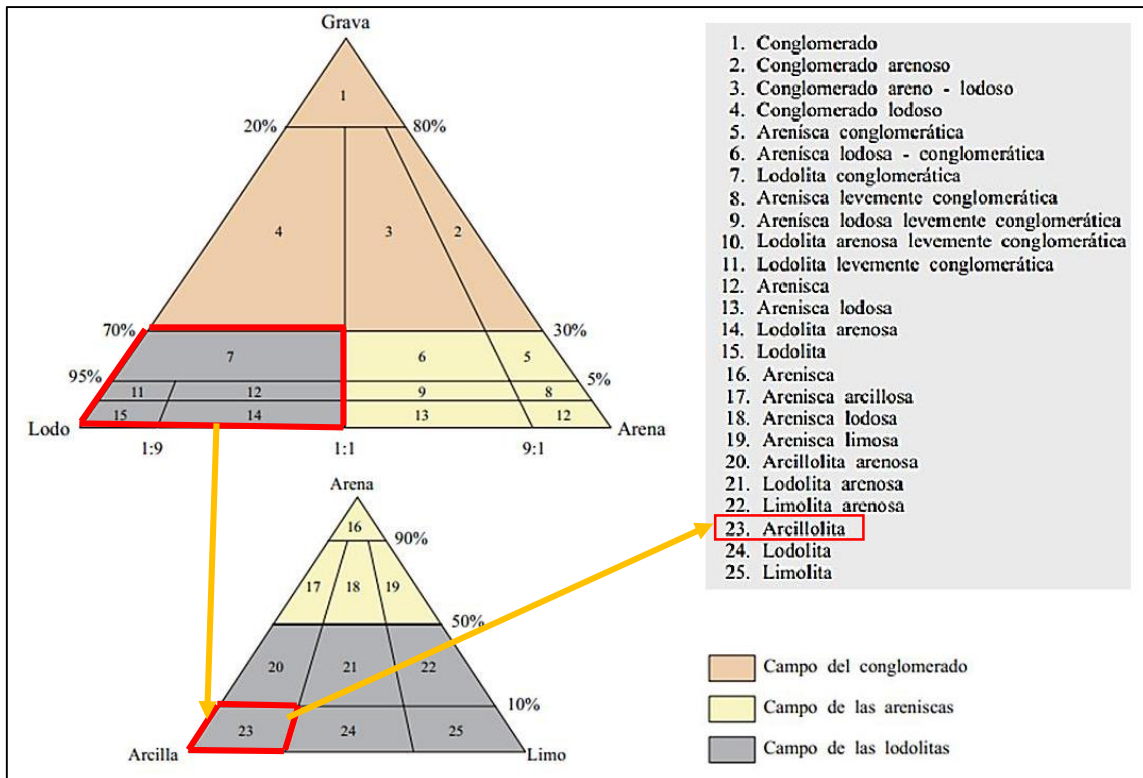


Figura 28: Según Folk 1974, se clasificó a la muestra N° 01 dentro del campo de las lodolitas específicamente como arcillolita, ya que presenta una matriz mayor al 70%.

N° DE MUESTRA	02	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	COTA
		817900	9178294	2357
CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK 1974				
Está dentro de las lodolitas específicamente es una limolita				
CLASIFICACIÓN DE J. UDDEN Y C. WENTRTH (1979)				
Presenta una matriz de limo de grano fino a medio, por lo que se clasifica como una limolita				

Fotografía 41: Clasificación de la muestra N° 02, de la estación estratigráfica N° 02, como limolita según las clasificaciones de Folk 1974 y J. Udden y C. Wentz 1979.

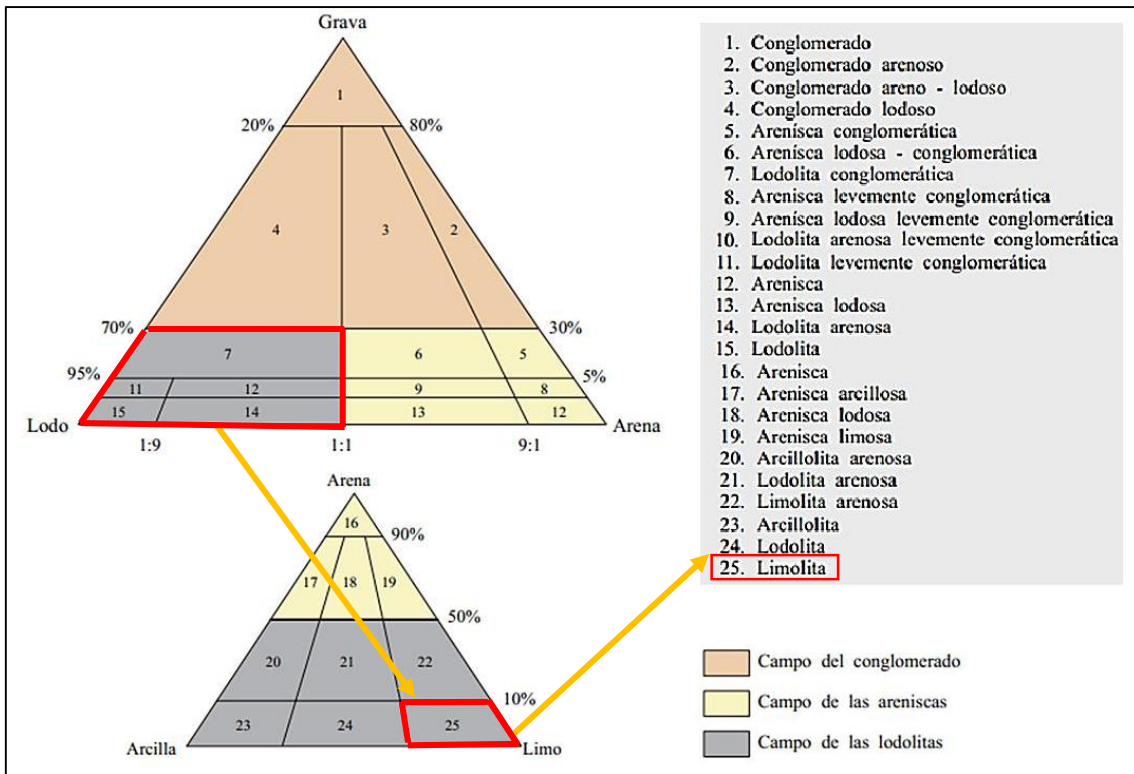



Figura 29: Según Folk 1974, se clasificó a la muestra N° 02 dentro del campo de las lodolitas específicamente como limolita, ya que presenta una matriz mayor al 75%.

CLASIFICACION DE SEDIMENTOS			
Límites de Clases (milímetros)	Clases de tamaño	Término para roca	
256	G r a v a s	Conglomerado Brecha Rudita Rocas rudáceas	
16			Peñascos
4			Mataténas
2			Guijarros
1	A r e n a s	Arenisca Arenita Rocas arenáceas	
0.05			Arenas muy gruesas
0.25			Arenas gruesas
0.125			Arenas medianas
0.0625			Arenas finas
0.0312	L i m o s	L i m o l i t a	
0.0156			Limo grueso
0.0078			Limo medio
0.0039			Limo fino
	Arcilla	Lutita	

Figura 30: Según J. Udden y C. Wentrth 1979, se clasificó a la muestra N° 02 como limolita compuesta principalmente por limo de grano fino a medio.

N° DE MUESTRA	03	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	COTA
		817359	9178397	2320
	CLASIFICACIÓN DE J. UDDEN Y C. WENTRTH (1979)			
		Se clasifica como una arenisca de grano medio		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN 1975				
		Se clasifica como una cuarzoarenita		

Fotografía 42: Clasificación de la muestra N° 03, de la estación estratigráfica N° 01, según las clasificaciones de J. Udden y C. Wentrth 1979 y Pettijohn 1975. En la muestra se observa que los granos de cuarzo presentan pátinas de óxidos de hierro.

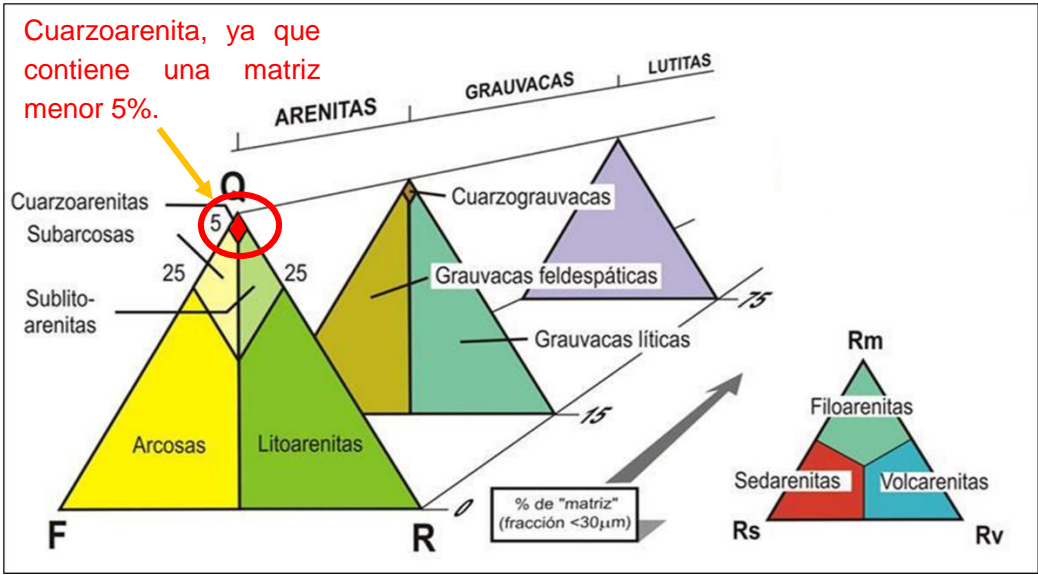


Figura 31: Según Pettijohn 1975, se clasificó a la muestra N° 03 como cuarzoarenita, ya que presenta una matriz menor al 5%.

CLASIFICACION DE SEDIMENTOS			
Límites de Clases (milímetros)	Clases de tamaño		Término para roca
256 16 4 2	G r a v a s	Peñascos	Conglomerado Brecha Rudita Rocas rudáceas
		Mataténas	
		Guijarros	
		Gránulos	
1 0.05 0.25 0.125 0.0625	A r e n a s	Arenas muy gruesas	Arenisca Arenita Rocas arenáceas
		Arenas gruesas	
		Arenas medianas	
		Arenas finas	
		Arenas muy finas	
		0.0312 0.0156 0.0078 0.0039	
Limo medio			
Limo fino			
Limo muy fino			
Arcilla	Lutita		

Figura 32: Según J. Udden y C. Wentrth 1979, se clasificó a la muestra N° 03 como una arenisca compuesta principalmente por arena de grano medio.

N° DE MUESTRA

04

COORDENADAS



ESTE	NORTE	COTA
817998	9178200	2372

**CLASIFICACIÓN DE
DUNHAM 1962**

Se clasifica como una caliza mudstone, ya que presenta un porcentaje de granos menor al 10%.

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

Fotografía 43: Clasificación macroscópica de la muestra N° 04, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Mudstone de color gris con pátinas de óxidos. Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 04.

N° DE MUESTRA

05

COORDENADAS



ESTE	NORTE	COTA
817890	9178498	2389

**CLASIFICACIÓN DE
DUNHAM 1962**

Se clasifica como una caliza wackestone, ya que presenta un porcentaje de granos mayor al 10%.

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

Fotografía 44: Clasificación macroscópica de la muestra N° 05, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Wackestone de color gris con pátinas de óxidos. Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 05.

N° DE MUESTRA

06

COORDENADAS

ESTE NORTE COTA

817890 9178498 2389



**CLASIFICACIÓN DE
DUNHAM 1962**

Se clasifica como una caliza packstone, ya que presenta una textura grano-soportada

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

Fotografía 45: Clasificación macroscópica de la muestra N° 06, según Dunham, 1962. Muestra de mano de una caliza Packstone con presencia de óxidos, se observan pequeños fósiles gasterópodos *Paraglauconia Strombiformis*. Muestra perteneciente a la estación estratigráfica N° 05.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1.1. La Formación Santa en el centro poblado La Grama

La Formación Santa fue estudiada en 5 estaciones estratigráficas en la que se determinó un espesor aproximado de 112 metros, litológicamente cada una de las estaciones está conformada por:

- La estación estratigráfica N° 01 está formada básicamente por intercalaciones de arcillolitas grises oscuras, limolitas grises y areniscas de grano fino a medio.
- La estación estratigráfica N° 02 presenta una intercalación de limolitas de coloración amarillenta con arcillolitas grises y areniscas.
- La estación estratigráfica N° 03, litológicamente esta estación presenta una intercalación de estratos potentes de limolitas de hasta 2 metros de espesor con arcillolitas grises y areniscas de grano medio con mantos de carbón bituminoso.
- La estación estratigráfica N° 04, litológicamente esta estación presenta una intercalación de limolitas de color rojizo con arcillolitas grises conteniendo presencia de óxidos de hierro, también se observa la presencia de calizas mudstone y packstone, además de afloramientos de anhidrita en capas delgadas.
- La estación estratigráfica N° 05, litológicamente esta estación presenta una intercalación de calizas amarillentas wackestone y packstone con arcillolitas grises oxidadas superficialmente, observándose también calizas margosas y horizontes de anhidrita.

En cuanto a las estructuras sedimentarias identificadas podemos mencionar:

- ✓ Estratificación paralela en los estratos de caliza intercaladas con arcillolitas, básicamente en las estaciones estratigráficas N° 04 y N° 05.
- ✓ Estratificación lenticular observable en calizas de la estación estratigráfica N° 05.
- ✓ Grietas de desecación en sedimentos erosionados de calizas margosas y arcillolitas.
- ✓ Laminación en arcillolitas identificadas en la estación estratigráfica N° 04.
- ✓ Concreciones presentes en arcillolitas identificadas en la estación estratigráfica N° 05.

La geometría identificada en los estratos de la Formación Santa en las diferentes estaciones estratigráficas es:

- Estratos tabulares en areniscas.
- Estratos ondulados en limolitas.

En la estratificación de la estación N° 02 se observa una secuencia directa en estratos de areniscas y limolitas, en tanto, en la estratificación de la estación N° 01 se observa una secuencia inversa en estratos de areniscas y arcillolitas grises.

Las texturas identificadas en las calizas son: mudstone, wackestone y packstone y textura clástica en areniscas, limolitas y arcillolitas.

En cuanto a la bioestratigrafía se identificaron fósiles de gasterópodos predominando básicamente *Paraglauconia Strombiformis* y bivalvo principalmente *Corbicula* sp, coincidiendo de esa manera con lo señalado por Lagos & Quispe (2007), en Aportes al análisis de cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de Los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca.

La petrología de la Formación Santa en la zona de investigación, según las clasificaciones de Folk 1974, Pettijohn 1975, J. Udden Y C. Wentrth 1979 y Dunham, 1962, consiste básicamente en arcillolitas, limolitas, areniscas de grano fino a medio, calizas margosas, calizas mudstone, wackestone y packstone.

4.1.2. Ambiente de sedimentación de la Formación Santa en el cuadrángulo de Cajamarca y San Marcos

La Formación Santa está constituida por una alternancia de lutitas gris oscuras a negras, a veces calcáreas, y limolitas con niveles carbonosos con un espesor aproximado de 50m. En las localidades de Namora y Matara (Cuadrángulo de San Marcos), a raíz del cartografiado geológico a escala 1/10000 realizado por la Escuela de Campo de la EAPIG-UNC. en convenio con la Cía. Minera Yanacocha SRL. se identificaron Gasterópodos: (Cassiope) neumayri (Nagao); paraglauconia strombiformis (Schlotheim); Corbícula sp., que registran una edad del Valanginiano medio – Hauteriviano; indicador de un paleoambiente marino somero de aguas salobres muy cercano a la costa. (Quispe & Lagos, 2010).



Figura 33: Ambiente marino somero según (Nichols, 2009).

4.1.3. Ambiente de sedimentación de la Formación Santa en el centro poblado La Grama

Según las características litoestratigráficas, petrológicas y bioestratigráficas descritas en las 05 estaciones estratigráficas de la zona de estudio, indica que el tiempo de depositación y sedimentación de la Formación Santa se dio en un ambiente marino somero coincidiendo de esta manera con lo señalado por

Quispe & Lagos, 2007, en Aportes a la correlación estratigráfica de las Formaciones Santa y Carhuaz en los cuadrángulos de Cajamarca y San Marcos.

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De las variables determinadas y analizadas los factores influyentes en la Caracterización Litobioestratigráfica de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama al Noreste en el distrito de Eduardo Villanueva, se determinó de acuerdo a la textura, estructura, secuencia estratigráfica, ambiente sedimentario; litológicamente está constituida por limolitas, arcillolitas, calizas, calizas margosas, areniscas de grano fino a medio y mantos de carbón bituminoso. Como contenido Paleontológico se identificaron gasterópodos (Paraglauconía Strombiformis) y bivalvo (corbícula sp), que indican una edad del Valanginiano y un ambiente marino somero.

Por lo tanto, se contrasta la hipótesis inicialmente planteada, demostrando así que nuestra hipótesis de investigación se formuló de acorde con la realidad existente en la zona de investigación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se caracterizó la litobioestratigrafía de la Formación Santa en el Centro Poblado La Grama, para la cual se realizó 5 estaciones estratigráficas, donde litológicamente se identificó presencia de calizas, calizas margosas, areniscas, arcillolitas, limolitas; presencia de anhidrita y mantos de carbón bituminoso.

La Columna Litobioestratigráfica tiene un espesor total de 112 m., se realizó la medición directa en campo mediante 5 estaciones estratigráficas: en la parte inferior de la Formación presenta una intercalación de limolitas, arcillolitas, areniscas de grano fino a medio; en la parte media de dicha Formación se identificó estratos de limolitas, arcillolitas, areniscas y mantos de carbón bituminoso y en la parte superior se identificó una intercalación de limolitas con arcillolitas, calizas y calizas margosas, además se observa presencia de anhidrita en las limolitas.

Como estructuras sedimentarias se identificó a la estratificación paralela, lenticular, grietas de desecación, laminación y concreciones, en cuanto a las texturas se identificaron en las calizas: mudstone, wackestone y packstone y textura clástica en areniscas, limolitas y arcillolitas. Asimismo, se muestran secuencias directas e inversas y secuencias rítmicas.

Según las características litoestratigráficas y la presencia de fósiles como: gasterópodo (*Paraglauconia Strombiformis*), bivalvos (*Corbícula* sp). el ambiente de sedimentación corresponde a un marino somero.

5.2.RECOMENDACIONES

A los tesisistas de ingeniería geológica o entidades públicas como el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a complementar los estudios en laboratorio de muestras de carbón bituminoso para determinar su uso.

A los tesisistas de ingeniería geológica o especialidades afín a realizar estudios de cartografiado local en otras Formaciones para mejorar evidencias de sedimentación y estratigrafía del valle de Cajamarca.

A los tesisistas de ingeniería geológica o especialidad afín a realizar más estudios estratigráficos de la Formación Santa en distintos lugares de nuestra región para correlacionar y mejorar la columna estratigráfica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arche, A. 2010. Sedimentología del proceso físico de la cuenca sedimentaria. Gráficas Blanco, S. L. Madrid – España.

Benavides, V. 1956. “Cretaceous System of North Perú”. New York, EE.UU.

Cheel, R. 2005. Introduction to clastic sedimentology. Department of Earth Sciences Ontario university, Canada, 134pp.

Corrales, I. 1977. Estratigrafía, Madrid-España.

Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima – Perú.

Dunham, R. 1962. Clasificación de rocas carbonatadas según la textura deposicional. En: Ham, WE, Ed, Clasificación de rocas carbonatadas, AAPG, Tulsa, 108 – 121.

Duran, J. 2018. Estudio Sedimentológico y Estratigráfico de la microcuenca Cochamarca – San Marcos Cajamarca Perú.

Folk, R. 1974. Petrología de las Rocas Sedimentarias: Clasificación de las rocas clásticas. Editorial Hemphill. Texas.

Gaibor, G. 2019. Estudio y Caracterización de la Formación Jama (Pleistoceno Inferior) entre los cantones de Jama, Canoa y Pedernales. Quito, Ecuador.

Griem, W. 2006. Estructuras de sedimentación. Obtenido de <http://www.geovirtual2.cl/Museovirtual/0322ageo.htm>.

- Hedberg, H. 1980.** Guía Estratigráfica Internacional: Guía para la Clasificación y Terminología y Procedimientos Estratigráficos. Editorial Reverté. Barcelona. Páginas 13 – 30.
- Lagos, A y Quispe, C. 2007.** Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca.
- López, O. 2021.** Estudio Lito y Bioestratigráfico del grupo Crisnejas entre las localidades de Pampa de la Culebra y Polloc – La Encañada.
- Mendoza, M. 2021.** Correlación Litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las Zonas de Matara, San Marcos y Otuzco.
- Navarrete, E. 2003.** Apuntes de Estratigrafía y Sedimentología. Guayaquil, Ecuador.
- Nichols, G. 2009.** Sedimentología y Estratigrafía. Blackwell Science Ltd, Londres. 335p.
- Petijhon, F. 1970.** Rocas Sedimentarias: Clasificación de las rocas clásticas. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Reyes, L. 1980.** Boletín N° 31: Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMMET, 82.
- Saavedra, J. 2019.** Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el Caserío de Shaullo Chico del Distrito Baños del Inca.
- Spelucin, C. 2016.** Estratigrafía Y Paleontología de la Formación Santa en los distritos de Cajamarca, Baños del Inca y Llacanora.

Tafur, A. 1950: 56 p. “Nota preliminar de la Geología del valle de Cajamarca, Perú” Tesis Doctoral en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Lima – Perú.

Torres, P. 2014. Estudio Bioestratigráfico de la Formación Chúlec en la Zona de Puylucana - Santa Úrsula.

Tucker, M. 2003. Carbonate Sedimentology. Publicaciones Blacwell Scientific Inglaterra. Oxford. 554p.

Vera, J. 1994. Estratigrafía: Principios y Métodos (1 ed.).Madrid – España.

ANEXOS

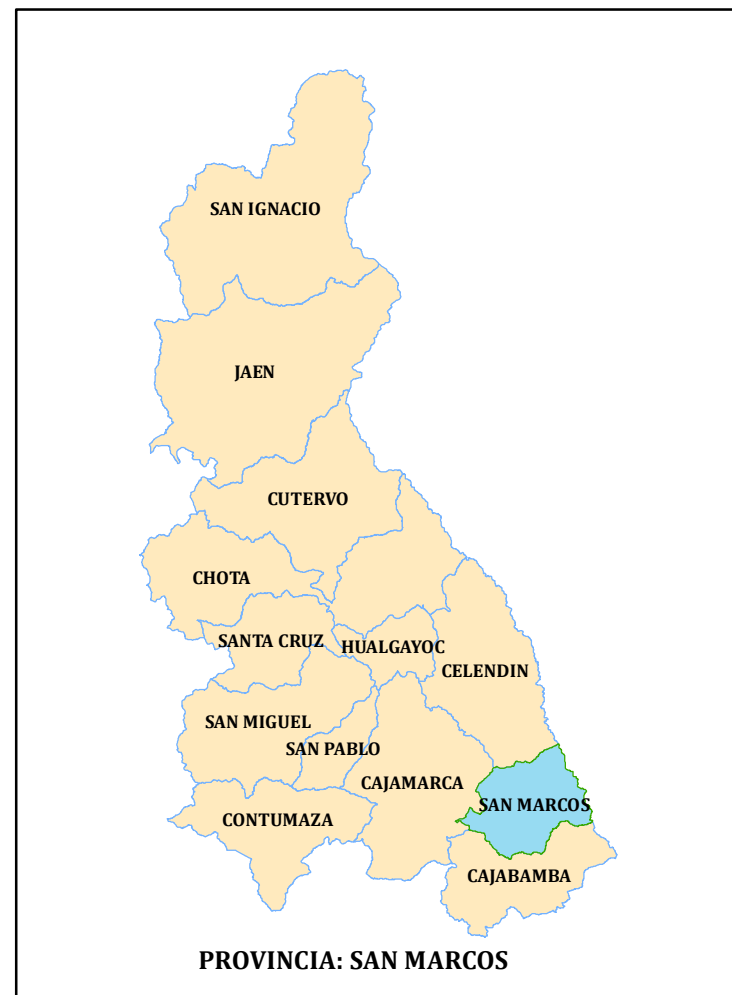
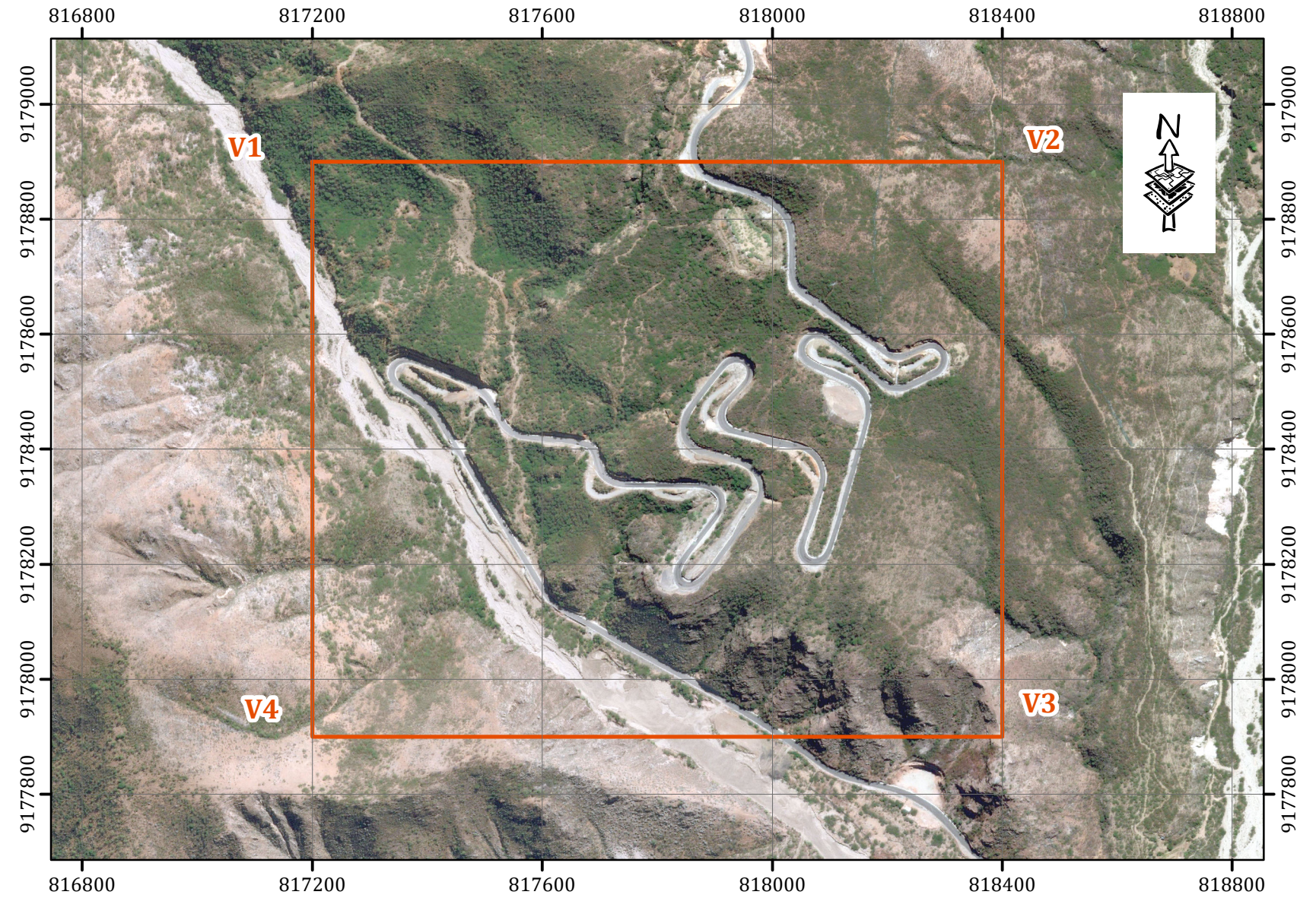
1. Planos

- ✓ Plano 01: Ubicación
- ✓ Plano 02: Satelital
- ✓ Plano 03: Geológico
- ✓ Plano 04: Topográfico

2. Columnas Litobioestratigráficas

- Columna Litobioestratigráfica 01: Estación N° 01
- Columna Litobioestratigráfica 02: Estación N° 02
- Columna Litobioestratigráfica 03: Estación N° 03
- Columna Litobioestratigráfica 04: Estación N° 04
- Columna Litobioestratigráfica 05: Estación N° 05
- Columna Litobioestratigráfica 06: Formación Santa

PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

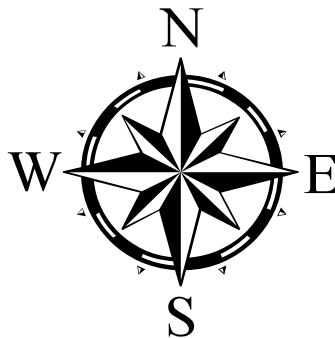
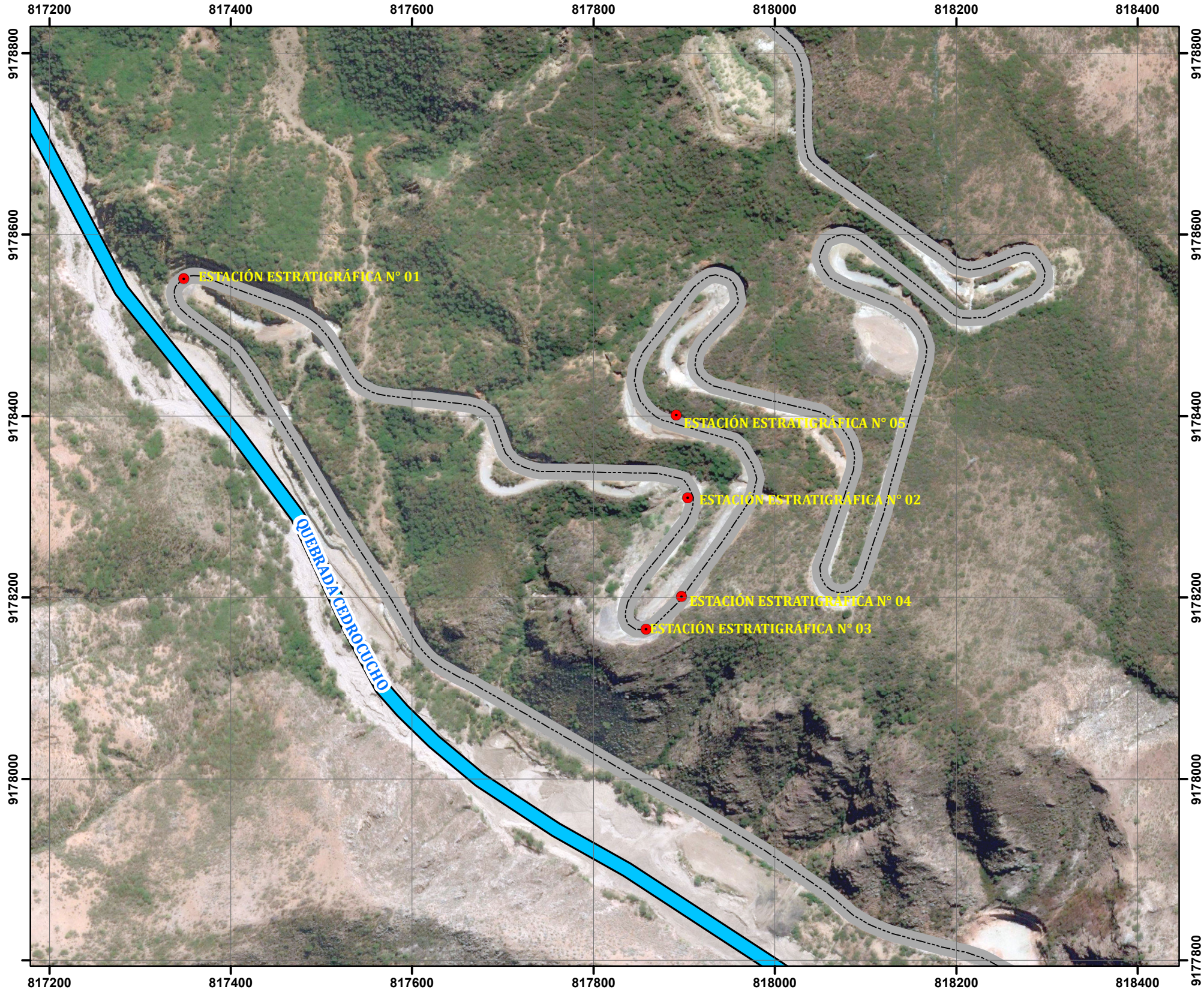


COORDENADAS DEL AREA DE ESTUDIO WGS 84 - ZONA 17S		
VÉRTICE	LONGITUD	LATITUD
V1	817200	9178900
V2	818400	9178900
V3	818400	9177900
V4	817200	9177900

LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
Área de Estudio	
Delimitación Regional	
Delimitación Provincial	
Delimitación Distrital	

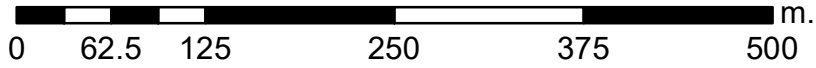
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA.	
	PLANO DE UBICACIÓN	
	TESIS: WILMER ROMERO SALAZAR	
	ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	PLANO N°: 01
	DATUM: WGS 84 Zona o Huzo Horario: 17 sur	
Mayo del 2022	ESCALA NUMÉRICA: 1/10,000	

PLANO SATELITAL - LA GRAMA



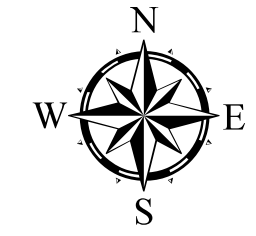
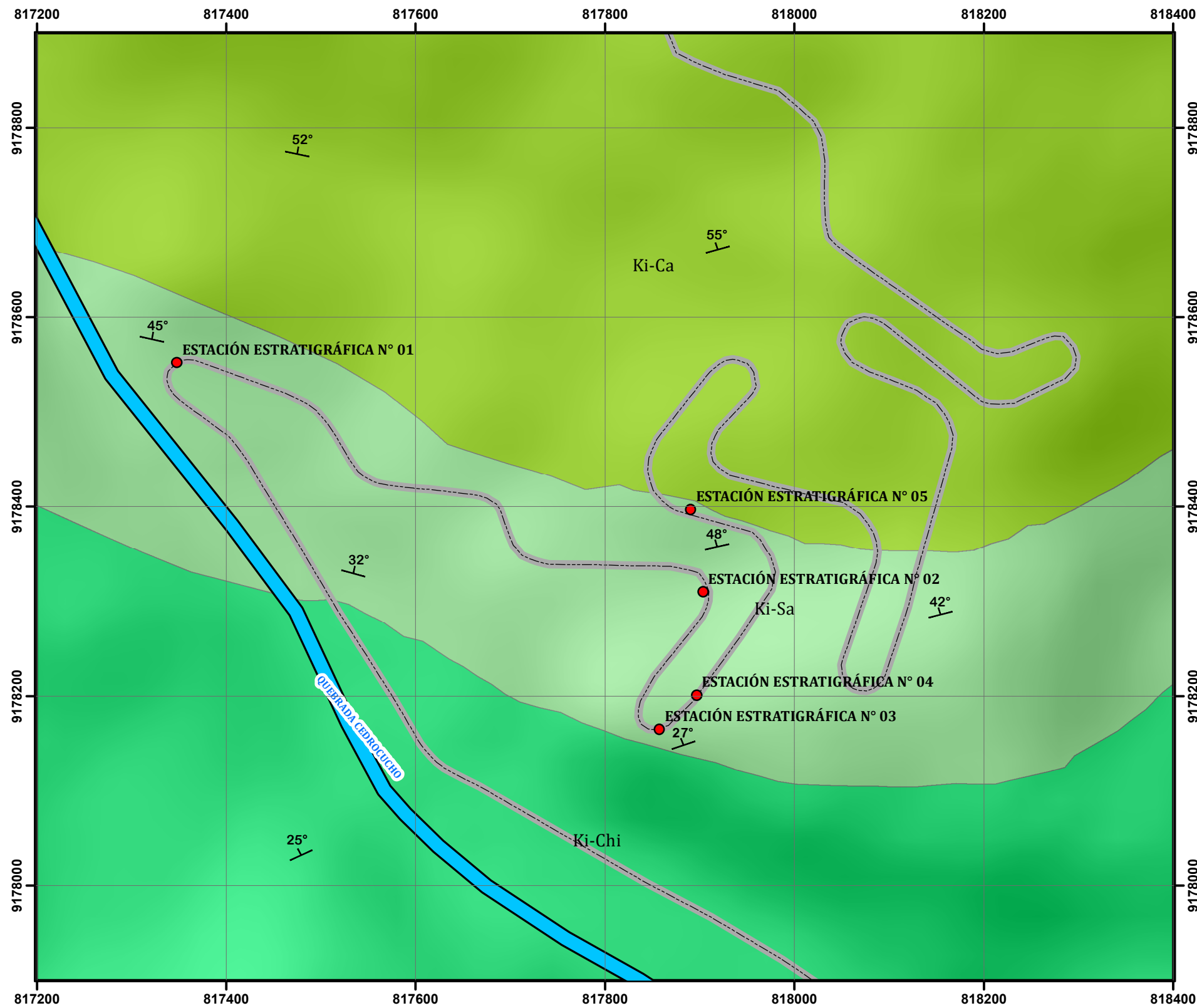
SIMBOLOGÍA

- Estaciones
- Área de Estudio
- ~ Drenaje
- Vía Asfaltada



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA.	
	PLANO SATELITAL	
	TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR	
	ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	
DATUM: WGS 84	Zona o Huzo Horario: 17 sur	PLANO N°: 02
Mayo del 2022	ESCALA NUMERICA: 1/5,000	

PLANO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

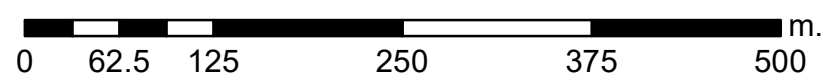


GEOLOGÍA

- Ki-Ca
- Ki-Sa
- Ki-Chi

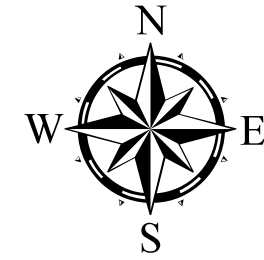
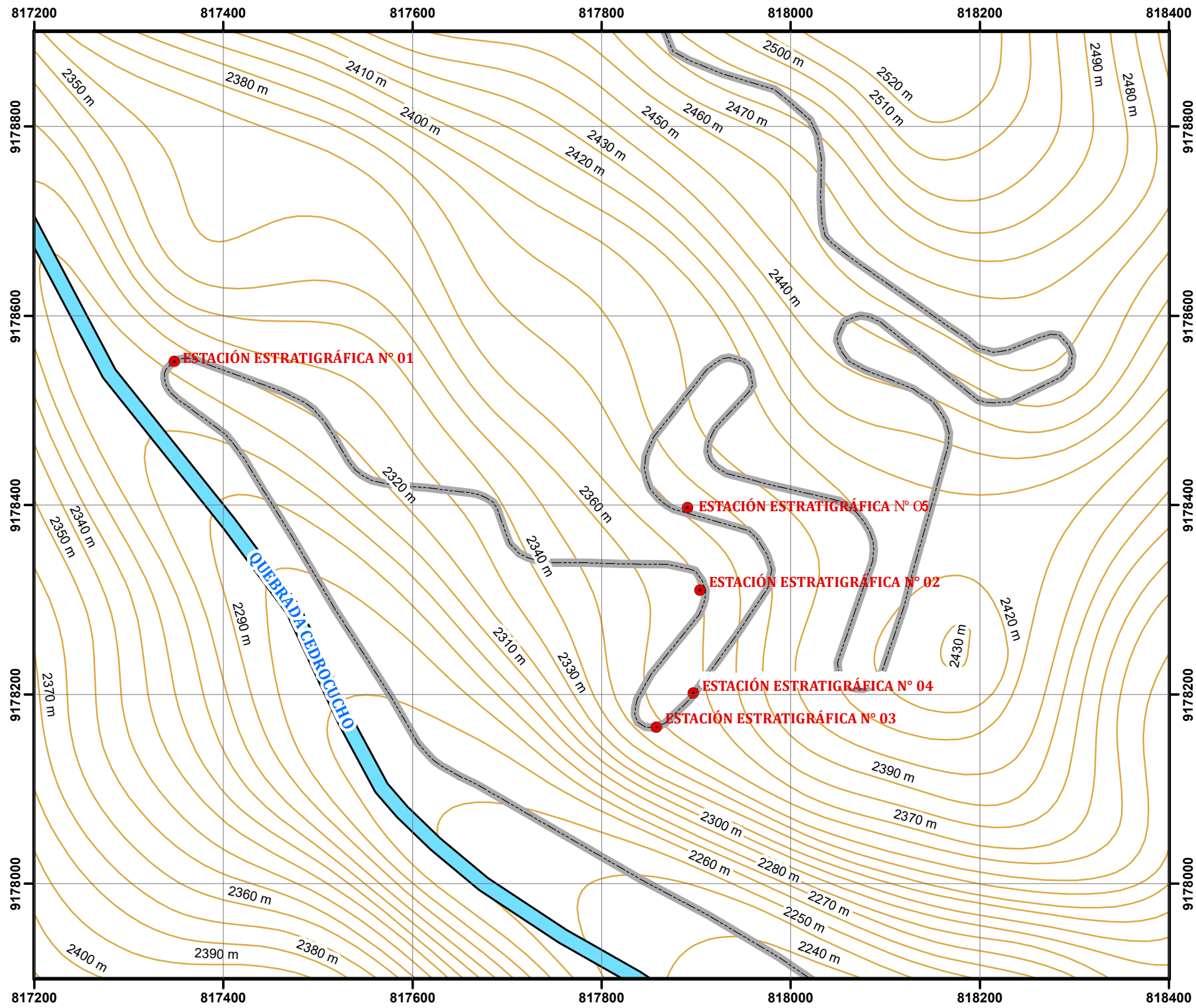
SIMBOLOGÍA

- Quebrada Cedrocucho
- Estaciones
- Vía Asfaltada
- Rumbo y buzamiento

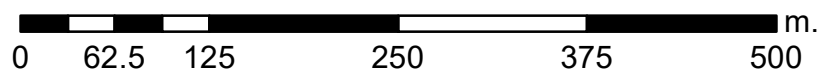


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA.	
	PLANO GEOLÓGICO	
	TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR	
	ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	
	DATUM: WGS 84	Zona o Huzo Horario: 17 sur
Mayo del 2022	ESCALA NUMERICA: 1/5,000	
		PLANO N°: 03

PLANO TOPOGRÁFICO - LA GRAMA



SIMBOLOGÍA	
●	Estaciones
	Vía Asfaltada
	Quebrada Cedrocucho
	Curvas de Nivel_10m



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA.	
	MDE - TOPOGRÁFICO	
	TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR	
	ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	
	DATUM: WGS 84	Zona o Huzo Horario: 17 sur
Mayo del 2022	ESCALA NUMÉRICA: 1/5,000	
		PLANO N°: 04

ERA	PERIO.	ÉPOCA	EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	VALANGINIANO	FORMACIÓN SANTA	20				Intercalación de areniscas de color rojizo de grado medio fuertemente fracturadas con estratos de arcillolitas de hasta 10cm de espesor y limolitas, además de estar alteradas muestran una coloración blanco amarillentas
					16				Intercalación de estratos de arcillolitas de color gris oscuro, limolitas y areniscas de grano medio con presencia de óxidos.
					12				Intercalación de arcillolitas grises oscuras, limolitas grises con areniscas de grano fino a medio, además de observarse la presencia de limos que se encuentran rellenando las fracturas.
					8				
					4				

LEYENDA

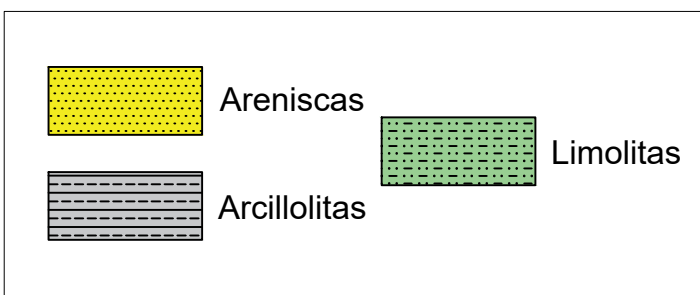
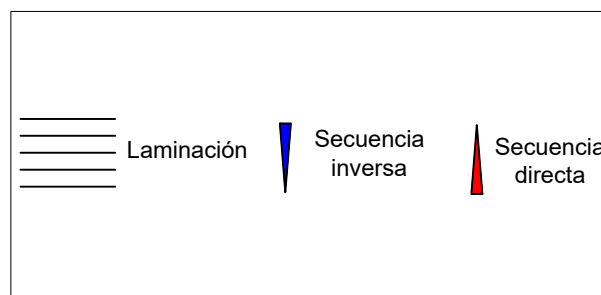
	Laminación		Secuencia directa
	Areniscas		Limolitas
	Arcillolitas		



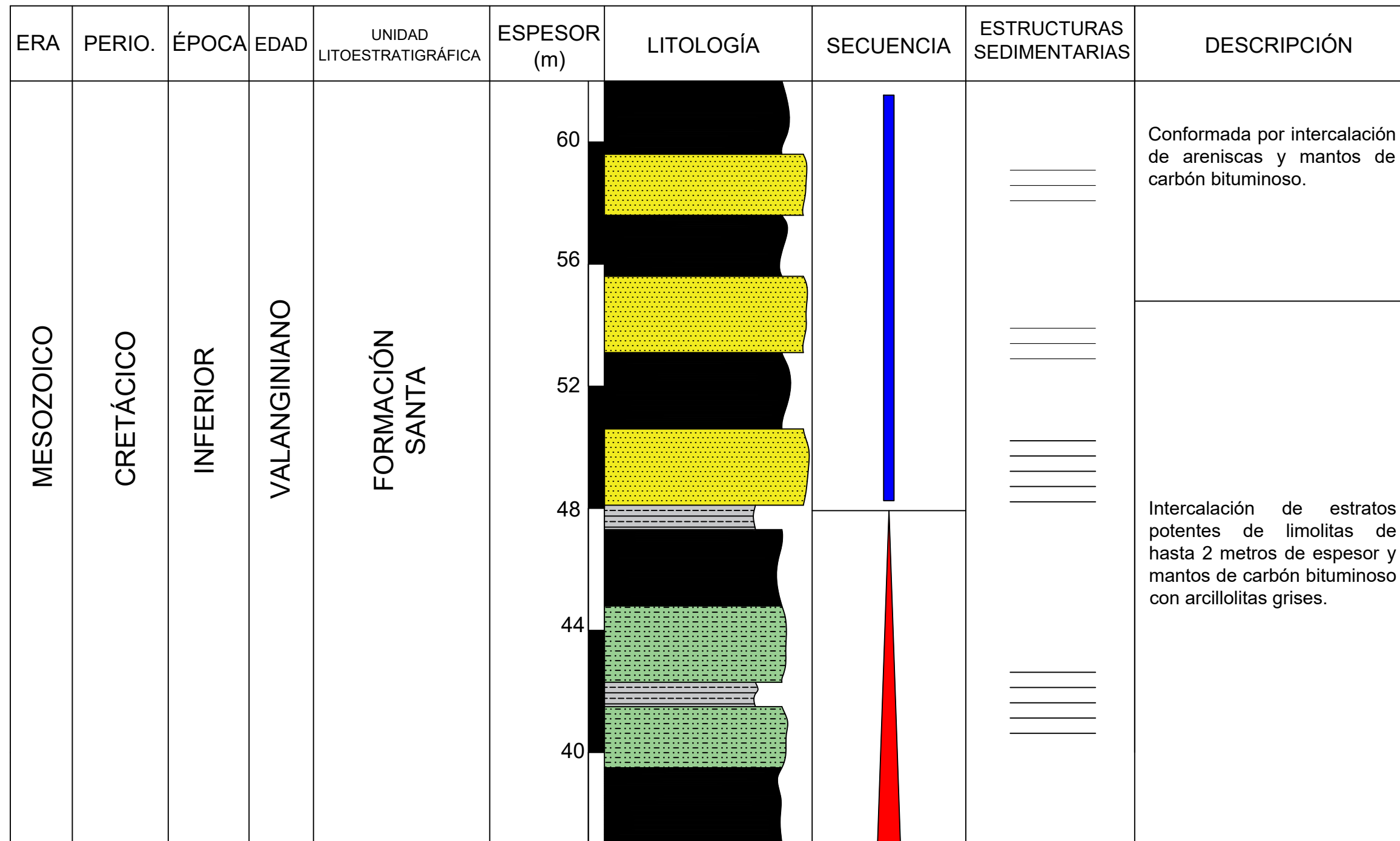
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA			
COLUMNA LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA ESTACIÓN ESTRATIGRÁFICA N° 01			C. L. - N°: 01
TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR			
ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI			
DATUM	ESCALA	FECHA	
WGS84_UTM_Zone_17s	1:125	MAYO DEL 2022	

ERA	PERIO.	ÉPOCA	EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	VALANGINIANO	FORMACIÓN SANTA SANTA	36 32 28 24				La parte inferior está conformada por limolitas de coloración amarillenta intercaladas con arcillolitas, en la parte media está conformada por arcillolitas grises oscuras intercaladas con areniscas y limolitas; en la parte superior está conformada por intercalación de areniscas, limolitas y arcillolitas grises oscuras.

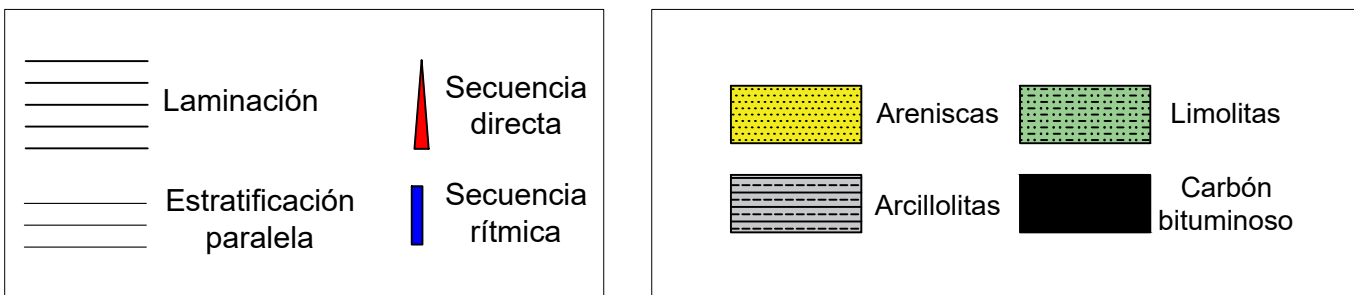
LEYENDA



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA			
	COLUMNA LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA ESTACIÓN ESTRATIGRÁFICA N° 02			
	TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR			
	ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI			
DATUM	ESCALA	FECHA	C. L. - N°:	
WGS84_UTM_Zone_17s	1:125	MAYO DEL 2022	02	



LEYENDA



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

TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

DATUM	ESCALA	FECHA
WGS84_UTM_Zone_17s	1:150	MAYO DEL 2022



C. L. - N°: 03

ERA	PERIO.	ÉPOCA	EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	CONTENIDO FÓSIL	DESCRIPCIÓN	
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	VALANGINIANO	FORMACIÓN SANTA	88					Intercalación de arcillolitas grises oscuras con calizas tabulares mudstone, además la presencia de anhidrita y óxidos de hierro rellenando las fracturas, también se observa concreciones calcáreas en arcillolitas	
					84						
					80						Intercalación de arcillolitas con estratos de calizas mudstone y packstone de color gris y limolitas, además presencia de anhidrita rellenando fracturas de hasta 1cm de espesor, presencia de fósiles gasterópodos como paraglauconia strombiformis
					76						
					72						
					68						
					64						
			Intercalación de limolitas de color rojizo con arcillolitas grises, con presencia de óxidos de hierro, además de afloramientos de anhidrita en capas delgadas.								

LAYENDA

	Gasterópodo (Paraglauconia)		Concreciones		Estratificación paralela		Limolitas		Secuencia inversa		Secuencia rítmica
	Grietas de desecación		Estructura Lenticular		Calizas		Arcillolitas				



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

TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA

COLUMNA LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA ESTACIÓN ESTRATIGRÁFICA N° 04

TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

DATUM	ESCALA	FECHA
WGS84_UTM_Zone_17s	1:150	MAYO DEL 2022

C. L. - N°: 04

ERA	PERIO.	ÉPOCA	EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	CONTENIDO FÓSIL	DESCRIPCIÓN
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	VALANGINIANO	FORMACIÓN SANTA	112					Intercalación de arcillolitas, calizas packstone lenticulares y calizas margosas, estas presentan concreciones calcáreas de hasta 10cm de diámetro, además de presencia de óxidos de hierro y anhidrita
					108					Está conformada por estratos potentes de arcillolita las que presentan patinas de óxido de hierro intercaladas con estratos de calizas margosas y calizas wackestone
					104					Intercalación de calizas amarillentas wackestone con rellenos de calcita y arcillolitas, observándose también horizontes de anhidrita.
					100					
					96					

LEYENDA

	Gasterópodo (Paraglauconia)		Concreciones		Estratificación paralela		Calizas Margosas		Secuencia directa
	Bivalvo (Corbícula sp)		Grietas de desecación		Estructura Lenticular		Calizas		Secuencia inversa
					Arcillolitas				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA		
	COLUMNA LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA ESTACIÓN ESTRATIGRÁFICA N° 05		
	TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI		
	DATUM	ESCALA	FECHA
	WGS84_UTM_Zone_17s	1:150	MAYO DEL 2022
	C. L. - N°:		05

ERA	PERIO.	ÉPOCA	EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	CONTENIDO FÓSIL	DESCRIPCIÓN
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	VALANGINIANO	FORMACIÓN SANTA	112					Intercalación de arcillolitas, calizas packstone lenticulares y calizas margosas, estas presentan concreciones calcáreas de hasta 10cm de diámetro, además de presencia de óxidos de hierro y anhidrita
					108					Está conformada por estratos potentes de arcillolitas las que presentan patinas de óxido de hierro intercaladas con estratos de calizas margosas y calizas wackestone
					104					Intercalación de calizas amarillentas wackestone con rellenos de calcita y arcillolitas, observándose también horizontes de anhidrita.
					100					Intercalación de arcillolitas grises oscuras con calizas tabulares mudstone, además la presencia de anhidrita y óxidos de hierro relleno las fracturas, también se observa concreciones calcáreas en arcillolitas
					96					Intercalación de arcillolitas con estratos de calizas mudstone y packstone de color gris y limolitas, además presencia de anhidrita relleno fracturas de hasta 1cm de espesor, presencia de fósiles gasterópodos como paraglauconia strombiformis
					88					Intercalación de limolitas de color rojizo con arcillolitas grises, con presencia de óxidos de hierro, además de afloramientos de anhidrita en capas delgadas.
					84					Está conformada por intercalación de areniscas y mantos de carbón bituminoso.
					80					Presenta una intercalación de estratos potentes de limolitas de hasta 2 metros de espesor y mantos de carbón bituminoso con arcillolitas grises
					76					Esta formado por limolitas de coloración amarillenta intercaladas con arcillolitas y areniscas.
					72					Intercalación de areniscas de color rojizo de grado medio fuertemente fracturadas con estratos de arcillolitas de hasta 10cm de espesor y limolitas, además de estar alteradas muestran una coloración blanco amarillentas
					68					Intercalación de estratos de arcillolitas de color gris oscuro, limolitas y areniscas de grano medio con presencia de óxidos.
					64					Intercalación de arcillolitas grises oscuras, limolitas grises con areniscas de grano fino a medio, además de observarse la presencia de limos que se encuentran relleno las fracturas.

LEYENDA

SECUENCIA DE BOUMA	FÓSILES	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	LITOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> Secuencia Rítmica Secuencia directa Secuencia inversa 	<ul style="list-style-type: none"> Gasterópodo (Paraglauconia) Bivalvo (Corbicula sp) 	<ul style="list-style-type: none"> Concreciones Grietas de desecación Laminación Estratificación paralela Estructura Lenticular 	<ul style="list-style-type: none"> Carbón bituminoso Areniscas Calizas Limolitas Arcillolitas Calizas Margosas



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

TESIS: CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA EN EL CENTRO POBLADO LA GRAMA

COLUMNA LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SANTA

TESISTA: WILMER ROMERO SALAZAR

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

DATUM
WGS84_UTM_Zone_17s

ESCALA
1:400

FECHA
MAYO DEL 2022



C. L. - N°:

06