

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



TESIS

**CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA
FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE
AGOMARCA Y RONQUILLO**

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

AUTOR:

Bach. Willan Esmith Camacho Díaz

ASESOR:

Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

Cajamarca – Perú

2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Willan Esmith Camacho Díaz

DNI : 41614514

Escuela Profesional : Ingeniería Geológica

2. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani

Facultad : Ingeniería

3. Grado académico o título profesional

Bachiller Título profesional Segunda especialidad

Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

1. Título de Trabajo de Investigación: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE AGOMARCA Y RONQUILLO.

2. Fecha de evaluación : 16 de junio del 2023

3. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

4. Porcentaje de Informe de Similitud : 23%

5. Código Documento : D170698653

6. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 16 de junio del 2023

FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani

DNI : 29243825

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dra. Yvonne Katherine Fernández Beón
DIRECTORA

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE AGOMARCA Y RONQUILLO."

ASESOR : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0326-2024-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 19 de junio de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintiocho días del mes de junio de 2024**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique
Secretario : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE AGOMARCA Y RONQUILLO", presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica **WILLAN ESMITH CAMACHO DIAZ**, asesorado por el Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 07.00 PTS.

EVALUACIÓN PÚBLICA : 11.00 PTS.

EVALUACIÓN FINAL : 15.00 PTS

...Quince..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de Quince.
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11.00 am horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Secretario

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Vocal

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la “Universidad Nacional de Cajamarca” a nuestra Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, por brindarnos la oportunidad de alcanzar nuestros sueños y facilitar el camino a la investigación. De igual manera a los catedráticos de Ingeniería Geología, por la entrega constante de sus conocimiento y experiencia a lo largo de toda esta etapa de aprendizaje y conocimiento.

También brindare unas palabras muy optimistas y llenas de bendiciones a mis queridos padres, y mi familia; por el apoyo constante para realizar y terminar la tesis. Por otra parte, al Dr. Zenón Quispe Mamani, por su tiempo, asesoramiento, y sobre todo la amistad y confianza quien me ayudo a dar el primer impulso para el inicio de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Dedicado a mi abuela Patricia Cabanillas Coba y mis padres, por sus constantes consejos de perseverancia, esfuerzo y paciencia, por enseñarme que hay un ser divino que nunca nos desampara, por los valores inculcados que han hecho de mi un hombre de bien.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE PLANOS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
---	----------

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

5.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	4
3.1.1 Internacionales.....	4
3.1.2 Nacionales	6
3.1.3 Locales.....	8
5.2 BASES TEÓRICAS	11
3.2.1 Estratigrafía	11
3.2.2 Principios De La Estratigrafía	11
3.2.3 Estrato.....	14
3.2.4 Estratificación	15
3.2.5 Medida De La Estratificación	15

3.2.6	Tipos De Estratificación	16
3.2.7	Columna Estratigráfica.....	19
3.2.8	Correlación Estratigráfica	20
3.2.9	Unidades Litoestratigráficas	23
3.2.10	Plataformas Carbonatadas En Mares Someros.....	24
5.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1	UBICACIÓN.....	31
3.1.1	Geográfica	31
5.2	ACCESIBILIDAD	32
5.3	CLIMA Y VEGETACIÓN	35
5.4	HIDROLOGÍA	37
5.5	GEOMORFOLOGÍA	39
5.6	GEOLOGÍA REGIONAL	43
5.7	GEOLOGÍA LOCAL.....	44
3.7.1	Formación Pariatambo	44
5.8	CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO	46
3.8.1	Zona Ronquillo	46
3.8.1.1	<i>Litología.....</i>	47
3.8.1.2	<i>Estructura Sedimentaria</i>	47
3.8.1.3	<i>Facies Estratigráficas.....</i>	48
3.8.1.4	<i>Biofacies.....</i>	53
3.8.1.5	<i>Ambiente De Depositación</i>	56
3.8.2	Zona Agomarca	56
3.8.2.1	<i>Litología.....</i>	57
3.8.2.2	<i>Estructura Sedimentaria</i>	57
3.8.2.3	<i>Facies Estratigráficas.....</i>	57
3.8.2.4	<i>Biofacies.....</i>	62
3.8.2.5	<i>Ambientes De Depositación</i>	63

5.9	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.9.1	Población.....	65
3.9.2	Muestra	66
3.9.3	Unidad De Análisis.....	66
3.9.4	Identificación De Variables	66
3.9.5	Etapas Del Desarrollo Metodológico.....	67
3.9.5.1	<i>Recolección De Información</i>	67
3.9.5.2	<i>Planificación</i>	67
3.9.5.3	<i>Campo</i>	67
3.9.5.4	<i>Gabinete</i>	68
3.9.5.5	<i>Procesamiento.....</i>	68
3.9.5.6	<i>Interpretación De Datos</i>	68
3.9.6	Materiales, Equipos, Transporte Y Soporte Técnico	69
3.9.6.1	<i>Materiales</i>	69
3.9.6.2	<i>Equipos</i>	69
3.9.6.3	<i>Transporte.....</i>	69
3.9.6.4	<i>Soporte Técnico.....</i>	69
3.9.6.5	<i>Control De Calidad</i>	70

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	71
5.2	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	76

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	78
5.2	RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		80

ANEXOS	85
ANEXO A: <u>ZONA RONQUILLO</u>	86
ANEXO B: <u>ZONA AGOMARCA</u>	92
ANEXO C: <u>COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS</u>	99
ANEXO D: <u>CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA</u>.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS

WGS-84	:	Sistema Geodésico Mundial 1984.
UTM	:	Universal Transversal de Mercator.
GPS	:	Sistema de posicionamiento global.
UNC	:	Universidad Nacional de Cajamarca.
Ingemmet	:	Instituto geológico minero y metalúrgico del Perú.
S.A.	:	Sociedad anónima.
S.A.C.	:	Sociedad anónima cerrada.
S.L.	:	Sociedad limitada.
Senamhi	:	Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú.
YPF	:	Espacio de educación técnica profesional.
HiRES	:	Estratigrafía de eventos de alta resolución
TST	:	Sistema encadenado transgresivo.
MDE	:	Modelo digital de elevaciones.
MDP	:	Modelo digital de pendientes.
Av.	:	Avenida.
Jr.	:	Jirón.
Az.	:	Azimut.
Bz.	:	Buzamiento.
Esc.	:	Escala.
Dr.	:	Doctor.
Bach.	:	Bachiller.
Qda.	:	Quebrada.
Inf.	:	Inferior.
Sup.	:	Superior.
Disc	:	Discontinuidad.
Ang.	:	Angular
P, BD,	:	Facies transicionales.
DE, ME,	:	Facies continentales.
DS	:	Discontinuidades subaéreas.
LST	:	Mar bajo.
HST	:	Mar alto.
Ma.	:	Millones de años
Ha.	:	Hectárea.
°C	:	Grados centígrados.
N	:	Norte.
S	:	Sur.
E	:	Este.
W	:	Oeste.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Cuadro 2.1. Clasificación de rocas carbonatadas basadas en el método Folk (MacKenze, 1997).	26
Cuadro 3.1. Coordenadas de delimitación de cada zona de investigación.	30
Cuadro 3.2. Cronograma de recorrido primera ruta – Ronquillo.	31
Cuadro 3.3. Cronograma de recorrido segunda ruta – Agomarca.	31
Cuadro 3.4. Unidades geomorfológicas que conforman la Formación Pariatambo.	40
Cuadro 3.5. Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con la formación infrayacente y suprayacente, Zona Ronquillo.	44
Cuadro 3.6. Metrados de las litofacies de la Formación Pariatambo – Zona Ronquillo.	45
Cuadro 3.7. Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con la formación infrayacente y suprayacente, Zona Agomarca.	55
Cuadro 3.8. Metrados de las litofacies de la Formación Pariatambo – Zona Agomarca.	55
Cuadro 3.9. Metodología de la investigación.	63
Cuadro 3.10. Identificación de Variables.	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Principio de superposición de estratos, en la base estratos más antiguos y al techo estratos más jóvenes. Fuente: (Vera, 1994).	12
Figura 2.2. Diagrama que ilustra el principio de sucesión faunística (Smith, 1800).	13
Figura 2.3. Correlación de estratos entre dos localidades en la Meseta de Colorado sobre la base de una litología similar de unidades estratigráficas distintivas. Fuente: Boggs, 2006.	14
Figura 2.4. Partes de un estrato. Fuente: Agreda, 2004.	15
Figura 2.5. A. Medidas de espesor (Vara de Jacob) B. Medida de espesor de estrato: 1. Espesor de estrato, 2. Espesor de conjunto de estratos y 3. Espesor total de la unidad. Fuente: Agueda, 2004.	16
Figura 2.6. Tipos de geometrías de estratos. Fuente: Agueda, 2004.	16
Figura 2.7. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. Fuente: Agueda, 2004.	18
Figura 2.8. Ejemplos de columnas estratigráficas. Fuente: Navarrete, 2016.	19
Figura 2.9. Demostración de estratigrafía de eventos de alta resolución (HiRES) conceptos y métodos utilizando una sección estratigráfica hipotética y datos (modificado de Kauffman 1988). Fuente: Miall, 2016.	20

	Pág.
Figura 2.10. Correlación estratigráfica de la cuenca de Tarija. Fuente: (Pasquo, 2000).	22
Figura 2.11. Unidades litoestratigráficas y sus relaciones. Fuente: Navarrete, 2016.	24
Figura 2.12. Minerales principales que componen las rocas carbonatadas. Modificada de Selley, 1976. Fuente: Arche, 2010.	25
Figura 2.13. Los componentes texturales principales de los materiales carbonáticos. Modificada de Mas y Alonso, 1989. Fuente: Arche, 2010.	26
Figura 2.14. Sistema de clasificación de las rocas carbonatadas. Modificada de Dunham, 1962. Fuente: Arche, 2010.	27
Figura 3.1. A. Ruta de acceso a la zona Ronquillo. B. Acceso de sexemayo a Urubamba Alto – punto de inicio del cartografiado estratigráfico. Fuente: Google Maps, 2022.	32
Figura 3.2. A. Ruta de Cajamarca cruce Agomarca. B. Ruta de acceso a la zona Agomarca. Fuente: Google Maps, 2022.	33
Figura 3.3. Histograma estadístico meteorológico, estación San Juan – zona Agomarca. Fuente: Senamhi, 2021 - 2022.	34
Figura 3.4. Histograma estadístico meteorológico, estación Aylambo - zona Ronquillo. Fuente: Senamhi, 2019.	34
Figura 3.5. La zona de investigación está delimitada por: Quebradas y ríos, evacuando sus aguas al río Urubamba, mostrando incisiones suaves de erosión al cauce; ayudando a visualizar la estratigrafía de la Formación Pariatambo – Zona Ronquillo.	36

	Pág.
Figura 3.6. El efluente de la zona Agomarca es la quebrada Yumagual, ubicándose a 1 Km. de distancia de la Formación Pariatambo, conformado valles: Maduros a juveniles, por la morfología persistente por: Laderas y escarpas en la zona de estudio.	37
Figura 3.7. Terrazas aluviales de textura: Fina a gruesa, formados por el transporte de depósitos cuaternarios acumulados en las márgenes de las quebradas, conformando alturas de 5.00 m. a 8.00 m. Zona Ronquillo.	38
Figura 3.8. Cauce juvenil, constituido por materiales angulosos de blocosidad recta, con matriz englobante de material arcilloso a limoso, siendo áreas de abundante material sedimentario, colmatando las partes bajas de la quebrada. Zona Ronquillo.	39
Figura 3.9. La geomorfología de la zona Agomarca, está formando por: Laderas y escarpas, siendo lugares inaccesibles por su alta pendiente superado 40°, con alineamientos montañosos de orientación WSW- ENE.	40
Figura 3.10. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca, ubicando a la Formación Pariatambo. Fuente: Ingemmet, 2007.	43
Figura 3.11. Vista panorámica de la Formación Pariatambo, delimitada por las quebradas: Capellania y Urubamba Alto, cortada transversalmente por la carretera. Zona Ronquillo.	44
Figura 3.12. Contacto entre Formación: Chúlec y Pariatambo, diferenciando por calizas nodulares parduzcas y bituminosas masivas con intercalaciones de lutitas anóxicas.	47

	Pág.
Figura 3.13. Lutitas bituminosas del miembro inferior de grosor: 1.50 m. a 4.00 m., de textura fisil formadas en ambiente reductor, con intercalaciones de calizas tabulares.	47
Figura 3.14. Secuencias rítmicas de calizas: Margosas y nodulares, del miembro medio constituidos por grosores 0.10 m. a 0.15 m.	48
Figura 3.15. Secuencia positiva del miembro superior, compuesta desde calizas tabulares, nodulares y lutitas; bituminosas estratificadas.	48
Figura 3.16. Calizas silicificadas por procesos diagenéticos, con bandeamientos verduzcos, marrones a oscuros; formando una secuencia estratigráfica negativa.	49
Figura 3.17. Contacto entre la Formación: Pariatambo (Estratos de calizas nodulares de espesores: 0.10 m. a 0.15 m.) y Yumagual (Estratos competentes de calizas parduzcas).	49
Figura 3.18. A. Las estructuras diagenéticas concreciones calcáreas de forma discoidal de 1.50 m. a 2.50 m. de orientación (Az/Bz) 300°/55°NE, ubicándose en el miembro inferior, delimitadas por paquetes gruesos de lutitas bituminosas. B. Incrustaciones de nódulos de forma esférica de 0.10 m. a 0.15 m. de diámetro.	50
Figura 3.19. Calizas tabulares sub-verticales ubicadas en la quebrada Urubamba Alto, constituyendo un estrato decreciente (Positivo), por la secuencia de calizas y lutitas laminationes, observándose que las secuencias estratigráficas lutáceas muestran estructuras químicas diagenéticas (concreciones), ubicadas en el techo del paquete lutáceos bituminoso.	51

	Pág.
Figura 3.20. Huellas de Amonite en concreciones de roca calcárea de diámetro 9 cm. y profundidad 1 cm. de ahuellamiento, con ornamentación de costilla: Dirección – recta, densidad – distante, tipo – intercalado y forma – plegado; con protuberancias – ampolla.	52
Figura 3.21. Huellas de Amonite, en la mitad de la concreción de roca calcárea de diámetro 6 cm. y profundidad 2.5 cm. de ahuellamiento, con ornamentación de costilla: Dirección – dirigida hacia atrás, densidad – aproximado, tipo – intercalado y forma – plegado a proyectado; con protuberancias – ampolla. Ubicado en el Miembro inferior.	52
Figura 3.22. Mitad de concreción irregular, compuesto por lumaquela de fósiles de amonites, distribuidos heterogéneamente en una pasta de material pulverulento arcilloso de color rojizo a anaranjado. Ubicado en el Miembro inferior.	53
Figura 3.23. Bivalvo de longitud 5 cm. y espesor 2.2. cm, de forma Weyla (Inequivalva – equiláteral), ubicado en el miembro superior de la Formación Pariatambo de las calizas nodulares.	53
Figura 3.24. Vista panorámica de la Formación Pariatambo, delimitando estratigráficamente: Techo y piso, cortando longitudinalmente la carretera al miembro medio de la Formación Pariatambo - Zona Agomarca.	54
Figura 3.25. Contacto entre la Formación: Farrat (Areniscas cuarzosas blanquecinas.) y Pariatambo (Calizas bituminosas con intercalaciones de lutitas anóxicas).	57

	Pág.
Figura 3.26. Afloramiento rocoso, ubicado en el techo de la Formación Pariatambo, compuesto por estratos: Caliza (piso) y chert (techo), con alteración gradual por la sílice.	57
Figura 3.27. Secuencia rítmica de calizas nodulares bituminosas, con intercalación de lutitas, con orientación (Az./Bz.) 295°/58°.	58
Figura 3.28. Afloramiento de calizas de espesor: 0.15 m. a 0.20 m. en la parte inferior y calizas 0.40 a 0.55 m. parte superior del talud, conformando estrato creciente (Negativa).	58
Figura 3.29. Afloramiento de lutitas calcáreas de textura fisil de coloración bituminosa, ubicados en el miembro medio – Formación Pariatambo, con espesor: 1.50 m. a 2.50 m.	59
Figura 3.30. Contacto de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, delimitando el cartografiado estratigráficos del Cretáceo Inferior.	59
Figura 3.31. Amonite reemplazado por roca caliza de diámetro 7 cm. y espesor 1.5 cm. a 2 cm. con ornamentación de: Forma de costilla – plegada, protuberancia – nudos y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el Miembro inferior.	60
Figura 3.32. Bivalvo de longitud 8 cm., ancho 3.2 cm. y altura 2.3. cm, de forma Gervillaria (<i>Inequivalva</i> , inequilateral y torsionada), ubicado en el miembro inferior de la Formación Pariatambo de las calizas nodulares.	60

Pág.

- Figura 3.33. Amonite constituido por roca caliza de diámetro 8 cm. 61
y espesor 1.5 cm. a 2 cm. con ornamentación de:
Forma de costilla – plegada, protuberancia – nudos
y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el Miembro
inferior.
- Figura 3.34. Gasterópodo de abertura 9 mm. última vuelta 1.2 cm. 61
y altura de la concha 1.7 cm., constituido por roca
caliza. Ubicado en el Miembro inferior.

LISTA DE PLANOS

	Pág.
ZONA RONQUILLO	
Plano R-01. IMAGEN SATELITAL SASPLANET – BING MAPS	85
Plano R-02. PLANO DE UBICACIÓN	86
Plano R-03. GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL REGIONAL	87
Plano R-04. GEOLÓGICO - LOCAL	88
Plano R-05. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	89
Plano R-06. GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL	90
 ZONA AGOMARCA	
Plano A-01. IMAGEN SATELITAL SASPLANET – BING MAPS	92
Plano A-02. PLANO DE UBICACIÓN	93
Plano A-03. GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL REGIONAL	94
Plano A-04. GEOLÓGICO - LOCAL	95
Plano A-05. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	96
Plano A-06. GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL	97
 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	
Plano CE-01. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN PARIATAMBO – ZONA RONQUILLO	99
Plano CE-02. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN PARIATAMBO – ZONA AGOMARCA	100
 CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA	
Plano CE-03. CORRELACIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	102

RESUMEN

La estratigráfica de la Formación Pariatambo se encuentra por la zona: Ronquillo (Ubicada al oeste) y Agomarca (Ubicada al sur), perteneciente a la región de Cajamarca, delimitando sus aguas por la cordillera andina hacia el océano: Pacífico (Agomarca) y Atlántico (Ronquillo). Definiendo como objetivos: Elaborar columnas litoestratigráficas, determinar los espesores de los estratos e identificar estructuras sedimentarias, en relación a variables: Litología, estructura sedimentaria, tiempo cronoestratigráfico y correlación litoestratigráfica. La columna estratigráfica de la Formación Pariatambo en la zona: Ronquillo (Espesor: 230 m.) y Agomarca (Espesor: 200 m.); siendo limitado por tres miembros: **Inferior** (Zona: Ronquillo, inicia con lutitas bituminosas de grosor: 0.50 m. a 3.50 m., con biozonas: Amonites y Bivalvos, con estructuras slumps, nodulares, septarias y concreciones estableciendo una secuencia negativa desde 00.00 m. a 65.00 m.; y Agomarca, inicia con grosor: 0.50 m. a 1.00 m. de lutitas bituminosas o parduzcas de textura fisil, con biozonas: Amonites, Bivalvos y Gasterópodos, con secuencias de calizas: Tabulares y lenticulares, con estratificación paralela estableciendo secuencias rítmicas desde 00.00 m. a 45.00 m.), **medio** (Zona: Ronquillo, presenta calizas nodulares y masivas, con intercalaciones de margas y lutitas, textura laminar y tabular, desde 65.00 m. a 150.00 m, constituyendo secuencias: Negativas y positivas; y Agomarca, presenta intercalaciones de calizas nodulares, masivas, margas y lutitas, con textura lenticular, laminar y tabular y presencia de Bivalvos, abarcando desde 45.00 m. a 150.00 m. con secuencias: Negativas, positivas y rítmicas) y **superior** (Zona: Ronquillo, presenta intercalaciones de calizas nodulares con lutitas negruzcas, con secuencias de chert de bandeamientos marrones a oscuros, con estratos de calizas nodulares y lutitas, de contenido fosilífero Bivalvos, desde 150.00 m a 230.00 m.; y Agomarca, inicia con intercalaciones de estratos lutáceos, calizas nodulares y masivas; con secuencias chert, finalizando con paquetes lutáceos con secuencias rítmicas de calizas nodulares y lutitas, con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 200.00 m.).

Palabras clave: Estratigrafía, correlación, biozona, estratos y facie sedimentaria.

ABSTRACT

The stratigraphy of the Pariatambo Formation is found in the area: Ronquillo (Located to the west) and Agomarca (Located to the south), belonging to the Cajamarca region, delimiting its waters by the Andean mountain range towards the ocean: Pacific (Agomarca) and Atlantic (Grunt). Defining as objectives: Elaborate lithostratigraphic columns, determine the thickness of the strata and identify sedimentary structures, in relation to variables: Lithology, sedimentary structure, chronostratigraphic time and lithostratigraphic correlation. The stratigraphic column of the Pariatambo Formation in the area: Ronquillo (Thickness: 230 m.) and Agomarca (Thickness: 200 m.); being limited by three members: Lower (Zone: Ronquillo, begins with bituminous shales of thickness: 0.50 m. to 3.50 m., with biozones: Ammonites and Bivalves, with slump, nodular, septarian structures and concretions establishing a negative sequence from 00.00 m to 65.00 m.; and Agomarca, starts with a thickness: 0.50 m to 1.00 m of bituminous or brownish shales of fissile texture, with biozones: Ammonites, Bivalves and Gastropods, with limestone sequences: Tabular and lenticular, with parallel stratification establishing rhythmic sequences from 00.00 m to 45.00 m.), medium (Zone: Ronquillo, presents nodular and massive limestone, with intercalations of marls and shales, laminar and tabular texture, from 65.00 m to 150.00 m, constituting sequences: Negative and positive; and Agomarca, presents intercalations of nodular, massive limestone, marls and shales, with lenticular, laminar and tabular texture and presence of bivalves, ranging from 45.00 m to 150.00 m with sequences: Negative, positive and rhythmic) and upper (Zone: Ronquillo, presents intercalations of nodular limestone with blackish shales, with chert sequences of brown to dark banding, with strata of nodular limestone and shales, with Bivalve fossiliferous content, from 150.00 m to 230.00 m.; and Agomarca, begins with intercalations of luteaceous strata, nodular and massive limestones; with chert sequences, ending with luteaceous packages with rhythmic sequences of nodular limestone and shales, with bivalve fossil content, from 150.00 m to 200.00 m.).

Keywords: Stratigraphy, correlation, biozone, strata and sedimentary facie.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la contribución con las investigaciones litoestratigráficas abren nuevos horizontes en la ampliación de conocimientos ingenieriles en la búsqueda comparaciones de formaciones geológicas de sedimentación estratigráfica. Por consiguiente, el estudio litoestratigráfico de la Formación Pariatambo que se ubica en la zona: Agomarca (SW de la ciudad de Cajamarca) y Ronquillo (W de la ciudad de Cajamarca); permite tener visiones completas de la historia geológica de la Formación Pariatambo, en relación con el entendimiento geológico, correlación litoestratigráfica, continuidad en el tiempo y espacio geológico a escala local. Fundamentado por la correlación de la Formación Pariatambo a través de columnas litoestratigráficas de cada zona de investigación, elaborándose con la ayuda del software Strater las columnas estratigráficas y correlación; contribuyendo al conocimiento de la estratigrafía, secuencia geológica e interpretación de la historia geológica de la Formación Pariatambo.

De esta manera se hace la interrogante: ¿Cuál es la correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas de Agomarca y Ronquillo?

La hipótesis que se plantea en la investigación es La correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas de Agomarca y Ronquillo, está determinada por las características litológicas y biológicas, el ambiente de sedimentación de la plataforma carbonatada, estructuras, tiempo cronoestratigráfico y facies sedimentarias, así también por procesos que afectan

los medios sedimentarios como el eustatismo y la erosión, a través del tiempo geológico.

La automatización a través de software de apoyo y especializados como soporte a las investigaciones permitiendo llevar registros más organizados y eficientes de los datos obtenidos en campo, facilitando: Análisis, interpretación y presentación.

Siendo de suma importancia y gran utilidad dejar una base de datos y plantilla estandarizada según el código estratigráfico nacional que servirá de ayuda para la correcta elaboración y presentación de secciones o perfiles litoestratigráficos de manera automática para cualquier interesado, ya sea para estudiantes: Pregrado, posgrado, profesionales o investigadores; relacionados a las geociencias; con conocimiento de los softwares Arcgis y Strater.

La investigación tiene como objetivo principal correlacionar litoestratigráficamente la Formación Pariatambo en las zonas de Agomarca y Ronquillo.

Este proyecto de investigación se desarrolló en V capítulos:

Capítulo I: Presenta la introducción al desarrollo de la presente investigación.

Capítulo II: Desarrolla el marco teórico considerando antecedentes de investigación: Internacionales, nacionales y locales; información referente al tema de investigación, así como bases teóricas y definición de término.

Capítulo III: Describe las generalidades del proyecto como: Ubicación, hidrología, clima-vegetación, geología, geología estructural, paleontología, etc.; fundamentado por la metodología para la recopilación de información de campo, análisis bibliográfico en gabinete, los materiales y métodos.

Capítulo IV: Define el análisis y discusión de resultados, de acuerdo a la desarrollado en el Capítulo III y discutido con el Capítulo II de acuerdo al orden de los objetivos planteados; y finalmente contrasta la hipótesis planteada de acuerdo a los resultados de campo y gabinete.

Capítulo V: Da a conocer las conclusiones y recomendaciones; y finalmente se sustenta con las referencias bibliográficas para obtener el carácter científico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

5.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

3.1.1 Internacionales

Zepeda (2013), investigó “Estratigrafía y sedimentología de la sierra del Tentzo, estado de Puebla, México”. La sierra del Tentzo se localiza en la parte central del estado de Puebla, México. El cartografiado reconoció cinco unidades: Completo Acatlán (Barremiano - Aptiano), Formación Agua del Cordero (Albiano - Cenomaniano), Tecali (Albiano – Cenomaniano), Tentzo (Albiano - Cenomaniano) y Chiapa (Cenomaniano - Santoniano); plasmadas en dos columnas estratigráficas en función de las localidades: Cerro Colorado y San Isidro Chiapa, identificando seis facies principales y cuatro asociaciones de facies (refiere a ambiente de depósito de talud para la Formación: Tecali y Chiapa, de mar abierto). Aportando con el reconocimiento de ocho icnogéneros en la Formación Tecali desde: Thalassinoides hasta Nereites, desde zona sublitoral hasta abisal (Desde 200 msnm. a 2,000 msnm.); siendo conformado por calcarenitas y areniscas híbridas correspondientes a bloques continentales de la cuenca en un ambiente de extensión. Estratigráficamente registra la transición del ambiente continental a marino somero, pasando por ambiente arrecifal a ambiente más somero, en el marco tectonoestratigráfico de la apertura del Golfo de México, mediante la reactivación de la Falla Grande (Cabalgadura del Tentzo), debido al sistema de Fallas Papalutla durante la deformación Larámide, durante el Eratema Cenozoico originó unidades lacustres y continentales.

Olivo (2016), realizó “Análisis sedimentológico y estratigráfico secuencial de los sistemas fluviales y eólicos del Valanginiano en el sector central de la provincia de Neuquén, Cuenca Neuquina, Argentina”. La sucesión Valanginiana continental y transicional se ubica en el centro-sur de Neuquén (Sierra de la Vaca Muerta) muestra importantes cambios verticales y laterales de facies, reconocidos mediante 11 perfiles sedimentológicos. Compuesto de 26 facies sedimentarias, agrupadas según su relación: Vertical y lateral en 8 asociaciones de facies marinas y transicionales (P, BD, BP, CT, PS, CD, DCE y DMS) y 8 asociaciones de facies continentales (DE, ME, CE, CEG, CEA, CM, PI y DCD). El margen de la cuenca registra períodos de cambios en la configuración de los sistemas continentales valanginianos durante condiciones de mar bajo, en respuesta eventos de caída del nivel de base de largo término. Este evento se habría desarrollado como resultado de la acción combinada de la tectónica y eustacia, determinó: Tasa de acomodación negativa e incremento en la tasa de producción de sedimentos. Desarrollando discontinuidades subaéreas (DS1 y DS2), las cuales segmentan a la sucesión de interés en tres secciones estratigráficas (inferior, media y superior) conformadas por uno o más estadios evolutivos. La superficie DS2 trunca a la superficie DS1 en el norte del área de estudio y se correlaciona con la Discontinuidad Intravalanginiana descripta en el sector centro-norte de Neuquén.

Suárez (2015), investigó “Sedimentología y paleogeografía de los sistemas de humedales costeros de Fm. Leza (Cretáceo Inferior, Cuenca de Cameros): implicaciones en el origen y desarrollo de los depósitos microbianos asociados”. La Formación Leza es una unidad mixta carbonatada-clástica aflorando en el borde norte de la Cuenca de Cameros, extensional intraplaca hoy en día invertida, situada en el norte de la Península Ibérica. La sedimentología y petrografía de la Fm. Leza manifiesta que las evidencias de influencia marina en la sedimentación de la unidad son mucho más abundantes, como: Estructuras sedimentarias de origen mareal, algas dasycladales de la especie *Salpingoporella urladanasi*, foraminíferos bentónicos del género *Istriloculina*, y poblaciones homogéneas de carofitas porocaráceas, indicadoras de medios costeros salobres. Estos mismos microfósiles han sido observados también, por primera vez, en los depósitos del Grupo Enciso. Obteniendo comparaciones

estratigráficas y evolución sedimentaria de la Fm. Leza con datos de otras cuencas próximas a Cameros y sondeos, permitiendo interpretar que la transgresión Aptiense inferior probablemente alcanzó el borde N de la Cuenca de Cameros procedente tanto del SE (Cuenca Ibérica) como del N-NW (Cuenca Vasco-Cantábrica). De esta forma, se ha reinterpretado la paleogeografía del NE de Iberia para el Aptiense inferior, proponiendo la existencia de amplios brazos de mar epicontinentales muy someros, que aprovecharon zonas llanas no subsidentes o con subsidencia puntual localizada. La Fm. Leza se depositó en el ámbito costero de uno de estos brazos de mar, que probablemente llegó a conectar el Mar del Tetis (al SE) con el Océano Boreal (al N).

3.1.2 Nacionales

García (2018), realizó “Litoestratigrafía de la Formación Pichu en la parte alta de la cuenca del río Tambo (Moquegua – Puno, sur del Perú)”. Se ubicada al borde Oriental de la Cordillera Occidental del Sur del Perú, entre los departamentos de Puno y Moquegua. Geológicamente la Formación Pichu en el sector Norte comprenden facies aluvio-fluviales con amplio desarrollo, correspondiendo al Miembro B asociadas a la caída de detritos a partir de un relieve positivo, consecuencia de un acortamiento tectónico en el sector Mañazo-Lagunillas producido desde el Paleoceno al Mioceno. Las areniscas de la Formación Pichu están constituidas por material de origen volcánico; a su vez las características geoquímicas de las areniscas muestran características de grauvacas y proveniencia de rocas ígneas intermedias a félsicas; estas evidencias refuerzan la idea de una actividad volcánica coetánea a la sedimentación o el retrabajo de rocas volcánica preexistentes; correspondientes a la depositación de facies previas al vulcanismo Oligocénico del Grupo Tacaza y posteriores a las facies continentales Eocénicas del Grupo Puno; es decir corresponde al intervalo: Eoceno Superior y Oligoceno Inferior. Presentando cuatro miembros; el Miembro A con un dominio de facies volcánicas efusivas y explosivas; el Miembro B compuesto por facies aluvio-fluviales y con interdigitaciones volcánicas en el sector centro; el Miembro C compuesto por facies fluviales y lacustrinas con interdigitaciones de facies volcánicas; y el Miembro D con interdigitaciones de facies aluvio-fluviales y facies volcánicas.

Pozo (2019), investigó “Estratigrafía de secuencias en rocas del Pérmico aplicada a la exploración hidrocarburífera en las cuencas del sur oriente peruano”. Se encuentra SE del Perú en las cuencas subandinas: Madre de Dios y Ucayali, extendiéndose desde el contrafuerte andino hasta las llanuras de la selva amazónica, terminando en el cratón brasileño. Ambas cuencas definen la presencia de sistemas de hidrocarburos (Gas y condensados) y producción comercial; principalmente en rocas silicoclásticas del Grupo Copacabana en el yacimiento de Mipaya (Lote 56). Aportando que las rocas reservorio se encuentran en el sistema: Mar bajo (LST) y Mar alto (HST) cerca de la superficie de discordancia subaérea. Las rocas sello se encuentran en la plataforma interna y ambiente marino del sistema encadenado transgresivo (TST) de la rampa carbonática y otra difusa con baja señal o amplitud sísmica que corresponden a las facies evaporíticas y margosas. Mediante correlaciones de sísmica de orientación: E-W (Cruza la cuenca de Madre de Dios, el alto del Manu y la subcuenca de Camisea y la ubicación de pozos: Los Amigos - Madre de Dios y Panguana - cuenca ante país al Este de Camisea; llegando a Silúrico - Devónico) y N-S (Cruza la cuenca de Madre de Dios, perpendicularmente al lado Sur del alto del Manu y pozo Los Amigos), regional define cuatro grandes ciclos sedimentarios: Silúrico - Devónico, Carbonífero temprano, Carbonífero tardío – Pérmico y Cretácico; definido por: Discordancia – hiatos regionales, generalmente de carácter erosivo y no deposición.

Pozo (2015), investigó “Estratigrafía de secuencias en rocas carboníferas Pérmicas en El Pongo de Mainique e integrada al subsuelo de la subcuenca Camisea, Cuzco - Perú”. El Pongo de Mainique se encuentra ubicado en el distrito Echarate, provincia Convención. Litológicamente se ubica en la Unidad Copacabana compuesta por: Calizas (80%), lutitas (19%) y areniscas (1%), con un espesor de 600 m. expuesto con buzamiento mayor 75° a 90°, presentando lutitas fisisbles de color gris, calizas densas de color gris, chert y dolomías, ubicándose dentro de la faja plegada y fallada del frente andino, en el borde S-W de la cuenca de Madre de Dios, donde se observa y estudiar todas las rocas sedimentarias desde el Paleozoico (Ordovícico, Devoniano, Misissipiano, Pensilvaniano y Pérmico), Mesozoico (Cretáceo) y Cenozoico (Paleógeno-Neógeno), las cuales son expuestas en posición normal y con

buzamientos de capa casi verticales sumando 9,270 m. de espesor en todas las unidades sedimentarias. Geomorfológicamente es un accidente geográfico generado por el río Urubamba al cruzar el flaco oriental de la cordillera de los Andes, ocasionando un corte que permite la observación de todas las unidades estratigráficas desde Ordovícico – Silúrico hasta Paleógeno-Neógeno, destacándose la presencia de las Unidades Pérmicas productoras de gas y condensado del área de Camisea. Las secuencias estratigráficas están definidas por cuarto orden en la parte superior de los afloramientos de la Unidad Copacabana en el Pongo de Mainique se caracterizan por la asociación de facies lutáceas marinas en la base, wackestones, Packstone parte exterior de la rampa, grainstones en la parte media de la rampa, microbiales en la parte interna de la rampa; correspondiendo a sistemas encadenados de mar alto (HST) con patrón de apilamiento progradante, incrementando la porosidad hacia el tope. Identificándose tres secuencias con espesores variables entre 30 m. a 50 m.

3.1.3 Locales

Julca (2022), realizó “Caracterización lito-bioestratigráfica de la Formación Pariatambo en el caserío de Carahuanga del distrito de Baños del Inca”. La lito-bioestratigrafía de la Formación Paritambo se caracteriza por la presencia de facies de calizas mudstone, wackestone y arcillitas en las que se evidenció estructuras sedimentarias como Laminaciones, estratificación lenticular, bioturbación y nódulos carbonatados y también una variedad importante de fósiles, en el miembro inferior por fósiles de amonites principalmente Oxytropidoceras, en el miembro medio se encontró fósiles de amonites (Oxytropidoceras) y bivalvos (Seyphax Coquand) y en el miembro superior se encontraron principalmente fósiles de bivalvos (Nucula). La columna estratigráfica de la Formación Pariatambo del Caserío de Carahuanga, se distinguen tres unidades litoestratigráficas: El Miembro inferior consta de secuencia rítmica de arcillitas y calizas bituminosas nodulares seguidas de una secuencia rítmica creciente de margas intercaladas con calizas; Miembro medio está formado por una secuencia rítmica de calizas mudstone y arcillitas y Miembro superior consta de secuencia rítmica de calizas wackestone nodulares intercaladas con arcillitas negruzcas y en la parte superior consta de un horizonte

de calizas silicificadas mudstone y una capa de chert. Sin embargo, mediante el análisis macroscópico se distinguió Litofacies de Calizas bituminosas (Mudstone y Wackestone), Litofacies de Arcillitas Bituminosas, Litofacies de Margas, Litofacies de Calizas Margosas y Litofacies silícea (Chert). Biofacies de Ammonites, Biofacies de Bivalvos y Ammonites.

Escobecho (2017), investigó “Estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el centro poblado de Puyllucana, distrito de Baños del Inca - Cajamarca”. La Formación Pariatambo se subdivide en tres unidades litoestratigráficas (A, B y C): La unidad A está en contacto concordante con la Formación Chúlec con estratos de calizas compactas de 2.00 m., seguida de secuencia rítmica decreciente con intercalación de lutitas y calizas bituminosas delgadas de 9 cm. a 12 cm. de espesor; seguidos de secuencias rítmicas creciente de margas intercaladas con calizas, con predominio de estructuras lenticulares; la unidad B, presenta secuencia rítmica decreciente con intercalaciones de estratos delgados de calizas, algunas lenticulares otras tabulares con fósiles de amonites; con mayores espesores de lutitas grises, apareciendo estructuras inorgánicas que han sido rellenadas por carbonato de calcio, formando estructuras vetiformes; y la unidad C, presenta secuencia rítmica creciente y decreciente, de calizas tabulares intercaladas con lutitas, seguidas con secuencia de lutitas con calizas nodulares bien delgadas, seguidas de horizontes de calizas silicificadas y estratos de chert efecto de un proceso químico que intercambia el carbonato por sílice. La correlación litoestratigráficas de la zona: Ronquillo y Puyllucana, presenta 6 secuencias similares entre ellos, mostrando facies de calizas tabulares, margas, calizas de estructura lenticular, calizas nodulares, calizas silicificadas y horizontes de chert.

Bazán (2016), realizó “La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del Albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgada”. Comprende tres lugares en los alrededores de Cajamarca en los sectores: Colpayoc, Ronquillo y Puyllucana, los dos primeros ubicados en el distrito de Cajamarca y el último en el distrito de Baños del Inca. La columna estratigráfica de la Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca comprende tres miembros que son: Miembro Inferior

está compuesto por una intercalación rítmica de calizas bituminosas, negras y lajosas y lutitas negras; Miembro Medio está compuesto por una intercalación de calizas bituminosas y lutitas negras con mayor espesor, se pierde la laminación en las calizas y aparecen algunas pequeñas facies de margas y Miembro Superior caracterizado por pequeños bancos de calizas nodulares intercaladas con lutitas negras, la principal característica de este miembro es el Chert. La petrología microscópica de las rocas de la Formación Pariatambo consta principalmente de calizas bituminosas y lutitas negras, en el caso de las calizas principalmente existen 3 tipos calizas: mudstone (66.67%) en su mayoría, wackestone (26.67%) y packstone (6.66%) en menor porcentaje. Durante el Albiano tanto en la cuenca sedimentaria de Cajamarca como a nivel global tuvo lugar el Evento Anóxico Oceánico "1 b" (Jenkins, 1980). La cuenca sedimentaria de Cajamarca seguía en su continuo hundimiento iniciado con la Formación Inca, la sedimentación de la Formación Chúlec llegaba a su fin y la bioproductividad aumentaba, mientras tanto se emplazaba el arco Casma, un vulcanismo a nivel local que aportó grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera Albiana peruana favoreciendo así un efecto invernadero y calentamiento global, con el aumento de temperatura de la atmósfera, los casquitos polares se fundieron dando lugar a un aumento en el nivel del mar, las lluvias eran ácidas por la misma acción del CO₂, las corrientes marinas ya no circulaban libremente al tener una homogeneidad de temperaturas, esto trajo consigo una restricción en la oxigenación del océano, produciendo un "estancamiento de aguas" que causó la anoxia del fondo marino en la cuenca Cajamarquina, como resultado de este evento anóxico oceánico sedimenta la Formación Pariatambo.

Reyes (1980). Boletín N° 31 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Enfocados al contexto geológico: Local y regional de la Formación Pariatambo, en su composición litobioestratigráfica, definiendo también los estratos infrayacentes y suprayacente, corroborados con fósiles guía en la formación geológica reconocidos en la región de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, conformando la Hojas: 15-f, 15-g y 16-g, para interpretaciones, análisis y ubicación de las formaciones geológicas, siendo de gran apoyo para la geología: Regional y local; a escala 1/100,000.

Navarro (2007), aportó “Mapa geológico del cuadrángulo de Cajamarca, escala 1/50,000 hoja 15-f cuadrante-I”. Mostrando información detallada de la geología local, estratigrafía, geoestructuras, cuerpos intrusivos y zonas mineralizadas; enfocados en la Formación Pariatambo.

5.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 Estratigrafía

Herdberg (1980), precisa que la estratigrafía no solo trata de una sucesión y correlaciones cronológicas originales de los estratos, sino 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.

3.2.2 Principios De La Estratigrafía

- **HORIZONTALIDAD y SUPERPOSICIÓN DE LOS ESTRATOS**

Steno (1669), definió un estrato como unidad de tiempo de depósito limitado por superficies horizontales con continuidad lateral. Planteo el “Principio de la superposición” según la cual en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos son los más modernos, lo que permite ordenar cronológicamente a los materiales. Igualmente, este autor considero que un estrato se estaba formando se iban consolidando los estratos infrayacentes. Desarrollando otras dos ideas fundamentales para el desarrollo de la estratigrafía: La primera es que los estratos se depositaron originalmente como horizontales y la otra que las superficies de estratificación son y han sido lateralmente continuas lo que constituye la base del “Principio de la horizontalidad vertical y continuidad de los estratos” (Vera, 1994).

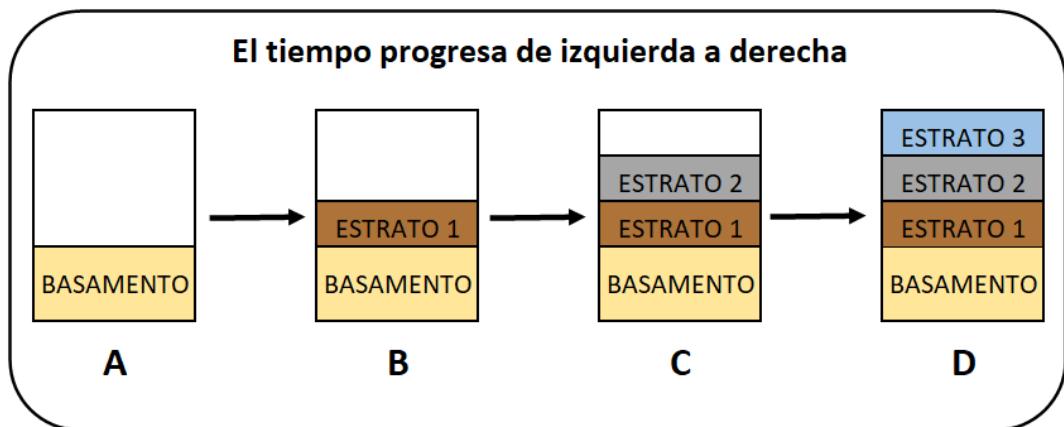


Figura 2.1. Principio de superposición de estratos, en la base estratos más antiguos y al techo estratos más jóvenes.

Fuente: (Vera, 1994).

- **TEORÍA DEL UNIFORMISMO O ACTUALISMO**

Hutton (1788), consideraba la tierra como un cuerpo cambiante en el que las rocas y los suelos antiguos están siendo erosionados constantemente y los productos de erosión son transportados por las aguas hasta los océanos donde se depositaron formando nuevos sedimentos estratigráficos que cuando se consolidan dan lugar a rocas, las cuales pueden elevarse y con ello iniciarse de nuevo, el proceso de erosión. Mediante su teoría define que los procesos que han ocurrido en la historia de la tierra han sido uniformes y semejantes a los actuales; y mediante la teoría “Actualista” realizó las primeras estimaciones de velocidad de procesos que le llevaron a pensar que la edad de la tierra era infinitamente más larga que lo que había supuesto anteriormente. Actuamente constituyen unos de los principios fundamentales de la estratigrafía y también el primer autor que interpretó correctamente la discordancia angular (Vera, 1994).

- **SUCESIÓN FAUNÍSTICA**

Smith (1860), demostró la constancia de las sucesiones de formaciones geológicas en áreas geográficas relativamente grandes. Para cada formación (estrato o grupo de estratos) tiene una continuidad lateral que permite diferenciarla en un mapa. Otra importante contribución fue demostrar que cada

grupo de estratos contenía un tipo de fósiles y que una formación litológica homogéneas se puede subdividir en función del contenido en fósiles. (Vera, 1994).

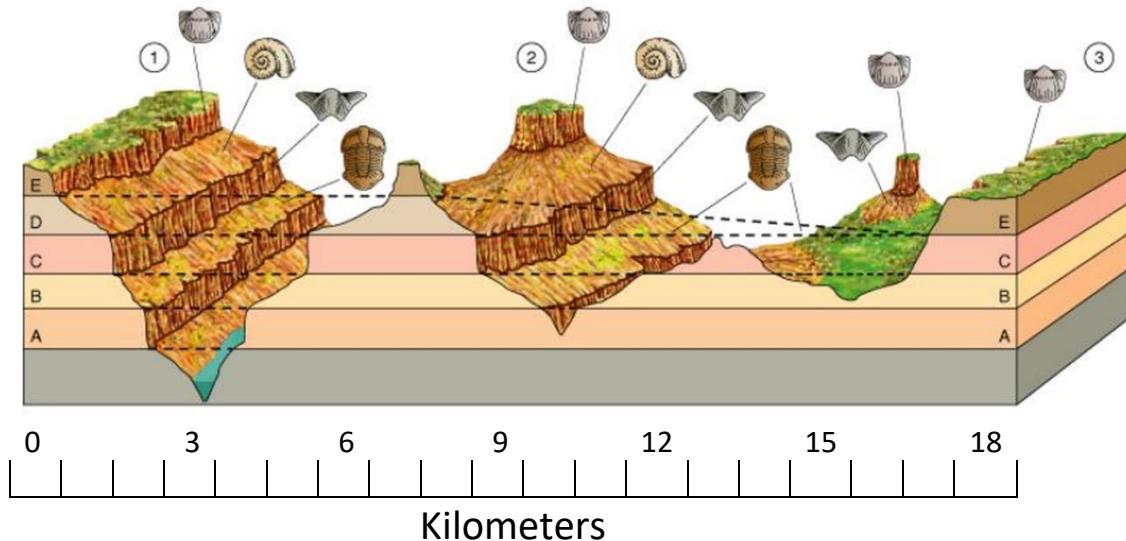


Figura 2.2. Diagrama que ilustra el principio de sucesión faunística (Smith, 1800).

- **SIMULTANEIDAD DE EVENTOS**

Al contrario de los cuatro anteriores se trata de un principio emitido formalmente hace poco más de un decenio, como consecuencia de la reiterada constatación de hechos significativos reflejados en el registro estratigráfico. Sin embargo, se pueden encontrar antecedentes de este principio, a finales del siglo XVIII, en las ideas de Werner y sus discípulos quienes defendían la contemporaneidad global de las catástrofes que determinaban los límites de las grandes divisiones geológicas. Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes (Vera, 1994).

- **CORRELACIÓN DE FACIES**

Walther (1920), establece que, en un ciclo sedimentario, la misma sucesión de facies que ocurre lateralmente está presente en la sucesión vertical, lo que es un reflejo de la transformación geológica de una región en el transcurso

del tiempo. Este principio fue propuesto de forma casi simultánea por N. A. Golvskinsky, por lo que en la actualidad se conoce como ley de Walther-Golvskinsky (Quintas, 1986).

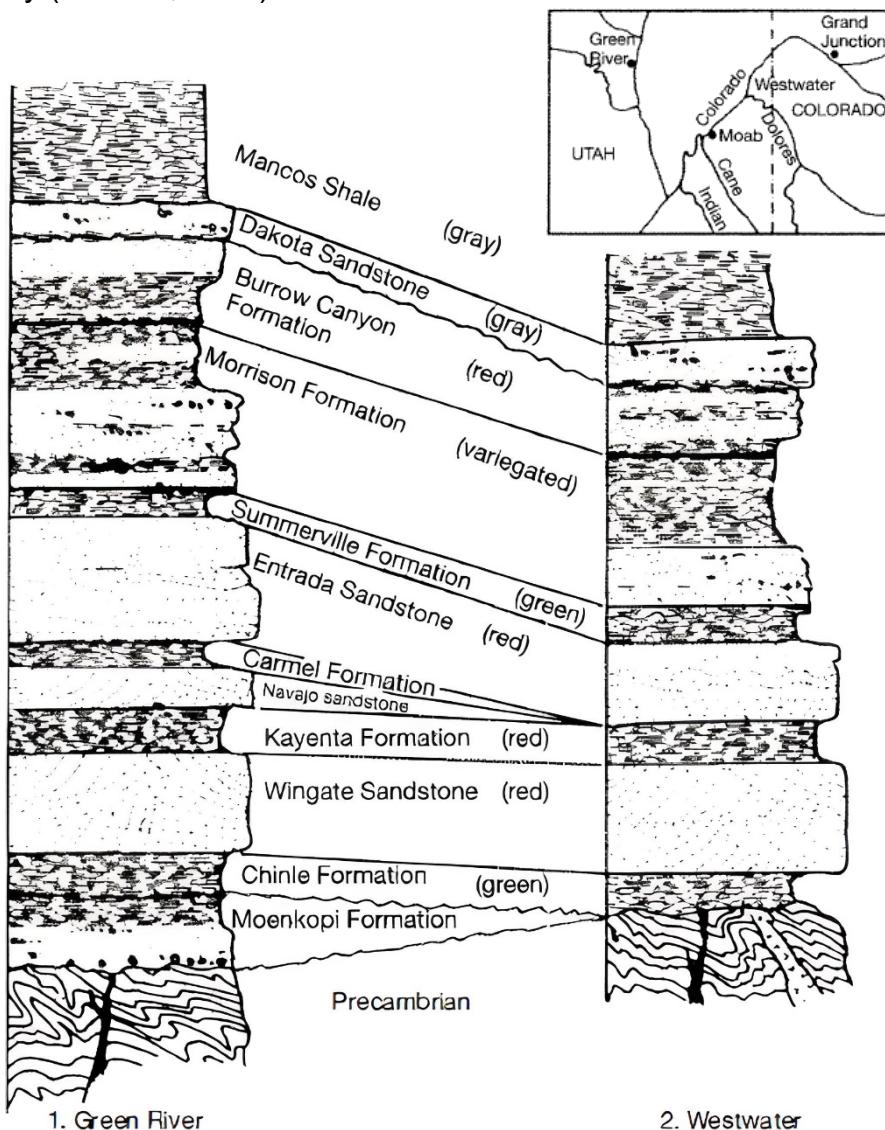


Figura 2.3. Correlación de estratos entre dos localidades en la Meseta de Colorado sobre la base de una litología similar de unidades estratigráficas distintivas.

Fuente: Boggs, 2006.

3.2.3 Estrato

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

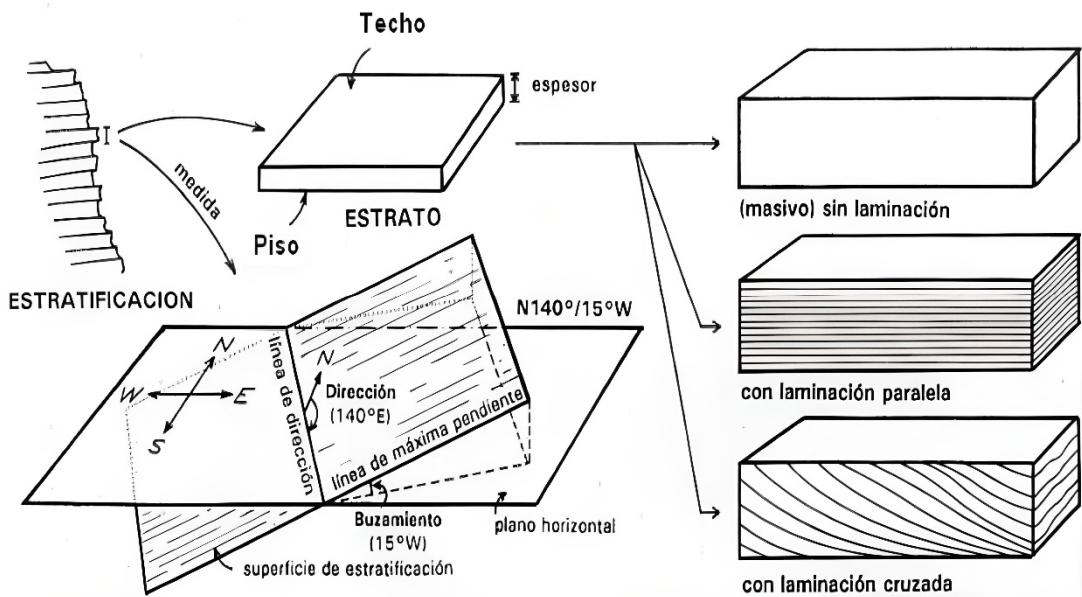


Figura 2.4. Partes de un estrato.

Fuente: Agreda, 2004.

3.2.4 Estratificación

Las rocas estratificadas se encuentran en la superficie de aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre total del mundo, y la estratigrafía es la rama de la geología que se ocupa de su observación y estudio. Así ha escrito un geólogo preocupado por la evolución continental; “La estratigrafía es la interpretación del registro de movimientos progresivos evidenciados en la sedimentación” (Marvin, 1960).

3.2.5 Medida De La Estratificación

Los estratos se depositan generalmente subhorizontales, pero se presentan en la naturaleza con posiciones geométricas muy diversas, debido a deformaciones posteriores, especialmente a basculamiento y plegamiento (Vera, 1994). El estudio de la estratificación, bajo su aspecto geométrico, permite realizar la medida de tres valores: Dirección (ángulo que forma con el norte geográfico la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal), Buzamiento (ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección) y espesor (distancia

entre los planos de estratificación que lo limitan, medida perpendicularmente a ellos).

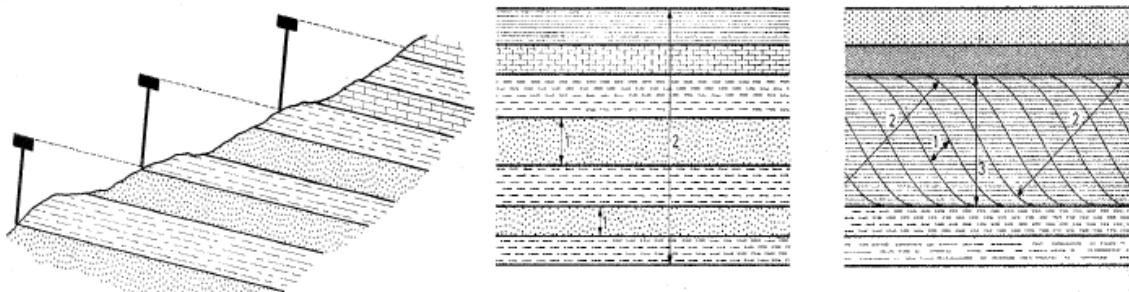


Figura 2.5. A. Medidas de espesor (Vara de Jacob) B. Medida de espesor de estrato:
1. Espesor de estrato, 2. Espesor de conjunto de estratos y 3. Espesor total de la
unidad.

Fuente: Agueda, 2004.

3.2.6 Tipos De Estratificación

Aunque existen diversos criterios para sistematizar los distintos tipos de estratificación, los más útiles se basan, esencialmente, en dos aspectos fundamentales: Geometría de los estratos individuales y características de las asociaciones de estratos o conjuntos de estratos (Agueda, 2004).

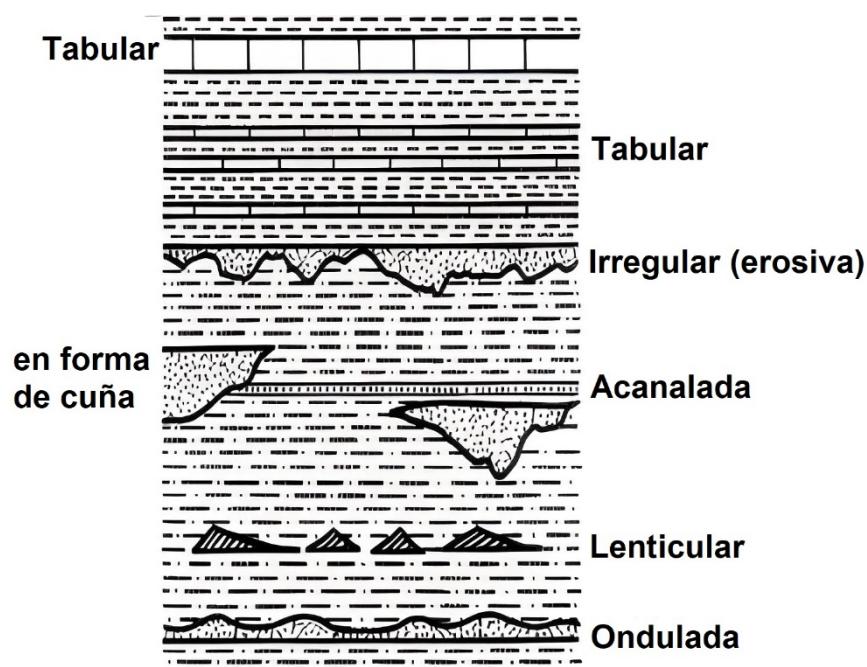


Figura 2.6. Tipos de geometrías de estratos.
Fuente: Agueda, 2004.

- **GEOMETRÍA DE ESTRATOS**

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

Estratos irregulares: Estratos de relativa extensión lateral con muro irregular y erosivo y techo plano, con lo que el espesor varía.

Estratos acanalados: Poca extensión lateral y espesor variable, geometría interna similar a la de la sección de un canal.

Estratos en forma de cuña: Los límites son superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida de espesor.

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

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

- **ASOCIACIONES DE ESTRATOS**

Cuando se estudian conjuntos de estratos, se pueden realizar diversos tipos de clasificaciones basadas en criterios descriptivos, pero que a su vez representan diferentes tipos de génesis. En la figura siguiente se recogen (Vera, 1994) las diversas posibilidades de ordenación.

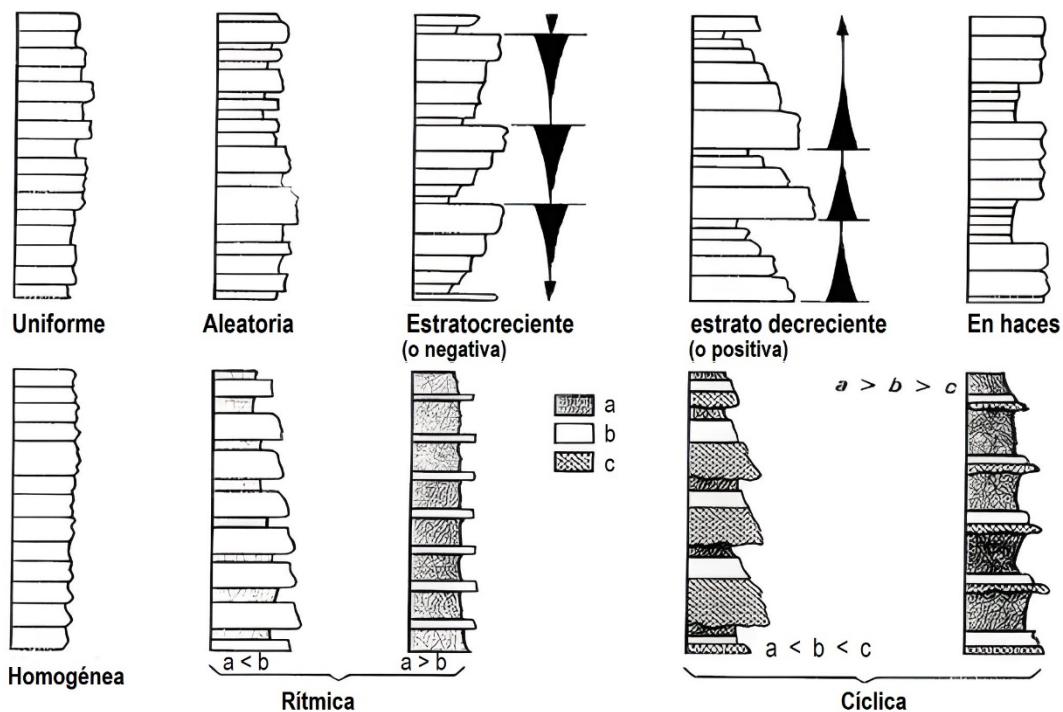


Figura 2.7. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.

Fuente: Agueda, 2004.

a) Una primera clasificación se basa en considerar la ordenación de espesores individuales en el conjunto de estratos sucesivos:

- Uniforme: Espesor análogo de todos los estratos, con un valor muy cercano a la media estadística de todos los espesores.
- Aleatoria: El espesor de los estratos es muy variable, sin ordenación definida.
- Estratocreciente: Ordenación de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo (similar al concepto de “secuencia negativa” de Lombard).
- Estratodecreciente: Ordenación inversa a la anterior, con disminución de espesor de estratos hacia el techo (equivalente a la “secuencia positiva” de Lombard).
- En haces: Los espesores se distribuyen por conjuntos de estratos, uniformes dentro de cada conjunto y diferentes entre conjuntos.

b) Otro tipo de clasificación estaría basado en la litología de los estratos que se superponen:

- Homogénea: Estratos sucesivos de la misma naturaleza.
 - Heterogénea: Sin ordenación, los cambios son desordenados.
 - Rítmica: Alternancia ordenada de dos tipos de litologías.
 - Cíclica: El conjunto que se repite es de más de dos litologías.
- c) Al relacionar los dos criterios anteriores: Espesor-litología de los estratos, se obtienen datos muy valiosos para la interpretación genética de las asociaciones de estratos. Así si además de aumentar el espesor de estratos hacia el techo (*estratocreciente*) aumenta de forma similar el tamaño de grano (*granocreciente*), podemos deducir un aumento de energía en el medio. En el caso de ordenaciones rítmicas y cíclicas, en las que se pasa lateralmente de un término “a” (mayor energía o tamaño de grano), a otro “b” (energía media) y finalmente al “c” (energía mínima), el análisis de la abundancia relativa de los diferentes tipos de estratos y su variación lateral, proporciona datos sobre las condiciones de depósito y su situación dentro de la cuenca sedimentaria.

3.2.7 Columna Estratigráfica

Las columnas estratigráficas son representaciones de las variaciones verticales que presentan los cuerpos rocosos en un determinado sitio o región. La comparación entre columnas estratigráficas de diversos sitios o regiones permite conocer los cambios horizontales que presentan los cuerpos rocosos. Se obtienen a partir de: Tienen un carácter cronológico y un sentido reconstructivo sedimentológico (Caballero, 2012).

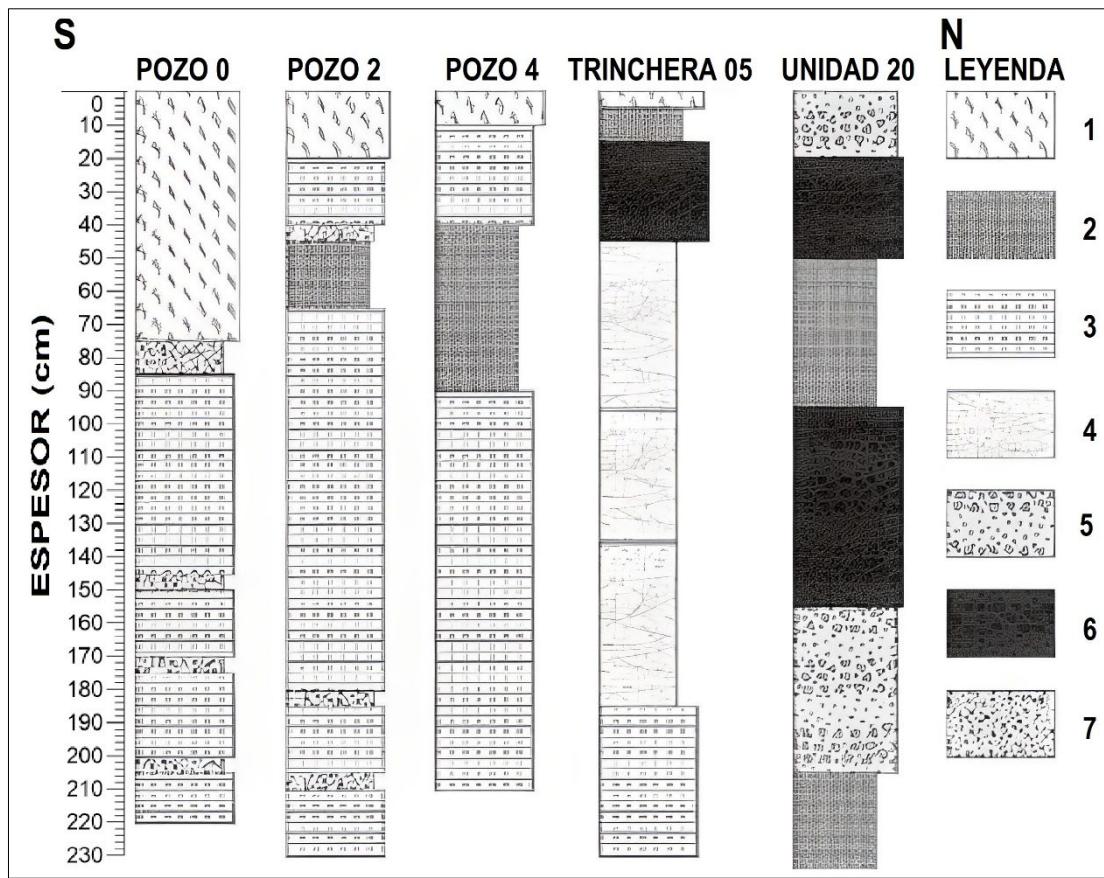


Figura 2.8. Ejemplos de columnas estratigráficas.
Fuente: Navarrete, 2016.

Una columna estratigráfica es una representación utilizada en geología para describir la ubicación vertical de unidades de roca en un área específica. Una típica columna estratigráfica muestra una secuencia de rocas sedimentarias, con las rocas más antiguas en la parte inferior y las más recientes en la parte superior (Navarrete, 2016).

3.2.8 Correlación Estratigráfica

Correlación estratigráfica no es universal, estando sujeto a controversia; Dunbar y Rodgers (1958), limita la correlación estratigráfica a la demostración de las unidades cronoestratigráficas. Desde este punto de vista no sería posible correlacionar las unidades bioestratigráficas y litoestratigráficas, sin prescindir de la obligada equivalencia de los planos temporales; estimamos más acertada y útil la definición dada por Krumbein y Sloss (1963), que comparte también M. Weller (1960). los cuales definen la correlación estratigráfica como Ja

demostración dé la equivalencia y de las relaciones mutuas de las unidades estratigráficas. De esta manera, el principio de correlación es más general, pues admite la demostración de la equivalencia litológica, temporal o bioestratigráfica (Quintas, 1986).

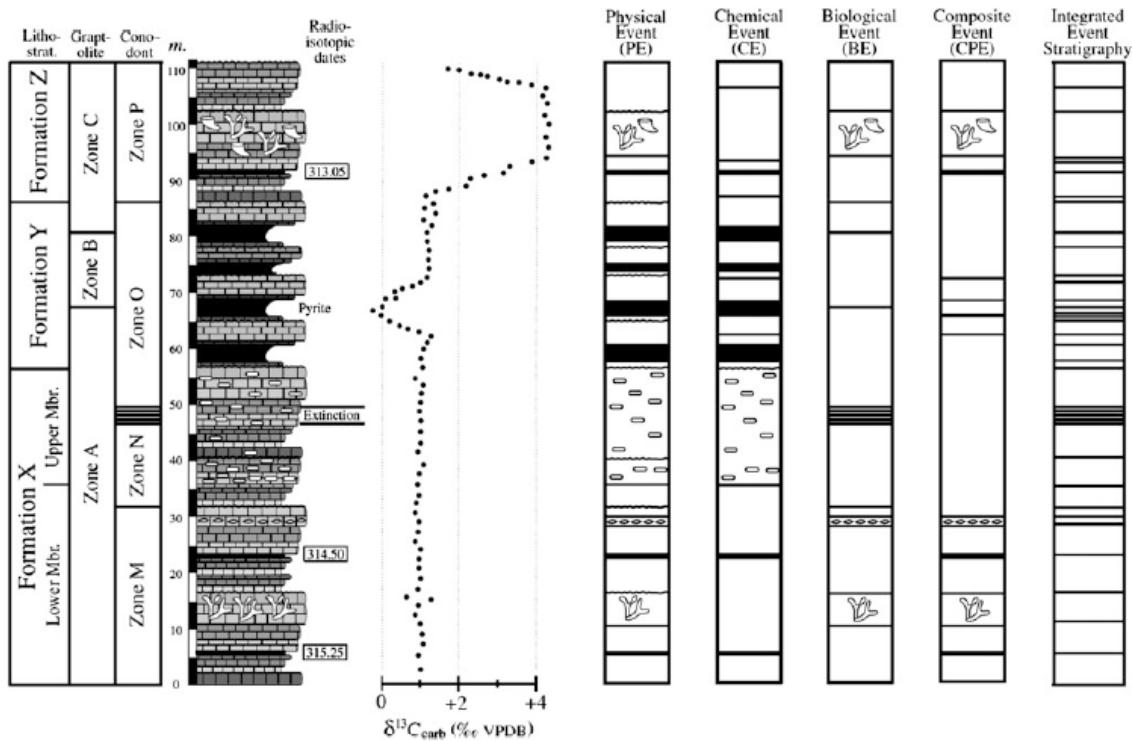


Figura 2.9. Demostración de estratigrafía de eventos de alta resolución (HiRES) conceptos y métodos utilizando una sección estratigráfica hipotética y datos (modificado de Kauffman 1988).

Fuente: Miall, 2016.

- **TIPOS DE CORRELACIÓN**

Es la comparación entre dos o más secciones estratigráficas, se pueden tener varios tipos de correlación en función del aspecto o propiedad que se comparan y los rasgos que se intenten destacar. Los tres tipos de correlación son: Litológica, bioestratigráfica y cronoestratigráfica.

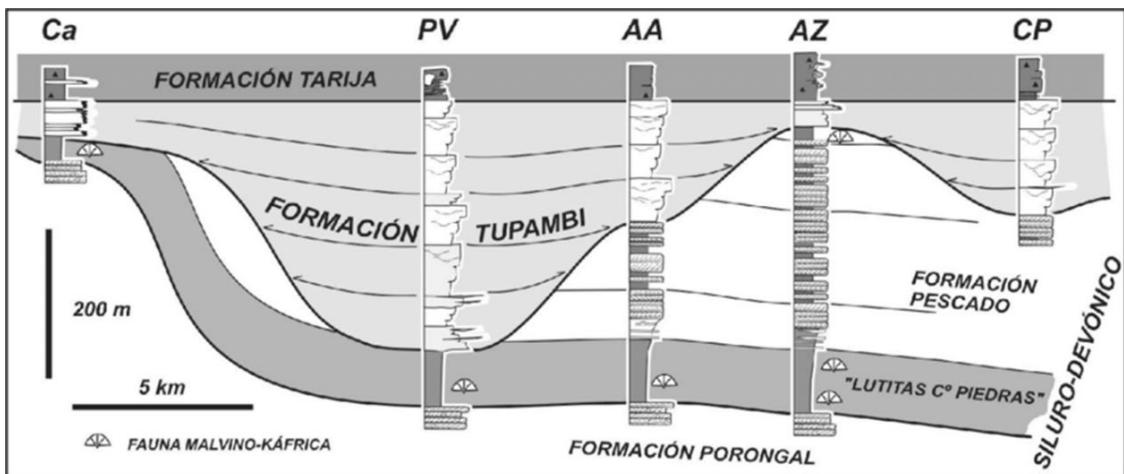


Figura 2.10. Correlación estratigráfica de la cuenca de Tarija.
Fuente: (Pasquo, 2000).

La litocorrelación (Litológica o litoestratigráfica): Demuestra la correspondencia en cuanto al carácter litológico y la posición litoestratigráfica. Para hacer este tipo de correlación se comparan las unidades litoestratigráficas presentes en cada una de las secciones estratigráficas y los niveles de litologías especiales dentro de las mismas.

La biocorrelación (Bioestratigráfica): Establece la correspondencia entre dos niveles fosilíferos, basándose en la presencia de ciertos fósiles y en su posición bioestratigráfica. En la biocorrelación tiene un enorme interés el reconocimiento de los biohorizontes de primera aparición y los de última presencia de los fósiles característicos en diferentes secciones estratigráficas, ya que al considerarse como simultáneos a nivel mundial se trataría realmente de una biocronocorrelación.

La cronocorrelación (Cronoestratigráfica): Establece la correspondencia de superficies isócronas y reconocimiento de su posición cronoestratigráfica. Consiste en la comparación temporal de dos o más secciones estratigráficas, para lo cual, se seleccionan los rasgos estratigráficos que indiquen simultaneidad (p.ej. inversiones magnéticas, biohorizontes, anomalías geoquímicas, etc.) y faciliten el establecimiento

de la correspondencia de todas las unidades estratigráficas representadas (Vera, 1994).

3.2.9 Unidades Litoestratigráficas

Las diversas categorías de unidades estratigráficas (Por ejemplo: unidades: litoestratigráficas y bioestratigráficas) se basan en características observables de las rocas. Dichas unidades se identifican en el campo sobre la base de propiedades físicas o biológicas que se pueden medir (Por ejemplo: tamaño de grano), detectar mediante instrumentos (Por ejemplo: polaridad magnética) o describir (Por ejemplo: estructuras sedimentarias, tipos de fósiles). Otros están relacionados con las edades geológicas de las rocas. Las unidades estratigráficas que tienen importancia temporal pueden ser unidades reales de roca (Por ejemplo: unidades cronoestratigráficas) que se formaron durante intervalos de tiempo particulares o pueden ser simplemente divisiones de tiempo (Por ejemplo: unidades geocronológicas) y no unidades reales de roca (Boggs, 2006).

- CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

Formación: Unidad litoestratigráfica fundamental. Es la que se suele encontrar en mapas, y es básica para la reconstrucción de la historia. Es una unidad que agrupa un conjunto de estratos con una determinada litología o conjunto de litologías, que permite diferenciarla de los adyacentes. Para su descripción no hay que tener en cuenta la potencia, pero se considera que debería tener una escala cartografiable (escala del mapa 1:25,000 y 1:50,000) (Navarrete, 2016).

Miembro: Unidad litoestratigráfica de orden inmediatamente inferior a la formación. Se le reconoce por poseer un especial carácter litológico que le distingue del resto de la formación. Su extensión lateral y su espesor tienen que estar comprendidos dentro de la unidad de orden superior, dentro de la formación (Quintas, 1986).

Capa: Es la unidad más pequeña, aunque su uso es más limitado, se recomienda establecer esta unidad cuando un estrato tiene importancia económica (Quintas, 1986).

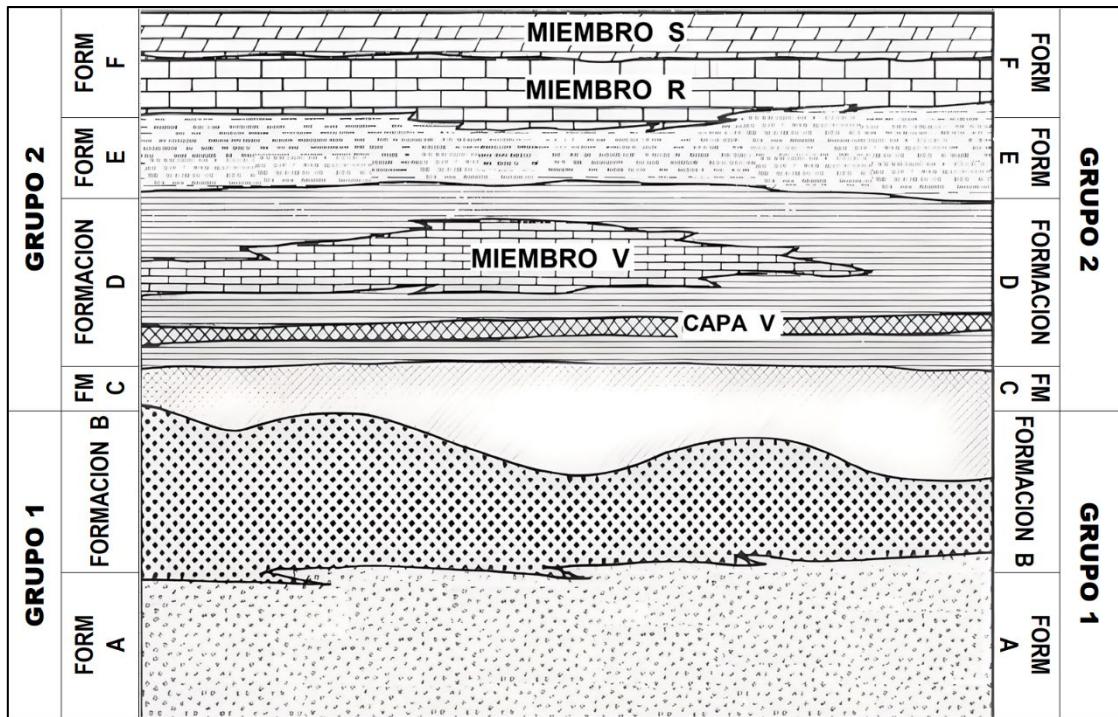


Figura 2.11. Unidades litoestratigráficas y sus relaciones.
Fuente: Navarrete, 2016.

3.2.10 Plataformas Carbonatadas En Mares Someros

Los sedimentos carbonáticos se forman en o casi en el mismo medio de depósito y por eso su análisis, además de tener en cuenta como en el caso de los siliciclásticos los parámetros físicos, indicadores del régimen hidráulico (estructuras sedimentarias, texturas y fábrica), debe considerar, como parte esencial, la propia naturaleza de las partículas sedimentarias que lo componen. Estas partículas pueden ser de precipitación directa del agua del mar, de precipitación inducida por organismos o formadas como resultado de la desintegración de los armazones esqueléticos. Constituidos por componentes (Arche, 2010):

• COMPONENTES MINERALÓGICOS

Los principales minerales que componen las rocas carbonáticas son: Aragonito, calcita, dolomita magnesita y ankerita y siderita, con carácter generalmente secundario los elementos minerales no carbonáticos que se observan en los depósitos carbonáticos son los siguientes (Arche, 2010):

Mineral	Fórmula	Sistema cristalino *Subsistema	Aparición
Aragonito	CaCO ₃	Ortorrómbico	En ciertos esquelétos carbonáticos Es inestable y pasa al polimorfo estable
Calcita	CaCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	a) En ciertos esquelétos carbonáticos b) Como fango (micrita) c) Como cemento (esparita)
Dolomita	CaMg (CaCO ₃) ₂	Hexagonal *Romboédrico	a) Ampliamente como roca cristalina b) También en asociación penecontemporánea
Magnesita	MgCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	En cantidades pequeñas dentro de la calcita de origen esquelético. La calcita con más del 5% de MgCO ₃ se llama magnesita (High Mg calcite-HMC).
Ankerita (ferrodolomita)	Ca(MgFe)(CaCO ₃) ₂	Hexagonal *Romboédrico	Una variedad menor de la dolomita.
Siderita	FeCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	Encontrada en concreciones y oolitos

Mineral	Fórmula	Sistema cristalino *Subsistema	Aparición
Aragonito	CaCO ₃	Ortorrómbico	En ciertos esquelétos carbonáticos Es inestable y pasa al polimorfo estable
Calcita	CaCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	a) En ciertos esquelétos carbonáticos b) Como fango (micrita) c) Como cemento (esparita)
Dolomita	CaMg (CaCO ₃) ₂	Hexagonal *Romboédrico	a) Ampliamente como roca cristalina diagenética b) También en asociación penecontemporánea con evaporitas
Magnesita	MgCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	En cantidades pequeñas dentro de las mallas del aragonito y la calcita de origen esquelético. La calcita con más del 5% de MgCO ₃ se llama magnesita (High Mg calcite-HMC).
Ankerita (ferrodolomita)	Ca(MgFe)(CaCO ₃) ₂	Hexagonal *Romboédrico	Una variedad menor de la dolomita.
Siderita	FeCO ₃	Hexagonal *Romboédrico	Encontrada en concreciones y oolitos (esferosideritos)

Figura 2.12. Minerales principales que componen las rocas carbonatadas. Modificada de Selley, 1976.

Fuente: Arche, 2010.

• COMPONENTES TEXTURALES

Se sintetizan los principales componentes texturales de los materiales carbonáticos por (Arche, 2010):

Granos: Interpretar correctamente la génesis de algunos de los componentes de las rocas carbonáticas impide que se los pueda dividir en orgánicos e inorgánicos simplemente (Por ejemplo: Los oolitos o los fangos micríticos). Para evitar esto, Illing (1954) determinó dividirlos en esqueléticos y no esqueléticos. Los componentes no esqueléticos fueron definidos como “Los granos que no parecen haber sido precipitados como partes esqueléticas”, aunque eso no significa que alguna vez no hayan sido esqueléticos o que sean expresamente inorgánicos (Arche, 2010).

ROCA CARBONÁTICA	SEDIMENTO CARBONÁTICO	A. GRANOS	A.1 ESQUELÉTICOS O BIOCLASTO	MOLUSCOS	Bivalvos Gasterópodos Cefalópodos			
					Branquiópodos Cnidarios (Corales) Equinodermos Briozos Poraminiferos Esponjas Estromatopóridos Arqueociáticos Artópodos Clacisferas			
ROCA CARBONÁTICA	SEDIMENTO CARBONÁTICO	A. GRANOS	A.2. MO ESQUELÉTICOS	Algas	Rodofitas Clorofitas Crisofitas (Cocolitos) Cianofitas-Cianobacterias			
					Pellet Peloides Ooides (Oolitos) Agregados (Grapestone o Lumps Intraclasto Pisolitos			
B. MATRIZ								
C. CEMENTO								

Figura 2.13. Los componentes texturales principales de los materiales carbonáticos.

Modificada de Mas y Alonso, 1989.

Fuente: Arche, 2010.

Matriz: Constituye el componente textural de grano más fino, formado por cristales microcristalinos de carbonato cálcico, de tamaño generalmente menor de 4 micras, que se denomina micrita. Uno de los lugares donde mejor se ha podido estudiar el carácter y origen de los fangos calcáreos es en las Bahamas. Se ha comprobado que el factor más importante de producción del sedimento micrítico es la desintegración de las algas calcáreas verdes (*Penicillus*) que al morir dejan caer las agujas aragoníticas que comportan el esqueleto. La cantidad de fango producido de esta forma es suficiente para explicar todo el que existe en la zona submareal y aún existe una sobreproducción que alimentaría las llanuras de marea y zonas externas profundas adyacentes (Arche, 2010).

Cemento: El término esparita (Cemento esparítico) se debe usar exclusivamente para el crecimiento de cristales de carbonato en un espacio poroso intergranular o cavidades originales. Para las recristalizaciones originadas a partir de carbonatos preexistentes se utiliza el término esparita neomórfica o más comúnmente pseudoesparita (Arche, 2010).

Cuadro 2.1. Clasificación de rocas carbonatadas basadas en el método Folk (MacKenze, 1997).

Proporciones volumétricas de aloquímicos		> 10% de aloquímicos		< 10% de aloquímicos		< 1% de aloquímicos	MICRITA o, si se observa zonas esparíticas, DISMICRITA Rocas arrecifales y biohermales sin modificación
		Calcita esparitica > micrita	Micrita > Calcita esparitica	1 - 10% de aloquímicos			
< 25% de intraclastos	> 25% de intraclastos	INTRAESPARITA	INTRAMICRITA	Componentes aloquímicos más	Intraclastos MICRITA CON INTRACLASTOS	MICRITA o, si se observa zonas esparíticas, DISMICRITA Rocas arrecifales y biohermales sin modificación	BIOILT ITO
	>25% de ooides	OOESPARITA	OOMICRITA		Ooides MICRITA CON INTRACLASTOS		
	> 3:1	BIOESPARITA	BIOMICRITA		Bioclastos MICRITA FOSILÍFERA		
	De 3:1 a 1:3	BIOPELESPARITA	BIOPELMICRITA		Peloides MICRITA CON PELOIDES		

	< 1:3	PELESPARITA	PELMICRITA		
--	-------	-------------	------------	--	--

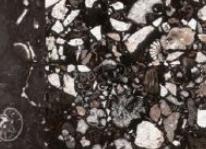
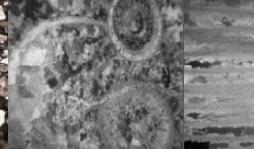
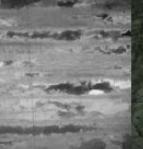
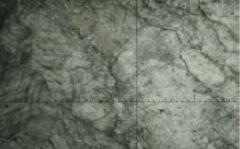
Textura original reconocible					Textura original no reconocible
Componentes originales no enlazados durante el depósito			Componentes originales enlazados		
Con matriz (carbonatos con tamaño arcilla o limo)		Sin matriz y granosostenida			
Sostenida por la matriz		Granosostenida			
Menos del 10% de grano	Más del 10% de grano				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Carbonatos cristalinos
					

Figura 2.14. Sistema de clasificación de las rocas carbonatadas. Modificada de Dunham, 1962. *Fuente: Arche, 2010.*

5.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Agrupaciones litológicas: Son materiales litológicos que tienen una identidad mineralógica y petrográfica, que permite identificarlos y, al propio tiempo, diversificarlos, estableciendo clases de rocas (Martínez y Álvarez, 1981).

Cementación: Proceso de consolidación de los materiales fragmentarios (Bloques, gravas, arenas, limos, arcillas, etc.) por acción de un material más fino, o una solución al cual se le denomina matriz, y por un proceso inicial de diagénesis (Dávila, 2011).

Esparita: Tercer componente textual de las calizas es el cemento, en general, está formado por calcita cristalina denominado esparita. Se debe usar exclusivamente para el crecimiento de cristales de carbonato en un espacio poroso intergranular o cavidades originales. Para las recristalizaciones originadas a partir de carbonatos preexistentes se utiliza el término esparita neomórfica o más comúnmente pseudoesparita (Arche, 2010).

Estratotipo: Aforamiento asignado de una unidad sedimentaria denominada o de un límite estratigráfico que sirve de estándar de referencia concreta. Un estratotipo es la sucesión estratigráfica concreta utilizada en la definición y/o caracterización de una unidad o límite estratigráfico (Reguant y Ortiz, 2001).

Icnología: Disciplina encargada del estudio de las estructuras biogénicas producidas por: Animales y plantas, dentro sobre el sustrato. Incluye todos los aspectos relacionados con: Bioturbación, bioerosión y biodepositación tanto recientes (Neoicnología), como fósiles (Ponce et al., 2018).

Intervalo: Es un cuerpo de estratos, comprendido entre dos niveles estratigráficos guía. Un intervalo geocronológico es el lapso que media entre dos sucesos geológicos (Hedberg, 1980).

Facie: Suma de las características litológicas y paleontológicas de una roca sedimentaria, estableciéndose comparaciones entre y análisis de la evolución lateral y horizontal de las mismas (Regunant, 1971).

Litología: Es la parte de la geología que estudia a las rocas especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante (GEI, 1980).

Miembro: Es la unidad lito-estratigráfica de orden inmediatamente inferior a la Formación. Se reconoce por poseer unas especiales características litológicas que le distinguen de las restantes partes de la Formación. Su extensión lateral y su espesor tienen que estar comprendidos enteramente dentro de la Formación a la que pertenece (Dávila, 2011).

Nomenclatura estratigráfica: Se refiere a los nombres propios dados a unidades estratigráficas determinadas; por ejemplo, Formación Chimú (Hedberg, 1980).

Parasecuencia: Es una serie de sistemas deposicionales vinculados, conteniendo un número de diferentes facies depositadas dentro del mismo intervalo de tiempo (Coe, 2003).

Sedimento: Material fragmentario originado por la erosión y/o alteración de las rocas preexistentes susceptible de ser transportado y depositado en los fondos marinos, fondos lacustres y depresiones continentales (Dávila, 2011).

Superficie de estratificación: Superficie que separa dos estratos consecutivos de una secuencia sedimentaria (Dávila, 2011).

Transgresiones y regresiones: Permiten la deposición de sucesiones verticalmente gruesas de depósitos que se vuelven primero granodecrescentes y luego granocrecientes respectivamente (Blandón, 2002).

Fósiles: Proporcionan información fundamental sobre la evolución de la vida en la Tierra. Los esqueletos y caparazones de animales o pedazos de plantas que se encuentran como fósiles son una clara evidencia de que la naturaleza de los organismos que viven en el planeta ha cambiado a través del tiempo (Nichols, 2009).

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

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 UBICACIÓN

3.1.1 Geográfica

Geográficamente la correlación estratigráfica de la Formación Pariatambo se encuentra delimitada por dos zonas: Ronquillo (Ubicada al oeste de la ciudad de Cajamarca) y Agomarca (Ubicada al sur de la ciudad de Cajamarca), perteneciente a la región de Cajamarca, de la zona norte de los andes peruanos, delimitando sus aguas hacia el océano: Pacífico (Agomarca) y Atlántico (Ronquillo). Correspondiendo al cuadrángulo de Cajamarca 15-f, con coordenadas UTM – DATUM - WGS84 – ZONA - 17S, delimitado por los vértices:

Cuadro 3.1. Coordenadas de delimitación de cada zona de investigación.

Zona	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
	Norte (m.)	Este (m.)	Latitud (°)	Longitud (°)

Agomarca	772520.000	9201090.000	-7.220929494	-78.5322271
	775520.000	9201090.000	-7.220781814	-78.50507841
	775520.000	9199090.000	-7.23885630	-78.50497916
	772520.000	9199090.000	-7.239004355	-78.53212892
Ronquillo	768820.000	9207780.000	-7.160647366	-78.5660334
	771820.000	9207780.000	-7.160502907	-78.5388876
	771820.000	9205780.000	-7.178577907	-78.53879052
	768820.000	9205780.000	-7.178722734	-78.56593739

Políticamente pertenecen:

Departamento : Cajamarca
 Provincia : Cajamarca
 Distrito : Cajamarca
 Centro Poblado : Agomarca y Ronquillo.

5.2 ACCESIBILIDAD

Las zonas de estudio fueron realizadas en dos rutas distintas. La primera ruta, se realizó desde la ciudad de Cajamarca partiendo desde la plaza de armas con orientación SW llegando a Av. Perú y luego cambiando en condiciones muy malas por la Av. Ronquillo en orientación SW llegando a Sexamayo. La segunda ruta se orientó al norte de la ciudad de Cajamarca, partiendo desde la plaza de armas, con dirección a Av. Los Héroes, posteriormente cambiando a la Av. Independencia hasta llegar Av. Cenepa y finalmente llegar a Agomarca.

Cuadro 3.2. Cronograma de recorrido primera ruta – Ronquillo.

Tramo		Estado de Vía	Carretera	Movilidad	Recorrido	
Desde	Hasta				Distancia (Km.)	Tiempo (h.)
Plaza de armas	Av. Perú	Buena	Asfaltada	Camioneta	00+800	00:04
Av. Perú	Av. Ronquillo	Buena	Asfaltada	Camioneta	00+500	00:02

Av. Ronquillo	Sexamayo	Muy mala	afirmado	Camioneta	02+500	00:07
Total					03+800	00:13

Cuadro 3.3. Cronograma de recorrido segunda ruta – Agomarca.

Tramo		Estado de Vía	Carretera	Movilidad	Recorrido	
De	A				Distancia (Km.)	Tiempo (h.)
Plaza de armas	Av. Los Héroes	Buena	Asfaltada	Camioneta	00+700	00:02
Av. Independenci a	Av. Cenepa	Buena	Asfaltada	Camioneta	02+100	00:08
Av. Cenepa	Cruce Agomarca	Muy mala	afirmado	Camioneta	06+250	00:08
Cruce Agomarca	Agomarca	Muy mala	Muy mala	Camioneta	00+650	00:04
Total					09+700	00:22

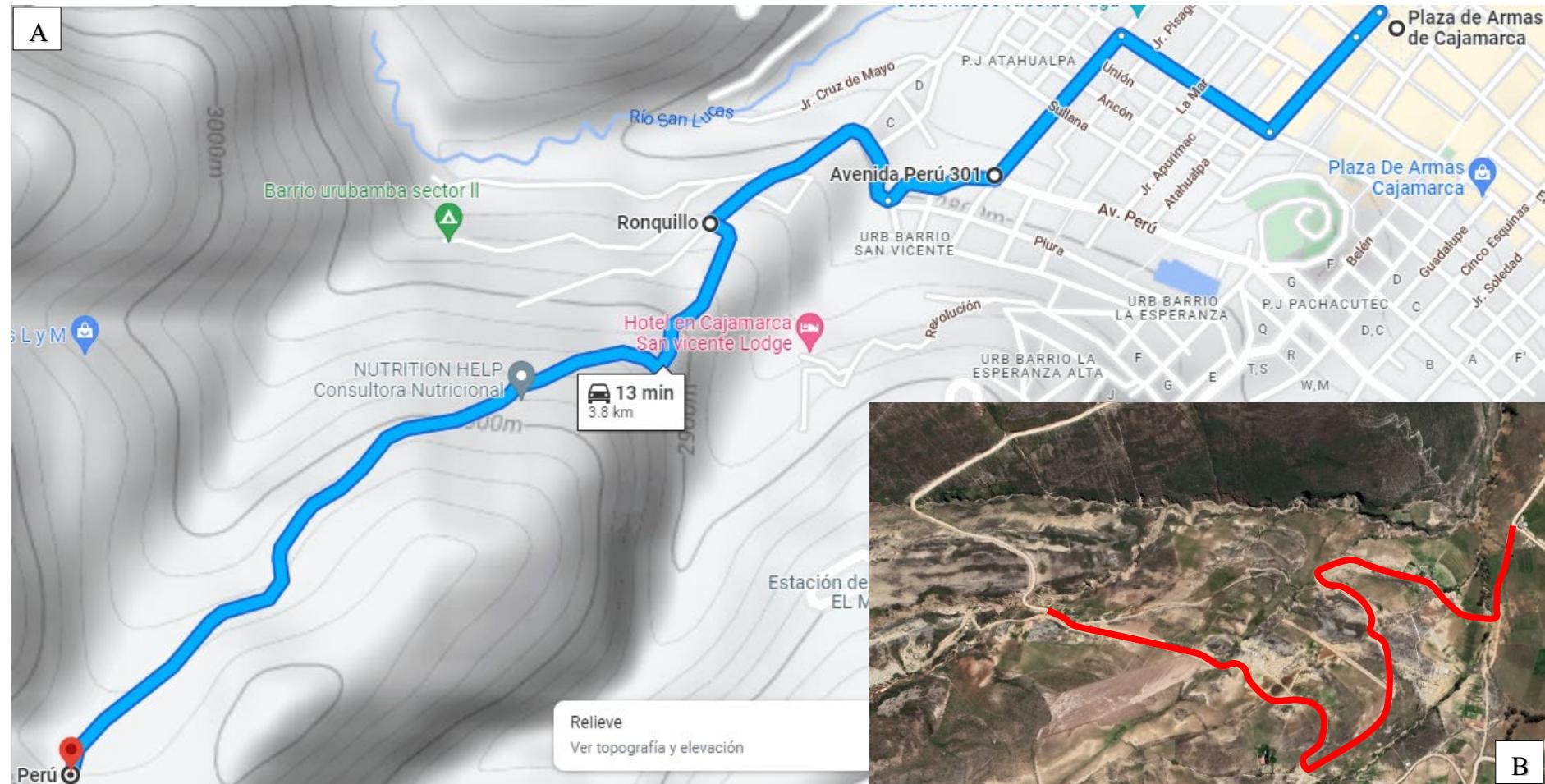


Figura 3.1. A. Ruta de acceso a la zona Ronquillo. B. Acceso de sexemayo a Urubamba Alto – punto de inicio del cartografiado estratigráfico.
Fuente: Google Maps, 2022.

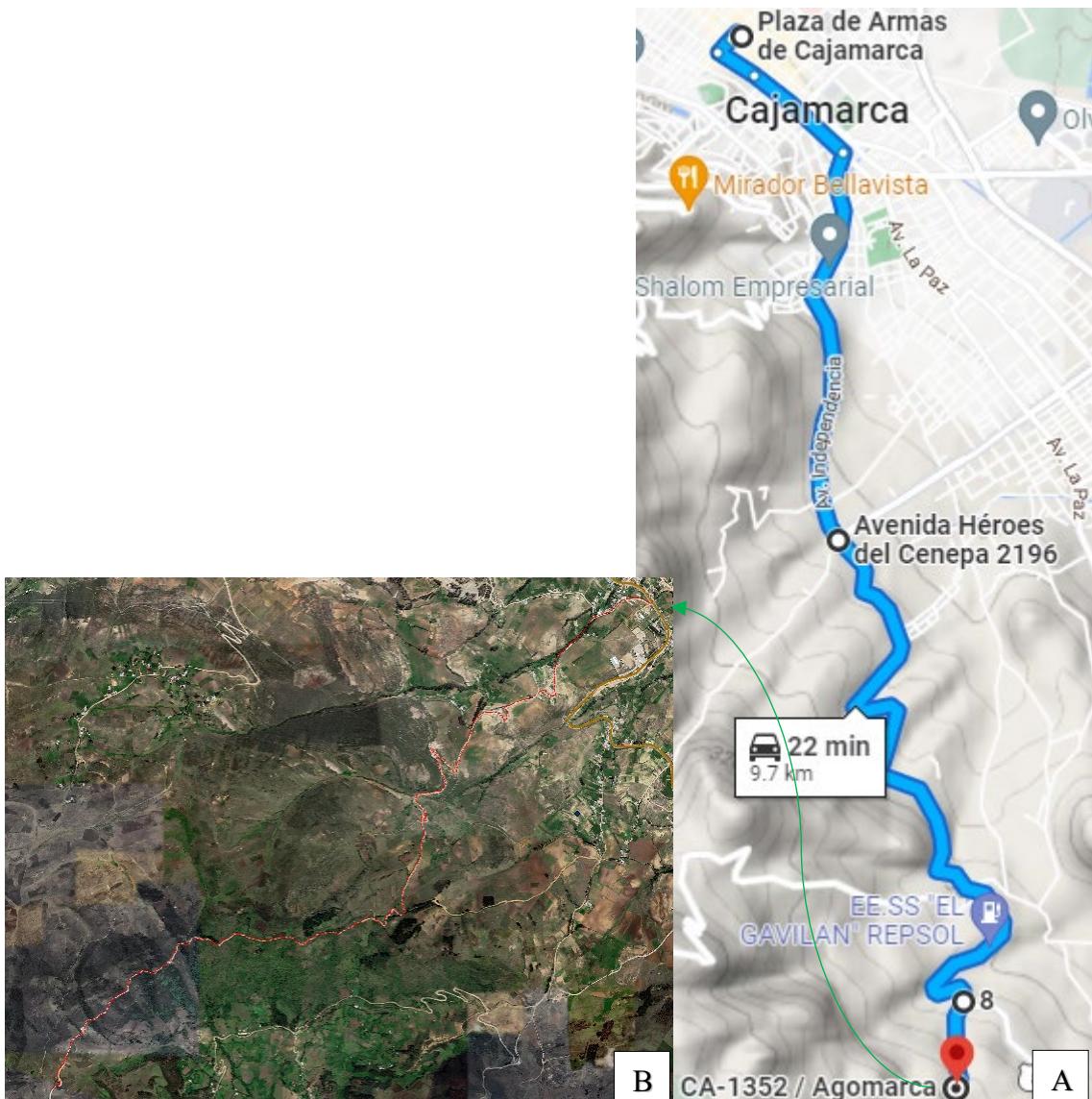


Figura 3.2. A. Ruta de Cajamarca cruce Agomarca. B. Ruta de Acceso a la zona Agomarca.

Fuente: Google Maps, 2022.

5.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

La meteorología de la ciudad Cajamarca, están relacionadas con las zonas de investigación, compuestos por climas: Verano (Frescos y nublados), e inviernos (Cortos, fríos, secos y parcialmente nublados), durante el transcurso del año con temperaturas: 5 °C a 19 °C y rara vez baja a 3 °C o sube a más 21 °C. La temperatura está conformada por temporada: Templada (Durando 3.4 meses, con temperatura promedio más 18 °C), cálida (8 °C a 18 °C) y fresca (5 °C a 16 °C). Sin embargo, la precipitación tiene temporada: Más mojada (La

probabilidad mayor 17% será mojado, diferenciados por: Lluvia, nieve o combinación de los dos) y más seca. Los vectores de viento forman parte: Ventosa (7.90 km/h) y calmada (5.80 km/h) <https://es.weatherspark.com/y/19956/Clima-promedio-en-Cajamarca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

Las estaciones meteorológicas fueron descargadas de la Estación: San Juan (Latitud: $7^{\circ}15'51.22''$, longitud: $78^{\circ}29'27.81'$ y cota: 2,253 msnm.; tipo convencional – meteorológica, código: 107005) y Aylambo (Latitud: $7^{\circ}11'36.42''$, longitud: $78^{\circ}30'36.43'$ y cota: 2,908 msnm.; tipo convencional – meteorológica, código: 107033), obteniendo histogramas de variabilidad de influencia climática.

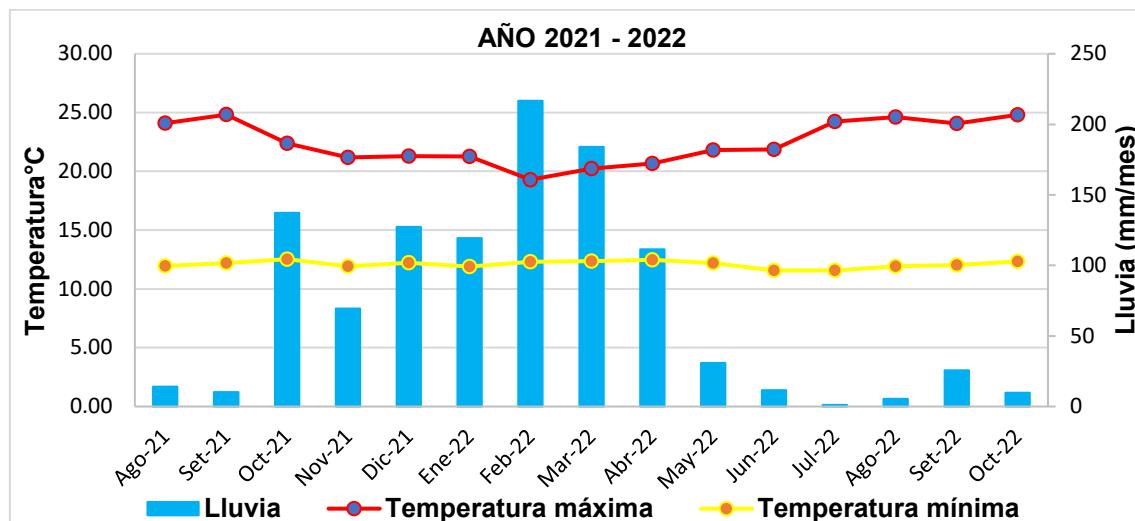


Figura 3.3. Histograma estadístico meteorológico, estación San Juan – zona Agomarca. Fuente: Senamhi, 2021 - 2022.

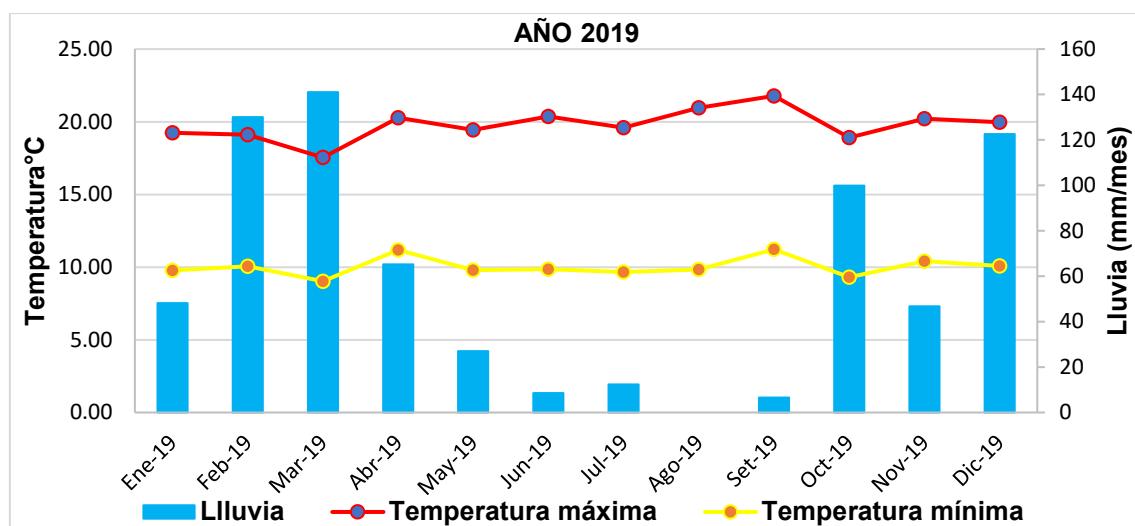


Figura 3.4. Histograma estadístico meteorológico, estación Aylambo - zona Ronquillo.
Fuente: Senamhi, 2019.

La vegetación está diferencia por climas fríos a altitudes: 3,000 msnm. a 3,400 msnm, compuesto por: herbáceas, arbustos y arbóreas, clasificándola por unidades de cobertura vegetal dadas por: Fisonómicos, fisiográficos, condición de humedad y estado actual de intervención antrópica sobre las tierras; predominando: Chilca, Penca Azul, cortadera, Cadillo, Zarzamora, gualte (*Stipa ichu*), Trebol (Blanco y Amarillo), Eucaliptos (*Eucalyptus glóbulos*), Pino (*Pinus*), Cipres (*Cupressus*), etc.; para un mejor control de los ecosistemas.

5.4 HIDROLOGÍA

La hidrología de zona Ronquillo, esta marcada por dos quebradas principales: Quebrada Capellanía (Naciente ubicada a 3,400 msnm., como naciente con orientación WNW-ESE, con una longitud de 0.730 Km.) y quebrada Urubamba Alto (Naciente ubica a 3,450 msnm., como naciente con orientación WSW-ENE, con una longitud de 1.015 Km), confluyendo ambas quebradas, formando el río Urubamba con orientación WNW-ESE, con una longitud de 0.640 Km.; evacuando sus aguas al río Urubamba (La naciente inicia a los 3,450 msnm. con orientación SW-NE, una longitud de 3.50 Km.) a la altitud 3,065 msnm. Sin embargo, en la confluencia a la altitud 2,830 msnm. de los ríos: Urubamba y Ronquillo formando el río San Lucas siguiendo su curso con orientación WNW-ESE, una longitud de 6.62 Km. evacuando sus aguas al río Mashcón a los 2,660 msnm. cambiando su curso con orientación SSE, evacuando sus aguas al río Chonta a los 2,640 msnm. con orientación NW-SE, luego cambiando a orientación NW-SE, conformando una longitud total de 54.85 Km. siguiendo su curso aguas abajo cambia de nombre a río Cajamarquino, con longitud 45.40 Km, confluyendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35.45 Km., desembocando con el río Marañón (Nace en el SW del departamento de Huánuco en la Provincia de Lauricocha) a los 1,050 msnm. con orientación SSENNW, recorriendo aproximadamente 253,284.50 m. interceptando con el río Chinchipe a los 390

msnm. con orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico.



Figura 3.5. La zona de investigación está delimitada por: Quebradas y ríos, evacuando sus aguas al río Urubamba, mostrando incisiones suaves de erosión al cauce; ayudando a visualizar la estratigrafía de la Formación Pariatambo – Zona Ronquillo.

La zona Agomarca hidrológicamente está definida por la quebrada Yumagual, en la Cordillera Occidental, como naciente en el caserío Capulipampa en la cota 3,400 msnm. perteneciente al distrito de San Juan, con orientación NNW-SSE, con una longitud de 3.890 Km., evacuando sus aguas en el río Choten en la cota 2,400 msnm. cambiando a orientación NNE-SSW con una longitud de 3.900 Km., luego evacuando sus aguas al río San Juan en la cota 1,750 msnm. cambiando a orientación ENE-WSW con una longitud de 3.450 Km., confluyendo y formando el río Magdalena en la cota 1,600 msnm. cambiando a orientación WNW-ESE con una longitud de 34.100 Km., y a su vez formando aguas abajo el río Chilete con orientación ESE-WNW, con una longitud de 10.200 Km., cambiando de nombre a río Jequetepeque en el centro poblado Salitral en la cota 710 msnm. recorriendo orientación ENE-WSW, con una longitud 88.500 Km.; desembocando las aguas en el Océano Pacífico, en el

centro poblado: La Boca del Río, perteneciente al departamento: La Libertad, provincia: Pacasmayo y distrito: Jequetepeque.



Figura 3.6. El efluente de la zona Agomarca es la quebrada Yumagual, ubicándose a 1 Km. de distancia de la Formación Pariatambo, conformando valles: Maduros a juveniles, por la morfología persistente por: Laderas y escarpas en la zona de estudio.

5.5 GEOMORFOLOGÍA

Las geoformas estas compuestas por rocas sedimentarias Mesozoicas – Cenozoicas, del Cretáceo Inferior y Cuaternario Holocénico, generándose actualmente modelamientos superficiales en el área de estudio con mayor incidencia en la Formación Pariatambo, por la meteorización: Física y química, de los afloramientos rocosos formando zonas de acumulación de depósitos cuaternarios, constituyendo unidades: Mayores (Planicies, lomadas, laderas y escarpas) y menores (Quebradas, cascadas, valles juveniles, cárcavas y terrazas), por consiguiente la morfogénesis de la unidades menores están emplazadas en la quebrada Capellanía, presentando alineamientos con orientación WNW-ESE. Constituyendo las unidades geomorfológicas:

Las terrazas presentan composiciones texturales de material gravosos a limosos, distribuidos heterogéneamente en las faldas de los cerros y quebradas, generalmente presentando pendientes topográficas suaves a onduladas, en algunos casos muy propensos a socavamientos por la escorrentía pluvial, formando taludes de gran altura siendo los más antiguos en el valle del cauce y los más recientes en la parte superior de la cresta.

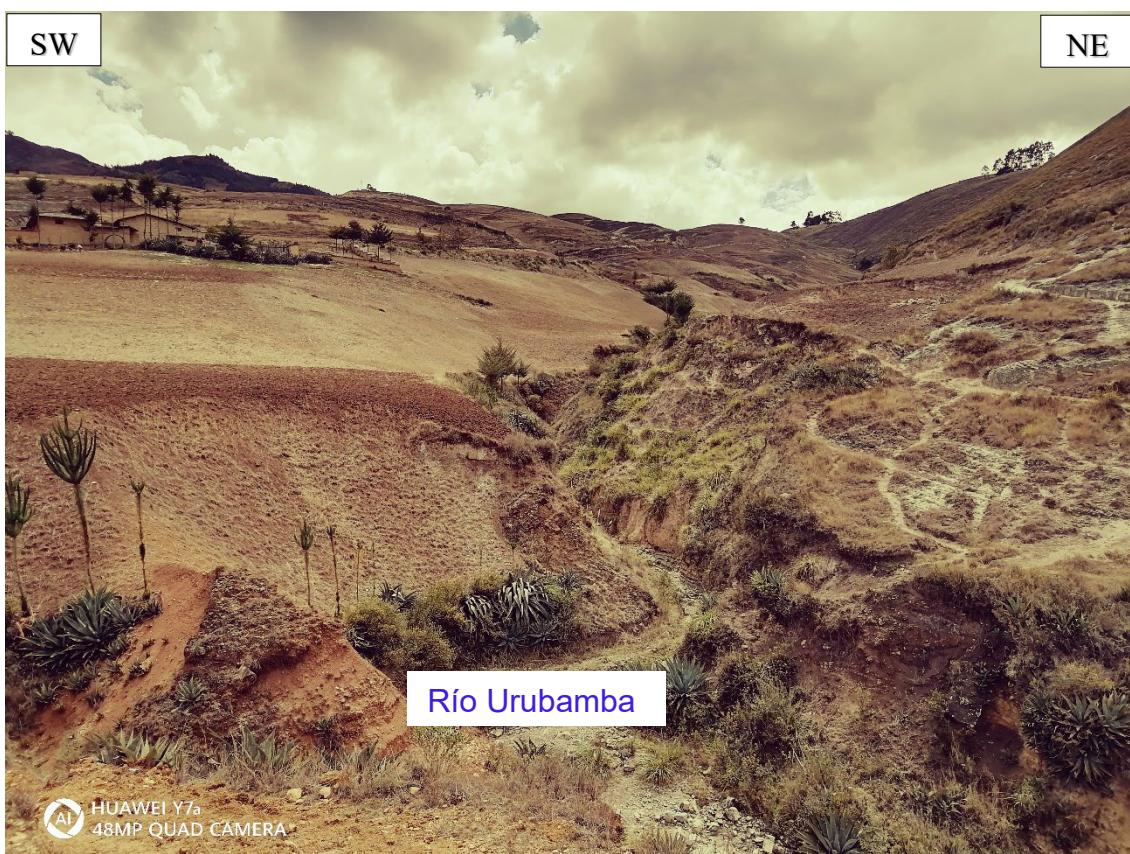


Figura 3.7. Terrazas aluviales de textura: Fina a gruesa, formados por el transporte de depósitos cuaternarios acumulados en las márgenes de las quebradas, conformando alturas de 5.00 m. a 8.00 m. Zona Ronquillo.

Cascadas, están ubicadas en la parte intermedia de los valles juveniles, formada por erosión por corrientes de agua, en las rocas de la Formación Pariatambo con superficies pulidas por sus alto fujo de cauce, por consiguiente presenta incisiones profundas en forma de V, delimitando por el basamento rocoso de la Formación Pariatambo por ambos flancos de la quebrada observándose al mismo tiempo como cañón por sus taludes: Verticales a subvertical, con características de 4.00 m. de profundad y ancho 1.00 m.

Valles juveniles, encuentran en la zona de investigación delimitados por montañas con: Pendientes altas y sección transversal tipo V, con topografía agreste a moderada en proceso de degradación, arrastrando sedimentos compuestos por material arcilloso, con sinuosidad baja 1.70. Presentado en su cauce fragmentos angulosos por su poco recorrido hidráulico del material y estar ubicado en cabecera de cuenca.

Las quebradas son unidades geomorfológicas, iniciado su naciente en la parte alta del área investigación evidenciadas por presentar zonas de deslizamiento y socavamiento, en esta unidad, relacionados con aberturas estrechas y encajonadas, disectadas por valles positivos que discurren entre las montañas., formados por materiales coluvio-deluviales.



Figura 3.8. Cauce juvenil, constituido por materiales angulosos de blocosidad recta, con matriz englobante de material arcilloso a limoso, siendo áreas de abundante material sedimentario, colmatando las partes bajas de la quebrada. Zona Ronquillo.

Por la contrario, la zona de Agomarca está constituida por: Laderas y escarpas, en su mayor parte siendo un lugar inaccesible por su alta pendiente desde 40° (Lo constituye el flanco izquierdo de la carretera de los centros poblados: Agomarca - Acshupata) a 85° (Se evidencia el flanco derecho de la carretera por su forma empinada y agreste). Geológicamente presenta alineamientos goestructurales montañosos de orientación WSW- ENE, y unidades menores conformadas por: Quebradas y terrazas, que cortan de forma transversal en orientación NNW-SSE a la cordillera montañosa evacuando sus aguas a la qda. Yumagual; cubiertos en su totalidad por vegetación y depósitos cuaternarios.



Figura 3.9. La geomorfología de la zona Agomarca, está formando por: Laderas y escarpas, siendo lugares inaccesibles por su alta pendiente superado 40°, con alineamientos montañosos de orientación WSW- ENE.

Cuadro 3.4. Unidades geomorfológicas que conforman la Formación Pariatambo.

Zona	Fm. Pariatambo	Planicie		Lomada		Ladera		Escarpa	
	Área (Ha.)	Área (Ha.)	%						
Ronquillo	121.07	56.73	46.86	53.48	44.17	10.78	8.90	0.07	0.07
Agomarca	78.32	17.24	22.01	25.83	32.98	22.80	29.11	12.48	18.90

5.6 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional de la cordillera occidental presenta facies sedimentarias desde: Cretácico Inferior (Grupo: Goyllarisquizga, Crisnejas, Pulluyanca y Quilquiñan) hasta Cenozoico; cubiertas por secuencias volcánicas del Paleógeno - Neógeno (Grupo Calipuy - Centros volcánicos: Huayquisongo, Rumorcco y Yanacocha, con orientaciones N y SW) y cuaternarios recientes (Holoceno); e intrusivos subvolcánicos a plutónicos: Andesíticos a dioríticos; relacionados al tectonismo regional iniciado desde el Proterozoico hasta la actualidad correspondientes al Ciclo Andino (Reyes, 1980).

Los afloramientos de las secuencias estratigráficas sedimentarias corresponden a la Formación Chicama, compuestas por: Lutitas negras laminares, deleznables, con delgadas intercalaciones de areniscas grises; sobreyaciendo a las secuencias continentales del Grupo Goyllarisquizga (Formación Chimú (areniscas a ortocuarcitas de grano medio a grueso), Formación Santa (calizas grises micríticas con algunos horizontes calcáreos arcillosos), Formación Carhuaz (areniscas grises verdosas intercaladas con lutitas grises y limolitas marrones) y Formación Farrat (areniscas cuarzosas blanquecinas en estratos medios a gruesos con algunos horizontes pelíticos grises)), suprayaciendo la Formación Inca compuesta por: Secuencias transgresivas y someras, con intercalaciones de areniscas calcáreas , lutitas ferruginosas y lechos cuarzosos; suprayaciendo el Grupo Crisnejas (Formación Chúlec, presenta secuencias fosilíferas de calizas arenosas, lutitas y margas, de coloraciones amarillentas; y la Formación Pariatambo conformado por lutitas y calizas bituminosas, con intercalaciones de margas y calizas nodulares), Grupo Pulluicana (Formación Yumagual, presenta secuencias de margas y calizas gris parduzcas en bancos uniformes), Grupo Quilquiñan (Consiste de secuencias de calizas nodulares macizas), Formación Cajamarca (Compuesta de calizas gris oscuras o azuladas con delgados paquetes lutáceos) y Formación Celendín (Presenta intercalaciones lutitas, margas y calizas delgadas de color claro a amarillento), hacia el NE culminando la sedimentación marina del Cretáceo. Por consiguiente, la actividad volcánica inicio en el Paleógeno, representada por andesitas y dacitas del Volcánico Llama cubierto discordantemente por el

Volcánico Porculla, cubiertas por el Volcánico Huambo (Formación Bambamarca) (Lagos, 2009).

El Ciclo Andino se inició el jurásico formándose la cuenca occidental peruana y geoanticlinal del marañón, influenciada por esfuerzos tectónicos de distensivos originando subsidencia y levantamiento, de la cuenca relacionado con el primer movimiento andino. Sin embargo, el segundo movimiento, se caracterizó por ser compresivo originando plegamiento de la cuenca y produciendo cabalgamientos e imbricaciones del lado oriental. Por lo contrario, el tercer movimiento fue deformatorio, iniciando en el Paleógeno-Neógeno: Temprano hasta medio, luego de la acumulación volcánica post-tectónica (Grupo Calipuy); caracterizándose por compresiones, traducida mayormente por fallamientos de bloques, las estructuras ondulantes superiores alcanzaron alturas por encima de sus posiciones originales, siendo por los tanto sometidas a un largo intervalo de erosión, que dio como consecuencia una peneplanización, desarrollando la superficie de erosión denominada “Superficie Puna”. Finalmente, el cuarto movimiento llamado “tardío”, se caracterizó por la naturaleza epirogenética siendo la que determinó la elevación de la región andina a los niveles actuales, iniciándose en el Mio-Plioceno continuando hasta la actualidad (Reyes, 1980).

5.7 GEOLOGÍA LOCAL

3.7.1 Formación Pariatambo

Pertenece al Grupo Crisnejas, a la edad del Albiano, Cretácico Inferior, de la era Mesozoica, estratificada con secuencias de calizas: Tabulares, nodulares y lenticulares bituminosas de color negruzco de olor fétido, con intercalaciones de lutitas (Bituminosas a pardas) y margas; evidenciándose en el tope o techo chert de espesor: 8.00 m. a 12.00 m.; constituyendo un grosor de 150 m. a 250 m. Sin embargo, el ambiente fosilífero presenta evidencias de amonites, bivalvos y contenido Oxitropidoceras Carbonarium del Albiano

medio, perteneciendo a fauna exclusivamente pelágica y la falta de oxígeno en el fondo de la cuenca permitiendo la deposición de sedimentos bituminosos.

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

Figura 3.10. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca, ubicando a la Formación Pariatambo.
 Fuente: Ingemmet, 2007.

5.8 CARACTERIZACIÓN LITO-BIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO

3.8.1 Zona Ronquillo

La Formación Pariatambo, en la Zona Ronquillo se ubica en la carretera: Sexemayo a Carhuaquero, cortando transversalmente a la secuencia estratigráfica de orientación (Az./Bz.) $105^{\circ}/70^{\circ}$ de la formación geológica presentado un espesor 230 m., delimitada por dos quebradas: Urubamba Alto (Piso) y Capellanía (Techo).

Cuadro 3.5. Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con la formación infrayacente y suprayacente, Zona Ronquillo.

Piso			Techo		
Este (m.)	Norte (m.)	Cota (msnm.)	Este (m.)	Norte (m.)	Cota (msnm.)
770497	9206695	3263	770477	9206935	3235



Figura 3.11. Vista panorámica de la Formación Pariatambo, delimitada por las quebradas: Capellanía y Urubamba Alto, cortada transversalmente por la carretera. Zona Ronquillo.

3.8.1.1 *Litología*

Está conformada por rocas calcáreas: Masivas, lenticulares, nodulares y margas; con intercalaciones de estratos lutáceos de textura fisil de color bituminoso a pardo entre los estratos de calizas; evidenciándose en el miembro superior chert de coloraciones marrones a negruzcas presentando paquetes laminares. Presentando texturas: Mudstone y wackestone, las rocas calizas.

Cuadro 3.6. Metrados de las litofacies de la Formación Pariatambo – Zona Ronquillo.

Litología	Longitud (m.)	Porcentaje (%)
Caliza masiva	88.57	38.51
Caliza lenticular	0.98	0.43
Caliza nodular	44.47	19.33
Marga	26.89	11.69
Lutita	55.59	24.17
Chert	13.50	5.87
Total	230.00	100.00

3.8.1.2 *Estructura Sedimentaria*

Está conformando por secuencias sedimentológica estratigráfica de los afloramientos mediante procesos de sedimentación (Mecánicos, químicos y biológicos), paleoambientes y geometría (Tabular, nodular y lenticular); definidos por: Estratificación y laminaciones (Mecánicas deposicionales) y nódulos (Químicas diagenéticas) y fósiles (Biogénicas).

3.8.1.3 Facies Estratigráficas

Calizas bituminosas, margas crema amarillentas, lutitas negruzcas y chert.

La Formación Pariatambo se formó en un ambiente reductor anóxico, por el alto contenido orgánico presentando coloraciones bituminosas a negruzcas, compuesto por calizas: Mudstone y wackestone. Por consiguiente, el miembro inferior inicia con gruesos paquetes: 0.50 m. a 3.50 m. de lutitas bituminosas de textura fisil, presentando biozonas de contenido fosilífero: Amonites (Oxitropidoceras Carbonarium) y bivalvos, habiéndose formando segregación de minerales por precipitados formando concreciones esféricas a elipsoides, distribuidos heterogéneamente, en la secuencia lutácea; en algunos casos englobando fósiles por la precipitación; conformando secuencias sedimentarias de calizas bituminosas tabulares, con texturas de estratificación paralela, laminación y concreciones, estableciendo secuencia negativa desde 00.00 m. a 65.00 m. El miembro medio, muestran secuencias: Negativas y positivas, de regresión y transgresión suprayacen en la base de este miembro medio calizas: Nodulares y masivas, con intercalaciones de margas y lutitas, evidenciándose texturas lenticulares, laminares y estratificación secuencial. desde 65.00 m. a 150.00 m. Finalmente el miembro superior inicia con intercalación de calizas nodulares bituminosas componentes y secuencias de lutitas negruzcas generándose por procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con bandeamientos verduzcos, marrones a oscuros, presentando en su facie estructuras lenticulares, pasando posteriormente a paquetes lutáceos suprayaciendo estratos de secuencia rítmica de calizas nodulares y lutitas, llegando al techo con calizas nodular con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 230.00 m.



Figura 3.12. Contacto entre Formación: Chúlec y Pariatambo, diferenciando por calizas nodulares parduzcas y bituminosas masivas con intercalaciones de lutitas anóxicas.



Figura 3.13. Lutitas bituminosas del miembro inferior de grosor: 1.50 m. a 4.00 m., de textura fisil formadas en ambiente reductor, con intercalaciones de calizas tabulares.



Figura 3.14. Secuencias rítmicas de calizas: Margosas y nodulares, del miembro medio constituidos por grosos 0.10 m. a 0.15 m.

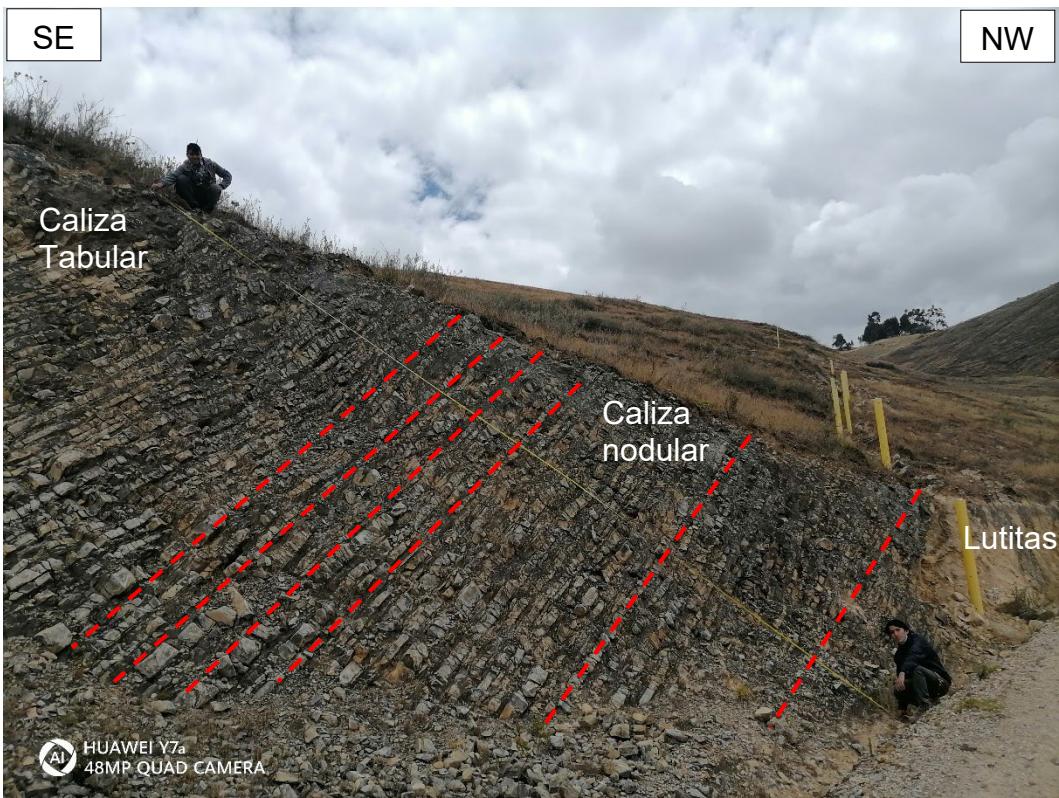


Figura 3.15. Secuencia positiva del miembro superior, compuesta desde calizas tabulares, nodulares y lutitas; bituminosas estratificadas.



Figura 3.16. Calizas silicificadas por procesos diagenéticos, con bandeamientos verduzcos, marrones a oscuros; formando una secuencia estratigráfica negativa.

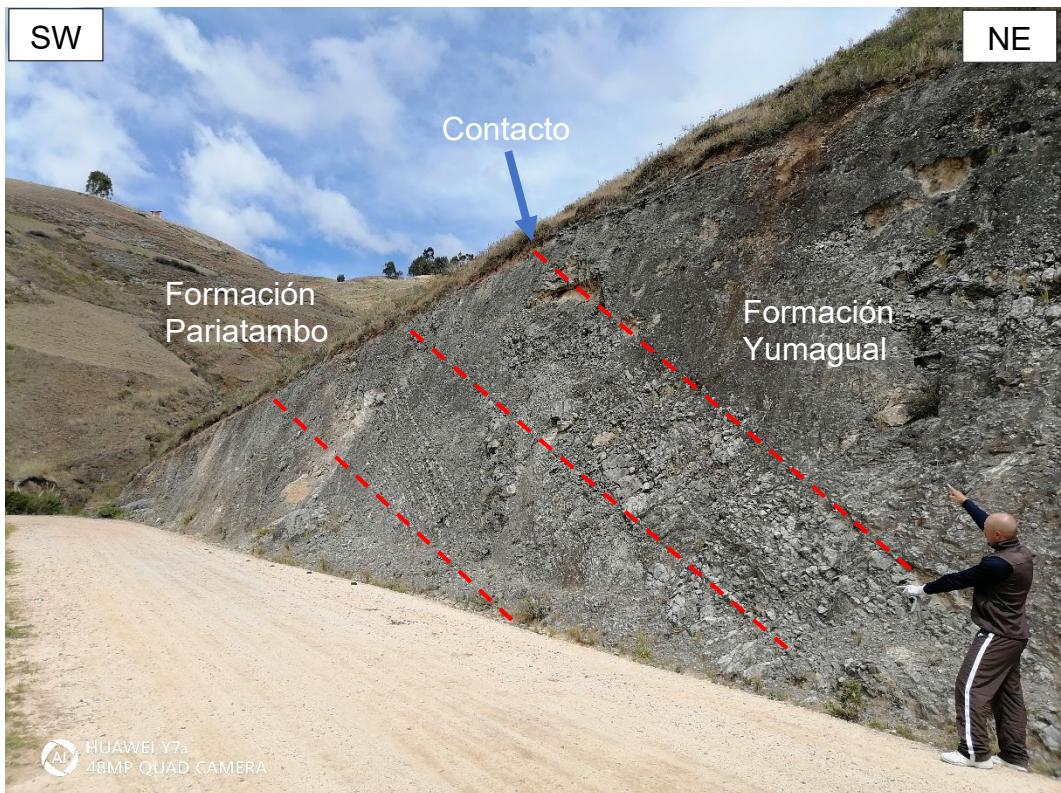


Figura 3.17. Contacto entre la Formación: Pariatambo (Estratos de calizas nodulares de espesores: 0.10 m. a 0.15 m.) y Yumagual (Estratos competentes de calizas parduzcas).

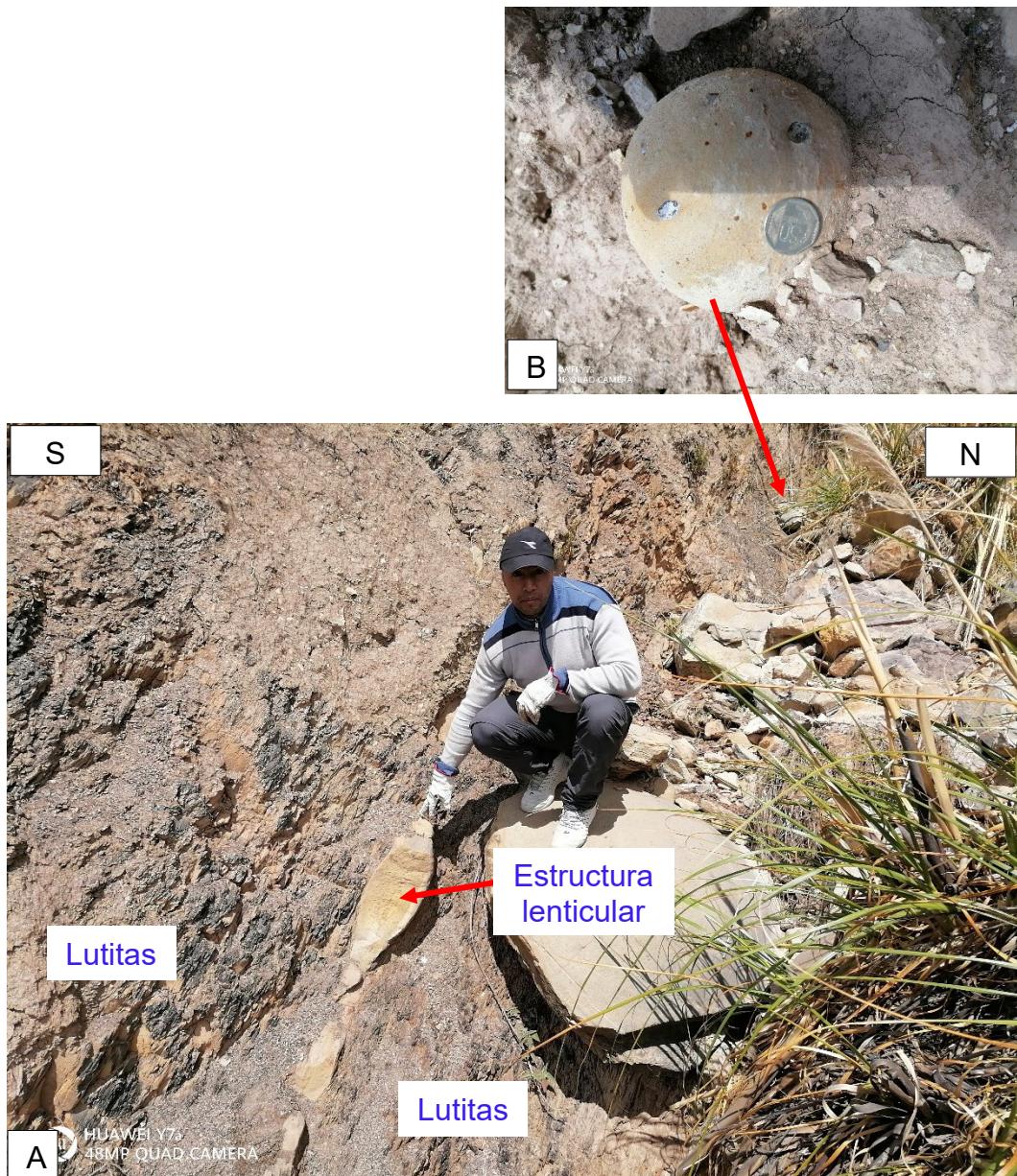


Figura 3.18. A. Las estructuras diagenéticas concreciones calcáreas de forma discoidal de 1.50 m. a 2.50 m. de orientación (Az/Bz) 300°/55°NE, ubicándose en el miembro inferior, delimitadas por paquetes gruesos de lutitas bituminosas. B. Incrustaciones de nódulos de forma esférica de 0.10 m. a 0.15 m. de diámetro.

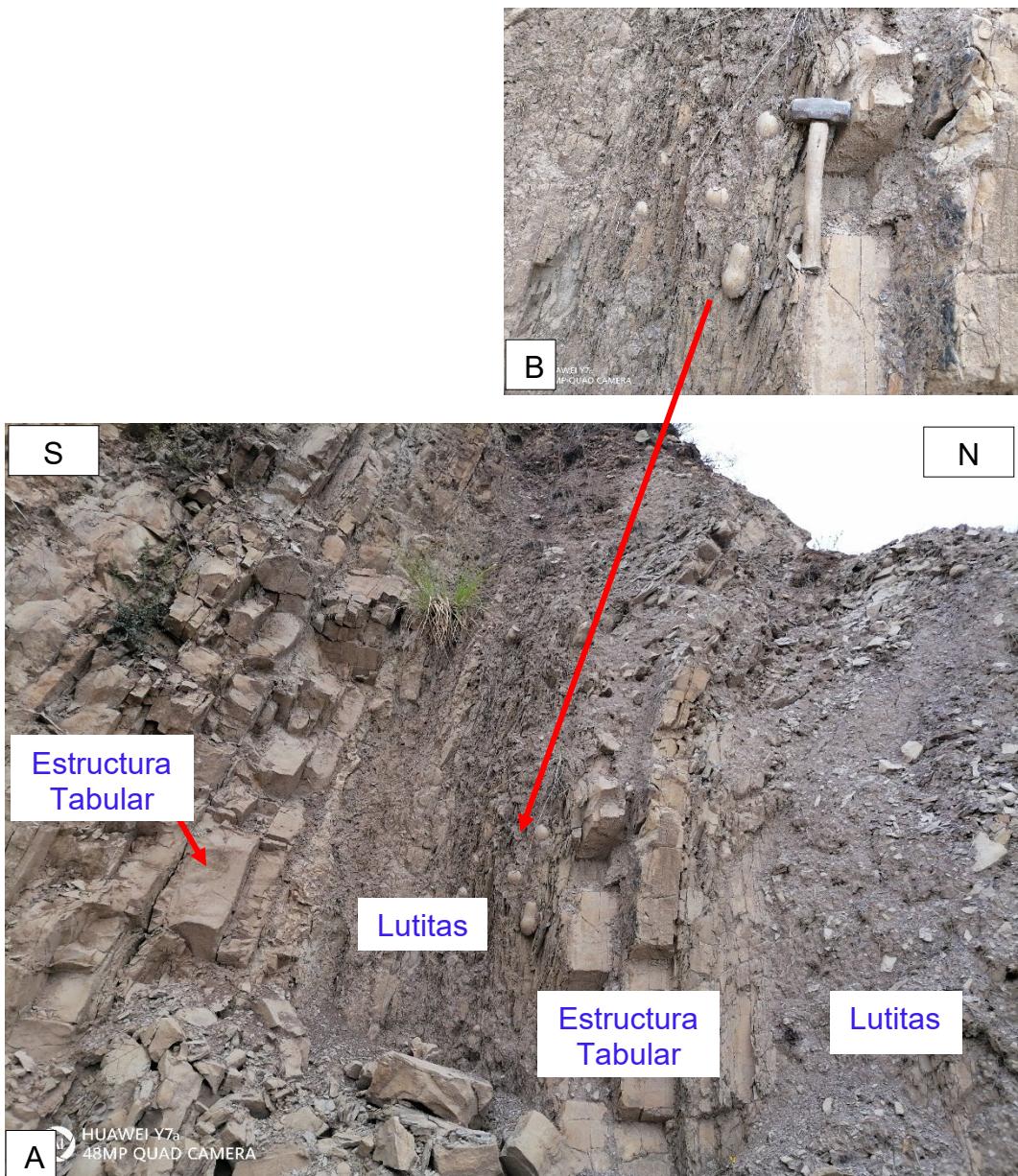


Figura 3.19. Calizas tabulares sub-verticales ubicadas en la quebrada Urubamba Alto, constituyendo un estrato decreciente (Positivo), por la secuencia de calizas y lutitas laminares, observándose que las secuencias estratigráficas lutáceas muestran estructuras químicas diagenéticas (concreciones), ubicadas en el techo del paquete lutáceos bituminoso.

3.8.1.4 Biofacies

Se distinguen dos tipos: Amonites y Bivalvos. Los Amonites y Bivalvos, fueron especies que se desarrollaron en el miembro inferior de la Formación Pariatambo; sin embargo, en el miembro superior se evidencian Bivalvos en las calizas nodulares en contacto con las calizas suprayacentes de la Formación Yumagual.



Figura 3.20. Huellas de Amonite en concreciones de roca calcárea de diámetro 9 cm. y profundidad 1 cm. de ahueamiento, con ornamentación de costilla: Dirección – recta, densidad – distante, tipo – intercalado y forma – plegado; con protuberancias – ampolla.



Figura 3.21. Huellas de Amonite, en la mitad de la concreción de roca calcárea de diámetro 6 cm. y profundidad 2.5 cm. de ahueamiento, con ornamentación de costilla: Dirección – dirigida hacia atrás, densidad – aproximado, tipo – intercalado y forma – plegado a proyectado; con protuberancias – ampolla. Ubicado en el Miembro inferior.



Figura 3.22. Mitad de concreción irregular, compuesto por lumaquela de fósiles de ammonites, distribuidos heterogéneamente en una pasta de material pulverulento arcilloso de color rojizo a anaranjado. Ubicado en el Miembro inferior.



Figura 3.23. Bivalvo de longitud 5 cm. y espesor 2.2. cm, de forma Weyla (Inequivalva – equilátero), ubicado en el miembro superior de la Formación Pariatambo de las calizas nodulares.

3.8.1.5 Ambiente De Deposition

Geocronológicamente los ambientes de deposición de la Formación Pariatambo se originaron en ambientes reductores anóxicos de aguas estancadas y profundas, reduciendo la oxigenación de las aguas en la cuenca sedimentaria permitiendo la acumulación y putrefacción de materia orgánica, mostrando coloraciones negruzcas a bituminosas, presentando olores fétidos al ser fracturadas. Sin embargo, la coloración bituminosa del % carbono orgánico es 1.50 a 5.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.90 a 1.00., presentando coloraciones: Negruzcas a grisáceas.

3.8.2 Zona Agomarca

La Formación Pariatambo - Zona Agomarca se ubica en la carretera: Agomarca – Acshupata, cortando longitudinalmente a la secuencia estratigráfica de orientación (Az./Bz.) $283^{\circ}/68^{\circ}$ de la formación geología presentado un espesor 200 m.



Figura 3.24. Vista panorámica de la Formación Pariatambo, delimitando estratigráficamente: Techo y piso, cortando longitudinalmente la carretera al miembro medio de la Formación Pariatambo - Zona Agomarca.

Cuadro 3.7. Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con la formación infrayacente y suprayacente, Zona Agomarca.

Piso			Techo		
Este (m.)	Norte (m.)	Cota (msnm.)	Este (m.)	Norte (m.)	Cota (msnm.)
772985	9199715	3309	772907	9199890	3350

3.8.2.1 Litología

Está conformada por rocas calcáreas: Masivas, lenticulares, nodulares y margas; con intercalaciones de estratos lutáceos de textura fisil de color bituminoso a pardo entre los estratos de calizas; evidenciándose en el miembro superior chert de coloraciones marrones a negruzcas presentando paquetes laminares. Presentando texturas: Mudstone y wackestone, las rocas calizas.

Cuadro 3.8. Metrados de las litofacies de la Formación Pariatambo – Zona Agomarca.

Litología	Longitud (m.)	Porcentaje (%)
Caliza masiva	40.86	20.43
Caliza lenticular	0.50	0.25
Caliza nodular	56.32	28.16
Marga	22.40	11.20
Lutita	71.92	35.96
Chert	8.00	4.00
Total	200.00	100.00

3.8.2.2 Estructura Sedimentaria

Está conformando por secuencias sedimentológica estratigráfica de los afloramientos mediante procesos de sedimentación (Mecánicos, químicos y biológicos), paleoambientes y geometría (Tabular, nodular y lenticular); definidos por: Estratificación y laminaciones (Mecánicas deposicionales) y fósiles (Biogénicas).

3.8.2.3 Facies Estratigráficas

Calizas bituminosas, margas crema amarillentas, lutitas negruzcas y chert.

La Formación Pariatambo se formó en un ambiente reductor anóxico, por el alto contenido orgánico presentando coloraciones bituminosas a negruzcas, compuesto por calizas: Mudstone y wackestone. Por consiguiente, el miembro inferior inicia con paquetes: 0.50 m. a 1.00 m. de lutitas bituminosas o parduzcas de textura fisil, presentando biozonas de contenido fosilífero: Amonites (*Oxitropidoceras Carbonarium*), Bivalvos y Gasterópodos, conformando secuencias sedimentarias de calizas bituminosas: Tabulares y lenticulares, con texturas de estratificación: Paralela y laminación, estableciendo secuencia rítmica desde 00.00 m. a 45.00 m. El miembro medio, muestran secuencias: Negativas, positivas y rítmicas, de regresión y transgresión suprayacen en la base de este miembro medio calizas: Nodulares y masivas, con intercalaciones de calizas, margas y lutitas, con presencia de bivalvos en su secuencia estratigráfica, evidenciándose texturas lenticulares, laminares y estratificación secuencial. desde 45.00 m. a 150.00 m. Finalmente, el miembro superior inicia con intercalación de estratos lutáceos, calizas nodulares y calizas masivas bituminosas; originándose por procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con bandeamientos marrones a oscuros, presentando en su facie estructuras lenticulares, pasando posteriormente a paquetes lutáceos suprayaciendo estratos de secuencia rítmica de calizas nodulares y lutitas, llegando al techo con calizas nodular con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 200.00 m.

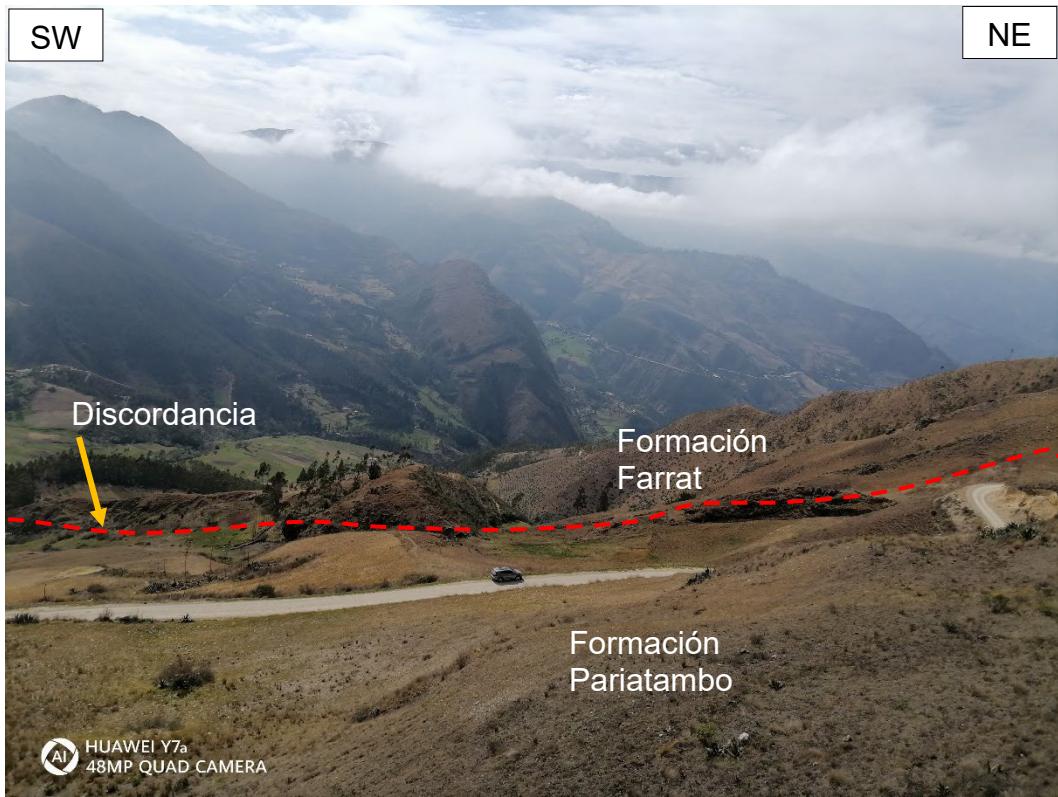


Figura 3.25. Contacto entre la Formación: Farrat (Areniscas cuarzosas blanquecinas.) y Pariatambo (Calizas bituminosas con intercalaciones de lutitas anóxicas).

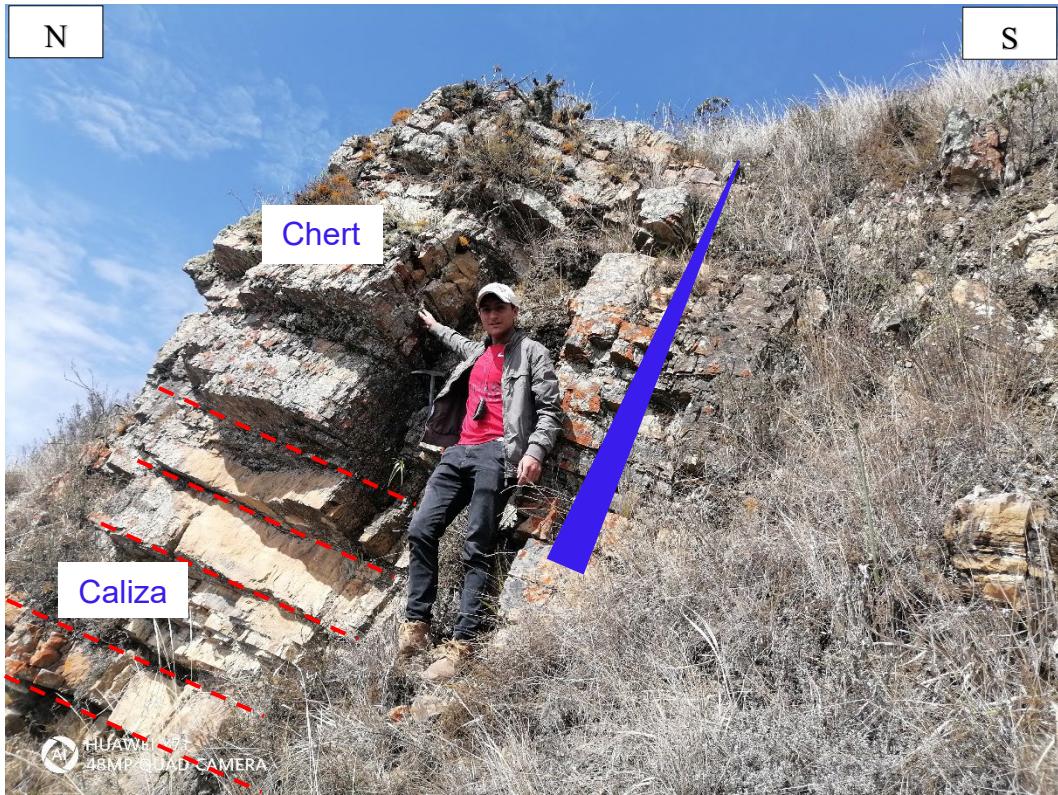


Figura 3.26. Afloramiento rocoso, ubicado en el techo de la Formación Pariatambo, compuesto por estratos: Caliza (piso) y chert (techo), con alteración gradual por la sílice.

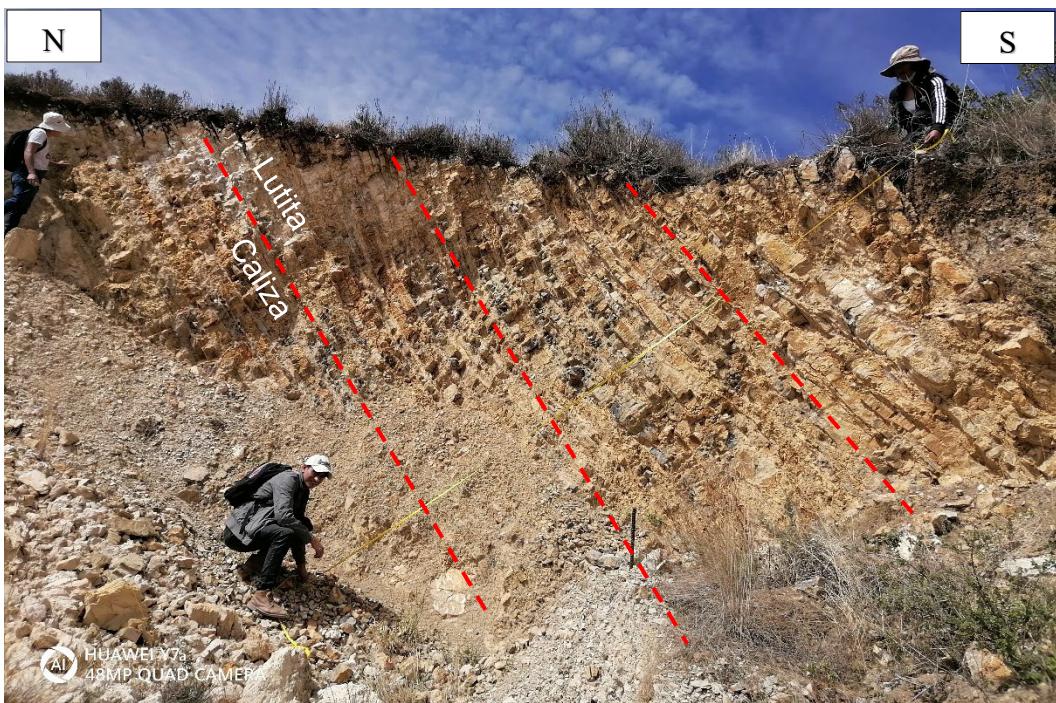


Figura 3.27. Secuencia rítmica de calizas nodulares bituminosas, con intercalación de lutitas, con orientación (Az./Bz.) $295^{\circ}/58^{\circ}$.



Figura 3.28. Afloramiento de calizas de espesor: 0.15 m. a 0.20 m. en la parte inferior y calizas 0.40 a 0.55 m. parte superior del talud, conformando estrato creciente (Negativa).



Figura 3.29. Afloramiento de lutitas calcáreas de textura fisil de coloración bituminosa, ubicados en el miembro medio - Formación Pariatambo, con espesor: 1.50 m. a 2.50 m.

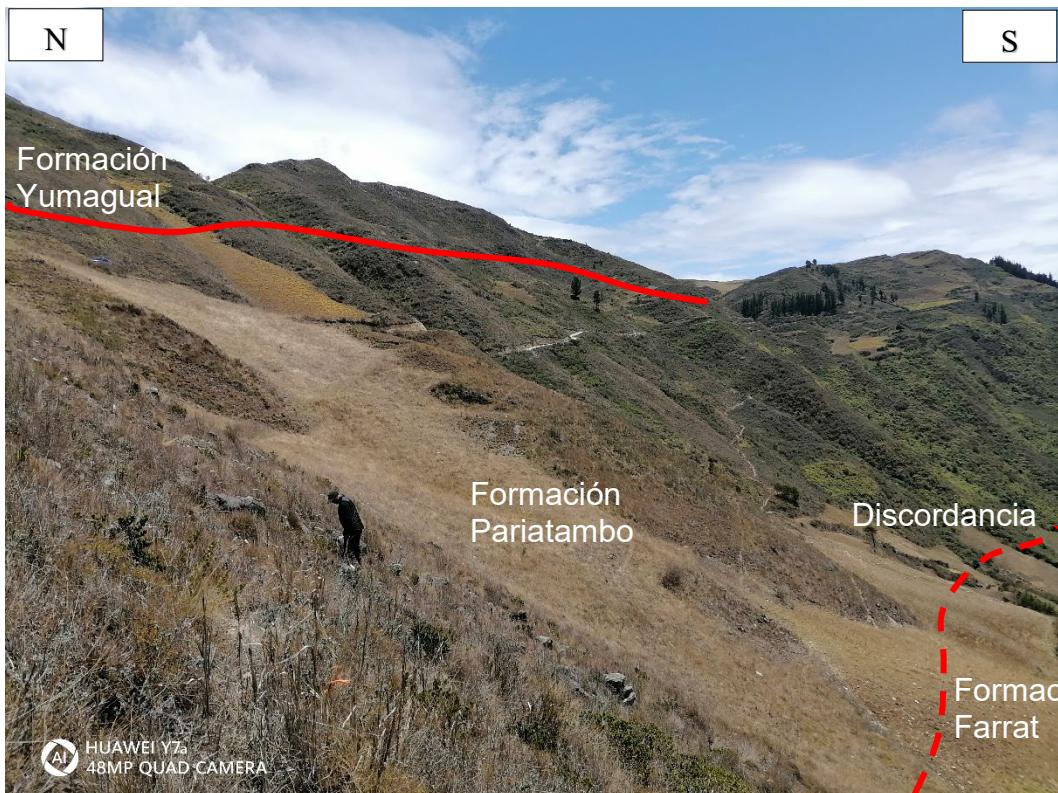


Figura 3.30. Contacto de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, delimitando el cartografiado estratigráfico del Cretáceo Inferior.

3.8.2.4 Biofacies

Se distinguen tres tipos: Amonites, Bivalvos y Gasterópodos. Los Amonites y Gasterópodos, fueron especies que se desarrollaron en el miembro inferior de la Formación Pariatambo; sin embargo, en el miembro Inferior, medio y superior se evidencian Bivalvos en las calizas nodulares en contacto con las calizas suprayacentes de la Formación Yumagual.



Figura 3.31. Amonite reemplazado por roca caliza de diámetro 7 cm. y espesor 1.5 cm. a 2 cm. con ornamentación de: Forma de costilla – plegada, protuberancia – nudos y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el Miembro inferior.



Figura 3.32. Bivalvo de longitud 8 cm., ancho 3.2 cm. y altura 2.3. cm, de forma Gervillaria (Inequivalva, inequilateral y torsionada), ubicado en el miembro inferior de la Formación Pariatambo de las calizas nodulares.



Figura 3.33. Amonite constituido por roca caliza de diámetro 8 cm. y espesor 1.5 cm. a 2 cm. con ornamentación de: Forma de costilla – plegada, protuberancia – nudos y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el Miembro inferior.



Figura 3.34. Gasterópodo de abertura 9 mm. última vuelta 1.2 cm. y altura de la concha 1.7 cm., constituido por roca caliza. Ubicado en el Miembro inferior.

3.8.2.5 Ambientes De Depositación

Geocronológicamente los ambientes de depositación de la Formación Pariatambo se originaron en ambientes reductores anóxicos de aguas estancadas y profundas, reduciendo la oxigenación de las aguas en la cuenca sedimentaria permitiendo la acumulación y putrefacción de materia orgánica, mostrando coloraciones negruzcas a bituminosas, presentando olores fétidos al

ser fracturadas. Sin embargo, la coloración bituminosa del % carbono orgánico es 1.50 a 5.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.90 a 1.00., presentando coloraciones: Negruzcas a grisáceas. Sin embargo, las lutitas parduzcas ubicadas en el miembro inferior se formaron en ambiente reductor d ϵ % carbono orgánico es 0.20 a 1.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.50 a 0.80. de flujo constante de agua en la cuenca.

5.9 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Según su objetivo: Está enfocada a la investigación aplicativa con la aportación estratigráfica de la Formación Pariatambo, de dos zonas geográficas (Ronquillo y Agomarca) mediante conocimientos: Litológicos, paleontológicos y cronoestratigráficos, enfocándose de la teoría al cartografiado en campo, brindando enriquecimiento universitario a la escuela académico profesional de ingeniería geología, consolidando mediante la presentación de la columna estratigráfica a detalle.

Según su nivel: Está conformada por investigaciones: exploratorias y correlacionales. La investigación exploratoria se aplicó en ambas zonas de estudio delimitando el techo y piso, mediante fósiles y secuencias litobioestratigráficas guía de los contactos de la Formación: Chúlec y Yumagual, comprendiendo mejor el espesor de la Formación Pariatambo, siendo técnica muy flexible para la exploración geológica interpretativa. La investigación correlacional, selecciona Formación Pariatambo a correlacionar de ambas zonas plasmadas en columnas estratigráficas mediante asociación de estratos en función: Ordenación de espesores individuales, litología de estratos y espesor – litología; para analizar e interpretar información estratigráfica.

Según su naturaleza: Tiene enfoque cualitativo, con el objetivo descriptivo la formación geológica desde: Piso al techo, agrupándolos en cambios: Texturales, litológicos, sedimentológicos, fosilíferos y cronológicos; recopilando y obteniendo información abundante de interés: Cuantitativa y cualitativa, para obtener el carácter científico basada en: observaciones, interpretaciones y análisis, a través de su propia recepción geológica.

Según el grado de manipulación de variables: No Experimental, se basó en obtener información exploratoria estratigráfica secuencial no manipulando ni cambiando, la litología; plasmándola como se encuentra en su ambiente natural, obteniendo información directa de ser estudiada posteriormente. Fundamentado que las variables independientes: Litología, estructura sedimentaria y tiempo cronoestratigráfico, se encuentran en los afloramientos rocosos como evidencias del tiempo geológico pasado del Cretácico Inferior, recolectando información de la edad Albiana.

Según su periodo: Transversal, están fundamentadas por la obtención de información observacional mediante la recopilación de variables independiente en el periodo de tiempo de la Formación Pariatambo, compuesta por observaciones que analizan variables recopiladas de la edad Albiana. recopilarán datos una sola vez y no habrá un seguimiento establecido.

Cuadro 3.9. Metodología de la investigación.

Clasificación	Tipo de investigación
según su objetivo	aplicada
según su nivel	exploratorio y correlacional
según su naturaleza	cualitativa
según el grado de manipulación de variables	no experimental
según el periodo	transversal en el tiempo

Fuente: Rojas, 2015.

3.9.1 Población

La Formación Pariatambo compuesta por dos zonas geográficas: Ronquillo y Agomarca, constituyendo áreas de extensión superficial: 121.07 Ha. (Ronquillo) y 78.32 Ha. (Agomarca), conformando el universo a ser: Estudiada, medida y cuantificada.

3.9.2 Muestra

La secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo, delimita por el piso y techo, constituido por espesores: 230 m. (Ronquillo) y 200 m. (Agomarca), en diferentes zonas geográficas, reflejando las mismas características de la población.

3.9.3 Unidad De Análisis

Las unidades de análisis son: Litología, estructuras, tiempo cronológicos y correlación litoestratigráfica, definida por la investigación mediante la unidad estratigráfica de la Formación Pariatambo.

3.9.4 Identificación De Variables

La investigación ha identificado variables: Dependientes (Litología, estructura sedimentaria, tiempo cronoestratigráfico) e independientes (Correlación litoestratigráfica), de acuerdo a causa efecto como variables, sintetizando las variables.

Cuadro 3.10. Identificación de Variables.

Variables Independientes (Causa)	Variables dependientes (Efecto)
Litología	Correlación litoestratigráfica
Estructura sedimentaria	
Tiempo cronoestratigráfico	

3.9.5 Etapas Del Desarrollo Metodológico

3.9.5.1 Recolección De Información

La recolección de información está basada en la búsqueda de bibliografía relacionada con la investigación propuesta en función: Papers, tesis, seminarios, revistas, libros, boletines, artículos e imágenes satelitales; que brindaron a desarrollar los capítulos de la tesis mediante la clasificación bibliográfica, análisis e interpretación. Por consiguiente, también son la base sistemática de reunir y medir información de diferentes fuentes obteniendo panoramas completos y precisos de la zona de interés.

3.9.5.2 Planificación

Fue basado en establecer metas graduales desde: Proyecto de tesis, elaboración y culminación de la misma; siendo de vital importantísima para definir la zona de corte geológico para el cartografiado estratigráfico de la Formación Pariatambo en ambas zonas: Ronquillo y Agomarca, buscando sobre todo zonas que muestre la amplitud de la formación geológica sobre todo en cortes de: Carretera, trochas y quebradas, logrando así obtener la base fundamental para el desarrollo de la tesis por ser una investigación correlacional.

3.9.5.3 Campo

Estuvo conformada por 12 salidas a campo, primeramente, las primeras salidas fueron para definir la sección de corte geológico compuesta por 2 ayudantes, obteniendo resultados satisfactorios y progresivos, en ambas zonas de investigación ayudados por el Google Earth para mejores visualizaciones con archivos KMZ. Por consiguiente, la estratigrafía de zona Ronquillo se ubica en una carretera como eje principal de corte delimitado transversalmente por dos quebradas: Ronquillo Alto y Campanillo, observándose su mayor magnitud esta formación geológica, constituidas por 5 salidas a campo. Por lo contrario, la zona de Agomarca se realizó varias salidas a campo conformando un total 7 salidas

por estar cubierto de depósitos cuaternarios, aprovechando la trocha carrozable en la realización de los cartografiados estratigráficos puntuales de afloramiento de rocas para completar la columna estratigráfica. Finalmente lo conformaron 7 personas de apoyo para obtener información de campo detallada de la Formación Pariatambo por cada zona de estudio.

3.9.5.4 Gabinete

Definitivamente la etapa gabinete muestra seleccionamiento de información del trabajo de campo plasmándola en cuadros Excel, sirviendo de base: Similitudes, diferencias, codificaciones y tabulaciones; ya sea de muestras de: Rocas, fósiles, panel fotográfico e instrumentación utilizada en campo. Realizando seleccionamiento y ubicaciones, para obtener la columna estratigráfica detallada y concisa con la información brindada.

3.9.5.5 Procesamiento

Se utilizó computadoras fundamentadas por softwares computacionales: ArcGis, AutoCAD, Google Earth, Google Maps y Microsoft Office, para el procesamiento de información desde la etapa: Campo y gabinete, logrando obtener resultados de consistencia y valides, en el documento de la tesis mediante: Gráficas, planos, tablas, fotos, etc. mostrando la secuencia litobiocroestratigráfica de la Formación Pariatambo.

3.9.5.6 Interpretación De Datos

Es la información final interpretativa de la secuencia estratigráfica de cada zona, delimitando composiciones litológicas desde: Piso al techo de la columna, seccionándola por tramos logrando correlacionar ambos campos estratigráficos, para obtener conclusiones precisas: Positivas o negativas, del área de investigación.

3.9.6 Materiales, Equipos, Transporte Y Soporte Técnico

3.9.6.1 *Materiales*

Están compuestos por artículos de escritorio como: Lapiceros, colores, plumones indelebles, borrador, corrector, regla graduada, tajador, plumones, porta tablero, carta geológica, imagen satelital y libreta de apuntes; usados para: Describir, dibujar y proyectar, plasmándolas en planos o libretas de apuntes.

3.9.6.2 *Equipos*

Fueron importantes en la toma de información del afloramiento rocoso siendo utilizando: GPS garmin (Navegatorio), brújula brunton, picota, lupa, protactor, rayador, cámara fotográfica, celular, flexómetro, wincha y ácido clorhídrico.

3.9.6.3 *Transporte*

Se utilizaron vehículos para movilizar al personal de apoyo a los puntos específicos de la formación geológica conformados por: Camioneta (4 x 4 o 4 x 2), miniván y moto lineal

3.9.6.4 *Soporte Técnico*

Son los programas computaciones utilizados para cartografiados de campo con extensiones: ArcGis y Google Earth, para minimizar errores de campo y aprovechar el tiempo exploratorio. Sin embargo, fueron fundamentados por: Recopilación, Procesamiento e interpretación. Utilizándose los siguientes softwares: ArcGis, AutoCAD, Google Earth, Google Maps, SASPlanet, Global Mapper y Microsoft Office,

3.9.6.5 Control De Calidad

Aspecto importante desde el reconocimiento litológico de la Formación Pariatambo en el cartografiado geológico, así como obtención de información del espesor de los estratos, mediante la utilización: GPS, brújula brunton, wincha, flexómetro, etc., siendo de vital importancia la calibración de instrumentos y equipos, para minimizar errores: Sistemáticos, aleatorios, o negligencia, del personal al no ser capacitados que función cumplen cada profesional en la obtención información de campo como en la manipulación de: materiales, equipos y maquinarias.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La hidrología de la zona: **Ronquillo**, está delimita por la Formación Pariatambo, por las qdas.: Capellanía y Urubamba Alto, confluendo ambas quebradas formando el río Urubamba con orientación WNW-ESE, con longitud de 0.640 Km.; evacuando sus aguas al río Urubamba a la altitud 3,065 msnm. Sin embargo, confluendo a la altitud 2,830 msnm. los ríos: Urubamba y Ronquillo formando el río San Lucas siguiendo su curso con orientación WNW-ESE, con longitud de 6.62 Km. evacuando sus aguas al río Mashcón a los 2,660 msnm. cambiando su curso con orientación SSE, evacuando sus aguas al río Chonta a los 2,640 msnm. con orientación NW-SE, luego cambiando a orientación NW-SE, conformando longitud total de 54.85 Km. siguiendo su curso aguas abajo cambia de nombre a río Cajamarquino, con longitud 45.40 Km, confluendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35.45 Km., desembocando con el río Marañón a los 1,050 msnm. con orientación SSE-NNW, recorriendo aproximadamente 253,284.50 Km. interceptando con el río Chinchipe a los 390 msnm. con orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico; y **Agomarca** está definida por la quebrada Yumagual, perteneciente al distrito de San Juan, con orientación NNW-SSE, con longitud de 3.890 Km., evacuando sus aguas al río Choten en la cota 2,400 msnm. cambiando a orientación NNE-SSW con longitud de 3.900 Km., evacuando sus aguas al río San Juan en la cota 1,750 msnm. cambiando a orientación ENE-WSW con una longitud de 3.450 Km., confluendo y formando el río Magdalena en la cota 1,600 msnm. cambiando a orientación WNW-ESE con una longitud de 34.100 Km., formando aguas abajo el río Chilete con

orientación ESE-WNW, con una longitud de 10.200 Km., cambiando de nombre a río Jequetepeque en el centro poblado Salitral en la altitud 710 msnm. recorriendo orientación ENE-WSW, con una longitud 88.500 Km.; desembocando las aguas en el Océano Pacífico, en el centro poblado: La Boca del Río, perteneciente al departamento: La Libertad, provincia: Pacasmayo y distrito: Jequetepeque.

Las geoformas estas compuestas por rocas sedimentarias Mesozoicas – Cenozoicas, del Cretáceo Inferior y Cuaternario Holocénico, generando modelamientos superficiales en las áreas de investigación de la Formación Pariatambo, constituida por la zona: **Ronquillo** presenta unidades geomorfológicas porcentuales mayores al 40%, compuestas por: Planicies y lomadas, siendo afectadas directamente por la meteorización: Física y química, del basamento rocoso y depósitos cuaternarios; generándose mayores erosiones en la Formación Pariatambo por estar paralela al azimut (Az.) 292° del estrato, generando socavamientos en los estratos lutáceos bituminosos de textura laminar del miembro: Inferior y medio, de la secuencia estratigráfica, formando en algunos casos unidades menores como: Quebradas, cascadas, cárcavas y terrazas, generando transporte y acumulaciones de sedimentos constituyendo depósitos cuaternarios; y **Agomarca** presenta alineamientos goestructurales montañosos de orientación WSW-ENE, y unidades menores como terrazas, que cortan de forma transversal en orientación NNW-SSE a la cordillera montañosa evacuando sus aguas a la quebrada Yumagual; cubiertos en su totalidad por vegetación y depósitos cuaternarios, siendo conformado unidades morfogenéticas porcentuales mayores al 20% compuestas por: Planicies, lomadas y laderas, ubicándose la secuencia estratigráfica transversal en orientación Az. = 277° al estado erosivo no afectado al miembro: Medio e superior, sin embargo, el miembro inferior está muy propensa a erosiones por estar conformado por paquetes lutáceos parduzco.

La litología de la Formación Pariatambo en ambas zonas: Ronquillo y Agomarca, presenta secuencias de calizas: Tabulares, nodulares y lenticulares bituminosas de color negruzco de olor fétido, con intercalaciones de lutitas (Bituminosas a pardas), formado por acumulaciones graduales de sedimentos

con alto contenido orgánico en el fondo de la cuenca, ayudados por el bajo flujo de agua y abundante acumulación de sedimentos redujeron la oxigenación en la cuenca de origen, originando rocas bituminosas en algunos casos siendo piritizados por: Temperatura, presión y ambiente de formación energética en los nódulos fosilíferos. Sin embargo, presenta secuencias de estratos margosos, conformando facies sedimentológicas de margas, por la abundante precipitación acarreando sedimentos arcillosos con disolución de carbonatos. Sin embargo, se evidenció biozonas de presencia fosilífera: Amonites, bivalvos y gasterópodos, ubicados en el miembro inferior en las rocas: Lutáceas y calizas nodulares en gran abundancia fosilífera y también ubicados solo bivalvos en el miembro superior de menor proporción; perteneciendo fauna exclusivamente pelágica. Por consiguiente, el miembro superior presenta intercalaciones de calizas nodulares bituminosas componentes y secuencias de lutitas negruzcas generándose por procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con bandeamientos verduzcos de espesor: 8.00 m. a 12.00 m., de coloraciones marrones a oscuros, presentando en su facie estructuras lenticulares, pasando posteriormente a paquetes lutáceos suprayaciendo estratos de secuencia rítmica de calizas nodulares y lutitas, llegando al techo con calizas nodular con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 250.00 m.

Las estructuras sedimentarias, en la zona: Ronquillo y Agomarca, son la disposición por agentes geológicos por la influencia del tipo: Químico y biológico, por su: Geometría (Lenticular, nodular y tabular), condición de flujo (Laminar y turbulento), condiciones de sustrato (blando, firme y duro) y proceso de sedimentación (Mecánico, químico y biológico). La zona Ronquillo presenta laminaciones paralelas entre las superficies limítrofes de las litologías rocosas no detríticas. Sin embargo, las estructuras slumps se evidencia en la zona del ronquillo a los 85 m del piso en las alternancias rítmicas de calizas margosas – lutitas de textura fisil, formando estratos deformados intercalados entre los estratos verticales a sub-verticales. Por consiguiente, se evidencian nódulos de forma esférica a irregular de 0.10 m a 0.15 m. de diámetro en algunos casos por

origen primario o diagenético de estructura concéntrica, evidenciándose concreciones de forma sub-esféricas a discoidales 1.50 m. a 2.50 m.; también observándose estructuras septarias de forma esférica a sub-esféricas de diámetro 0.15 m. a 0.25 m. conformado por grietas radiales a concéntricas. Por lo contrario, la zona Agomarca, muestra laminaciones lutáceas calcáreas horizontales a sub-horizontales, con presencia de calizas tabulares, lenticulares y nodulares a margosas, constituyendo zonas de estratificación secuencial

El tiempo cronológico de la Formación Pariatambo inició hace 107 Ma. hasta 98 Ma. en el Mesozoico, Cretáceo Inferior de la edad Albina perteneciente al Grupo Crisnejas, formándose en ambientes reductores anóxicos de aguas estancadas y profundas, reduciendo la oxigenación de las aguas en la cuenca sedimentaria permitiendo la acumulación y putrefacción de materia orgánica, mostrando coloraciones negruzcas a bituminosas, sin embargo, la zona Ronquillo presenta coloración bituminosa del % carbono orgánico es 1.50 a 5.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.90 a 1.00., presentando coloraciones: Negruzcas a grisáceas. Por lo contrario, la zona Agomarca muestra coloración bituminosa del % carbono orgánico es 1.50 a 5.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.90 a 1.00., presentando coloraciones: Negruzcas a grisáceas. Sin embargo, las lutitas parduzcas ubicadas en el miembro inferior se formaron en ambiente reductor de % carbono orgánico es 0.20 a 1.00, con fracción molar de Fe^{2+} 0.50 a 0.80. de flujo constante de agua en la cuenca.

La correlación estratigráfica está conformada por tres miembros (Inferior, medio y superior), estratigráficamente constituidos por:

Miembro inferior:

Zona Ronquillo, inicia con gruesos paquetes: 0.50 m. a 3.50 m. de lutitas bituminosas de textura fisil, presentando biozonas de contenido fosilífero: Amonites (*Oxitropidoceras Carbonarium*) y bivalvos, habiéndose formando segregación de minerales por precipitados formando concreciones esféricas a elipsoides, distribuidos heterogéneamente, en la secuencia lutácea; en algunos casos englobando fósiles por la precipitación; conformando secuencias

sedimentarias de calizas bituminosas tabulares, con texturas de estratificación paralela, laminación y concreciones, estableciendo secuencia negativa desde 00.00 m. a 65.00 m.

Zona Agomarca, inicia con paquetes: 0.50 m. a 1.00 m. de lutitas bituminosas o parduzcas de textura fisil, presentando biozonas de contenido fosilífero: Amonites (*Oxitropidoceras Carbonarium*), Bivalvos y Gasterópodos, conformando secuencias sedimentarias de calizas bituminosas: Tabulares y lenticulares, con texturas de estratificación: Paralela y laminación, estableciendo secuencia rítmica desde 00.00 m. a 45.00 m.

Miembro medio:

Zona Ronquillo, muestran secuencias: Negativas y positivas, de regresión y transgresión suprayacen en la base de este miembro medio calizas: Nodulares y masivas, con intercalaciones de margas y lutitas, evidenciándose texturas lenticulares, laminares y estratificación secuencial desde 65.00 m. a 150.00 m.

Zona Agomarca, muestran secuencias: Negativas, positivas y rítmicas, de regresión y transgresión suprayacen en la base de este miembro medio calizas: Nodulares y masivas, con intercalaciones de calizas, margas y lutitas, con presencia de bivalvos en su secuencia estratigráfica, evidenciándose texturas lenticulares, laminares y estratificación secuencial desde 45.00 m. a 150.00 m.

Miembro superior

Zona Ronquillo, inicia con intercalación de calizas nodulares bituminosas componentes y secuencias de lutitas negruzcas generándose por procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con

bandeamientos verduzcos, marrones a oscuros, presentando en su facie estructuras lenticulares, pasando posteriormente a paquetes lutáceos suprayaciendo estratos de secuencia rítmica de calizas nodulares y lutitas, llegando al techo con calizas nodular con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 230.00 m.

Zona Agomarca, inicia con intercalación de estratos lutáceos, calizas nodulares y calizas masivas bituminosas; originándose por procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con bandeamientos marrones a oscuros, presentando en su facie estructuras lenticulares, pasando posteriormente a paquetes lutáceos suprayaciendo estratos de secuencia rítmica de calizas nodulares y lutitas, llegando al techo con calizas nodular con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 200.00 m.

5.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas: Agomarca y Ronquillo, está determinada por las características litológicas por calizas: Tabulares, nodulares y lenticulares bituminosas de color negruzco de olor fétido, con intercalaciones de lutitas (Bituminosas a pardas), formado por acumulaciones graduales de sedimentos con alto contenido orgánico en el fondo de la cuenca, ayudados por el bajo flujo de agua y abundante acumulación de sedimentos redujeron la oxigenación en la cuenca de origen, originando rocas bituminosas en algunos casos siendo piritizados por: Temperatura, presión y ambiente de formación energética en los nódulos fosilíferos. Sin embargo, presenta secuencias de estratos margosos, conformando facies sedimentológicas de margas, por la abundante precipitación acarreando sedimentos arcillosos con disolución de carbonatos. Evidenciándose biozonas de presencia fosilífera: Amonites, bivalvos y gasterópodos, ubicados en el miembro inferior en las rocas: Lutáceas y calizas nodulares en gran abundancia fosilífera y también ubicados solo bivalvos en el miembro superior de menor

proporción; perteneciendo fauna exclusivamente pelágica; del ambiente de sedimentación de la plataforma carbonatada, estructuras, tiempo cronoestratigráfico y facies sedimentarias, así también por procesos que afectaron los medios sedimentarios como: Eustatismo y erosión, a través del tiempo geológico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Las columnas estratigráficas de la Formación Pariatambo en la zona: Ronquillo (Espesor: 230 m.) y Agomarca (Espesor: 200 m.); siendo limitado por tres miembros: **Inferior** (Zona: Ronquillo, inicia con lutitas bituminosas de grosor: 0.50 m. a 3.50 m., con biozonas: Amonites y Bivalvos, con estructuras nodulares y concreciones estableciendo una secuencia negativa desde 00.00 m. a 65.00 m.; y Agomarca, inicia con grosor: 0.50 m. a 1.00 m. de lutitas bituminosas o parduzcas de textura fisil, con biozonas: Amonites, Bivalvos y Gasterópodos, con secuencias de calizas: Tabulares y lenticulares, con estratificación paralela estableciendo secuencias rítmicas desde 00.00 m. a 45.00 m.), **medio** (Zona: Ronquillo, presenta calizas nodulares y masivas, con intercalaciones de margas y lutitas, textura laminar y tabular, desde 65.00 m. a 150.00 m, constituyendo secuencias: Negativas y positivas; y Agomarca, presenta intercalaciones de calizas nodulares, masivas, margas y lutitas, con textura lenticular, laminar y tabular y presencia de Bivalvos, abarcando desde 45.00 m. a 150.00 m. con secuencias: Negativas, positivas y rítmicas) y **superior** (Zona: Ronquillo, presenta intercalaciones de calizas nodulares con lutitas negruzcas, con secuencias de chert de bandeamientos marrones a oscuros, con estratos de calizas nodulares y lutitas, de contenido fosilífero Bivalvos, desde 150.00 m a 230.00 m.; y Agomarca, inicia con intercalaciones de estratos lutáceos, calizas nodulares y masivas; con secuencias chert, finalizando con paquetes lutáceos con secuencias rítmicas de calizas

nodulares y lutitas, con contenido fosilífero de bivalvos, desde 150.00 m a 200.00 m.)

- Los espesores de los estratos de la Formación Pariatambo, están conformadas por las zonas: Ronquillo (Caliza masiva (88.57 m. / 38.51 %), lenticular (0.98 m. / 0.43 %), nodular (44.47 m. / 19.33 %), marga (26.89 m. / 11.69 %), lutita (55.59 m. / 24.17 %), chert (13.50 m. 5.87 %)) y Agomarca (Caliza masiva (40.86 m. / 20.43 %), lenticular (0.50 m. / 0.25 %), nodular (56.32 m. / 28.16 %), marga (22.40 m. / 11.20 %), lutita (71.92 m. / 35.96 %), chert (8.00 m. 4.00 %)), definido en función de espesor y porcentaje equivalente de cada zona.
- Las estructuras sedimentarias, en la zona: Ronquillo (Presenta laminaciones, estratos, slumps, nódulos, concreciones, septarias y biogénicas) y Agomarca (Muestra laminaciones, estratos y biogénicas)
- El levantamiento de la columna litoestratigráfica detallada en la Formación Paritambo para la zona de Ronquillo confirma un espesor de 230 m, superior a los registros que muestra el boletín N° 31.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar una correcta correlación Litoestratigráfica es imprescindible apoyarse de todos los principios de correlación como son los fósiles guía y las capas guía.
- Realizar secciones delgadas de los contenidos carbonatados para una clasificación precisa de la litología.
- Para realizar futuras visitas técnicas o exploratorias a la zona de Agomarca se recomienda agenciarse de pases u autorizaciones por parte de la autoridad competente del centro poblado debido a los conflictos sociales encontrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. (2010). *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid – España: Gráficas blanco, S.L.
- Bazán, J. (2016). *La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del Albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgada* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/106>
- Blandón, A. (2002). *Principios de estratigrafía*. Universidad Nacional de Colombia.
- Boggs, S. (2006). *Principles of sedimentology and stratigraphy 4th edition*. New Jersey – Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.
- Clima y tiempo promedio en todo el año en Chiltepe Perú. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19956/Clima-promedio-en-Cajamarca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Coe, A. (2003). *The sedimentary record of sea – level change*. New York – Estados Unidos: Cambridge.
- Dávila, V. (2011). *Diccionario geológico*. INGEMMET. Lima – Perú: Arth Grounting S.A.C.

Escobedo, F. (2017). *Estratigrafía secuencial de la Formación Pariatambo en el centro poblado de Puyllucana, distrito de Baños del Inca - Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1406>

García, A. (2018). *Litoestratigrafía de la Formación Pichu en la parte alta de la cuenca del río Tambo (Moquegua – Puno, sur del Perú)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Marcos. Recuperado de
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7928>

Herdberg, H. (1980). *Guía estratigráfica internacional: Guía para la clasificación y terminología y procedimientos estratigráficos*. Barcelona – España: Editorial Reverté.

Hutton, J. (1788). *Theory of the earth, ora n investigation of the laws observabke in the composition, dissolution, and restoration of and upon the globe*. Trans. Roy. Soc. Edinb.; 1. págs. 109-304.

Julca, V. (2022). Caracterización lito-bioestratigráfica de la formación Pariatambo en el caserío de Carahuanga del distrito de Baños del Inca (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4788>

Lagos, A. (2009). *Estudio estratigráfico y estructural del sector sur-este de la cuenca Holocénica Ronquillo. Cajamarca – Perú* (Tesis de post grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Marvin, J. (1960). *Stratigraphic principles and practice*. New York – Estados unidos. Editor Carey Croneis.

Martínez, J., y Álvarez, O. (1981). *Mapas geológicos: Explicación e interpretación 2da Edición*. Madrid - España. Paraninfo S.A.

Miall, A. (2016). *Stratigraphy: A Modern synthesis*. Toronto - Canadá: Springer.

Navarrete, E. (2016). *Apuntes de estratigrafía y sedimentología*. Escuela Superior Politécnica del litoral – Facultad de ingeniería en ciencias de la tierra.

Navarro, P. (2007). *Mapa geológico del cuadrángulo de Cajamarca, escala 1/50,000 hoja 15-f cuadrante-I*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy 2nd edition*. Oxford – United State: Wiley- blackwell

Olivo, M. (2016). *Análisis sedimentológico y estratigráfico secuencial de los sistemas fluviales y eólicos del Valanginiano en el sector central de la provincia de Neuquén, Cuenca Neuquina, Argentina* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de
<https://core.ac.uk/download/pdf/187728267.pdf>

Ponce, J., Carmona, N., y Montagna, A. (2018). *Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas: Descripción, análisis e interpretación a partir de afloramientos, testigos corona y registros de imágenes de pozo*. Buenos Aires – Argentina: Fundación YPF.

Pozo, E. (2015). *Estratigrafía de secuencias en rocas carboníferas Pérmicas en El Pongo de Mainique e integrada al subsuelo de la subcuenca Camisea, Cuzco – Perú*. Revista del instituto de investigación, FIGMMG – UNMSM: VOL. 20, N° 39, pág. 39-48.

Recuperado de

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/igeo/article/view/14164>

Pozo, E. (2019). *Estratigrafía de secuencias en rocas del Pérmico aplicada a la exploración hidrocarburífera en las cuencas del sur oriente peruano* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Marcos.

Recuperado de

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11637>

Reyes, R. (1980). *Boletín N° 31 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Suárez, P. (2015). *Sedimentología y paleogeografía de los sistemas de humedales costeros de Fm Leza (Cretáceo Inferior, Cuenca de Cameros): implicaciones en el origen y desarrollo de los depósitos microbianos asociados* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/33027/1/T36372.pdf>

Quintas, F. (1986). *Estratigrafía y sedimentología*. La Habana – Cuba. Editorial pueblo y educación.

Reguant, S., y Ortiz, R. (2001). *Guía estratigráfica internacional*. Revista de la sociedad geológica de España, Vol 14 (3 - 4), págs. 270-293.

Reguant, S. (1971). *Los conceptos de facies en estratigrafía*. Acta geológica hispánica, t VI (1971), N° 4, págs. 97-101.

Rojas, R. (2013). *Guía para realizar: Investigaciones sociales octava edición*. México: Plaza Valdés P y V

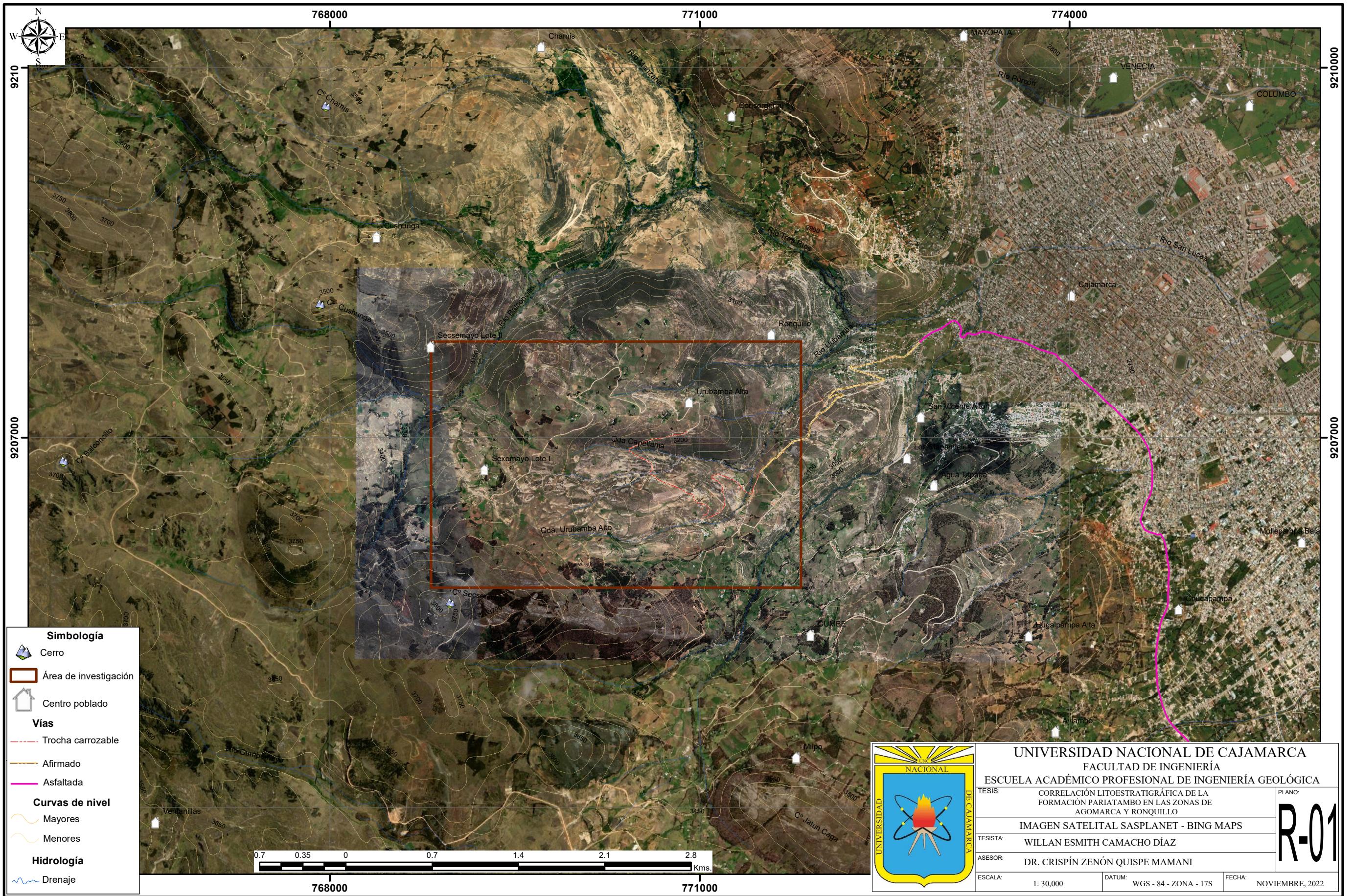
Steno, N. (1669). *Nicolás Steno y los Principios Metodológicos de la Geología*. Universidad de Granada, Dinamarca.

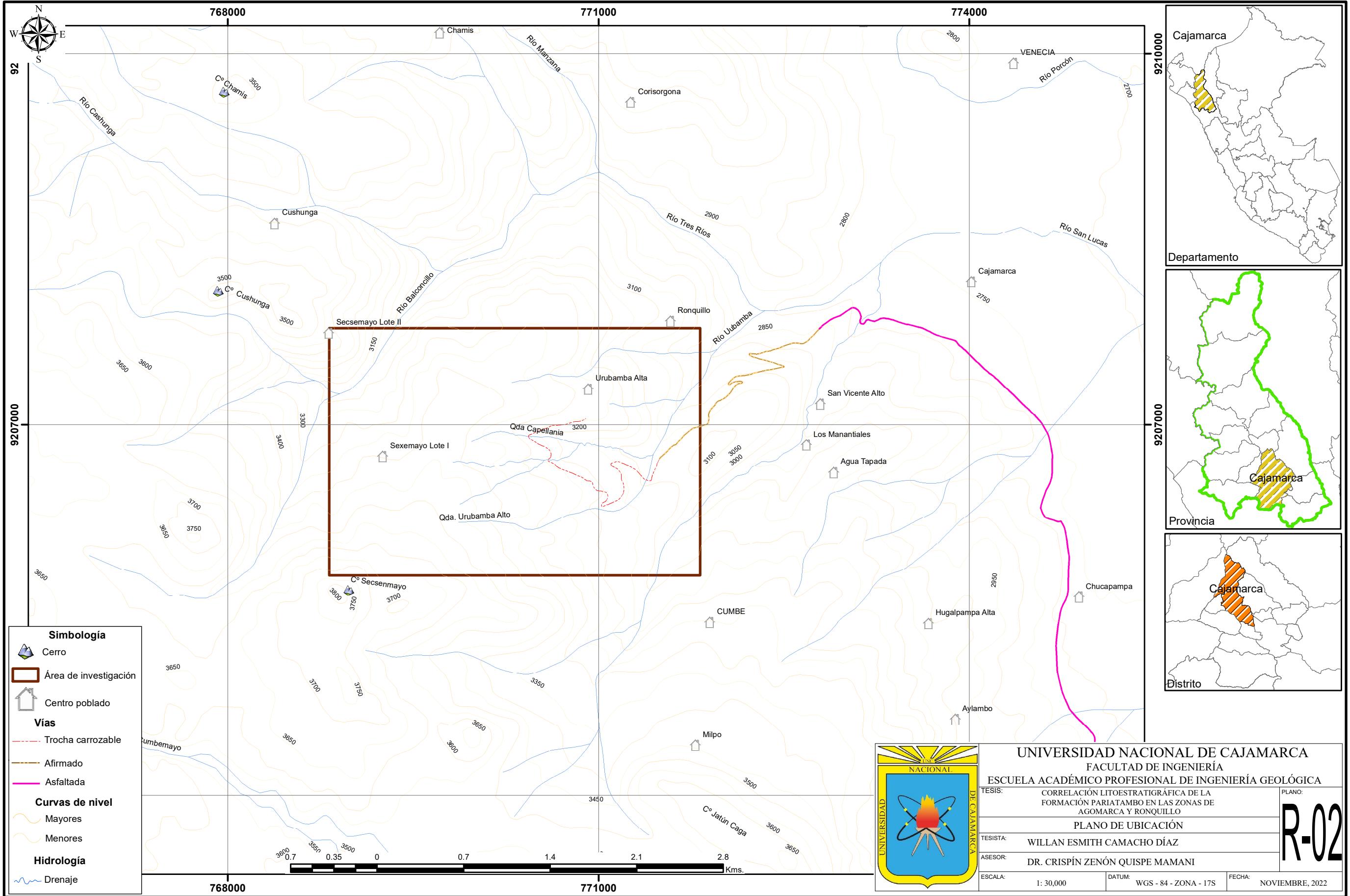
Vera, J. (1994). *Estratigrafía: Principios y métodos*. Madrid – España: Editorial Rueda, S.L.

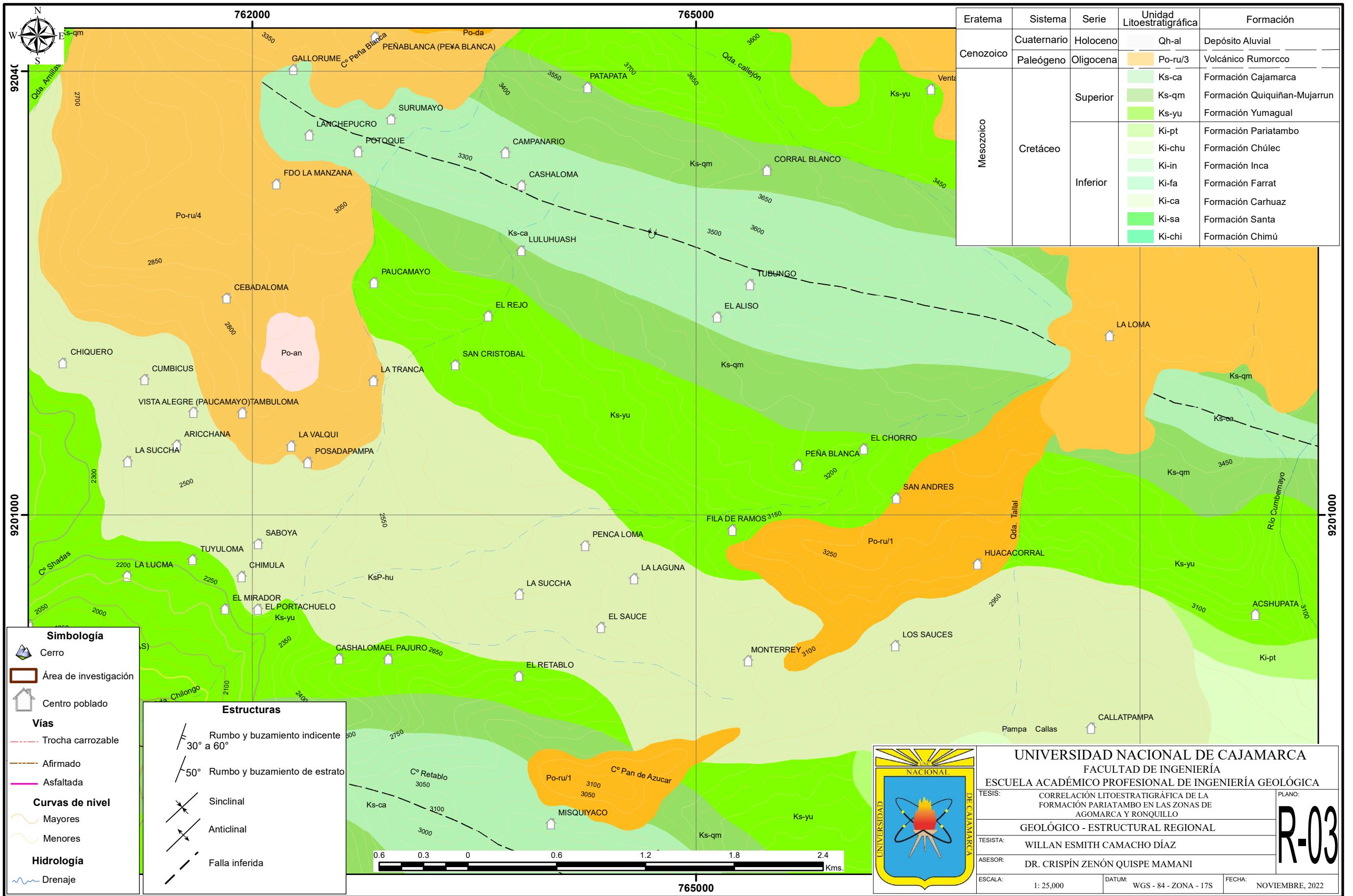
Zepeda, M. (2013). *Estratigrafía y sedimentología de la sierra del Tentzo, estado de Puebla, México* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de
https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=pgevJ2&d=false&q=*&i=4&v=1&t=search_0&as=0

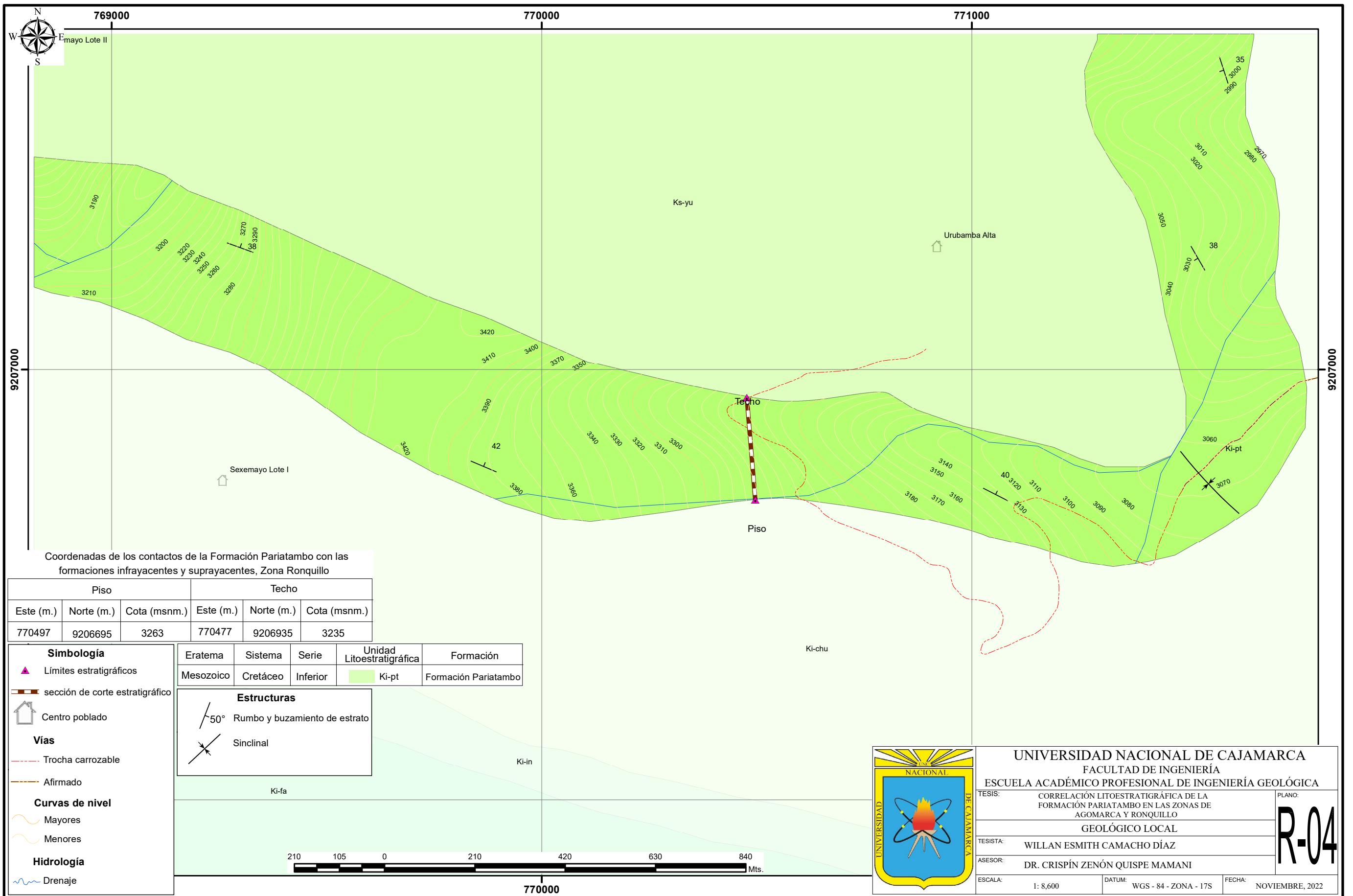
ANEXOS

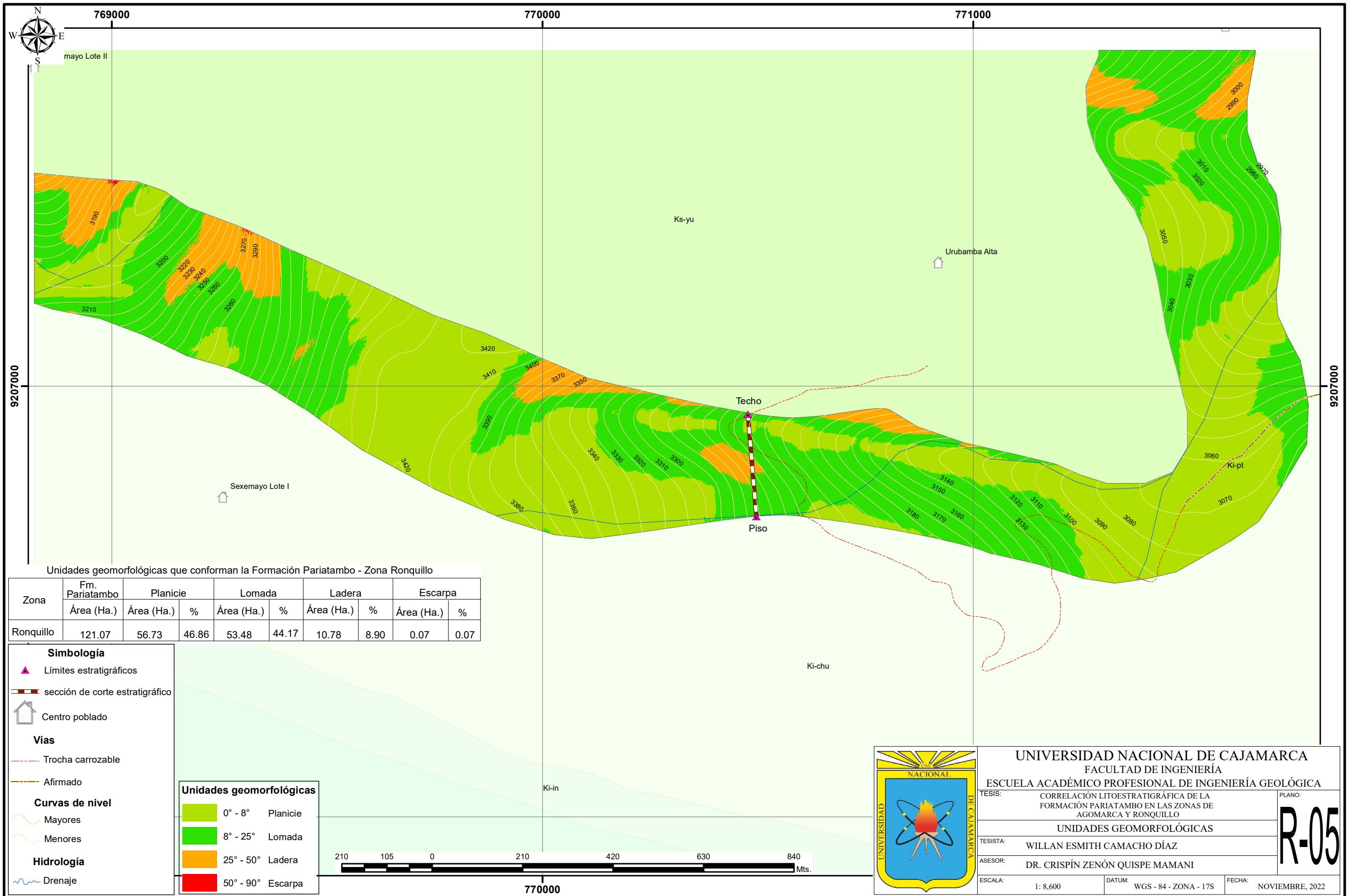
ANEXO A
ZONA RONQUILLO



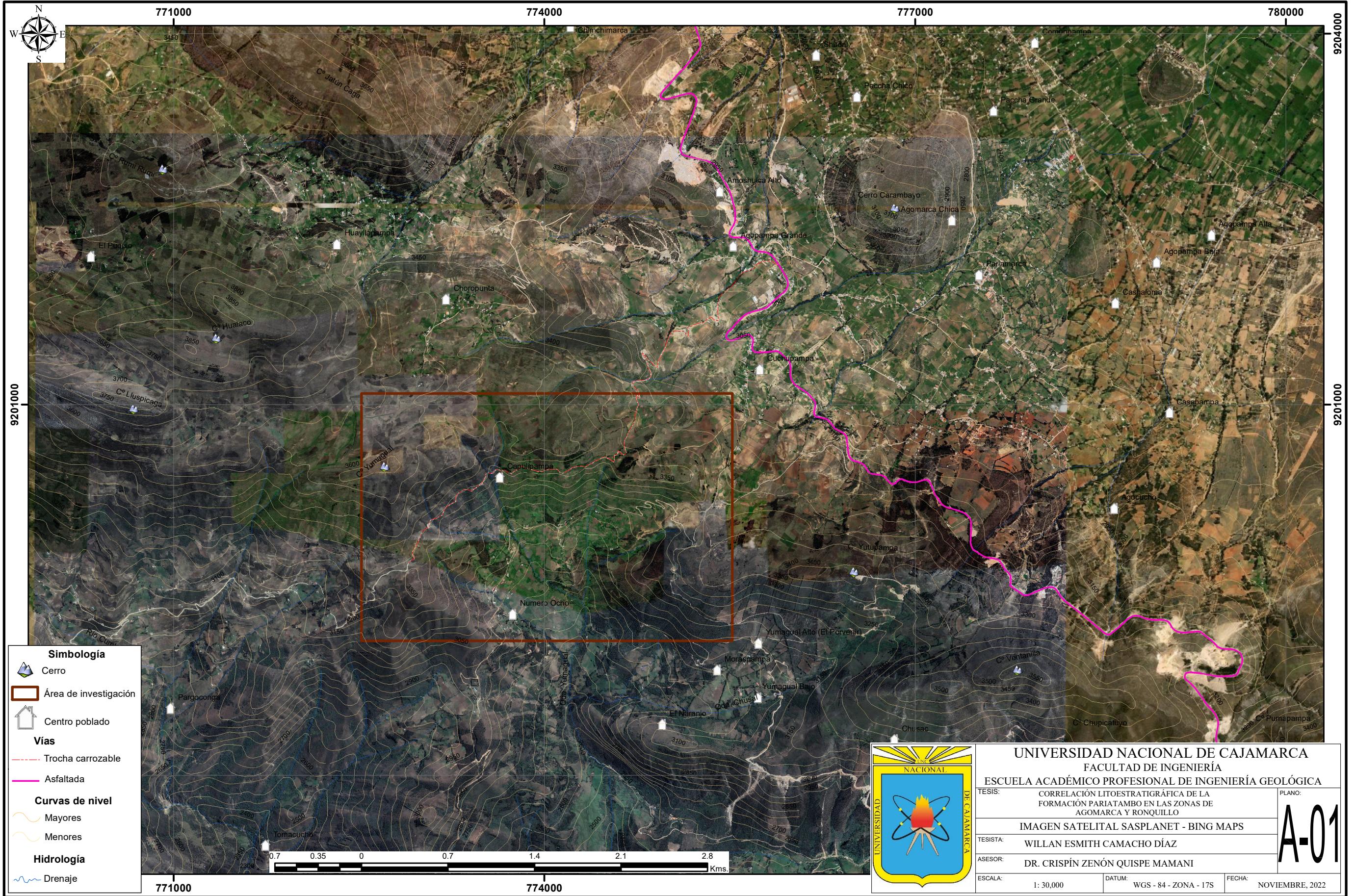


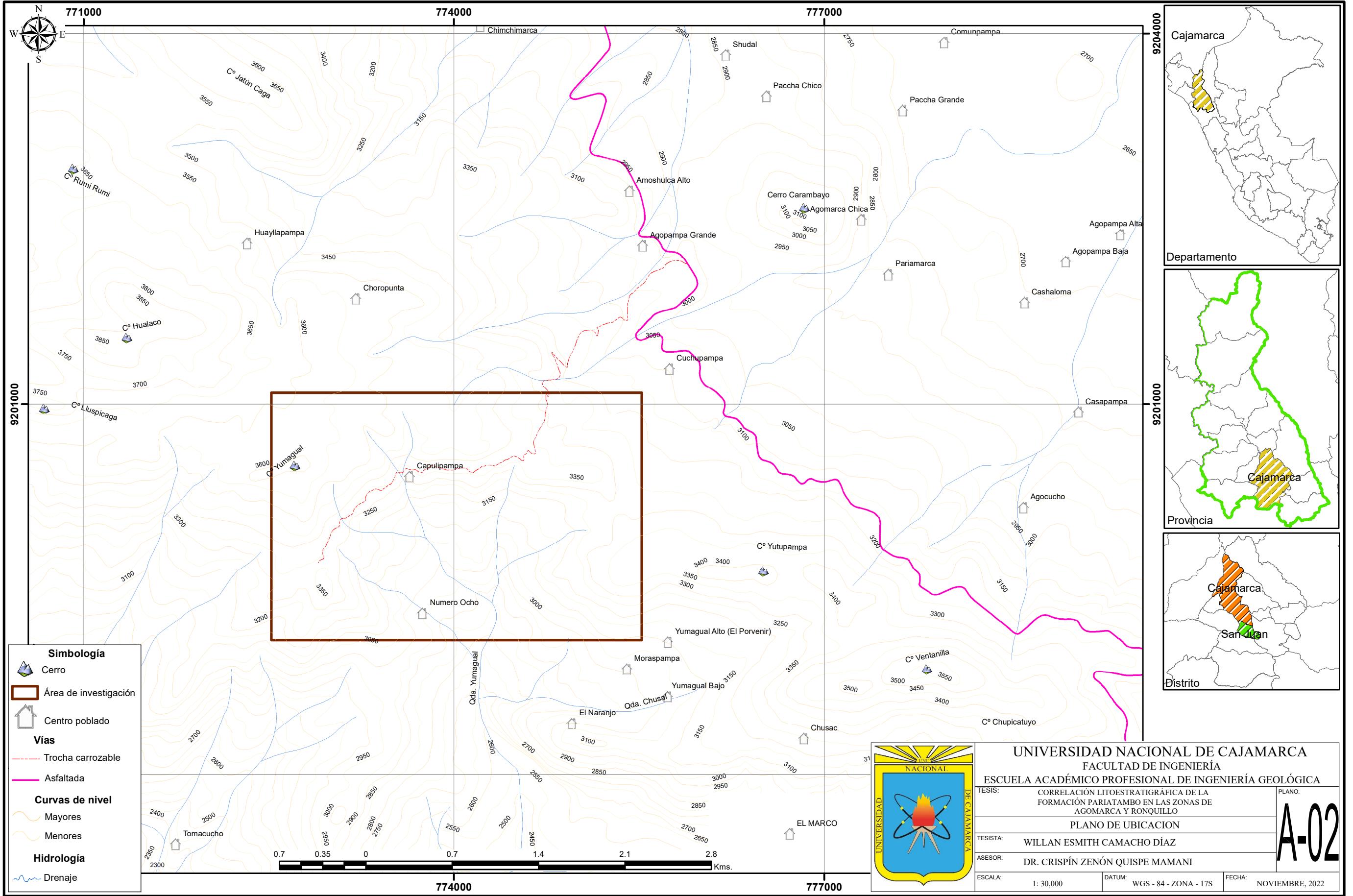


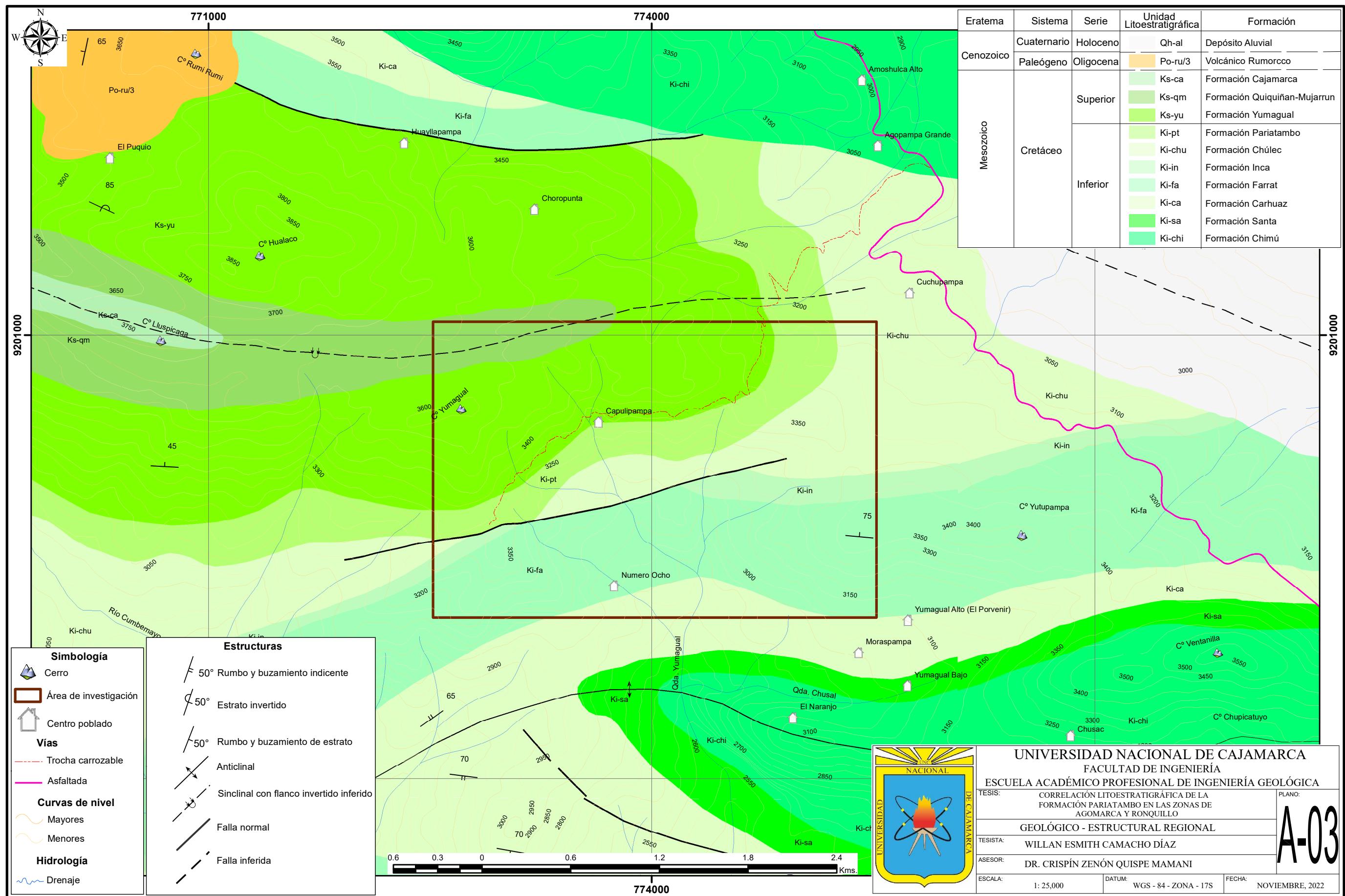


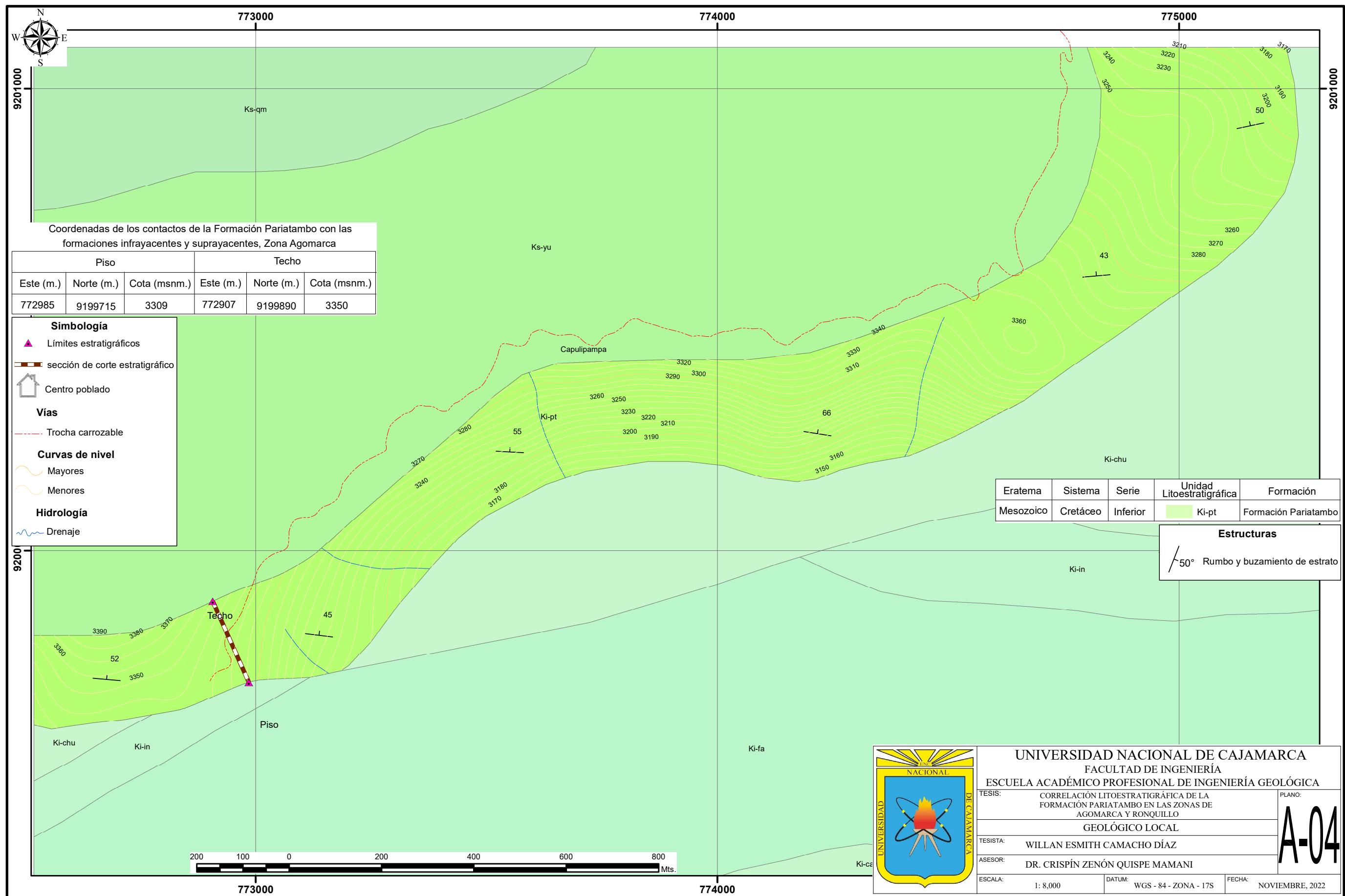


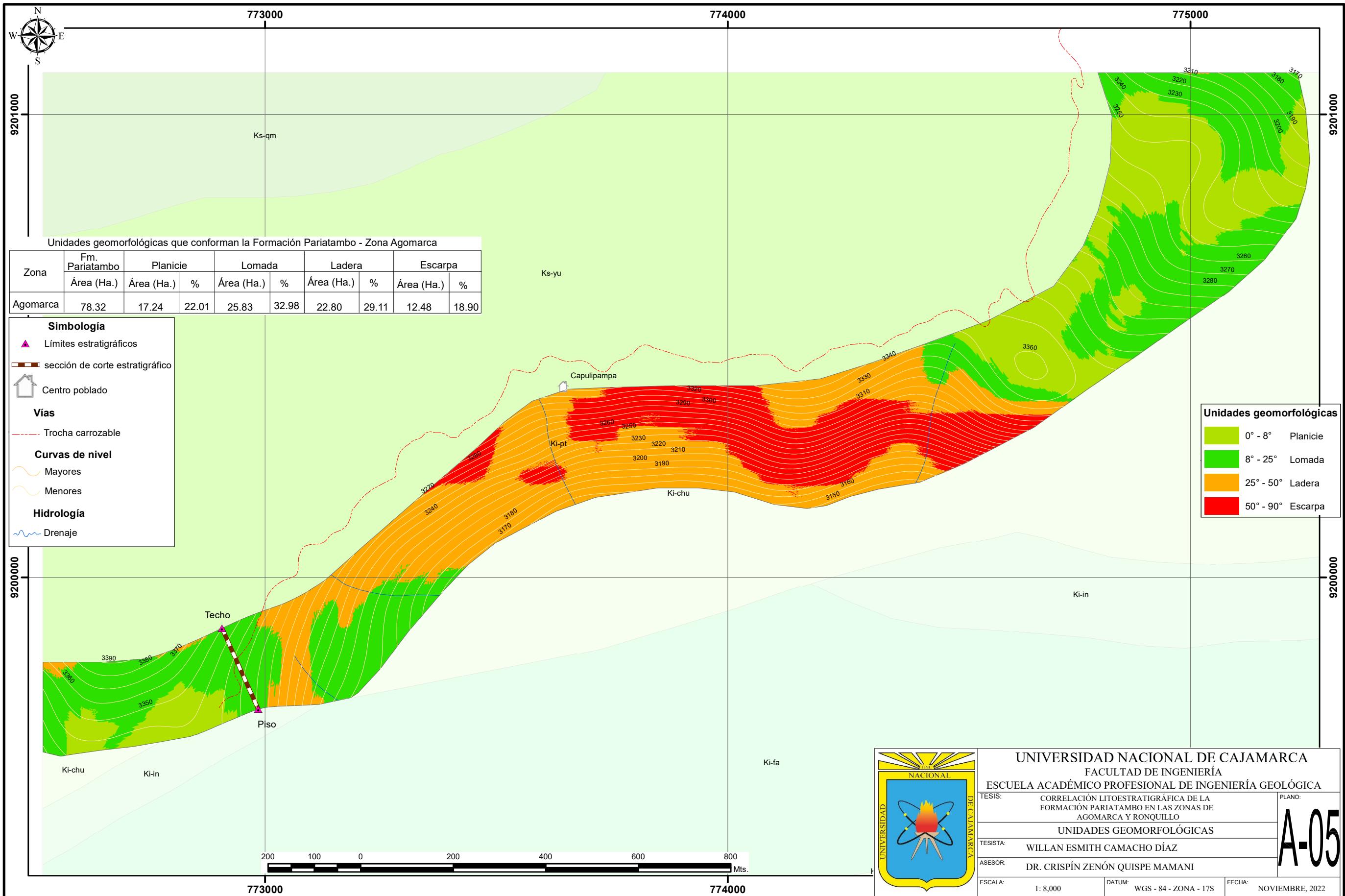
ANEXO B
ZONA AGOMARCA

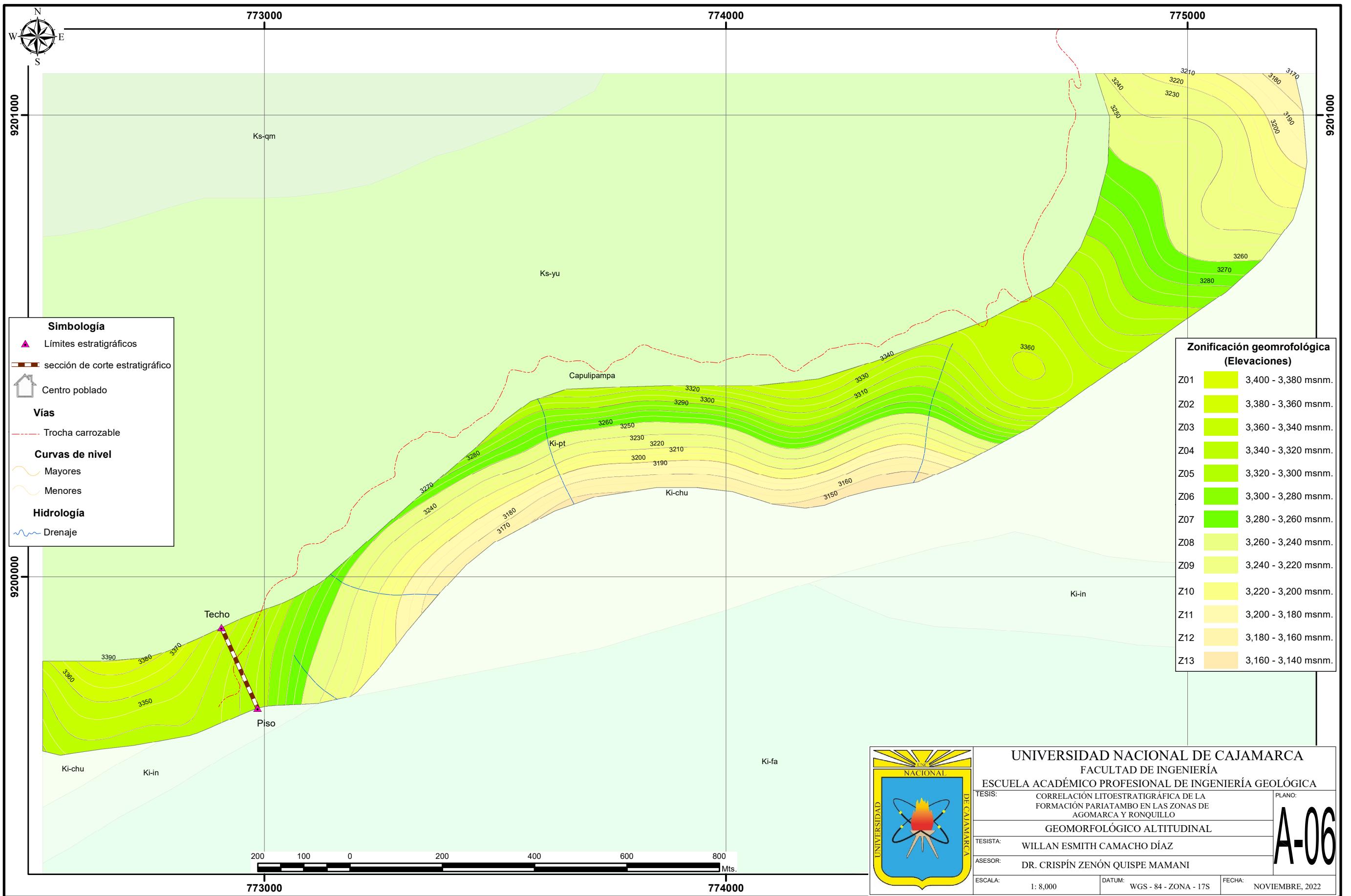




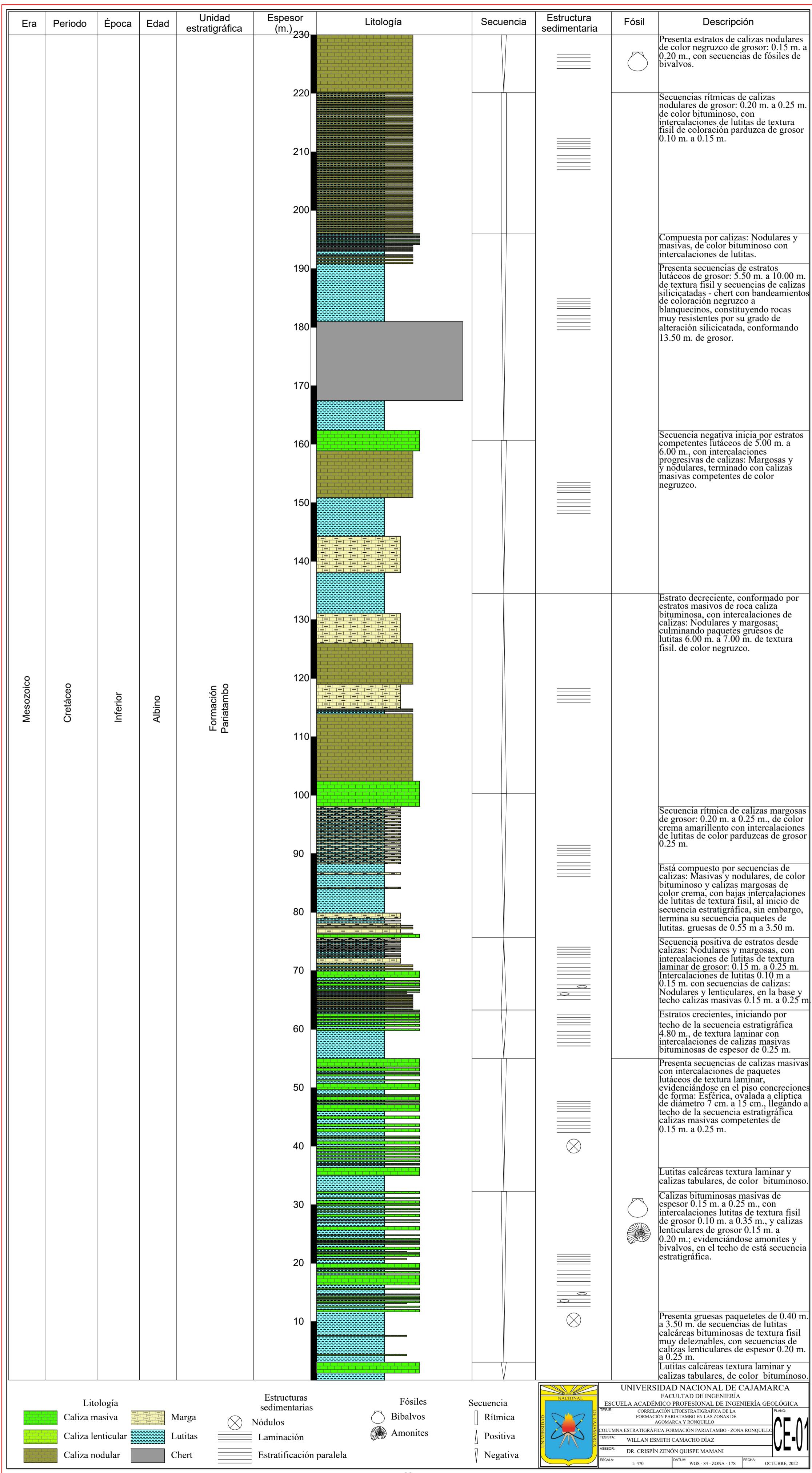


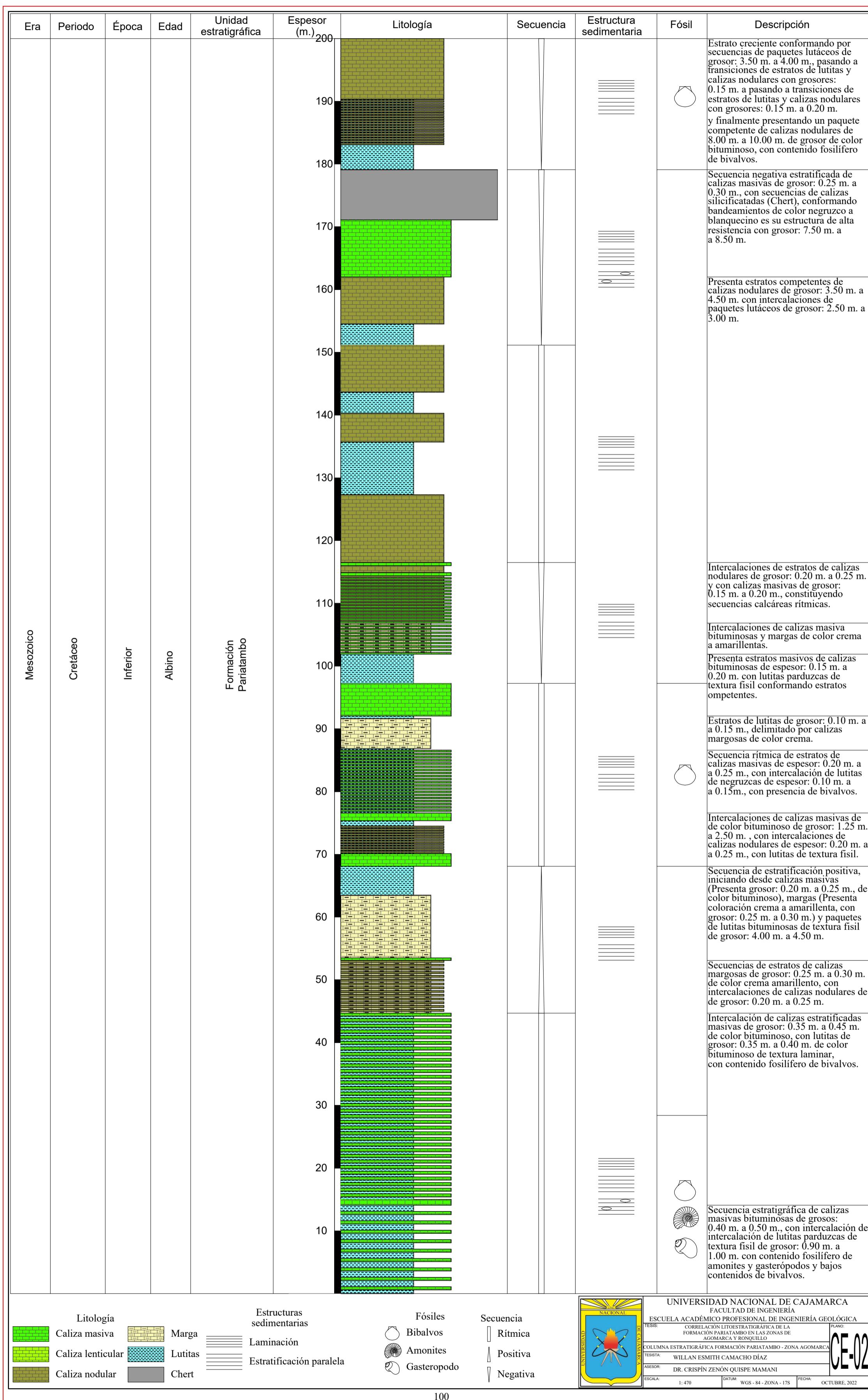






ANEXO C
COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS





ANEXO D
CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

