

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE GEOLOGÍA GEOFÍSICA Y MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“ANÁLISIS DE MICROFACIES DE LAS ROCAS CARBONATADAS DEL
GRUPO PUCARÁ (NORIANO- TOARCIANO) EN AYACUCHO Y
HUANCAVELICA: PROPUESTA PALEOGEOGRÁFICA”**

Tesis presentada por:

Ramos Cabrera Willy Wilfredo

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Asesor:

Dr. Chávez Valencia Antenor Edgardo

Arequipa – Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en el día a día

A mis padres Fabián y Natalia

A mis Hnos. Mariluz, Geovana, Nancy, Edwin, Angie, Joseline y José

A mis sobrinos: Ivanna y Thiago

AGRADECIMIENTOS

De mi mayor consideración al Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), ya que la presente tesis para optar el título profesional fue llevada a cabo en la Dirección de Geología Regional, en el proyecto GR40B: "Geología de la cuenca sedimentaria peruana occidental entre 12°-15°S". Agradezco a la Dirección de Geología Regional por las facilidades brindadas para el desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Antenor Chávez, catedrático de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, por su asesoramiento, dedicándome parte de su tiempo para evaluar y darme consejos para realizar la presente tesis.

Un reconocimiento y agradecimiento al Ing. Pedro Ticona, al Ing. Waldir Valdivia y al Dr. Juan Pablo Navarro, por transmitir sus conocimientos en las campañas de campo y en los trabajos de gabinete.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de la presente tesis.

LISTA DE PLANOS

Plano 1. Plano de ubicación de la zona de estudio	2
Plano 2. Plano geológico regional de la zona de estudio.....	25
Plano 3. Plano estructural local de la zona de estudio	35
Plano 4. Plano geológico local de la zona de estudio.....	40
Plano 5. Plano de ubicación de columnas estratigráficas	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de clasificación de las rocas carbonatadas (Dunham, 1962). Un diagrama que muestra la clasificación de las rocas carbonatadas según sus texturas deposicionales. La distinción de si una roca está soportada por la matriz (barro) o estructura (granos) es fundamental para este esquema.....	8
Figura 2. Tabla de clasificación de calizas (Embry & Klovan, 1971). Un resumen esquemático de las principales modificaciones proporcionadas por Embry y Klovan (1971) a la clasificación de Dunham (1962).....	9
Figura 3. Aspecto en sección delgada o sección pulida de algunos organismos frecuentes en los carbonatos de plataforma (sin escala). Tomado de Jaillard (1994).	10
Figura 4. A. Morfologías comunes de los foraminíferos. B. Características morfológicas de los bryozoarios, elementos que pueden o no estar presentes en todos los bryozoarios.....	11
Figura 5. A. Características anatómicas de un braquiópodo articulado típico. B. Vista esquemática de las secciones transversales típicas longitudinales (A) y transversales (B) de un gasterópodo.....	12
Figura 6. A. Vista esquemática de la morfología y la estructura de la pared de un bivalvo típico, basado en la almeja de agua dulce, <i>Anodonta</i> sp. Adaptado de Moore et al. (1952) y otras fuentes. B. Morfologías de algunos corales tabulares comunes: <i>Tetradium</i> , <i>Favosites</i> y <i>Syringopora</i>	13
Figura 7. Sección esquemática de un cefalópodo nautiloide enrollado, basado en un cefalópodo de caparazón externo superviviente, adaptado de Moore et al. (1952) y otras fuentes. La concha es aragonítica y consiste principalmente en nácar con un contenido orgánico significativo. Está encajonado entre capas internas y externas muy delgadas compuestas por diminutos prismas de aragonito.	13
Figura 8. Granos carbonatados no esqueléticos. A. Peloides. B. Ooides. C. Pisoides. D. Oncoides. (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).....	14
Figura 9. Ambientes de deposición generalizados de una plataforma carbonatada y sus zonas de facies (tomado de Wilson, 1975 y Flügel, 2004).....	18
Figura 10. Modelo de deposición de plataforma anular carbonatada. Según Tucker (1985).....	20
Figura 11. Gráfico de una rampa y tipos de rampas.....	21

Figura 12. Tipos de plataformas. A) Plataforma sumergida o ahogada. B) Plataforma epeirica o epicontinental. C) Plataforma aislada. (Nichols, 1999).....	23
Figura 13. Columna generalizada del área de estudio. A. Columna zona sur. B. Columna zona norte (columnas generadas con información de los mapas geológicos del INGEMMET).....	24
Figura 14. Carretera hacia el centro poblado de Asquipata. A. Falla inversa entre la Formación Socosani y la Formación Labra. Vista al SSO. B. Falla de 1.20 metros de espesor en la Formación Labra. Vista al Sur.	34
Figura 15. Detalle de falla inversa que muestra a unidades del Triásico y Jurásico como los grupos Mitu, Pucará y Yura sobre la Formación Castrovirreyna de edad Paleógeno-Neógeno. Localidad de Taca, vista al SO.....	36
Figura 16. Vista panorámica del Cerro Torohuisjana, se observa la falla inversa Milpo Pampa, de dirección NO-SE, que pone a la Formación Labra sobre la Formación Arcurquina.....	36
Figura 17. A. Sinclinal asimétrico, conformado por las calizas de la Formación Gramadal. Localidad de Pashjapata, vista al NNE. B. Anticlinal en secuencias calcáreas de la Formación Aramachay. Localidad de Amaruyoc, vista al E.	37
Figura 18. Cerro Chuccha, se observa pliegues asociados a una falla inversa, se encuentran afectando a las formaciones Labra y Arcurquina. Vista al NNE.	37
Figura 19. Columna generalizada local del área de estudio. A. Columna zona sur. B. Columna zona norte (columnas generadas con información del presente estudio).....	38
Figura 20. Facies sedimentarias del Grupo Mitu vistos cerca al Río Misha. A. Areniscas cuarzo-feldespáticas rosáceas. B. Detalle de los clastos subangulosos de areniscas cuarzosas, calizas e intrusivos.....	39
Figura 21. Facies volcánicas del Grupo Mitu. A. Aglomerados del Grupo Mitu. Alrededores de la localidad de Analayoc, vista al SO. B. Clastos subredondeados de composición granítica del Complejo Querobamba, englobados por una matriz volcánica.	39
Figura 22. A y B. Vista de las calizas de la Formación Chambará. Noreste de la localidad de Analayoc, vista al E.....	41
Figura 23. Fósil recolectado en el cerro Sumario.....	42

Figura 24. A. Vista panorámica de la Formación Chambará en contacto erosivo con el Grupo Mitu. B. Calizas grises intercaladas con lutitas beige. Localidad de Apongo, vista al N.	42
Figura 25. Vista panorámica de las secuencias calcáreas de la Formación Chambará. Suroeste de Orcohuasi, vista al NE.....	43
Figura 26. Afloramientos de calizas laminares grises de la Formación Aramachay. Quebrada Amaruyoc, cerca de la localidad del mismo nombre, vista al S.....	43
Figura 27. A. Intercalaciones de calizas negras y lutitas beige en niveles centimétricos. Margen izquierda del río Anta. Vista al S. B. Detalle de las intercalaciones de calizas con lutitas negras y beige. C. Caliza negra, laminar con presencia de fósiles moderadamente preservados.....	45
Figura 28. Fósiles de ammonites recolectados. A. Recolectado en el cerro Habaspunco. B. Recolectado en la localidad de Amaruyoc. C y D. Recolectado en la localidad de Catalina Huanca.	45
Figura 29. A y B. Afloramientos de la Formación Condorsinga. Al NE del cerro Chuncuchayo, vista al S.	46
Figura 30. A. Vista panorámica de las calizas pertenecientes a la Formación Condorsinga. Río Anta, vista al NO. B. Secuencias calcáreas de la Formación Condorsinga. Cerro Habaspunco, vista al O.....	47
Figura 31. A. Secuencias calcáreas de la Formación Chunumayo, nótese el contenido fosilífero en diferentes niveles. Sureste del cerro Clemente, vista al SE. B. Formación Chunumayo sobreyaciendo a la Formación Condorsinga. Cerro Habaspunco, vista al SE.....	48
Figura 32. A y B. Fósiles de la Formación Chunumayo recolectados en el cerro Clemente.....	49
Figura 33. Vista panorámica de los miembros inferior e intermedio de la Formación Cercapuquio mostrando el contacto con la Formación Chunumayo. Cerro Clemente, vista al S.....	50
Figura 34. Vista panorámica de los miembros intermedio y superior de la Formación Cercapuquio. Cerro Puyhuan Orjo, ubicado al SE de la localidad de Manta, vista al SE.	51

Figura 35. A. Vista panorámica de secuencias de lutitas negras y limolitas beige de la Formación Puente-Cachios. Cerro Sayac, vista al SO. B y C. Detalle de las limolitas con presencia de bivalvos y ammonites, moderadamente conservados.....	52
Figura 36. A. Vista panorámica de areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas negras a beige y calizas gris oscuras tipo grainstone de la Formación Labra. Cerro Sayac, vista al O. B. Detalle de un afloramiento de areniscas cuarzosas, mostrando una estructura cruzada. C. Detalle de un afloramiento de areniscas cuarzosas alternadas con calizas.	53
Figura 37. Vista panorámica de los afloramientos de la Formación Yacotingo. Alrededores del cerro Chuncuchayo, vista al NE.	54
Figura 38. A. Nivel de calizas gris claras con presencia de corales vistas a los 10 m. B. Calizas en estratos de 20 cm, encontradas a los 25m.	55
Figura 39. Columna estratigráfica en la localidad de Analayoc.....	57
Figura 40. Muestra GR40B-16-163. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 2.5X). Muestra tomada a los 10 m.	58
Figura 41. Muestra GR40B-16-164. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 2.5X). Muestra tomada a los 25 m.	59
Figura 42. A. Nivel de calizas marrón claras con presencia de nódulos calcáreos vista a los 45 m. B. Calizas en estratos de 20 cm, con contenido de corales, encontradas a los 65m.....	59
Figura 43. Muestra GR40B-16-166. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 45 m.	60
Figura 44. Muestra GR40B-16-168. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 70 m.	60
Figura 45. Niveles de areniscas gris amarillentas en estratos de 30 cm.....	61
Figura 46. Muestra GR40B-16-172. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 110 m.	61
Figura 47. Muestra GR40B-16-173. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 120 m.	62
Figura 48. Muestra GR40B-16-175. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 160 m.	62

Figura 49. A. Nivel de calizas marrón claras con presencia de thalassinoides. B. Calizas en estratos de 40 cm, con fósiles de bivalvos.	63
Figura 50. Muestra GR40B-16-181. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 290 m.	63
Figura 51. A. Nivel de calizas con equinodermos y venillas de calcita. B. Calizas con gasterópodos. C. Calizas con bivalvos. D. Calizas con thalassinoides.	64
Figura 52. A. Nivel de calizas con ammonites. B. Niveles de calizas intercaladas con lutitas negras. Localidad de Analayoc, vista al SO.	64
Figura 53. Muestra GR40B-16-186. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 370 m.	65
Figura 54. Muestra GR40B-16-189. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 405 m.	65
Figura 55. Nivel de brechas polimícticas compuesta por calizas grises y areniscas blanquecinas vista a los 15 m.	66
Figura 56. Columna estratigráfica en la localidad de Catalina Huanca.	67
Figura 57. Nivel de calizas gris claras a marrón claras con presencia de fósiles de bivalvos y probables braquiópodos, vista a los 90 m.	68
Figura 58. Muestra GR40B-16-222. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 74 m.	69
Figura 59. Nivel de areniscas gris amarillentas de grano medio brechadas vista a los 144 m.	69
Figura 60. Muestra GR40B-16-224. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 114 m.	70
Figura 61. Muestra GR40B-16-226. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 140 m.	70
Figura 62. Muestra GR40B-16-227. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 146 m.	71
Figura 63. A. Nivel de calizas grises con presencia de bivalvos y braquiópodos vista a los 236 m. B. Secuencias de calizas grises cortadas por venillas de calcita en estratos de 40 a 50 cm de espesor.	71
Figura 64. Muestra GR40B-16-229. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 233 m.	72

Figura 65. Muestra GR40B-16-230. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 262 m.	72
Figura 66. Muestra GR40B-16-231. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 286 m.	73
Figura 67. Muestra GR40B-16-233. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 302 m.	73
Figura 68. A. Nivel de calizas gris oscuras a negras vista a los 325 m. B. Fósil de ammonite encontrado a los 325 m.	74
Figura 69. Muestra GR40B-16-234. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 323 m.	74
Figura 70. Muestra GR40B-16-238. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 378 m.	75
Figura 71. Muestra GR40B-16-243. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 437 m.	75
Figura 72. Muestra GR40B-16-245. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 444 m.	76
Figura 73. Muestra GR40B-16-247. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 458 m.	76
Figura 74. A. Nivel de calizas gris oscuras en estratos de 15 a 20 cm. B. Calizas grises en estratos de 40 a 60 cm. C. Calizas gris oscuras con niveles de limolitas gris verdosas y lutitas negras.....	77
Figura 75. Muestra GR40B-16-281. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 497 m.	77
Figura 76. Muestra GR40B-16-285. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 557 m.	78
Figura 77. A. Nivel de calizas marrón claras, se observan estratos dentados (estilolitas). B. Calizas pardas con estratificación paralela, estratos de 30 a 40 cm.	79
Figura 78. Columna estratigráfica en la localidad de Orcohuasi.	80
Figura 79. Muestra GR40B-16-343. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 20 m.	81
Figura 80. Muestra GR40B-16-345. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 40 m.	81

Figura 81. A. Nivel de calizas gris oscuras intercaladas con lutitas grises. B. Calizas grises con estratificación paralela en estratos de 10 a 20 cm.	82
Figura 82. Muestra GR40B-16-348. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 70 m.	82
Figura 83. Muestra GR40B-16-351. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 100 m.	83
Figura 84. Muestra GR40B-16-352. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 110 m.	83
Figura 85. Muestra GR40B-16-353. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 120 m.	84
Figura 86. Muestra GR40B-16-357. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 185 m.	84
Figura 87. A. Nivel de calizas grises con estratificación ondulada. B. Calizas grises con restos de fósiles de bivalvos.	85
Figura 88. Muestra GR40B-16-361. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 235 m.	85
Figura 89. Muestra GR40B-16-364. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 265 m.	86
Figura 90. Muestra GR40B-16-365. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 275 m.	86
Figura 91. Muestra GR40B-16-367. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 330 m.	87
Figura 92. A. Nivel de calizas gris claras donde la asociación de sus estratos es variable (aleatoria). B. Calizas grises con estratificación paralela ligeramente ondulada.	87
Figura 93. Muestra GR40B-16-371. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 375 m.	88
Figura 94. Muestra GR40B-16-372. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 405 m.	88
Figura 95. Muestra GR40B-16-374. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 435 m.	89
Figura 96. Muestra GR40B-16-378. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 485 m.	89

Figura 97. A. Nivel de calizas grises en estratos de 50 a 60 cm. B. Calizas grises en estratos con espesores mayores a 1 metro.	90
Figura 98. Muestra GR40B-16-380. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 530 m.	90
Figura 99. Muestra GR40B-16-382. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 560 m.	91
Figura 100. Esquema de la distribución de facies del Grupo Pucará.	94
Figura 101. Columnas estratigráficas del Grupo Pucará con la distribución de facies y variación de espesores.	96

RESUMEN

En estudios anteriores el Grupo Pucará en las zonas de Analayoc, Catalina Huanca y Orcohuasi no fueron diferenciados en sus tres formaciones, en los mapas geológicos esta unidad se consideró indivisa e incluso con el nombre de otra unidad de la misma composición, pero de diferente edad.

La presente tesis permite diferenciar al Grupo Pucará en sus tres formaciones, Chambará, Aramachay y Condorsinga. Además, se muestran los resultados de la litoestratigrafía y análisis de facies de las rocas carbonatadas del Grupo Pucará, basado en estudios petrográficos.

Para la determinación de las facies y ambientes sedimentarios se realizaron trabajos de levantamiento de columnas estratigráficas a detalle a una escala 1: 200, muestreo de rocas para estudios de análisis petrográfico, macro y micropaleontológico.

Con los análisis petrográficos se han podido determinar los diferentes tipos de calizas según la clasificación de Dunham, que junto a los resultados macro y micropaleontológicos se han podido diferenciar cinco facies carbonatadas denominadas: facies supra/intertidal (representada por brechas polimícticas y calizas tipo mudstone); facies de plataforma interna (representada por calizas tipo mudstone, wackestone y packstone con contenido de peloides y fragmentos de ostrácodos moderadamente conservados); facies de barrera (representada por calizas tipo grainstone y packstone, con predominancia de ooides y fragmentos de bivalvos mal conservados); facies de plataforma externa (representadas por calizas tipo wackestone y mudstone, con bioclastos de bivalvos y gasterópodos bien conservados); facies de plataforma profunda (representada por calizas tipo wackestone-mudstone, y lutitas de tonalidad oscura, con macrofósiles de amonites).

Palabras claves: litoestratigrafía, roca carbonatada, análisis de facies, análisis petrográfico, análisis micropaleontológico.

ABSTRACT

In previous studies, the Pucará Group in the areas of Analayoc, Catalina Huanca and Orcohuasi were not differentiated in their three formations, on geological maps this unit was considered undivided and even with the name of another unit of the same composition, but of different age.

This thesis allows differentiating the Pucará Group in its three formations, Chambará, Aramachay and Condorsinga. In addition, the results of the lithostratigraphy and facies analysis of the carbonate rocks of the Pucará Group are shown, based on petrographic studies.

To determine the facies and sedimentary environments, detailed stratigraphic columns were surveyed at a scale of 1: 200, rock sampling for petrographic, macro and micropaleontological analysis studies.

With the petrographic analyzes it has been possible to determine the different types of limestone according to Dunham's classification, which together with the macro and micropaleontological results have been able to differentiate five carbonate facies called: supra / intertidal facies (represented by polymictic breccias and mudstone limestones); internal platform facies (represented by mudstone, wackestone and packstone limestones with content of peloids and moderately preserved ostracod fragments); barrier facies (represented by grainstone and packstone limestone, with a predominance of ooids and poorly preserved bivalve fragments); external platform facies (represented by wackestone and mudstone limestones, with well-preserved bivalve and gastropod bioclasts); deep platform facies (represented by wackestone-mudstone limestones, and dark-hued shales, with ammonite macro-fossils).

Keywords: lithostratigraphy, carbonate rock, facies analysis, petrographic analysis, micropaleontological analysis.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE PLANOS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Ubicación.....	1
1.3. Accesibilidad.....	3
1.4. Justificación	3
1.5. Formulación el problema	4
1.5.1. Definición del Problema	4
1.5.2. Formulación del Problema	4
1.6. Alcances y limitaciones.....	5
1.6.1. Alcances	5
1.6.2. Limitaciones	5
1.7. Variables e indicadores	5
1.7.1. Independientes.....	5
1.7.2. Dependientes.....	5
1.7.3. Indicadores	5
1.8. Objetivos.....	5
1.8.1. Objetivo General.....	5
1.8.2. Objetivos Específicos.....	6
1.9. Hipótesis.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7

2.2.	Marco conceptual o bases teóricas	7
2.2.1.	Petrografía en rocas carbonatadas.....	7
2.2.2.	Facies Sedimentarias	16
2.2.3.	Plataformas Carbonatadas.....	20
CAPÍTULO III: GEOLOGÍA REGIONAL		24
3.1.	Generalidades.....	24
3.2.	Estratigrafía	26
3.2.1.	Grupo Mitu	26
3.2.2.	Grupo Pucará.....	26
3.2.3.	Formación Socosani	27
3.2.4.	Formación Chunumayo.....	28
3.2.5.	Formación Cercapuquio.....	28
3.2.6.	Grupo Yura	29
3.2.7.	Formación Murco.....	30
3.2.8.	Formación Arcurquina.....	31
3.2.9.	Grupo Goyllarisquizga	31
3.2.10.	Formación Chúlec	31
3.2.11.	Formación Pariatambo.....	32
3.2.12.	Formación Jumasha	32
3.2.13.	Formación Yacotingo.....	32
3.2.14.	Depósitos Cuaternarios.....	33
3.3.	Rocas Intrusivas.....	33
3.3.1.	Complejo Querobamba.....	33
CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL		34
4.1.	Generalidades.....	34
4.2.	Fallas.....	34
4.3.	Pliegues.....	37
CAPÍTULO V: GEOLOGÍA LOCAL.....		38

5.1.	Generalidades.....	38
5.2.	Estratigrafía Local	38
5.2.1.	Grupo Mitu	38
5.2.2.	Grupo Pucará.....	41
5.2.3.	Formación Chunumayo.....	47
5.2.4.	Formación Cercapuquio.....	49
5.2.5.	Grupo Yura	51
5.2.6.	Formación Yacotingo.....	53
5.3.	Rocas Intrusivas.....	54
5.3.1.	Complejo Querobamba.....	54
CAPITULO VI: DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS, FACIES PETROGRÁFICAS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		55
6.1.	Generalidades.....	55
6.2.	Descripción de columnas estratigráficas.....	55
6.3.	Interpretación de resultados.....	91
6.3.1.	Facies Supra/Intertidal.....	91
6.3.2.	Facies de Plataforma Interna	92
6.3.3.	Facies de Barrera	92
6.3.4.	Facies de Plataforma Externa	93
6.3.5.	Facies de Plataforma Profunda	93
6.4.	Discusión	97
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFÍA.....		100

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

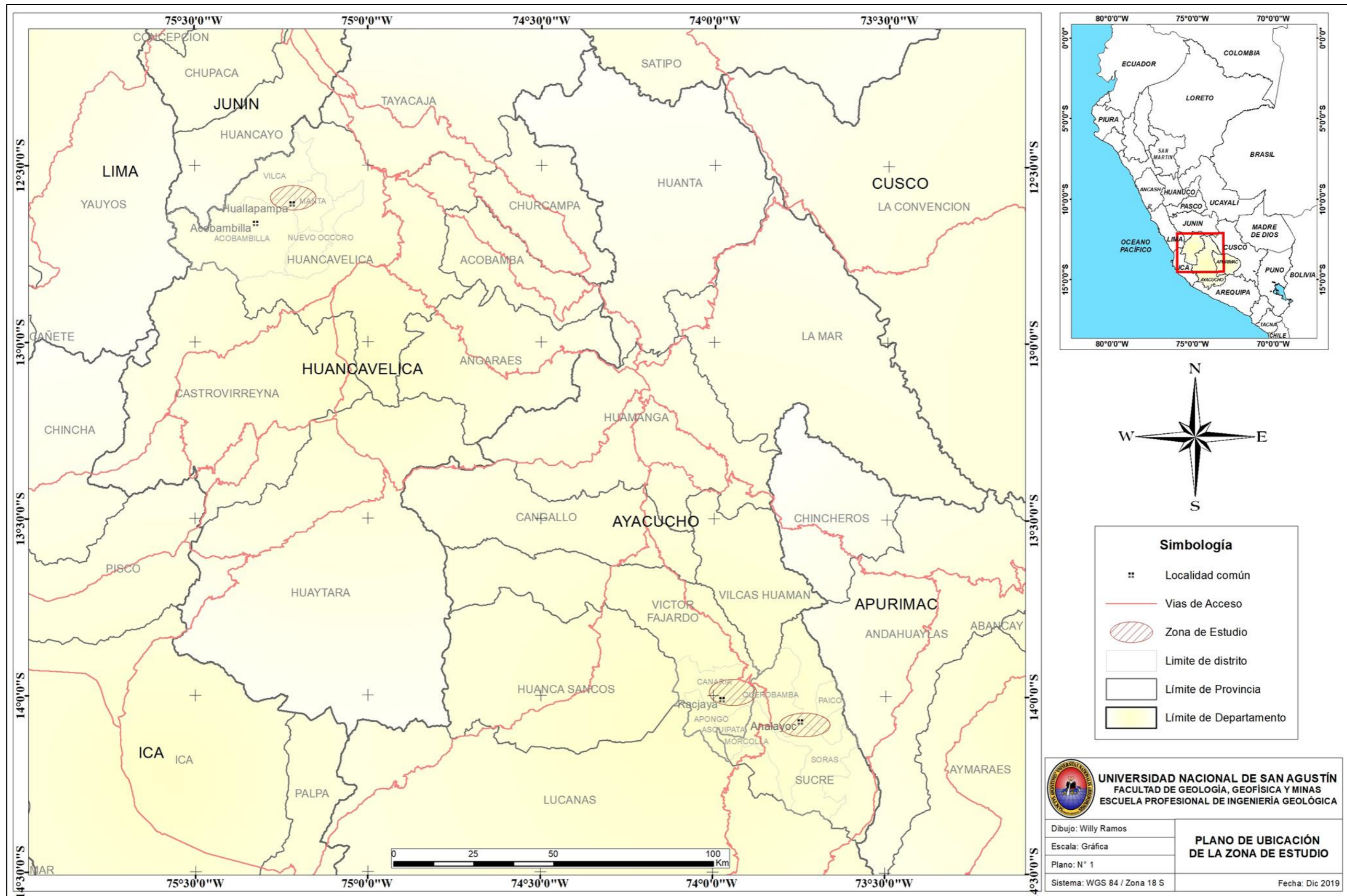
Este trabajo de tesis se basa en el análisis de facies carbonatadas correspondientes al Grupo Pucará, las cuales están basadas en estudios de campo y estudios petrográficos al microscopio, y complementados con observaciones en muestras de mano y estudios paleontológicos. Mediante estos estudios se busca la definición de los ambientes de deposición de las rocas carbonatadas jurásicas que afloran en los departamentos de Ayacucho y Huancavelica. Los resultados aportan en la exploración geológica regional y en el entendimiento de la deposición sedimentaria de la Cuenca Mesozoica del Sur del Perú. El presente estudio se restringe a rocas carbonatadas con edades que varían desde el Triásico superior al Jurásico inferior. Las unidades litoestratigráficas en estudio afloran específicamente en los departamentos de Ayacucho (alrededores del poblado de Buena Vista y Taca), y Huancavelica (alrededores del pueblo de Manta). Estas unidades carbonatadas corresponden exclusivamente al Grupo Pucará (Jenks, 1951) conformada por sus tres formaciones i.e. (i) Chambará, (ii) Aramachay y (iii) Condorsinga, las cuales están ubicadas dentro de los cuadrángulos geológicos de Querobamba (29o), Chincheros (28o) y Conayca (26m).

1.2. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la denominada Cordillera Occidental de la zona sur y central del Perú. Políticamente se encuentra en los departamentos de Ayacucho (provincias de Sucre y Víctor Fajardo), y Huancavelica (Provincia de Huancavelica) (ver Plano 1), entre los cuadrángulos geológicos de Querobamba, hoja 29o4, Chincheros, hoja 28o3 y Conayca, hoja 26m1, entre las coordenadas geográficas siguientes:

73°45'00"-75°15'00" de longitud Oeste

12°30'00"-14°15'00" de latitud Sur



Plano 1. Plano de ubicación de la zona de estudio

1.3. Accesibilidad

Para acceder a los cuadrángulos de Querobamba y Chincheros se procede por la vía aérea y terrestre. Por la vía aérea, se acude al vuelo directo Lima-Andahuaylas, para continuar por vía terrestre hasta el poblado de Huancaray. Por la vía terrestre, se tienen dos accesos; (i) el primero, se realiza por la carretera Panamericana, de Lima a San Clemente (Pisco), luego por la pista Los Libertadores hasta Ayacucho y continúa por la ruta Nacional N° PE-3S hasta la ciudad de Andahuaylas, de Andahuaylas se accede por trocha carrozable a los poblados de Huancaray, Chacrampa, Pajuerca, Pomacocha, Querobamba y Taca. (ii) El segundo acceso inicia en la Carretera Panamericana desde Lima hasta Nazca, luego continúa por trocha carrozable a Pampa Galeras, Putaccasa, Taca, Apongo y finalmente Querobamba.

El acceso al Cuadrángulo de Conayca, se realiza por vía aérea y terrestre. Por vía aérea, en vuelo directo Lima-Jauja, para continuar por la pista asfaltada hasta los poblados de Conayca, Manta y Acobambilla. Por vía terrestre, de Lima hasta Huancayo por la carretera central, para luego seguir por la ruta Huancayo-Huancavelica, hasta la localidad de Izcuchaca y continuar por vía terrestre hasta los poblados de Conayca, Manta y finalmente Acobambilla. Además, existen accesos secundarios conformados por caminos de herradura que unen las comunidades de la zona con los poblados mencionados.

1.4. Justificación

El estudio de microfacies carbonatadas jurásicas que afloran en los departamentos de Ayacucho y Huancavelica aportará con conocimientos y productos geológicos (i.e. mapas, columnas estratigráficas, y modelos paleogeográficos) para una mejor interpretación de la distribución de las facies estudiadas, lo que implica una mejora en el entendimiento de la distribución de secuencias carbonatadas del Grupo Pucará y así también vincular estos resultados con la evolución geodinámica de la Cuenca Sedimentaria Occidental antes de la orogenia. Claramente, los resultados de estos estudios ayudaran a la organización estratigráfica de tales depósitos carbonatados, y serán clave en el cartografiado geológico regional y local que surja en las exploraciones por la demanda de minerales valiosos.

En ese contexto, en la zona de estudio se han realizado trabajos a gran escala, por lo que no se detalla los diferentes procesos de deposición y facies. Estas unidades sedimentarias carbonatadas han tenido diferentes denominaciones, siendo así inicialmente considerada como Formación Chunumayo y posteriormente como Formación Socosani, ambas de edad Jurásico medio, por lo que en el presente estudio

se propone y estudia a estas rocas carbonatadas como parte del Grupo Pucará de edad Triásico superior-Jurásico inferior, en sus tres formaciones, Chambará, Aramachay y Condorsinga.

1.5. Formulación del problema

1.5.1. Definición del Problema

El cartografiado geológico a escala 1:50,000 por parte de la Carta Geológica Nacional (CGN, INGEMMET) permitió diferenciar las unidades del Grupo Pucará donde anteriormente se la consideraba de forma indivisa e incluso en otros sectores con el nombre de otra unidad de la misma composición, pero de diferente edad. Para detallar y diferenciar dichas unidades se requiere del levantamiento de columnas estratigráficas detalladas, realizar un muestreo sistemático de las rocas carbonatadas (calizas) y estudiar las facies sedimentarias de cada Formación y representarlas por códigos de facies.

1.5.2. Formulación del Problema

PROBLEMA	CAUSAS	EFFECTOS (solución)
El Grupo Pucará en las zonas de estudio (departamentos de Ayacucho y Huancavelica) no ha sido diferenciado en sus tres formaciones.	La falta de datos de campo no permitía diferenciar a sus tres unidades.	Desarrollar un trabajo más detallado, adquiriendo mayor información por medio del levantamiento de columnas estratigráficas a detalle.
En algunas zonas estudiadas se la consideraba con el nombre de otra unidad también carbonatada.	Realizar un análisis macroscópico y con poca información genera confusión entre dos unidades que presentan la misma composición.	Realizar estudios de análisis de facies y determinar los ambientes de deposición. Realizar correlaciones estratigráficas con trabajos referentes a análisis de facies a la unidad en estudio.

		Recolectar fósiles para determinar la edad de la unidad en estudio.
--	--	---

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

El presente estudio nos permite determinar las facies y ambientes de deposición del Grupo Pucará en la parte centro sur del Perú.

Provee información clave para un mejor cartografiado geológico a escala local y regional.

1.6.2. Limitaciones

El presente estudio nos brinda información a detalle en áreas específicas, permitiendo la reconstrucción depositacional del Grupo Pucará en la zona centro sur del Perú, para una posible reconstrucción de un área más extensa o a escala regional nos tendríamos que basar en la relación estratigráfica de estudios realizados a la misma unidad a lo largo de la Cuenca Sedimentaria Occidental.

1.7. Variables e indicadores

1.7.1. Independientes

- Control litológico de cada Formación (columnas estratigráficas).
- Estudio petrográfico de secciones delgadas.

1.7.2. Dependientes

- Las facies y el ambiente depositacional del Grupo Pucará.
- Modelos evolutivos paleogeográficos.

1.7.3. Indicadores

- Variación de facies dentro del Grupo Pucará y su relación con otros sectores estudiados (correlaciones).

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo General

Interpretar el ambiente depositacional de la plataforma carbonatada del Triásico superior y Jurásico inferior, mediante el estudio y definición de (micro) facies en rocas carbonatadas del Grupo Pucará dentro de la cuenca sedimentaria Occidental del sur del

Perú. Garantizar la litología de las extensiones sedimentarias mediante la definición de sus ambientes sedimentarios. Definir el significado paleogeográfico ocurrido en mencionado intervalo de tiempo.

1.8.2. Objetivos Específicos

Generar información actualizada sobre la geología de superficie con nueva información estratigráfica, mediante el levantamiento de columnas estratigráficas.

Caracterizar las facies en rocas carbonatadas del Triásico superior y Jurásico inferior, apoyado con estudios petrográficos (microscopio polarizado).

Diferenciar las tres formaciones del Grupo Pucará y determinar sus ambientes de deposición.

Obtener con la presentación y sustentación de la presente tesis, el título profesional de Ingeniero Geólogo.

1.9. Hipótesis

El mapeo geológico detallado permite obtener información relevante para una nueva apreciación estratigráfica, dividiendo y diferenciando nuevas unidades geológicas, más aún si se complementa con la elaboración de columnas estratigráficas detalladas, esto hará posible dividir al Grupo Pucará en sus tres formaciones (Chambará, Aramachay y Condorsinga), dado a que sus afloramientos tienen gran espesor y los estudios se realizan a una menor escala en comparación a trabajos anteriores es posible realizar su división.

Siendo el Grupo Pucará una unidad compuesta por depósitos de calizas se debe reconocer la distribución de sus ambientes y facies para construir un posible modelo depositacional, esto es posible realizando estudios petrográficos, estudios que nos permitirán conocer características propias de los diferentes niveles o secuencias calcáreas, diferenciando así las facies carbonatadas y ambientes del Grupo Pucará. Además, se podrá delimitar su extensión hacia la parte sur y brindar información más detallada para futuros trabajos de cartografiado a pequeña escala.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Previos análisis de facies en rocas atribuibles al Grupo Pucará han sido realizados por Loughman & Hallam (1982) en la parte central y norte del Perú, y por Rosas (1994), quienes realizaron trabajos en la parte central del Perú en los departamentos de Cerro de Pasco y Junín. (10°50" S, 75°58" O; 11°37'20" S, 75°58'46" O).

En la zona de estudio no se cuenta con trabajos de este tipo (análisis de facies), los trabajos realizados en la zona de estudio corresponden a trabajos de cartografiado a escala regional, como es el cartografiado del Cuadrángulo de Querobamba, hoja 29o realizada por LAGESA-CFGS (1996), y un segundo trabajo realizado por Sánchez et al. (2003); el cartografiado del cuadrángulo de Chincheros, hoja 28o, realizada por LAGESA-CFGS (1996) y por Quispesivana & Navarro (2003); el cartografiado del cuadrángulo de Conayca, hoja 26m, realizado por Salazar & Landa (1993) y Quispesivana & Navarro (2003). Las publicaciones de los mapas base antes mencionados fueron realizadas por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

2.2. Marco conceptual o bases teóricas

2.2.1. Petrografía en rocas carbonatadas

Roca Carbonatada es aquella que está formada por más del 50% de minerales carbonatados (aragonito, calcita alta en Mg, calcita baja en Mg, dolomita, otros). Las rocas carbonatadas son tan complejas que generalmente es necesario hacer un estudio de sección delgada para clasificar adecuadamente un espécimen, aunque se pueden hacer buenas estimaciones en el campo.

Aunque se han propuesto muchas clasificaciones para rocas carbonatadas y sedimentos, solo dos, las clasificaciones de Folk (1962) y Dunham (1962), han superado con éxito la prueba del tiempo (junto con otras dos que son variantes del esquema de Dunham).

2.2.1.1. Clasificación petrográfica por Dunham (1962) y por Embry & Klovan (1974)

Clasificación por Dunham (1962): Calizas con soporte de matriz

La clasificación Dunham se basa en la caracterización del armazón de soporte de la roca o sedimento, según el ordenamiento de los componentes de las rocas carbonatadas, y su aspecto general. Los porcentajes relativos de granos y material fino

se utilizan para generar los cuatro tipos principales de calizas: mudstone, wackestone, packstone y grainstone (Figura 1).

DEPOSITIONAL TEXTURE RECOGNIZABLE				DEPOSITIONAL TEXTURE NOT RECOGNIZABLE Crystalline carbonate (Subdivisions based on texture or diagenesis)
Original Components Not Bound Together During Deposition			Original Components Bound Together During Deposition	
Contains mud		Lacks mud and is grain-supported		
Mud-supported	Grain-supported		Packstone	
< 10% grains	> 10% grains			
Mudstone	Wackestone		Boundstone	

Figura 1. Tabla de clasificación de las rocas carbonatadas (Dunham, 1962). Un diagrama que muestra la clasificación de las rocas carbonatadas según sus texturas deposicionales. La distinción de si una roca está soportada por la matriz (barro) o estructura (granos) es fundamental para este esquema.

Caliza mudstone: Roca carbonatada compuesta por más del 75% de lodo calcáreo (<62 µm) y menos del 10% de granos/clastos/fragmentos. Se les conoce también como calcilutita. Su textura es lodosa a microcristalina (grano muy fino), puede ser masivo, laminado, bioturbado. Puede haber micritas-dolomicritas (ausencia de granos, <1%) y dismicritas (bird-eyes).

Caliza wackestone: Roca que presenta soporte de matriz (o soportado por lodo). Son rocas carbonatadas con menos del 75% de lodo calcáreo (<62 µm) y más del 10% de granos/clastos/fragmentos (componentes aloquímicos). Su textura es lodosa a microcristalina (grano muy fino), laminado, bioturbado, masivo. Los componentes aloquímicos usualmente aparecen “flotando” en medio de la matriz.

Caliza packstone: Roca carbonatada intergranular, de textura granular, con soporte de granos (o grano-soportado) características que apuntan a la deposición en aguas agitadas, con espacios rellenos por matriz micrítica o esparítica. Usualmente tiene al menos más del 1% de micritas como matriz, >60% de granos, con bioclastos y/o pellets, ooides, intraclastos. Una característica bastante común de las calizas packstone en secciones delgadas es la coocurrencia de lodo (micrita) y áreas irregularmente distribuidas con calcita espática.

Caliza grainstone: Roca con armazón de granos (o grano-soportado), de textura granular, con escasa o sin matriz micrítica. Se les conoce también como calcarenita o calcirudita. Los granos pueden ser abundantes (>75%), con abundantes fósiles, ooides e intraclastos. Estas rocas comúnmente pueden contener granos de cuarzo.

Caliza boundstone: Los componentes originales de la roca fueron modificados por acción de las plantas y animales (bioconstructores). Se entiende que los componentes fueron unidos durante la deposición. En estas rocas se observa intercrecimiento de material esquelético, laminación contraria a la gravedad, o cavidades selladas por sedimentos, y al techo, cubiertos por material orgánico, pero no tan largos como para ser considerados intersticios.

Clasificación por Embry & Klovan (1971): Calizas con texturas biogénicas

Para las calizas biogénicas, el término floatstone reemplaza el packstone de Dunham. Para calizas biogénicas más gruesas y con granos se utilizó el término rudstone. Además, una roca ligada orgánicamente puede denominarse bafflestone, bindstone o framestone, dependiendo de la naturaleza de las estructuras orgánicas (Figura 2). Estos últimos tres términos, en particular, han sido ampliamente adoptados por aquellos que trabajan en arrecifes, biohermos y otros carbonatos biogénicos.






Original Components Not Organically Bound During Deposition		Original Components Organically Bound During Deposition		
> 10% grains >2 mm		Organisms acted as baffles	Organisms encrusted and bound	Organisms built a rigid framework
Matrix-supported	Supported by components larger than 2 mm			
Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
				

Figura 2. Tabla de clasificación de calizas (Embry & Klovan, 1971). Un resumen esquemático de las principales modificaciones proporcionadas por Embry y Klovan (1971) a la clasificación de Dunham (1962).

Caliza floatstone: Son calizas tipo packstone en el cual al menos 10% de los granos son del tamaño de una grava (>2 mm). Son rocas carbonatadas con soporte de granos.

Caliza rudstone: Son calizas de textura muy gruesa en la cual su matriz puede estar conformada generalmente por grainstones o mudstones en los cuales al menos 10% de los granos son del tamaño de una grava (>2 mm).

Caliza bafflestone: Son calizas tipo boundstones en los cuales los materiales orgánicos están compactados y asemejan estar influidos por corrientes de agua. En este tipo de calizas, los organismos de alguna bioconstrucción atrapan sedimentos por efecto “pantalla”, por ejemplo, mud mounds.

Caliza bindstone: Son un tipo de bioconstrucción por organismos (esqueléticos o no) los cuales se incrustan y atrapan el sedimento (estromatolito o corales).

Caliza framestone: Es un tipo de roca que se forma en ambientes de arrecife y consiste en un determinado conjunto de colonias de conchas o esqueletos, con cavidades internas rellenas por sedimentos finos.

2.2.1.2. Granos Carbonatados (Aloquímicos)

Cualquier tipo de partícula carbonatada de origen bioquímico o químico, que denota un alto grado de organización y complejidad y que normalmente ha sufrido algún grado de transporte.

Bioclastos (granos esqueléticos, fósiles)

Originalmente, el término bioclasto fue utilizado para fósiles que fueron transportados, rotos y desgastados y que se convirtieron en parte de los desechos orgánicos. Hoy el término tiene un significado algo vago en el contexto de estudios de las microfacies, y se utiliza comúnmente para los fósiles vistos en las secciones delgadas (Figura 3), sin importar que los fósiles estén fragmentados (por ejemplo, crinoides o conchas rotas) o aún si están completamente conservados (por ejemplo, bivalvos de doble válvula). Los granos esqueléticos son los tipos de granos más valiosos en el contexto de la determinación de la edad de las muestras de caliza. El tipo y composición de los granos esqueléticos es altamente sensible al ambiente deposicional y ofrece datos significativos para los controles paleoambientales sobre la deposición de carbonato y las condiciones paleoclimáticas. En condiciones favorables, la diagénesis de los granos esqueléticos puede documentar las fluctuaciones del nivel del mar. Debido a que la mineralogía original de la mayoría de los fósiles calcáreos es conocida o puede inferirse, la diagénesis fósil es una herramienta perfecta para reconstruir las vías diagenéticas, (Flügel, 2004).

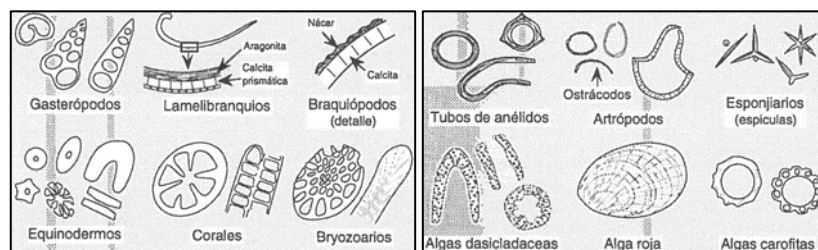


Figura 3. Aspecto en sección delgada o sección pulida de algunos organismos frecuentes en los carbonatos de plataforma (sin escala). Tomado de Jaillard (1994).

Foraminíferos: su morfología consiste en cámaras huecas, separadas entre sí por particiones con pequeñas aberturas (agujeros). Las especies con cámaras múltiples se

denominan multiloculares, las especies más raras de una sola cámara se denominan uniloculares.

Las especies multicambradas pueden tener cámaras dispuestas en una única cadena lineal (uniserial) o en filas dobles (biserial) o triples (triserial). Otros tienen cámaras dispuestas en una bobina dentro de un solo plano (planispiral) o como una espiral helicoidal (trochospiral) (Figura 4A). Los arreglos más complejos de cámaras son la miliolina, también se encuentran tubos simples (tubulares), tubos ramificados (arborescentes) y formas irregulares sin disposición uniforme de cámaras.

Los foraminíferos modernos son totalmente marinos a los organismos marinos marginales, que se extienden desde la zona intertidal hasta las profundidades oceánicas abisales y desde las configuraciones polares de agua fría a ambientes tropicales cálidos.

Bryozoarios: son organismos sésiles que se alimentan por filtrado y tienen una gran tolerancia a la salinidad. La mayoría son marinos, pero algunas especies (Entoprocta, Phylactolaemata y tenostomida) habitan en agua dulce. Viven en medios marinos abiertos someros hasta de regular profundidad. Los bryozoarios son colonias, pólipos, son animales invertebrados que se distinguen por su pista digestiva en forma de U. Habitan en un exoesqueleto endurecido (zoecium) y forma colonias incrustantes de tipo hilo o similar a una hoja, masiva, nodular, hemisférica, ramosa, bifoliada, fenestrativa o tipo mechón (Figura 4B).

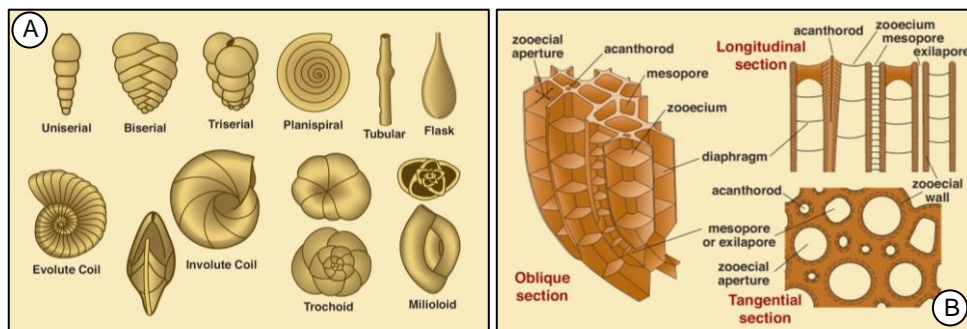


Figura 4. A. Morfologías comunes de los foraminíferos. **B.** Características morfológicas de los bryozoarios, elementos que pueden o no estar presentes en todos los bryozoarios.

Braquiópodos: viven en aguas marinas someras (pocas especies actuales colonizaron otros medios), generalmente poco magnesianas. Los braquiópodos tienen conchas con pares de válvulas curvadas que son notablemente desiguales en tamaño y forma; sin embargo, cada concha es bilateralmente simétrica y puede tener un exterior liso, corrugado o espinoso. Las características de simetría ayudan a distinguir braquiópodos de los bivalvos. En secciones delgadas, las conchas tienen típicamente una elevación central alargada y redondeada (el pliegue), generalmente en la válvula braquial (dorsal),

y una depresión central correspondiente (el surco) en la válvula del pedículo (ventral), estas estructuras afectan tanto las superficies interiores como externas (Figura 5A).

Gasterópodos: son un grupo notablemente amplio de organismos, se encuentran en todas las latitudes y en agua marina normal, salobre, hipersalina y fresca, así como en ambientes subaeriales. Sin embargo, rara vez son formadores de sedimentos importantes, excepto en entornos estresados (especialmente hipersalinos o de agua dulce). Las formas de agua caliente generalmente son más gruesas que las formas de agua fría. Los gasterópodos son organismos abiertamente marinos, predominantemente de agua caliente, que contribuyen principalmente a los exudados de aguas profundas en los fondos marinos de menos de 3.000 m (debido a los efectos de disolución del aragonito), (Figura 5B), (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

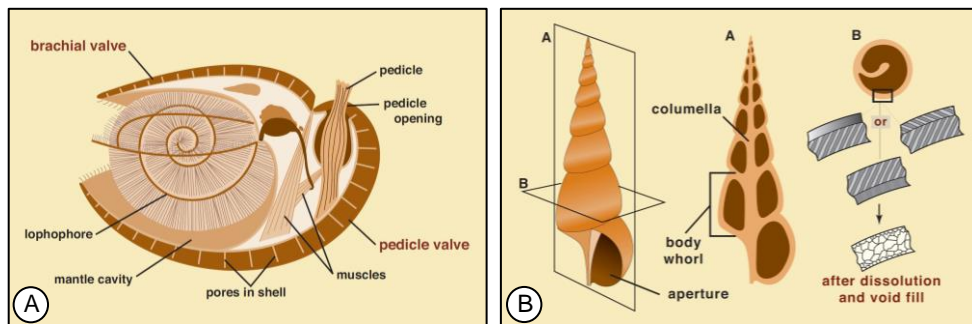


Figura 5. A. Características anatómicas de un braquiópodo articulado típico. **B.** Vista esquemática de las secciones transversales típicas longitudinales (A) y transversales (B) de un gasterópodo.

Bivalvos: la gran mayoría habita en ambientes marinos poco profundos, pero los representantes se encuentran en casi todos los ambientes acuáticos desde agua dulce (desde el Devónico Medio en adelante), a través de regiones costeras salobres e hipersalinas, hasta áreas de aguas profundas. Algunos bivalvos (especialmente los rudistidos ahora extintos) incluso fueron importantes constructores de biohermos y arrecifes, tienen generalmente una capa interna aragonítica y una externa calcítica. (Figura 6A).

Corales: pueden ser hermatípicos, ahermatípicos y porosos, viven en simbiosis con algas en aguas someras, calientes, oxigenadas, claras y limpias. Forman colonias, junto con algas rojas, edifican arrecifes, también pueden alimentar una sedimentación periarrecifal detrítica. Su estructura consiste en fibras finas con orientación variada, la mineralogía es variada de acuerdo a la época y familia (Figura 6B).

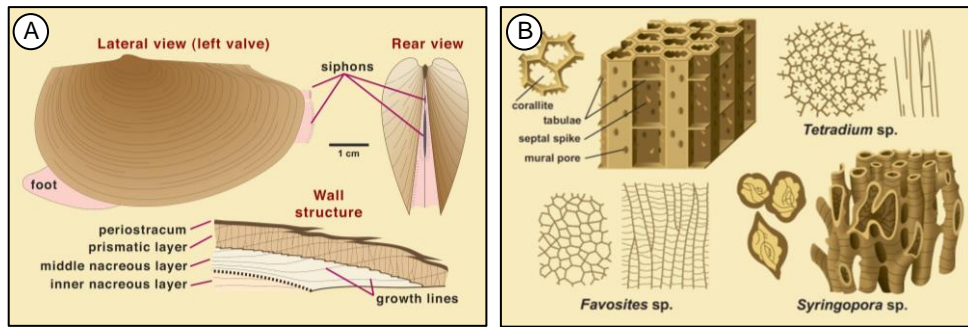


Figura 6. A. Vista esquemática de la morfología y la estructura de la pared de un bivalvo típico, basado en la almeja de agua dulce, *Anodonta* sp. Adaptado de Moore et al. (1952) y otras fuentes. **B.** Morfologías de algunos corales tabulares comunes: *Tetradium*, *Favosites* y *Syringopora*.

Cefalópodos (ammonites, nautilus, belemnites): son un grupo diverso de moluscos altamente desarrollados. Algunos eran bentónicos, pero todavía móviles. Todas las formas modernas y antiguas son interpretadas como totalmente marinas. Aunque los cefalópodos se encuentran en ambientes marinos marginales, son más comunes en estanques abiertos y depósitos de aguas profundas. Su concha es generalmente de aragonito y posteriormente se transforma en calcita espática.

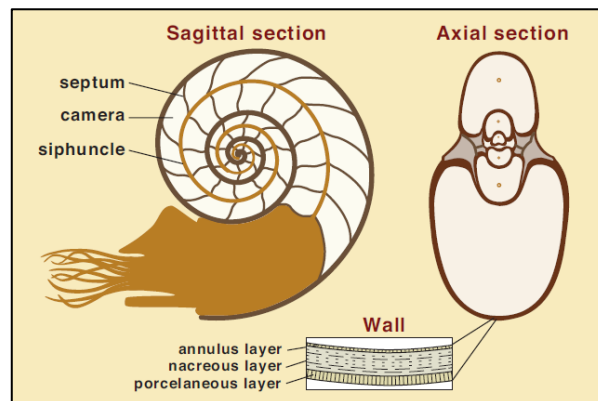


Figura 7. Sección esquemática de un cefalópodo nautiloide enrollado, basado en un cefalópodo de caparazón externo superviviente, adaptado de Moore et al. (1952) y otras fuentes. La concha es aragonítica y consiste principalmente en nácar con un contenido orgánico significativo. Está encajonado entre capas internas y externas muy delgadas compuestas por diminutos prismas de aragonito.

Equinodermos (holoturias, estrellas de mar, etc): Solo los equinoideos y los crinoideos alimentan la sedimentación marina. Son exclusivamente marinos y caracterizan medios someros y abiertos. Se reconocen por tener una simetría pentagonal y ser formados por grandes monocristales porosos de calcita, a veces con canal central (crinoideos). Durante el Mesozoico y Paleozoico vivían en aguas someras.

Artrópodos: Incluyen los ostrácodos, especialmente frecuentes en medio sobresalados o salobres, formados por pequeñas válvulas finas a menudo desigual, y otros crustáceos (trilobites, cangrejos, camarones).

2.2.1.3. Granos carbonatados (no esqueléticos)

Granos complejos que consisten en varias partículas, peloides, ooides, pisoides, oncoides, etc. (Figura 8A, B, C, D) unidas entre sí por micrita o cemento esparítico. Normalmente tienen formas lobulares irregulares subredondeadas y botroidales.

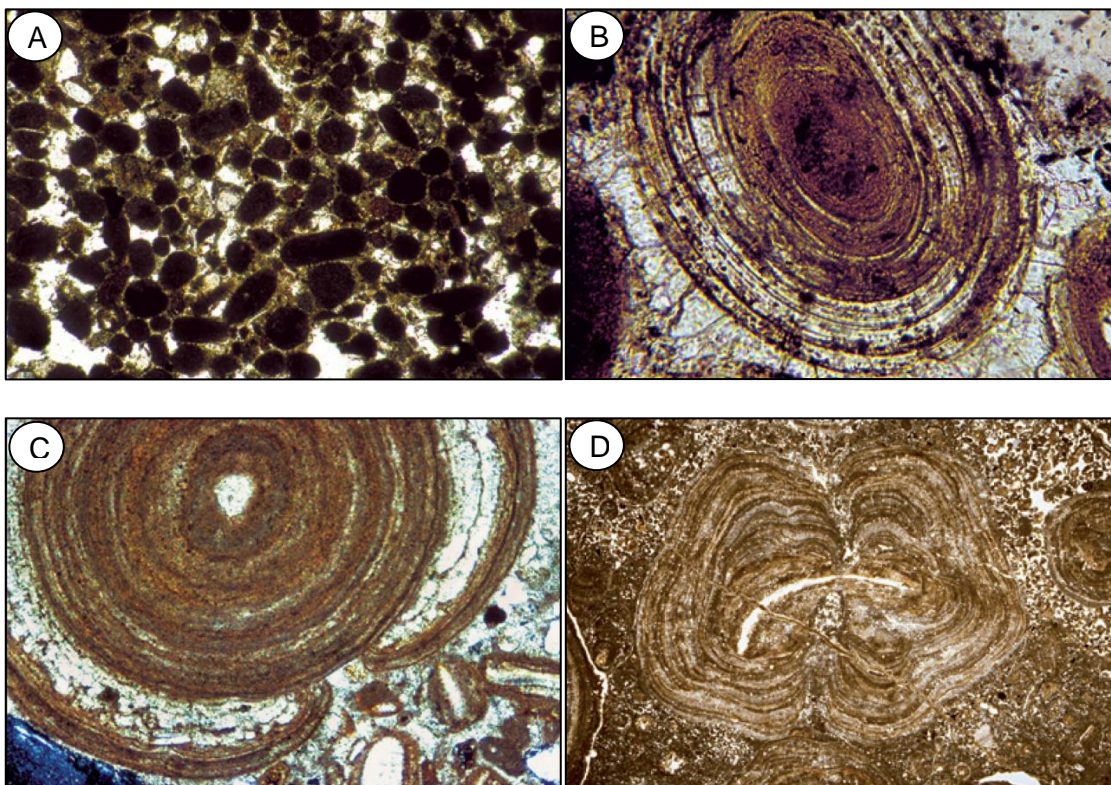


Figura 8. Granos carbonatados no esqueléticos. **A.** Peloides. **B.** Ooides. **C.** Pisoides. **D.** Oncoides. (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

Peloides: los peloides suelen carecer de estructuras internas, pero pueden contener restos óseos de grano fino y otros granos. El término fue propuesto con el fin de reemplazar el término ampliamente utilizado “pellet” que para muchos autores se había convertido en un sinónimo de “pellet fecal”.

Muchos peloides son subredondeados o redondeados, pero las formas ovoides y alargadas también pueden ocurrir. La mayoría de los peloides calcáreos rara vez son mayores de 500 μm y comúnmente exhiben un diámetro $<200 \mu\text{m}$, a menudo de 30 a 100 μm .

Los peloides difieren de los ooides y oncoides por la ausencia de estructuras internas concéntricas o radiales y de pequeños intraclastos redondeados por su forma uniforme,

buena clasificación y tamaño pequeño (<200 μm). Los peloides son generalmente más pequeños que los ooides, los pisoides y los oncoides.

Ooides: son granos esféricos y de forma ovoide, carbonatados o no carbonatados, presentan un núcleo rodeado por una corteza externa, cuya parte exterior es laminada concéntrica, con diámetro menor a 2 mm, frecuentemente entre 0,2-0,5 mm. Se diferencia de los oncoides porque los oncoides exhiben una laminación más irregular, a menudo no concéntrica, además que los oncoides son considerablemente más grandes que los ooides, difieren de los pisoides por las láminas concéntricas de este último y por su tamaño más grande (generalmente varios milímetros) y a menudo de forma muy irregular.

Oncoides: granos redondeados, de tamaño milimétrico a centimétrico, pueden ser calcáreos o no calcáreos, comúnmente exhiben una corteza micrítica que consiste en láminas más o menos concéntricas y parcialmente solapadas alrededor de un núcleo biológico o litoclástico. Los ooides y los pisoides son comúnmente más pequeños y tienen láminas concéntricas regulares en comparación con los oncoides.

Rodoides: son nódulos aislados compuestos principalmente de algas rojas calcáreas incrustadas. La composición, las formas de crecimiento y la zonación de los rodoides son excelentes indicadores de facies, pero los riesgos de un uso demasiado simple de los datos de rodoides para estudios paleoecológicos deben ser considerados (Reid y Macintyre, 1988).

Pisoides: son granos que son estructuralmente similares a los ooides, pero tienen un diámetro mayor de 2 mm, muchos pisoides tienen varios centímetros de tamaño, pero otros son más pequeños de lo que permite el límite crítico. Algunos autores usan el nombre para describir los granos de carbonato redondeados construidos por algas "pisolitos de algas", sin embargo, deben ser tratados como oncoides o rodoides. Otros autores utilizan el término "pisoide", cuando quieren expresar un origen no marino para un carbonato revestido o un grano sin carbonato.

2.2.1.4. Intraclastos

Es un fragmento de sedimento carbonatado penecontemporáneo, débilmente consolidado, que ha sido erosionado y redepositado, generalmente cerca o dentro de la misma secuencia deposicional en la que se formó (Folk, 1962).

Los intraclastos son típicamente granos grandes (varios mm a varios cm o más) con un redondeo moderado a bueno y con tejidos internos de grano múltiple derivados de un

depósito precursor. Los intraclastos suelen ser monomícticos (es decir, todos derivan de un entorno cercano común y por lo tanto tienen una composición y textura similar).

Ambientes de formación: pueden formarse en muchos ambientes, pero la mayoría de los casos se producen en entornos con condiciones intermitentemente de alta energía. En tales escenarios, los sedimentos pueden ser ligeramente cementados u orgánicamente enlazados durante tiempos de condiciones de energía relativamente baja y luego ser desgarrados en clastos durante tormentas importantes u otras condiciones de alta energía. Los sitios más comunes de formación de intraclastos son en superficies de hiatus marino, en arrecifes, pendientes de arrecifes o playas carbonatadas donde procesos biológicos y químicos conducen a una rápida cementación, o en pisos de marea donde la desecación, cementación y/o dolomitización pueden acelerar la litificación.

2.2.1.5. Extraclastos

Son fragmentos de grano sub-redondeados a redondeados y tienden a presentarse como conjuntos polimícticos (es decir, granos con una variedad de texturas y composiciones, incluyendo a veces fracturas cementadas). Debido a que son granos detríticos derivados de un terreno de origen sedimentario más antiguo, pueden mezclarse con fragmentos de roca sedimentaria no carbonatada, especialmente chert. Pueden contener fósiles más antiguos que los de los depósitos huésped y pueden tener distintas cortezas intemperizadas.

Ambientes de formación: Los extraclastos se encuentran típicamente en las proximidades de fuentes expuestas de carbonatos más antiguos, ya que los clastos de carbonato se erosionan o disuelven rápidamente durante el transporte. Por lo tanto, la mayoría de los depósitos ricos en extraclastos se forman cuando se produce una sedimentación rápida en la proximidad de un área de origen y/o en climas relativamente fríos o áridos con poca meteorización química.

2.2.2. Facies Sedimentarias

Una “facies sedimentaria”, en general, es la suma de las características litológicas y paleontológicas de una roca sedimentaria a partir de las cuales puede ser deducido su origen y el ambiente de formación (Teichert., 1958; Miall, 1985).

Flügel (2004) definió el término “microfacies” como el total de todos los criterios paleontológicos y sedimentológicos que se puedan observar en la roca. Es decir, todos los detalles observables en la sección delgada que nos permitan distinguirlas de otras.

2.2.2.1. Análisis de microfacies en rocas carbonatadas

El término “microfacies” define las facies sedimentarias que pueden ser analizadas y caracterizadas en pequeñas secciones de una roca vistas al microscopio petrográfico. El análisis de microfacies empieza en campo con la recolección de muestras de roca, luego llevadas a la preparación de secciones delgadas para su estudio, las cuales comúnmente incluyen análisis tanto cuantitativos como cualitativos detallados, para una interpretación correcta es importante la textura de la roca como:

- Abundancia relativa de los constituyentes principales (granos, matriz, cementos).
- Formas, tamaños, selección y otras características de los granos carbonatados, incluyendo los tipos de biota fósil.
- Aspectos diagenéticos (e.g. disolución de minerales) y asociaciones sedimentarias.
- Estructuras sedimentarias.
- Naturaleza de la fábrica (grano soportado, lodo soportado, bioturbación).

Un método abreviado, rápido, conciso, es comparar con tipos de microfacies estándar (SMF), sistema propuesto por Wilson (1975) quien definió formalmente 24 categorías tipo, en donde agrupa nueve bandas de facies con características similares respecto al tipo de componentes, considerando el contenido paleontológico o la textura depositacional. Además, se asocian dichas categorías a determinados ambientes (cinturones de facies). Cada una de las facies determinadas resulta diferente y serán diagnósticos de un ambiente en particular.

2.2.2.2. Tipos de Microfacies Estándar (SMF)

Wilson (1975) y Flügel (2004) propusieron utilizar los datos procedentes del análisis de microfacies carbonatadas para establecer un número restringido de tipos de facies que sirvan como modelos para definir toda la arquitectura existente de plataformas carbonatadas, independientemente de las edades de las rocas. En el caso de las rocas carbonatadas, su clasificación está referida como “*standard microfacies types*” (SMF). Posteriormente pueden ser agrupadas dentro de “zonas” de facies, las cuales son usadas luego para construir un modelo depositacional generalizado para las rocas carbonatadas (Figura 9). Éstas últimas vendrían a ser los análogos a las asociaciones de facies (facies associations) o elementos arquitecturales (architectural elements) de Miall (1985).

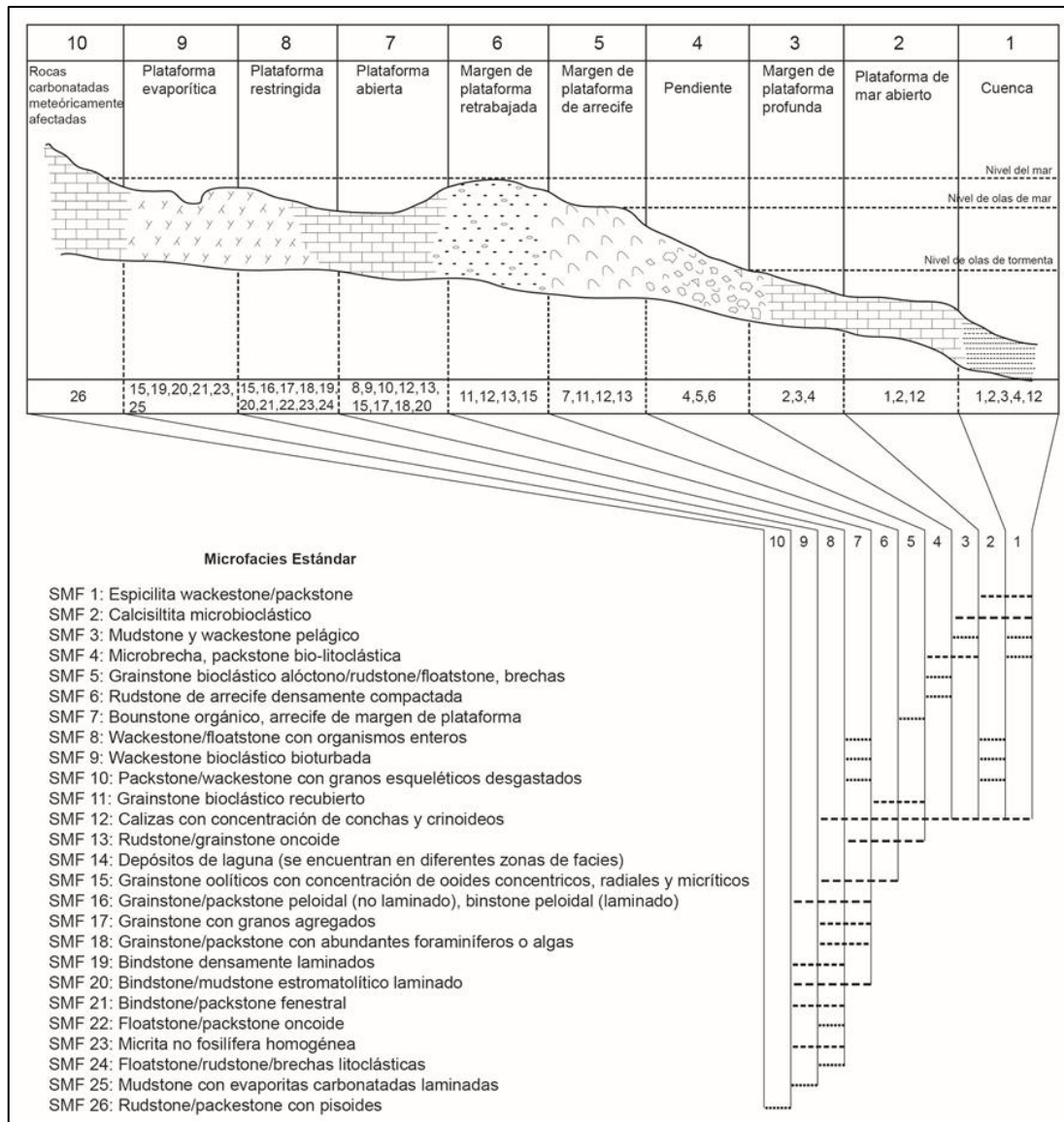


Figura 9. Ambientes de deposición generalizados de una plataforma carbonatada y sus zonas de facies (tomado de Wilson, 1975 y Flügel, 2004).

1. Facies de cuenca (*fondoform*). El agua es muy profunda para la producción y depósito de carbonatos, y depende mucho de la cantidad del influjo de sedimentos finos arcillosos y material silíceo en general. Pueden darse condiciones euxínicas e hipersalinas, por lo que es difícil la desintegración de plancton.

2. Facies de plataforma de mar abierto (*deep undathem*). El apilamiento de agua tiene una profundidad de decenas o aún cientos de metros y generalmente es oxigenada con salinidad marina normal. Las corrientes tienen buena circulación y son lo suficientemente profundas para encontrarse bajo el nivel de oleaje normal, pero con tormentas intermitentes que afectan los sedimentos del fondo.

3. Facies de margen de plataforma profunda. Se encuentra en el límite o al pie de la plataforma carbonatada de material conchífero derivado de la misma. Las condiciones de profundidad y base del oleaje, así como el nivel de oxígeno son muy similares a las de la facies 2 (plataforma de mar abierto).

4. Facies de pendiente frontal de la plataforma carbonatada (*foreslope o clinofom*). Generalmente la pendiente se localiza arriba del límite más bajo de agua oxigenada, encima de la base del oleaje. La estratificación presenta derrumbes, montículos, frentes en forma de cuña y bloques grandes.

5. Facies de arrecifes de margen de plataforma (construcción orgánica). El carácter ecológico depende de la energía del agua, inclinación de la pendiente, productividad orgánica, cantidad de la construcción del armazón, uniones, entrampamientos, frecuencia de exposiciones subaéreas y cementación.

6. Facies de arenas de barrera arenosa de borde de plataforma (plataforma retrabajada). Éstas toman las formas de bancos, playas, barras de marea de mar abierto en abanicos, cinturones o islas de dunas. La profundidad de deposición de tales arenas marginales varía de 5 a 10 metros. El ambiente es oxigenado, sin embargo, no es adecuado para la vida marina debido al cambio constante de substrato.

7. Facies marina de plataforma abierta (*lagoon*). Este ambiente se localiza en zonas estrechas, es decir, lagunas y bahías abiertas detrás del borde de plataforma externa. La profundidad del agua es generalmente somera, a veces solo algunos metros de profundidad. La salinidad es normal, a veces variable y con circulación moderada.

8. Facies de plataforma de circulación restringida. Incluye la mayor parte de los sedimentos finos en lagunas muy someras y los sedimentos gruesos en canales de marea y playas locales. Todo el complejo corresponde al ambiente de planicies de mareas. Las condiciones son extremadamente variables y constituye un ambiente muy difícil para los organismos. Llegan a presentar aguas dulces, salinas e hipersalinas, con exposiciones subaéreas frecuentes y con condiciones reductoras y oxidantes; existe abundante vegetación tanto marina como de pantano. Los terrígenos de origen eólico pueden llegar a representar una porción importante en los depósitos.

9. Facies de plataforma evaporítica (*sabkha*). Ambiente de supramarea y de lagos en la plataforma marina. El clima se caracteriza por ser árido y con un intenso calor (áreas de sabkhas y planicies de sal), por lo que las inundaciones marinas son muy esporádicas. El yeso y la anhidrita son muy comunes dentro de estos depósitos.

De acuerdo al modelo standard de Wilson (1975), ciertas condiciones pueden variar y un solo ejemplo difícilmente incluiría el total de las nueve (A-I) facies antes mencionadas.

2.2.3. Plataformas Carbonatadas

Aunque se han utilizado términos para los ambientes de deposición a gran escala de los carbonatos de maneras diferentes a lo largo de los años (Wilson, 1975; Read, 1985 y Tucker, 1990) ha surgido un acuerdo general.

La plataforma carbonatada se usa como un mismo término general y suelto para una potente secuencia de carbonatos principalmente de aguas someras. Las plataformas carbonatadas se desarrollan en un amplio rango de emplazamientos geotectónicos, pero particularmente a lo largo de los márgenes continentales pasivos, en cuencas intracratónicas de rifts fallados, y desde cuencas marginales a cuencas de antepais (Tucker, 1990). El tipo de plataforma carbonatada está principalmente determinado por la geotectónica y el nivel relativo del mar, pero un emplazamiento puede evolucionar a otro, o a través de los procesos naturales de sedimentación carbonatada o a través de los efectos tectónicos y cambios del nivel del mar.

2.2.3.1. Plataforma Anular

Se caracterizan por el desarrollo de arrecifes y masas de arena carbonatada a lo largo del margen de la llanura de marea (shelf). Las profundidades son someras adyacentes al borde de la plataforma, incluso subaérea si han formado las islas. El margen de la plataforma es una zona turbulenta, de alta energía donde el oleaje del océano, las olas de tormenta y las corrientes de marea chocan contra el fondo marino (Figura 10).

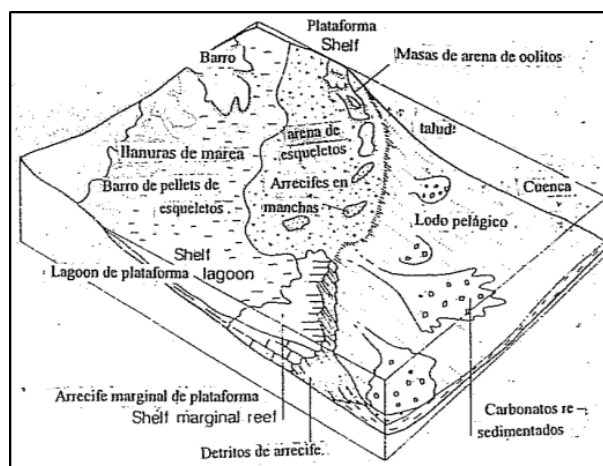


Figura 10. Modelo de deposición de plataforma anular carbonatada. Según Tucker (1985).

Existen tres tipos de plataformas anulares:

- **Bordes de plataforma de acreción:** son aquellos que muestran migración lateral, con algo o poca agradación vertical, principalmente se forman cuando el nivel del mar es estable o solo sube despacio, la productividad de carbonatos es alta en el borde de la plataforma.
- **Bordes de plataforma de desviación:** se dan en áreas de acreción vertical rápida donde la sedimentación del borde de la plataforma puede mantener el paso con el nivel del mar creciente, pero se deposita insuficiente sedimento en la cuesta para una acreción lateral significativa.
- **Bordes de plataforma de erosión:** ocurren en áreas de fuertes mareas o las corrientes oceánicas, precipicios y acantilados caracterizan la cuesta de la plataforma. Los residuos del margen de erosión pueden aumentar en abanicos al pie de la cuesta de la plataforma.

2.2.3.2. Rampa

Una rampa carbonatada es una superficie suavemente inclinada, de gradientes del orden de unos metros por kilómetro que contrastan notablemente con la cuesta empinada en una plataforma carbonatada (Figura 11). En una rampa los carbonatos de aguas someras pasan gradualmente en la anteplaya a aguas más profundas y después a sedimentos de cuenca.

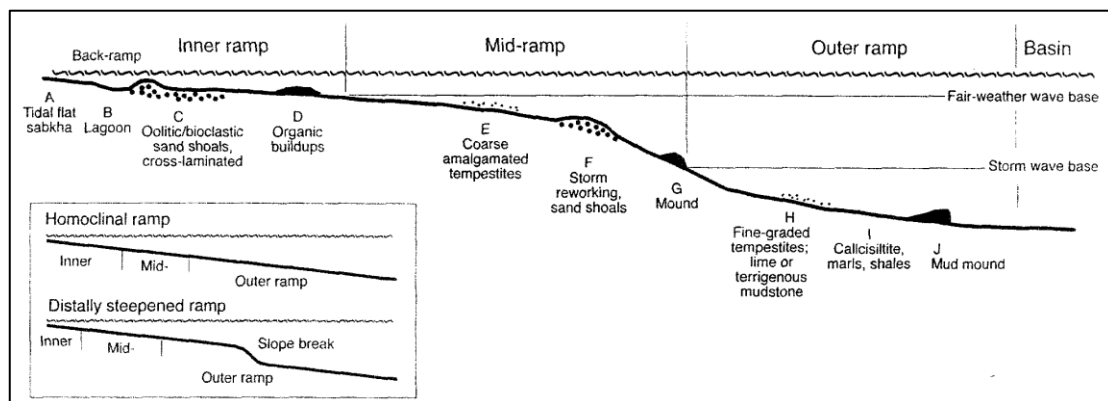


Figura 11. Gráfico de una rampa y tipos de rampas.

Existen dos tipos de rampas:

- **Rampas homoclinales:** donde las cuestas son relativamente uniformes, en esta hay muy pocos deslizamientos (slumps), depósitos de flujo de residuos o turbiditas.
- **Rampas distalmente empinadas:** donde hay un incremento en el gradiente en la región de la rampa exterior profunda, es similar al de los bordes de plataforma

de acreción, pero una diferencia es que de la rotura en la cuesta entra agua más profunda en la rampa, con lo que los depósitos resedimentados consisten en arenas, lodos y clastos de material de la parte exterior de la rampa y de la superior de la cuesta.

2.2.3.3. Plataforma Epeirica

Son áreas muy extensas de topografía despreciable, aunque inexistentes hoy, los mares epeiricos poco profundos cubrieron áreas extensas de cratones durante el registro geológico (Figura 12).

Las profundidades del agua en estas plataformas generalmente eran menos de 10 m, con lo que dominaron los ambientes del submareal poco profundo al intermareal. El punto de vista tradicional sobre los mares epeiricos es que tenían una variación escasa de la marea, con mareas salpicando fuera por efectos friccionales sobre el muy extenso lecho marino poco profundo.

2.2.3.4. Plataforma Aislada

Se refiere a acumulaciones de carbonato en aguas poco profundas rodeadas por agua profunda. Ninguna restricción del tamaño está implícita, aunque si la plataforma es muy grande puede considerarse en términos de plataforma, rampa y los modelos de plataforma epeiricos discutidos en las secciones anteriores (Figura 12).

Es la plataforma aislada mas pequeña que tiene modelos de facies distintivos, dado los diversos márgenes de la plataforma que habrá estado sometida a diferentes regímenes de oleaje y de tormenta, dependiendo de su orientación con respecto a la dirección de los vientos predominantes y de las tormentas mayores. La mayoría de las plataformas aisladas tienen márgenes empinadas y taludes en agua profunda o muy profunda, tendrán arrecifes marginales y masas de arena, con aguas mas tranquilas, lodos arenosos y lodos en el interior de la plataforma, e islas posiblemente arenosas con llanuras de marea alrededor.

2.2.3.5. Plataforma Sumergida

Se requiere de rápidos levantamientos relativos del nivel del mar para sumergir una plataforma carbonatada, las plataformas sumergidas tienen facies carbonatadas de aguas profundas superpuestas típicamente a facies de aguas poco profundas, donde el levantamiento del nivel del mar fue lo suficiente para situar la plataforma por debajo de la zona fótica, entonces muchos organismos bénticos, pero sobre todo las algas estarán excluidos, y los carbonatos estarán dominados por fósiles planctónico-nectónicos (como

foraminíferos planctónicos, pterópodos, ciertos bivalvos de concha delgada y los ammonoideos), (Figura 12).

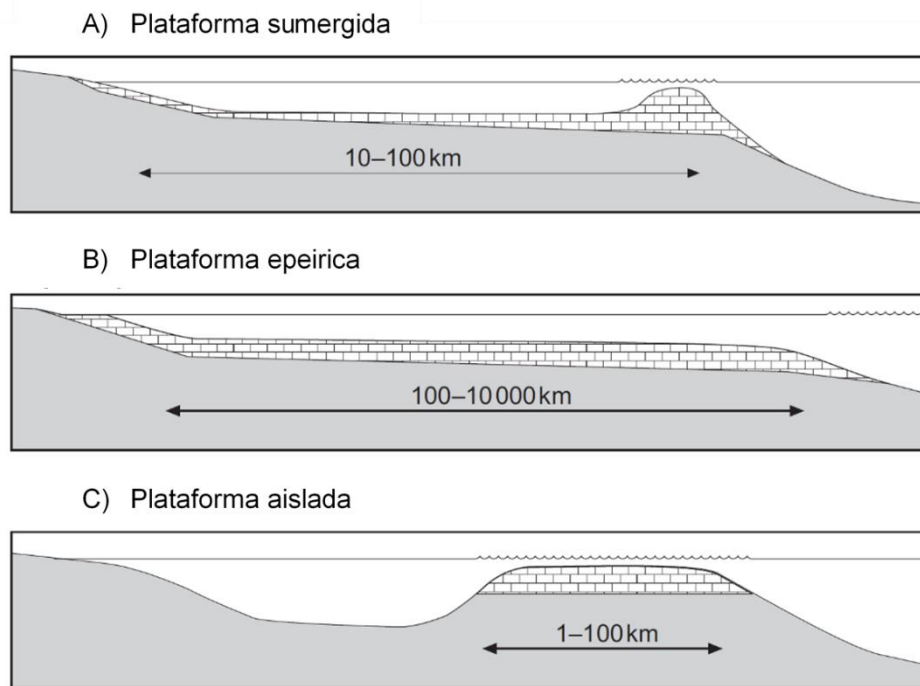


Figura 12. Tipos de plataformas. **A)** Plataforma sumergida o ahogada. **B)** Plataforma epeirica o epicontinental. **C)** Plataforma aislada. (Nichols, 1999).

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. Generalidades

La geología regional del área de estudio está compuesta por un apilamiento sedimentario compuesto de rocas detríticas, carbonatadas, intrusivas y volcánicas, cuyas edades van del Paleozoico al Cenozoico (Figura 13A, B). El Paleozoico está representado por el Grupo Mitu. El Mesozoico está representado por el Grupo Pucará, la Formación Socosani, Grupo Yura (formaciones Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani), las formaciones Murco y Arcurquina, por la zona norte se tiene a las formaciones Cercapuquio, Chunumayo, el Grupo Goyllarisquizga y las formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha. El Cenozoico está representado por la Formación Yacotingo. Las unidades intrusivas están representadas por el Complejo Querobamba (ver Plano 2).

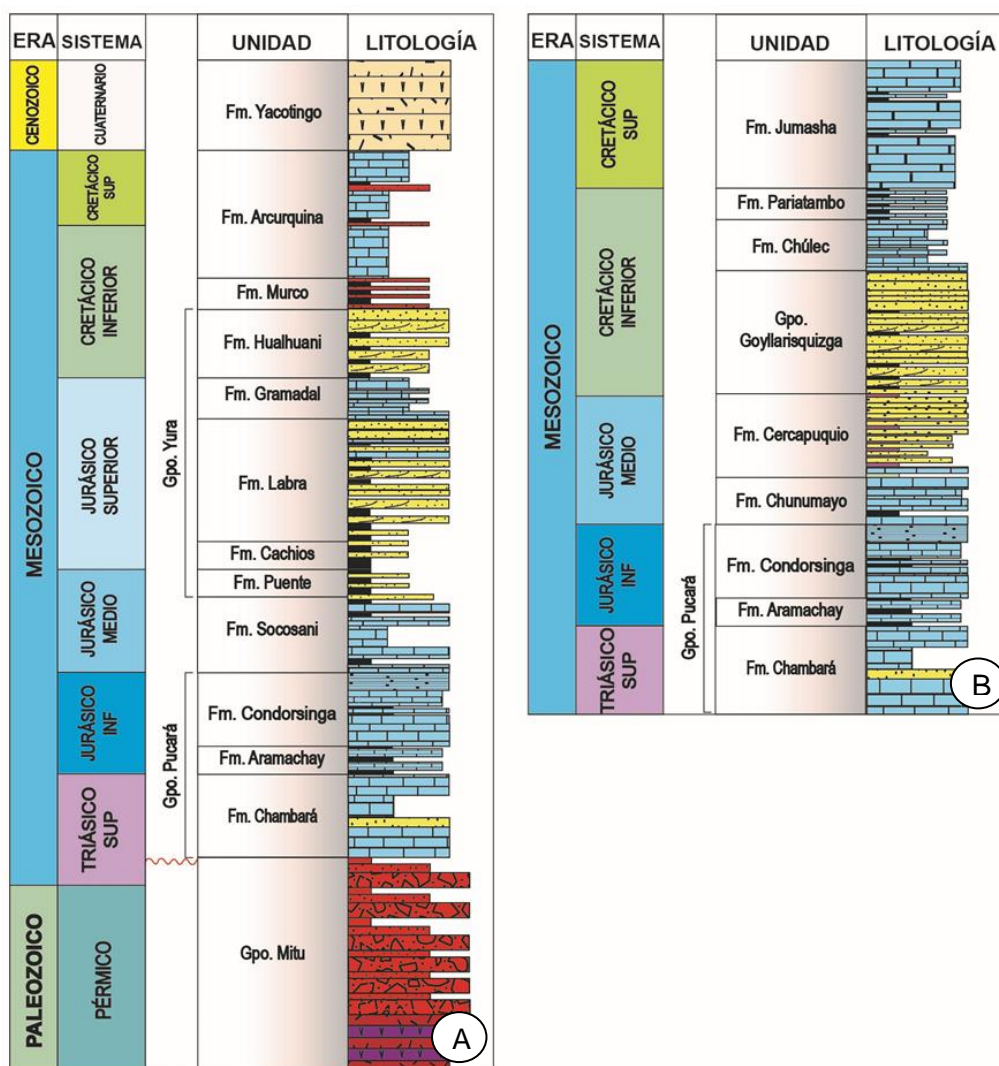
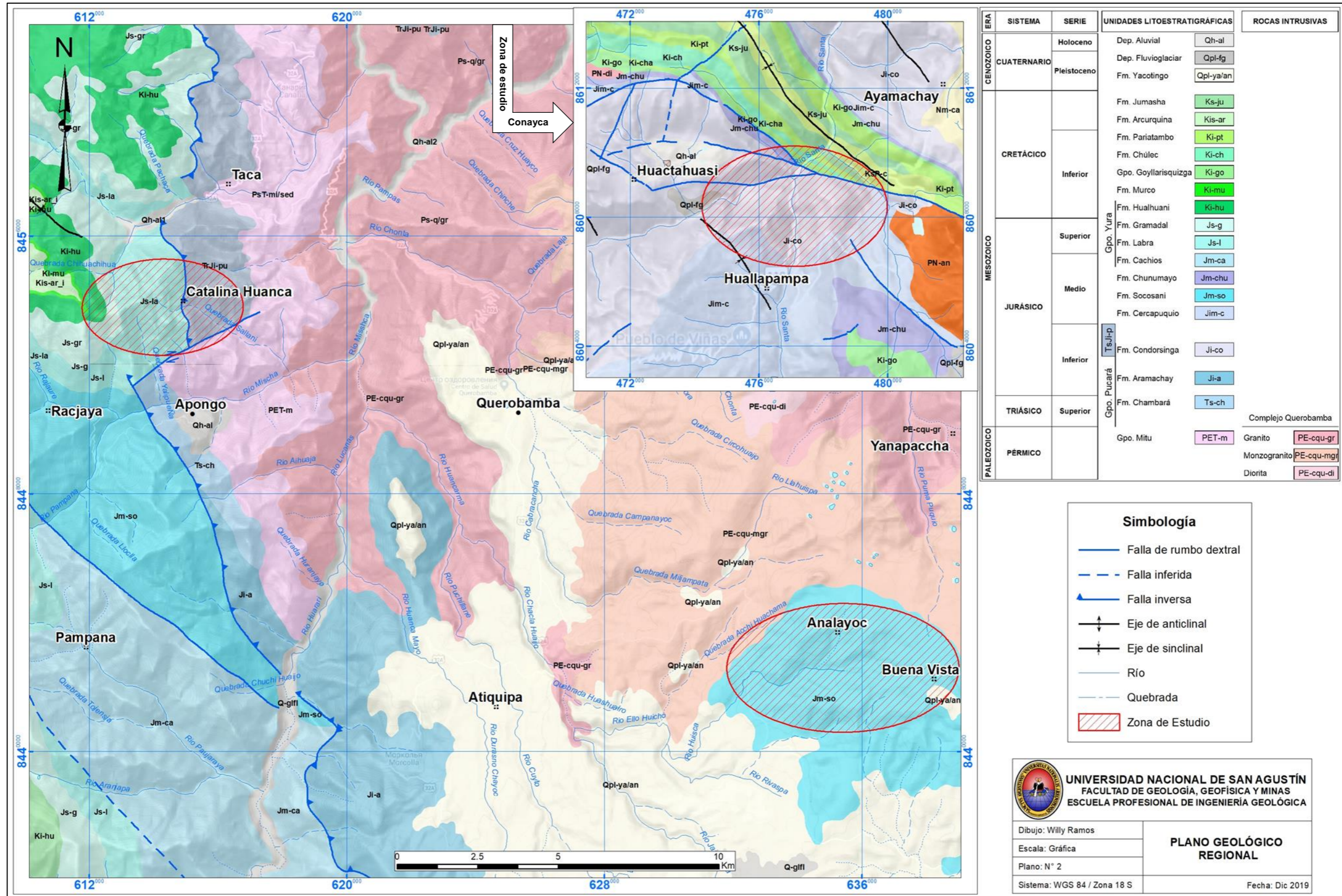


Figura 13. Columna generalizada del área de estudio. **A.** Columna zona sur. **B.** Columna zona norte (columnas generadas con información de los mapas geológicos del INGEMMET).



(Fuente INGEMMET)

Plano 2. Plano geológico regional de la zona de estudio

3.2. Estratigrafía

3.2.1. Grupo Mitu

McLaughlin (1924) describe una secuencia de areniscas rojas y conglomerados expuestos en los alrededores de la localidad de Mitu en el Perú central, asignada al Carbonífero y luego datada al Permiano superior por Newell et al., (1949). La localidad tipo se encuentra en los alrededores de los poblados de Mitu, Goyllarisquizga y Pasco. Está constituido por areniscas rojizas y grises, cubierta con un conglomerado. Newell et al., (1949) describe al Grupo Mitu como una secuencia detrítica con material volcánico, constituido de areniscas arcósicas de color rojo, lutitas, conglomerados y brechas volcánicas.

El Grupo Mitu volcánico se presenta como aglomerados gris rojizos, conteniendo clastos de granito y calizas de formas subredondeadas y en menor proporción clastos subangulosos, cubiertos por una matriz de composición volcánica.

Debido a su posición estratigráfica de sobreyacencia en discordancia erosional al Complejo Querobamba de probable edad Paleozoica superior y de infrayacencia a la Formación Chambará del Triásico superior. Se le asigna al Grupo Mitu una edad Permiano-Triásico.

3.2.2. Grupo Pucará

La primera división litoestratigráfica del Grupo Pucará la realizó Weaver, C. (1942) en el valle de Utcubamba, dividiéndola en las formaciones Utcubamba, Chillingote y Suta. Jenks (1951) lo divide en Uliachin y Paria y propuso elevarlo de rango a Grupo Pucará. En la sierra central Megard, F. (1968) la divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga, división litoestratigráfica empleada en el cartografiado del Grupo Pucará en la sierra central y el Nororiente peruano. Posteriormente Palacios, O. (1980) en la Selva Central la divide agrupándola en seis formaciones: San Vicente, Paucartambo, Tambo María, Ulcumayo, Oxapampa y Chorobamba. Diversos estudios regionales sobre el Grupo Pucará se pueden encontrar en Szekely T.S. y Grose L.T. (1972), Pardo, A. y Sanz, V. (1979), Locghman, D. y Hallam, A. (1982), Rosas et al. (1992, 1994, 1995), Rosas, S. (1994) y Muñoz et al. (2002).

3.2.2.1. Formación Chambará

En la sierra central fue descrita por primera vez por Megard, F. (1968) como Formación Chambará (base del Grupo Pucará). Esta Formación está compuesta de calizas color gris a marrón claro, en superficie presenta un color gris blanquecino, se encuentra cortada por venillas de calcita, en estratos de 30 a 50 cm de espesor; en la parte superior

presenta nódulos de chert. Ocasionalmente presenta en la base niveles de areniscas calcáreas.

La Formación Chambará sobreyace al Grupo Mitu de edad Permiano-Triásico, e infrayace a la Formación Aramachay del Jurásico inferior. Mégard (1968) registra fósiles de braquiópodos, gasterópodos y pelecípodos, fósiles que fueron estudiados por J. Galli de Mégard quien basado en comparaciones con otros trabajos indica que las especies identificadas tienen afinidades norianas y rhaetianas, pudiendo asignarle a la Formación Chambará una edad Noriano-Rhaetiano.

3.2.2.2. Formación Aramachay

Descrita por primera vez por Megard, F. (1968), división litoestratigráfica empleada en el cartografiado del Grupo Pucará en la sierra central y el nororiente peruano. La Formación está constituida por calizas de coloración gris oscura a negra (carbonosas), laminares, cortada por venillas de calcita, en la parte superior presenta nódulos de chert, se presenta en estratos de 10, 20 hasta 30 cm de espesor.

La Formación Aramachay sobreyace concordante a la Formación Chambará e infrayace en la misma relación a la Formación Condorsinga. Mégard (1968) en el cuadrángulo de Huancayo recolectó los géneros Vermiceras, Arnioceras y Eparietites de edad Sinemuriano, pero no encontró los ammonites hettangianos que mencionaba Harrison en estratos de la misma litología, pero tampoco existen pruebas de la no deposición de ese piso, por lo que consideró para la Formación Aramachay una edad Hettangiano-Sinemuriano.

3.2.2.3. Formación Condorsinga

Descrita por primera vez por Megard, F. (1968), división litoestratigráfica empleada en el cartografiado del Grupo Pucará en la sierra central y el nororiente peruano. Formación constituida por calizas grises, en estratos de 20 a 30 cm de espesor, en la base se presenta intercalada con niveles de lutitas de color gris oscuro. Ocasionalmente en algunos niveles presenta nódulos calcáreos.

Mégard (1968) registra numerosos fósiles, entre ellos cefalópodos que fueron determinados por A. Pardo, y otras especies estudiadas por J. Galli de Mégard, los estudios de ammonites por A. Pardo atribuyen a la Formación Condorsinga una edad Sinemuriano superior al Toarciense superior y quizá alcanza al Aaleniano inferior.

3.2.3. Formación Socosani

Descrita por primera vez por Jenks (1948) indicando como localidad típica un afloramiento a 1/2 Km. de los baños termales de Socosani. Posteriormente Benavides

(1962) en la misma localidad, diferencia tres miembros dentro de esta Formación. Se tienen referencias paleontológicas y litológicas por diversos estudios posteriores como: Vargas (1970), León (1981), Vicente (1981), Westerman et al. (1980).

Está conformada por calizas grises oscuras a negras, dispuestas en estratos de 30 a 50 cm, intercalada con lutitas gris oscuras, bajo estas secuencias se tiene calizas mudstone, gris oscuras, bien estratificadas, más hacia la base se tienen calizas laminares con contenido fosilífero.

Infrayace de forma concordante a la Formación Puente, su contacto inferior no se observa por encontrarse fallado (falla inversa) sobre las secuencias del Grupo Yura. Vicente (1981) considera a la Formación Socosani un rango de edad del Toarciano al Bathoniano (Jurásico inferior-medio).

3.2.4. Formación Chunumayo

Los primeros estudios fueron realizados por Harrison (1956) en los alrededores de Cercapuquio. Asimismo, identificó el ammonite *Stephanoceras Humphriesianum* de edad Bajociano, que fue atribuida a las Calizas del Jurásico medio, sin precisar el nivel fosilífero y la localidad. Posteriormente Mégard (1979), previa revisión de los apuntes de Harrison (1956) indica que el ammonite (*Stephanoceras Humphriesianum*) de los alrededores de Cercapuquio atribuido a las calizas del Jurásico medio, provienen en realidad de la parte superior de unas calizas atribuidas a la Formación Condorsinga, ubicado a 19 Km al SSO de Huancayo. Con este argumento, opta un cambio en la denominación de las calizas que sobreyacen a la Formación Cercapuquio, asignándole la denominación de Formación Chaucha, redefiniendo una posición estratigráfica nueva donde la Formación Chunumayo infrayace a la Formación Cercapuquio.

La Formación Chunumayo está compuesta principalmente de calizas mudstone y grainstone, ambas de coloración grisácea y algunas secuencias de calizas con tonalidad marrón clara, intercalándose también con algunas capas delgadas de arcillitas.

La edad de la Formación Chunumayo se basa en la información de Harrison (1956) quien encontró en las calizas del área de Cercapuquio un ammonite *Stephanoceras humphriesianum* SOW (según Arkell), característico del Bajociano Superior y algunos probables *Microcephalites* de edad Calloviana. En consecuencia, la Formación Chunumayo sería del Bajociano superior con posibilidad de llegar hasta el Calloviano.

3.2.5. Formación Cercapuquio

Un estudio estratigráfico a detalle realizado por Harrison (1956) permitió a Mégard, F. (1968) definir y nombrar como Formación Cercapuquio (Jurásico medio) a unas

areniscas púrpuras ubicadas cerca de la Mina Cercapuquio y que infrayacen a la Formación Chunumayo, cabe resaltar que Moulin (1989) describió y analizó a detalle la unidad en su contexto depositacional, del mismo modo Rosas y Fontbote (1990) en su análisis sedimentológico de la Formación Cercapuquio (Bajociana).

La litología de la Formación Cercapuquio está representada por unidades alternantes de limolitas y lutitas de tonos rojizos y gris olivo, estratificadas en capas delgadas y laminares con areniscas feldespáticas y margas de coloración pardo amarillento y rojizas.

3.2.6. Grupo Yura

Inicialmente William Jenks (1948) denomina como Formación Yura una secuencia compuesta por pizarras y cuarcitas. Posteriormente V. Benavides (1962) denomina Formación Yura a una gruesa secuencia sedimentaria constituida por areniscas, lutitas y calizas, dividiéndola en cinco miembros: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani. Vicente et al. 1979, en vista de su mapeabilidad y extensión, eleva a la categoría de Formación a dichos miembros conformando así el Grupo Yura. Regionalmente en la zona se reconocen las formaciones Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani.

3.2.6.1. Formación Cachíos

Secuencia de lutitas negras y gris oscuras, astillosas, aciculares, suaves y desmenuzables, tufácea en algunas secuencias, carbonácea en otras, con intercalaciones menores de areniscas y siltitas grises a beige, de grano fino, en capas medianas, fuertemente lenticulares.

Descansa concordantemente sobre las areniscas y lutitas de la Formación Puente, el contacto superior ofrece un cuadro similar infrayaciendo a la Formación Labra. Debido a su relación estratigráfica la edad asignada es Oxfordiano-Kimmerigiano (Jurásico superior).

3.2.6.2. Formación Labra

Constituido por areniscas interestratificadas con menores proporciones de lutitas y escaso contenido de margas y calizas. Las areniscas son de color blanquecino a gris, generalmente de grano fino a medio, con chispas ferruginosas, en estratos delgados a medianos, ocasionalmente gruesos, usualmente lenticulares y muchas veces con estratificación cruzada. Ocasionalmente la arenisca pasa gradacionalmente a calizas oolíticas pardas y marrones.

Sobreyace en concordancia a la Formación Cachios e infrayace a las calizas de la Formación Gramadal. Debido a su relación estratigráfica la edad asignada es Titoniano (Jurásico superior).

3.2.6.3. Formación Gramadal

Consiste de calizas de color gris, que intemperizan a marrón amarillento oscuro, en estratos gruesos y extremadamente fosilíferos, y con interestratificaciones abigarradas y margosas.

Sobreyace en concordancia sobre la Formación Labra e infrayace con igual relación a los bancos cuarzosos de la Formación Hualhuani. Debido a su relación estratigráfica la edad asignada es Jurásico superior.

3.2.6.4. Formación Hualhuani

Constituida por areniscas cuarzosas, color gris blanquecino, de grano medio, en estratos de 20 hasta 60 cm de espesor.

No habiéndose encontrado fósiles no hay evidencia directa de su edad, es por eso que debido a su posición estratigráfica de sobreyacer a la Formación Gramadal y por infrayacer a la Formación Murco, la edad asignada a la Formación Hualhuani es al Cretácico inferior.

3.2.7. Formación Murco

Inicialmente Jenks, W. (1948) la define como Formación Murco, seguidamente Benavides, V. (1962) mide una sección sobre el río Sihuas, en el paraje denominado Pacchay Santa Rosa al sur del pueblo de Murco, definiéndola como sección tipo. En el cuadrángulo de Caylloma Dávila, D. (1988) separa cuatro miembros, pero en Abancay Pecho, V. (1981) usa el término de Formación Mara para los sedimentos rojizos que afloran en los alrededores del pueblo de Mara. Mientras que Mendivil & Dávila (1994) elevan la categoría de Grupo separando dos formaciones para el área de Livitaca (formaciones Huintuyo y Chillorolla), pero estudios posteriores la siguen considerando con el rango de formación.

En la localidad tipo está constituido por una secuencia de pizarras rojas, gris claro a oscuro, areniscas de tonalidades blancas, amarillentas y pardo rojizas con algunas capas delgadas de conglomerados y yeso. Principalmente está constituida por limolitas violáceas, de grano fino, intercaladas con areniscas cuarzosas, gris rojizas, de grano fino a medio, en estratos de 20-40 cm.

Debido a su posición estratigráfica de sobreyacencia a la Formación Hualhuani del Neocomiano inferior, y por infrayacer a la Formación Arcurquina del Albiano, la edad asignada es Berriasiano-Aptiano.

3.2.8. Formación Arcurquina

La denominación Arcurquina fue establecida por Jenks, W. (1948), y ratificada por Benavides, V. (1962). Marocco, R. (1975) y Pecho, V. (1981) emplean el término Ferrobamba para la secuencia calcárea de posición estratigráfica similar a la Formación Arcurquina.

Principalmente está constituida por calizas de color gris amarillenta a marrón clara, cortadas por venillas de calcita, se presentan en estratos de 50 a 60 cm.

Debido a fósiles encontrados en estudios anteriores (*Knemiceras raimondii* y *Hemiaster cf. Texanum*) la edad asignada a la Formación Arcurquina es Albiano-Turoniano, con posible extensión hasta el Coniaciano.

En la zona norte (Conayca) además de algunas unidades ya mencionadas se presenta también el Grupo Goyllarisquizga.

3.2.9. Grupo Goyllarisquizga

Jenks (1951) lo denominó Formación Goyllarisquizga, luego Wilson (1963) elevó el rango de la unidad a Grupo Goyllarisquizga dividiéndola en las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Después Wilson et al. (1964) divide al Grupo en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Es importante mencionar que hacia la Cordillera Oriental no se puede diferenciar a las Formaciones del Grupo Goyllarisquizga y en ese caso el término correcto a usar es Grupo Goyllarisquizga indiviso.

Consiste de areniscas cuarzosas blanquecinas, pobre a moderadamente clasificadas, de grano medio a grueso, con estructuras sedimentarias como estratificación cruzada, paralela y ocasionalmente ripples. La edad asignada es una edad Cretácico inferior.

3.2.10. Formación Chúlec

En la región central del país D. H. McLaughlin (1924) describió con el nombre de Formación Machay una secuencia calcárea compuesta de un miembro inferior llamado Chúlec de edad Aptiano y un miembro superior denominado Pariatambo de edad Albiano. Posteriormente V. Benavides (1956) elevó a ambos miembros a la categoría de formaciones asignándoseles una edad Albiana.

Litológicamente consiste en la base de calizas arenosas, areniscas calcáreas e intercalaciones margosas de color pardo blanquecino; luego se suceden calizas grises

a beige, calizas margosas nodulares con intercalaciones de margas grises claras variando a pardo amarillento debido a la meteorización.

La Formación Chúlec yace concordantemente sobre la Formación Inca del Albiano inferior y en igual relación subyace a la Formación Pariatambo del Albiano medio, sin embargo, la Formación Inca o su equivalente Pariahuanca no son evidentes en la parte oriental del área estudiada.

3.2.11. Formación Pariatambo

Presenta litofacies de margas, lutitas arenosas e intercalaciones delgadas de calizas, generalmente bituminosas, con fuerte olor fétido, y coloraciones negruzcas que por meteorización se hacen grises. La base de la formación empieza con calizas negras estratificadas en capas de 5 a 10 cm., con abundante chert, constituye un horizonte fosilífero guía que separa las formaciones Chúlec y Jumasha.

Su alto contenido de fauna fósil de ammonites, oxytropidoceras, Carbonarium y Venezoliceras sp., permiten asignar a la Formación Pariatambo una edad correspondiente a la parte superior del Albiano medio.

3.2.12. Formación Jumasha

Con este nombre D. H. McLaughlin (1924) describió una gruesa secuencia de calizas grises claras estratificadas en capas gruesas, que reposan concordantemente sobre la Formación Pariatambo. Su localidad típica aflora en Jumasha en la región central del Perú.

Consiste de calizas grises a beige de textura fina, ocasionalmente de aspecto brechoso con intercalaciones de calizas nodulares de color mayormente gris pardo a beige. La estratificación se presenta en capas medianas y gruesas de 30 cm., hasta 3 m. de grosor; ocasionalmente se encuentran margas y calizas dolomíticas en capas gruesas. Esta formación es muy fosilífera, en ella se han reconocido equinoideos (Pseudodiadema), pelecípodos (Ostrea, trigonias) y también gasterópodos, la Formación Jumasha representa la trasgresión ocurrida en el Albiano superior hasta el Coniaciano.

3.2.13. Formación Yacotingo

La Formación Yacotingo está constituida por tobas piroclásticas y tobas soldadas gris blanquecinas con textura vacuolar rellenas con pómez y granos angulares de cuarzo.

También se observan flujos piroclásticos los mismos que están rellenando depresiones mostrando variaciones laterales de sus grosores y se encuentra sobreyaciendo al complejo de Querobamba y a las secuencias conglomerádicas del Grupo Mitu.

Esta unidad por estar sobreyaciendo a lavas andesíticas del Barroso del Plioceno superior-Pleistoceno inferior se le asigna la edad del Pleistoceno superior (Sánchez et al. 2003).

3.2.14. Depósitos Cuaternarios

3.2.13.1. Depósitos Fluvioglaciares

Se distribuyen en diferentes sectores donde constituyen penillanuras formadas por acumulación de derrubios producto de la destrucción de las morrenas terminales; estos depósitos se caracterizan por una estratificación muy pobre de guijarros, gravas y arenas gruesas.

3.2.13.2. Depósitos Aluviales

Constituyen depósitos transportados por la corriente de los ríos, flujos de agua y corrientes laminares producto de las precipitaciones pluviales. Litológicamente están compuestas por niveles intercalados de arenas, limos, arcillas y conglomerados.

3.3. Rocas Intrusivas

3.3.1. Complejo Querobamba

Macroscópicamente tiene colores variables como gris blanquecino, crema, rosado pálido, y rojo salmón, con textura holocristalina y heterogranular, de grano medio a fino, hipidiomórfico, la ortosa se encuentra alterada a material arcilloso (sericita), los granos de cuarzo se presentan microfracturados con sus espacios rellenos por limolitas.

Litológicamente está constituida por rocas graníticas gris claras, con 20% de plagioclasas, 30% de cuarzo y 40% de feldespatos, con presencia de cristales ferromagnesianos, con abundante fractura gneisificada y con bandeamientos (ortogneis)

El granito se encuentra parcialmente gneisificado y cubierto en discordancia por las capas del Grupo Mitu del Pérmico superior, por lo que LAGESA-C.F.G.S. (1996) asume que el emplazamiento del granito Querobamba tuvo lugar en el Paleozoico inferior.

CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1. Generalidades

El área de estudio se encuentra afectada por un intenso plegamiento y fallamiento inverso, en base a las observaciones de campo e interpretación de imágenes satelitales, se han definido fallas y pliegues (anticlinales y sinclinales) que explican de mejor manera la deformación de las unidades estratigráficas involucradas y la complejidad tectónica de la zona de estudio (ver Plano 3).

4.2. Fallas

Las estructuras corresponden a fallas inversas y en menor proporción fallas normales, principalmente el sistema de fallas tiene una dirección NO-SE.

Entre las estructuras de mayor relevancia se tiene a la falla localizada al SO del centro poblado de Asquipata (ver Plano 3), la estructura muestra un aparente movimiento inverso, donde presenta en la parte superior calizas gris oscuras de estratificación paralela (Formación Socosani), mientras que en la parte inferior corresponde a areniscas cuarzosas, blanquecinas (Formación Labra), tiene dirección NO-SE, un espesor de 2.5 metros, donde presenta material fracturado e inestable y se asocia a una moderada oxidación, muy cerca a esta estructura con dirección al este se tiene otra estructura de menor dimensión, lo que puede evidenciar que nos encontramos dentro de un sistema estructural regional (Figura 14A, B).

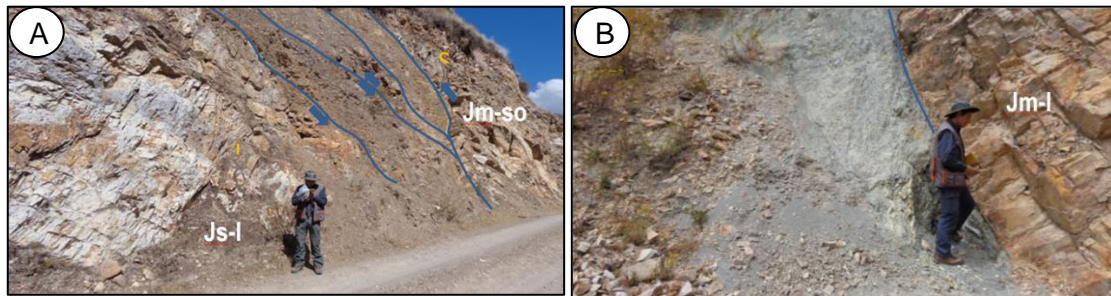
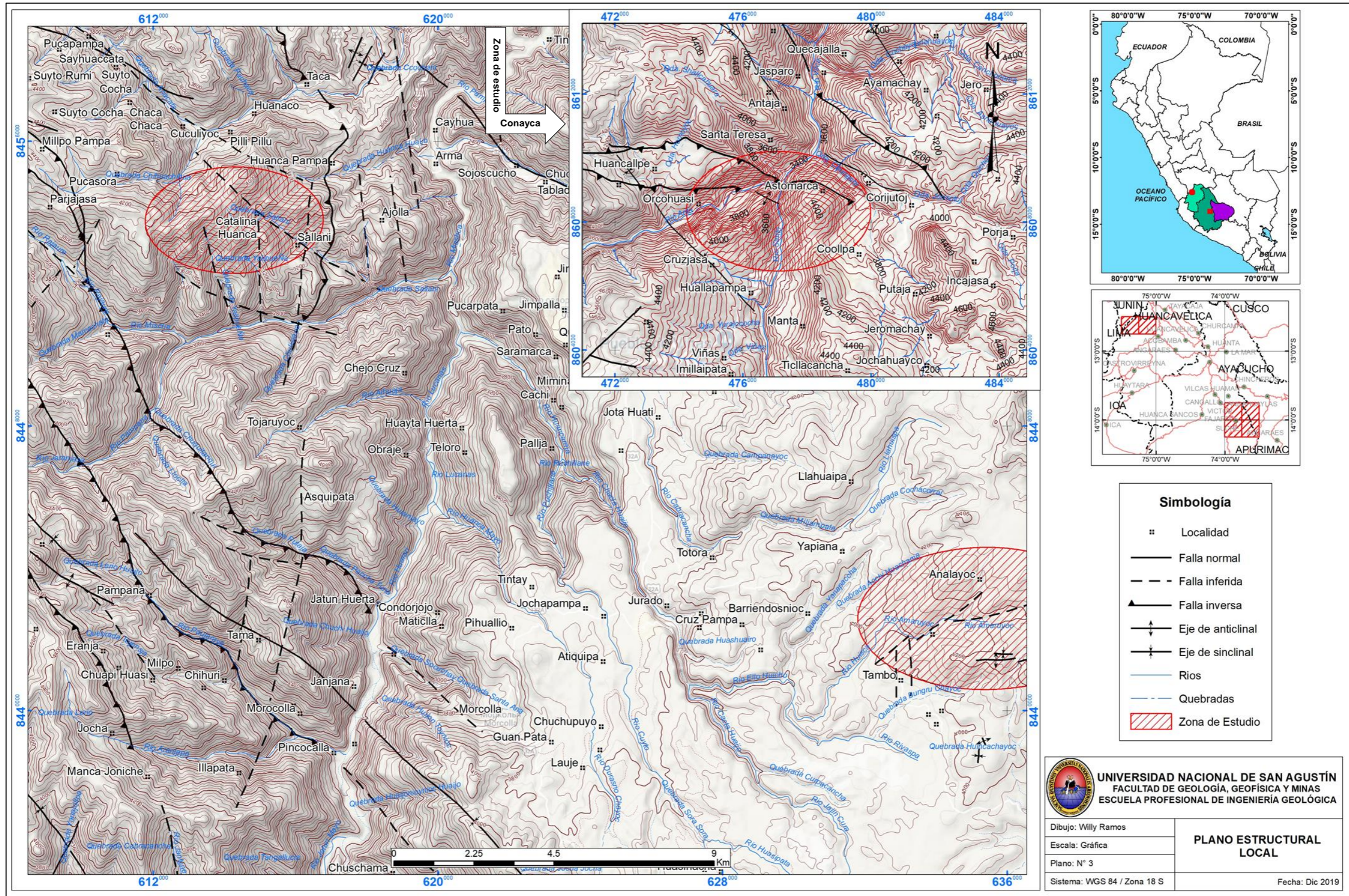


Figura 14. Carretera hacia el centro poblado de Asquipata. **A.** Falla inversa entre la Formación Socosani y la Formación Labra. Vista al SSO. **B.** Falla de 1.20 metros de espesor en la Formación Labra. Vista al Sur.



Plano 3. Plano estructural local de la zona de estudio

Cerca de la localidad de Taca y al noreste de Apongo se observa una falla inversa que pone en contacto a las rocas de los grupos Mitu y Pucara, sobre la Formación Castrovirreyna. La falla tiene dirección NO-SE con ligeras flexiones N-S y buza hacia SO (Figura 15).



Figura 15. Detalle de falla inversa que muestra a unidades del Triásico y Jurásico como los grupos Mitu, Pucará y Yura sobre la Formación Castrovirreyna de edad Paleógeno-Neógeno. Localidad de Taca, vista al SO.

También se tienen fallas del tipo inverso cerca de la localidad de Parjajasa y Milpo Pampa, que pone en contacto a la Formación Labra sobre las formaciones Hualhuani y Arcurquina, tienen una dirección NO-SE y buzamiento SO (Figura 16).

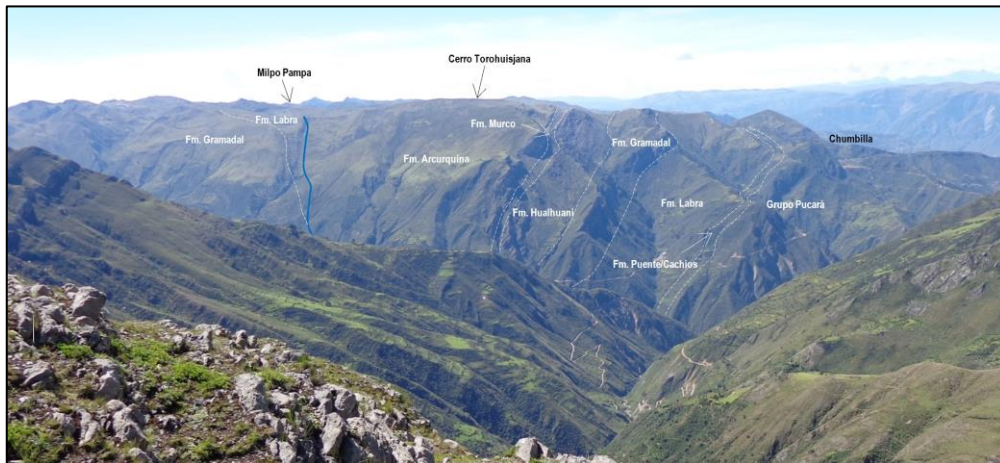


Figura 16. Vista panorámica del Cerro Torohuisjana, se observa la falla inversa Milpo Pampa, de dirección NO-SE, que pone a la Formación Labra sobre la Formación Arcurquina.

Al norte de la localidad de Orcohuasi se encuentra una falla inversa con dirección E-O, que pone en contacto al Grupo Pucará sobre las formaciones Cercapuquio; al este de la localidad de Huancallpe se aprecia una falla con dirección NO-SE que pone en

contacto al Grupo Pucará sobre el Grupo Goyllarisquizga; de igual forma al suroeste de Ayamachay existe una falla inversa que pone en contacto al Grupo Pucará sobre el Grupo Goyllarisquizga.

4.3. Pliegues

Los pliegues de mayor importancia en este sistema estructural están representados por los sistemas plegados en la zona de Chihuri y Pashjapata que corresponde a pliegues asimétricos y fallados, deformando las secuencias del Grupo Yura. También se tiene los pliegues ubicados en la localidad de Amaruyoc, anticlinales y sinclinales que deforman las secuencias carbonatadas del Grupo Pucará. (Figura 17A, B).

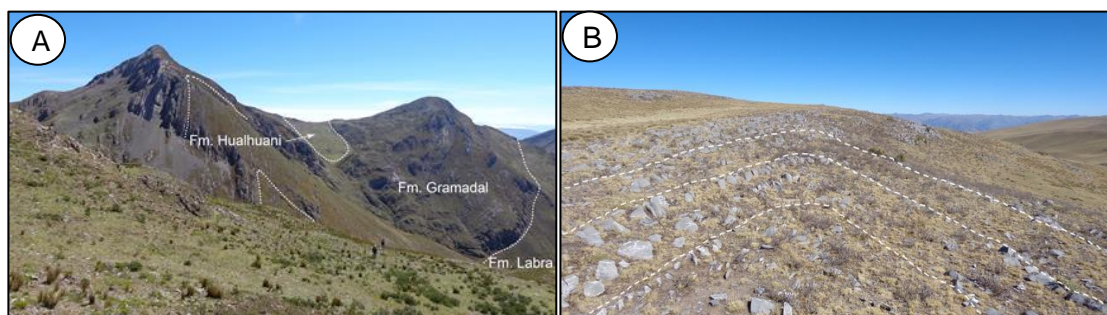


Figura 17. A. Sinclinal asimétrico, conformado por las calizas de la Formación Gramadal. Localidad de Pashjapata, vista al NNE. **B.** Anticlinal en secuencias calcáreas de la Formación Aramachay. Localidad de Amaruyoc, vista al E.

También se observan pliegues cerca de la localidad de Suyto Cocha, asociados a una falla inversa, los pliegues son anticlinales y sinclinales que se encuentran deformando a las formaciones Labra y Arcurquina respectivamente (Figura 18).

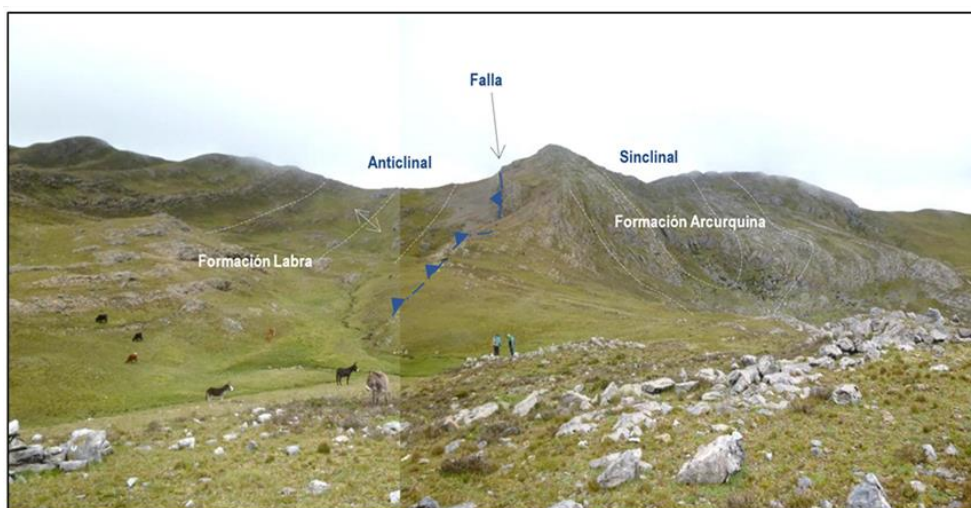


Figura 18. Cerro Chuccha, se observa pliegues asociados a una falla inversa, se encuentran afectando a las formaciones Labra y Arcurquina. Vista al NNE.

CAPÍTULO V: GEOLOGÍA LOCAL

5.1. Generalidades

La zona de estudio presenta una secuencia estratigráfica desde el Permo-Triásico hasta el Cenozoico (Figura 19A, B), conformado por el Grupo Mitu, Grupo Pucará (formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), el Grupo Yura (formaciones Puente-Cachios y Labra), la Formación Chunumayo, la Formación Cercapuquio y la Formación Yacotingo (ver Plano 4).

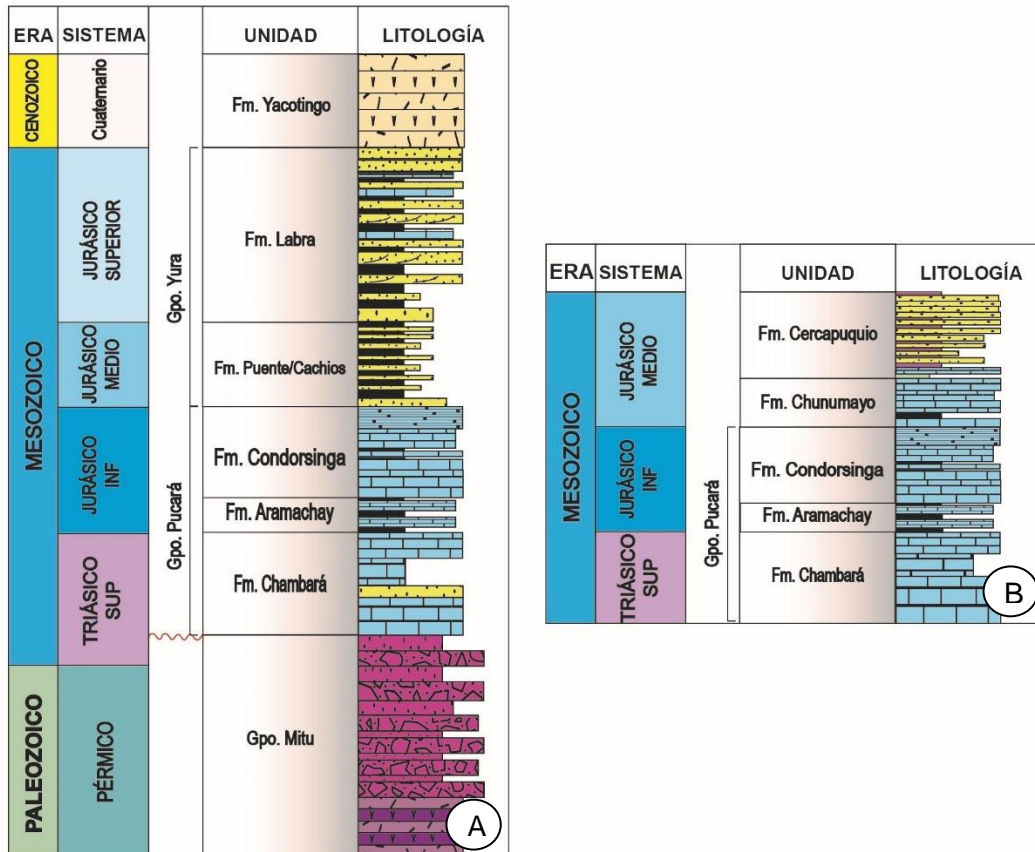


Figura 19. Columna generalizada local del área de estudio. **A.** Columna zona sur. **B.** Columna zona norte (columnas generadas con información del presente estudio).

5.2. Estratigrafía Local

5.2.1. Grupo Mitu

En la zona de estudio predominan las facies sedimentarias detríticas, estas facies han sido identificadas y cartografiadas en las localidades de Apongo, Pilli Pillu, Taca (Cuadrángulo de Chincheros) y el río Misha (Figura 20A, B). Litológicamente están constituidos de conglomerados, micro-conglomerados, areniscas, limolitas y niveles esporádicos de yeso. En Pilli-Pillu se tiene su mejor exposición, la parte inferior está compuesta por estratos irregulares de areniscas cuarzo – feldespáticas de grano medio

a fino, tonalidad blanca a rosácea, ligeramente deleznable; la parte superior se compone de potentes bancos de conglomerados polimícticos, con clastos de areniscas cuarzosas, calizas e intrusivos, de formas subredondeadas a subangulosas, cementados por una matriz areno limosa de color pardo a gris claro.

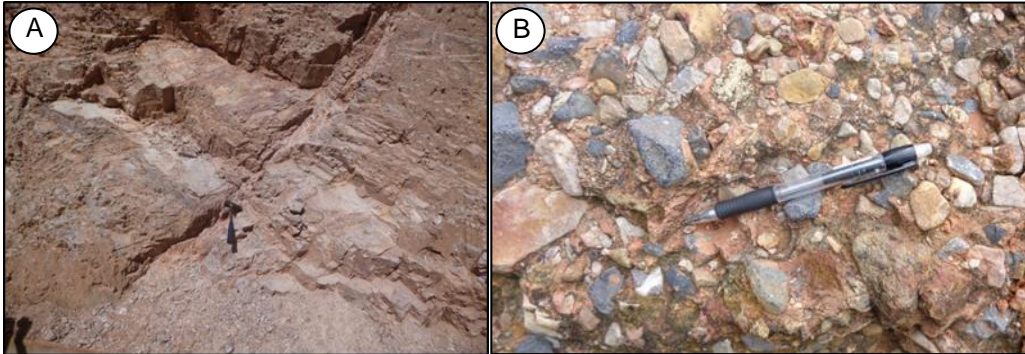


Figura 20. Facies sedimentarias del Grupo Mitu vistos cerca al Río Misha. **A.** Areniscas cuarzo-feldespáticas rosáceas. **B.** Detalle de los clastos subangulosos de areniscas cuarzosas, calizas e intrusivos.

Los afloramientos de las facies volcánicas del Grupo Mitu se encuentran en las inmediaciones de Analayoc (Figura 21A, B). Al norte de Analayoc, se presenta como aglomerados gris rojizos, conteniendo clastos de granito y calizas de formas subredondeadas y en menor proporción clastos subangulosos, cubiertos por una matriz de composición volcánica.

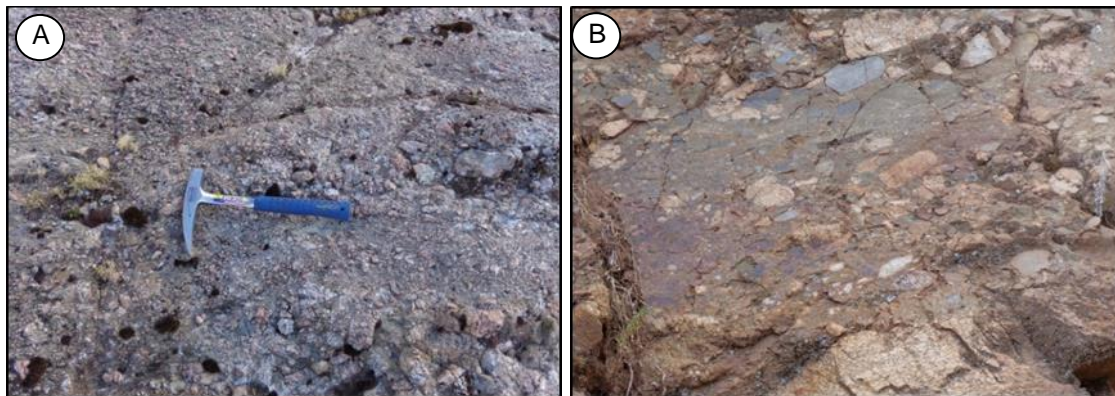
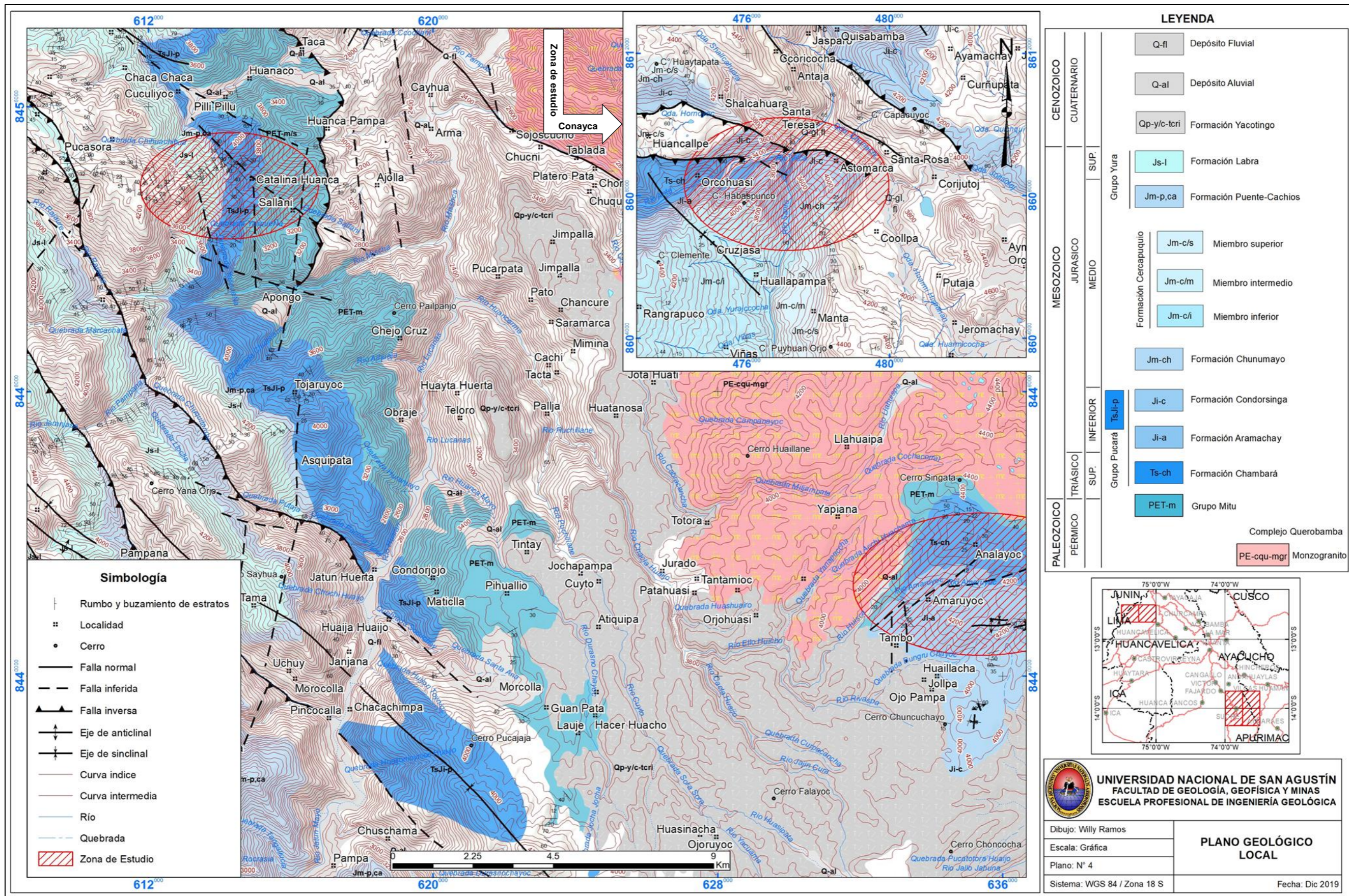


Figura 21. Facies volcánicas del Grupo Mitu. **A.** Aglomerados del Grupo Mitu. Alrededores de la localidad de Analayoc, vista al SO. **B.** Clastos subredondeados de composición granítica del Complejo Querobamba, englobados por una matriz volcánica.



Plano 4. Plano geológico local de la zona de estudio

El espesor de la unidad en esta zona se podría estimar en 1,500 metros. La relación estratigráfica con la secuencia superior correspondiente al Grupo Pucará muestra un contacto discordante, observadas en las localidades de Apongo y Pilli Pillu, mientras que su parte inferior descansa en discordancia erosional sobre el Complejo Querobamba.

5.2.2. Grupo Pucará

Esta unidad se ha reconocido entre las localidades de Apongo, Catalina Huanca (Cuadrángulo de Chincheros), en las inmediaciones de Analayoc, Buena Vista (Cuadrángulo de Querobamba) y cerca de la localidad de Orcohuasi en el cerro Habaspunco (Cuadrángulo de Conayca). Por sus características litológicas, paleontológicas y posición estratigráfica, se ha diferenciado en sus tres formaciones, Chambará, Aramachay y Condorsinga.

5.2.2.1. Formación Chambará

Sus afloramientos se encuentran en los poblados de Analayoc, Amaruyoc, Apongo, Catalina Huanca, Orcohuasi (cerro Habaspunco).

En los poblados de Analayoc y Amaruyoc, está compuesto por calizas color gris a marrón claro, en superficie presenta un color gris blanquecino, se encuentra cortada por venillas de calcita, los estratos son de 30 a 50 cm de espesor, en la base ocasionalmente se observan niveles de areniscas calcáreas y en la parte superior nódulos de chert (Figura 22A, B).

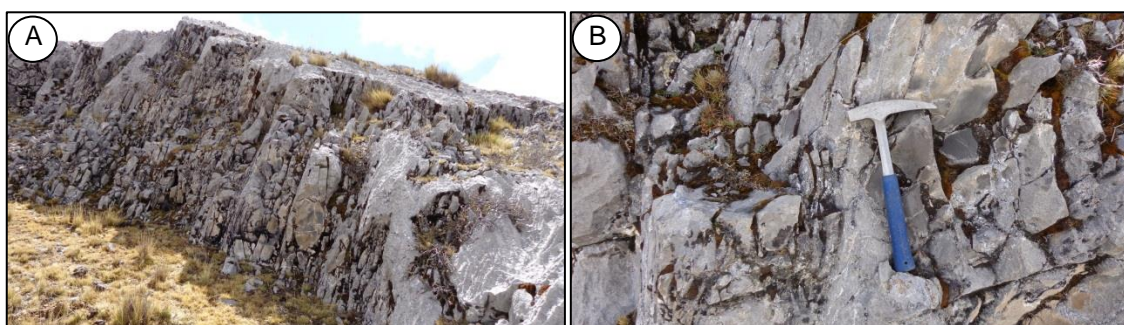


Figura 22. A y B. Vista de las calizas de la Formación Chambará. Noreste de la localidad de Analayoc, vista al E.

En los alrededores de la localidad de Analayoc se ha recolectado muestras fósiles que permiten organizar los niveles asignados como Formación Chambará. Entre los fósiles encontrados se tiene al Monotis (Monotis) salinaria (VON SCHLOTHEIM), del Triásico superior, fósil determinado por el área de paleontología del INGEMMET (Figura 23).



Figura 23. Fósil recolectado en el cerro Sumario.

En la localidad de Apongo y Catalina Huanca la Formación Chambará está compuesta por calizas gris oscuras con estratos mayores a los 30 cm, se intercala con niveles delgados de lutitas negras y en el nivel inferior se observan niveles de areniscas calcáreas gris claras (Figura 24A, B).

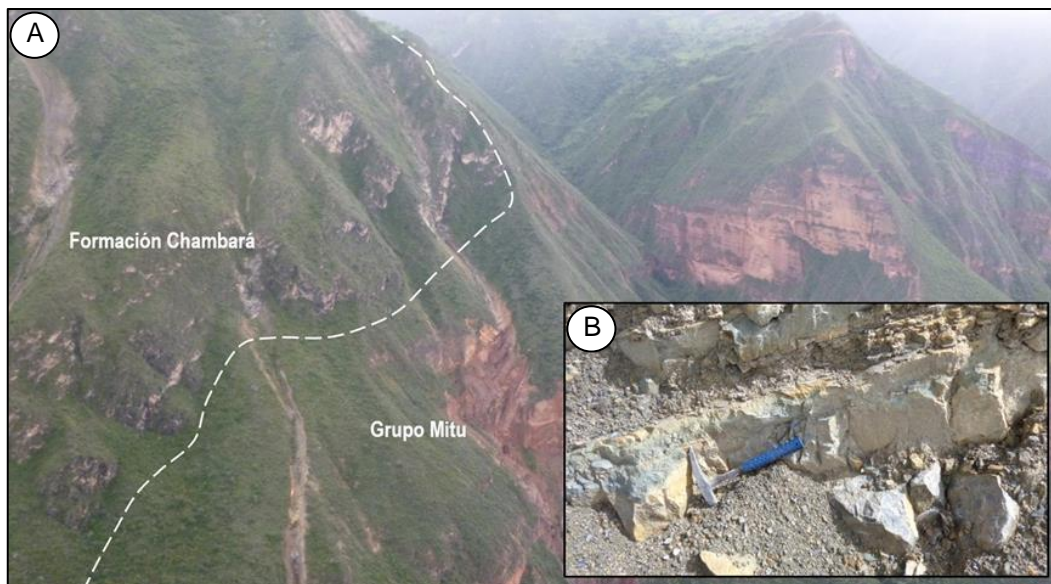


Figura 24. A. Vista panorámica de la Formación Chambará en contacto erosivo con el Grupo Mitu. **B.** Calizas grises intercaladas con lutitas beige. Localidad de Apongo, vista al N.

Cerca de la localidad de Orcohuasi en el cerro Habaspunco está compuesta por calizas marrones tipo wackestone, con abundante contenido de venillas de calcita, el grosor de los estratos varía de 20 a 40 cm y contienen nódulos irregulares de chert. La parte superior está compuesta de calizas grises tipo mudstone con fragmentos fósiles de braquiópodos y presencia de venillas de calcita (Figura 25).

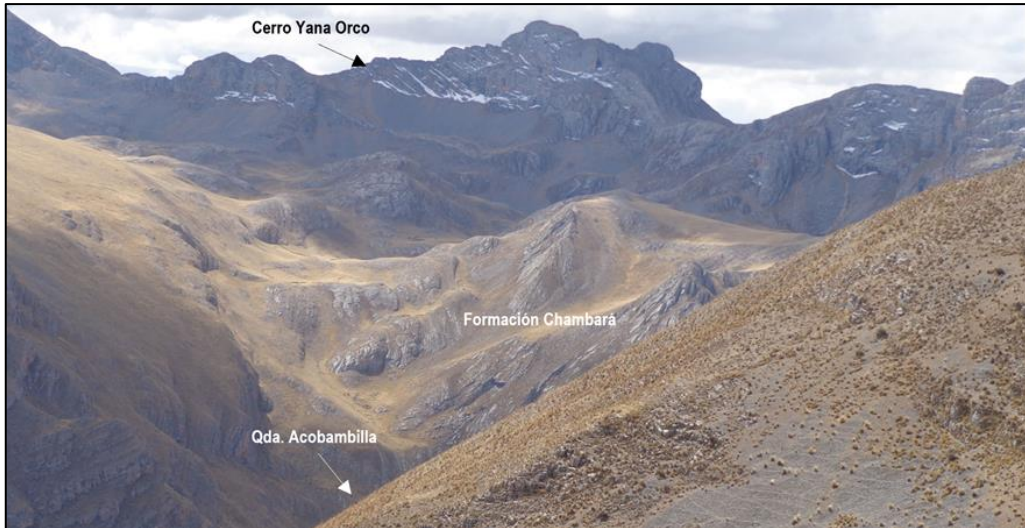


Figura 25. Vista panorámica de las secuencias calcáreas de la Formación Chambará. Suroeste de Orcohuasi, vista al NE.

5.2.2.2. Formación Aramachay

Sus afloramientos se encuentran en las localidades de Amaruyoc, Apongo, Catalina Huanca, en el río Anta y el cerro Habaspunco.

En la localidad de Amaruyoc, está constituida por calizas tabulares de coloración gris oscura a negra ocasionalmente son carbonosas, cortadas por venillas de calcita, la parte superior presenta nódulos de chert, se encuentra en estratos de 10 a 30 cm de espesor (Figura 26). Este a su vez se encuentra afectado por un sistema de pliegues con dirección E-O.



Figura 26. Afloramientos de calizas laminares grises de la Formación Aramachay. Quebrada Amaruyoc, cerca de la localidad del mismo nombre, vista al S.

En la localidad de Apongo y Catalina Huanca se compone de calizas grises intercalada con niveles de lutitas negras menores a 5 cm de espesor.

En el río Anta y el cerro Habaspunco está compuesta por calizas gris oscuras tipo mudstone, varían a tonalidades marrones por meteorización, intercaladas con niveles delgados de lutitas negras y marrones, además de algunos niveles de calizas nodulares con presencia de venillas de calcita, presentan fauna fosilífera de ammonites (Figura 27A, B, C).

En las localidades de Amaruyoc, Catalina Huanca y el cerro Habaspunco se han recolectado muestras fósiles de ammonites que permiten organizar los niveles asignados como Formación Aramachay. Los fósiles han sido determinados por el área de paleontología del INGEMMET como: *Angulaticeras* cf. *A. lacunatus* (BUCKMAN), *Megarietites* cf. *M. meridionalis* (REYNES), de edad Sinemuriano y el fósil *Phymatoceras* aff. *P. robustum* HYATT del Toarciano, correspondientes al Jurásico inferior (Figura 28A, B, C, D).



Figura 27. **A.** Intercalaciones de calizas negras y lutitas beige en niveles centimétricos. Margen izquierda del río Anta. Vista al S. **B.** Detalle de las intercalaciones de calizas con lutitas negras y beige. **C.** Caliza negra, laminar con presencia de fósiles moderadamente preservados.



Figura 28. Fósiles de ammonites recolectados. **A.** Recolectado en el cerro Habaspunco. **B.** Recolectado en la localidad de Amaruyoc. **C y D.** Recolectado en la localidad de Catalina Huanca.

5.2.2.3. Formación Condorsinga

Sus afloramientos se encuentran en los alrededores de Amaruyoc (cerro Chuncuchayo), en el río Anta y en el cerro Habaspunco.

En los alrededores del cerro Amaruyoc está constituida por calizas grises, la base se encuentra intercalada con niveles de lutitas de color gris oscuro, ocasionalmente la parte superior presenta nódulos calcáreos, sus estratos son de 20 a 30 cm de espesor (Figura 29A, B).



Figura 29. A y B. Afloramientos de la Formación Condorsinga. Al NE del cerro Chuncuchayo, vista al S.

En el río Anta y en el cerro Habaspunco está compuesta por calizas grises, tipo wackestone y grainstone, ligeramente brechadas, dispuestas en estratos que varían de 30 cm a 1 m, sobre estas se tienen calizas grises a marrones cortadas por venillas de calcita, intercaladas con niveles delgados de lutitas grises, sus secuencias están dispuestas en estratos de 10 a 20 cm (Figura 30A, B). No se han encontrado restos fósiles para la determinación de su edad pero por su relación estratigráfica de infrayacencia a la Formación Chunumayo del Jurásico medio la edad asignada para la Formación Condorsinga es el Jurásico inferior.



Figura 30. A. Vista panorámica de las calizas pertenecientes a la Formación Condorsinga. Río Anta, vista al NO. **B.** Secuencias calcáreas de la Formación Condorsinga. Cerro Habaspunco, vista al O.

5.2.3. Formación Chunumayo

La Formación Chunumayo aflora en los cerros Clemente y Habaspunco. En la zona de estudio se distingue más de 60 m de calizas tipo grainstone y wackestone, tabulares que varían de gris claro a pardo oscuro, dispuestos en estratos de 20 a 90 cm., además se caracteriza por el contenido fosilífero, encontrándose en sus secuencias gasterópodos, bivalvos, equinodermos y ammonites (Figura 31A, B).

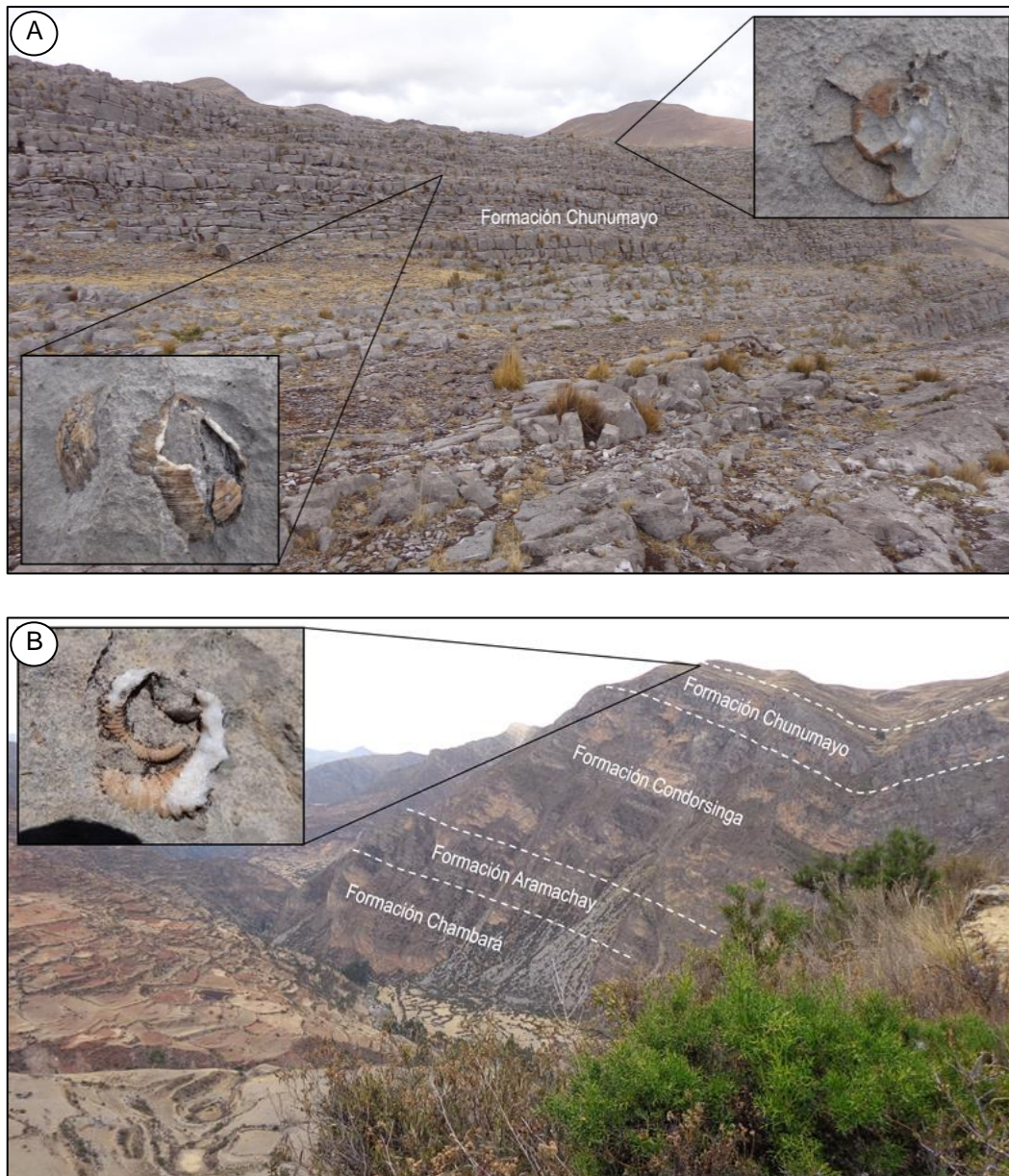


Figura 31. A. Secuencias calcáreas de la Formación Chunumayo, nótese el contenido fosilífero en diferentes niveles. Sureste del cerro Clemente, vista al SE. **B.** Formación Chunumayo sobreyaciendo a la Formación Condorsinga. Cerro Habaspunco, vista al SE.

Al sureste del cerro Clemente se han recolectado muestras fósiles de gasterópodos y ammonites que permiten organizar los niveles asignados como Formación Chunumayo. Los fósiles han sido determinados por el área de paleontología del INGEMMET como: *Megasphaeroceras* sp., el *Loboidothyris* cf. *L. phillipsi* MORRIS y el *Cossmennea* cf. *C. imlayi* SORL de edad Bajociano del Jurásico medio (Figura 32A, B, C).

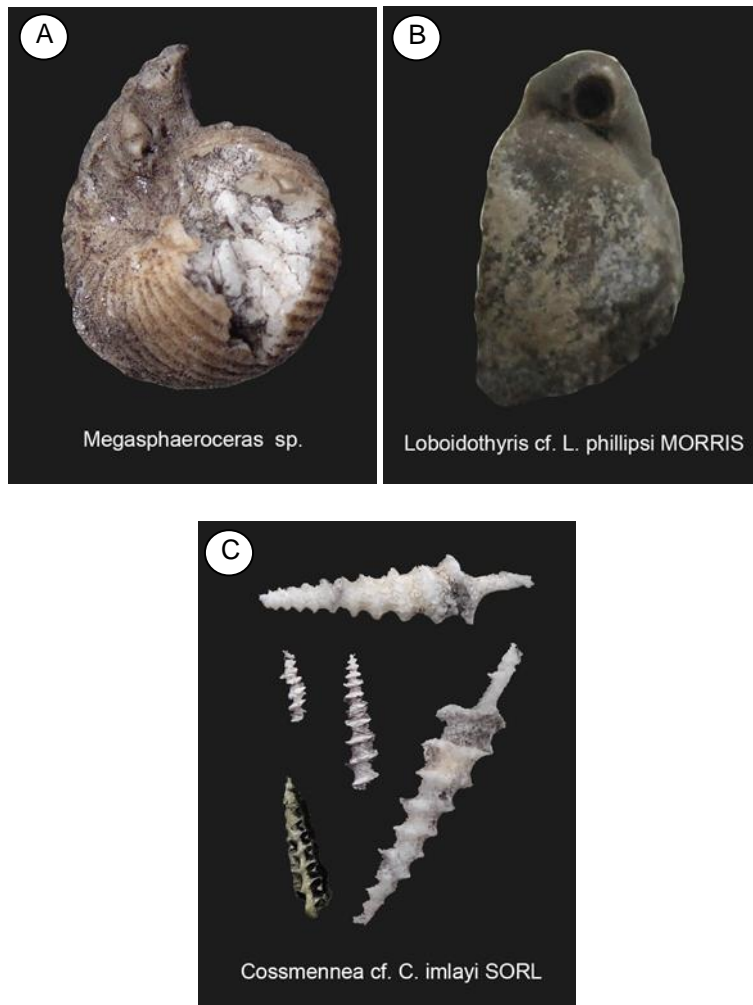


Figura 32. A y B. Fósiles de la Formación Chunumayo recolectados en el cerro Clemente.

5.2.4. Formación Cercapuquio

Esta unidad aflora concordante sobre las secuencias de la Formación Chunumayo en las localidades de Huallapampa y Manta, se caracteriza por presentar una tonalidad rojiza y topografía relativamente suave sobre todo en su parte media – inferior, por sus dimensiones y características litológicas se ha propuesto la subdivisión de esta unidad en tres miembros.

5.2.4.1. Miembro Inferior

Esta secuencia representa el inicio de la Formación Cercapuquio y sus principales afloramientos han sido identificados entre el cerro Clemente y en la parte baja de la localidad de Manta (Figura 33). Esta unidad se caracteriza por presentar a la base, secuencias de 10 metros de areniscas feldespáticas amarillentas, bien estratificadas, alternadas con lutitas laminares de color beige y rojizas, y niveles delgados de calizas grainstone grises, sobre estas secuencias se presenta intercalaciones de limolitas y

lutitas de tonalidades rojizas, alternadas con estratos de areniscas cuarzo-feldespáticas pardas. El espesor de este miembro es de 120 m.

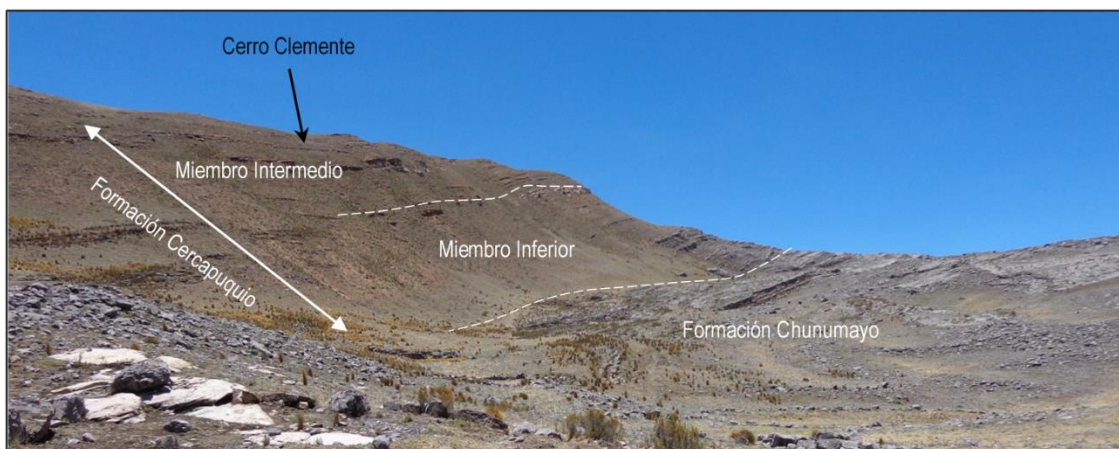


Figura 33. Vista panorámica de los miembros inferior e intermedio de la Formación Cercapuquio mostrando el contacto con la Formación Chunumayo. Cerro Clemente, vista al S.

5.2.4.2. Miembro Intermedio

Esta secuencia aflora en las inmediaciones de la localidad de Manta. La litología consiste en la parte inferior de intercalaciones de areniscas cuarzo-feldespáticas pardo rojizas, con niveles muy delgados de lutitas gris y rojizas, ambas alternadas con limolitas grises. Al techo, areniscas pardo-amarillentas, de grano medio, presentando laminación cruzada, se intercala con niveles laminares de lutitas rojizas moderadamente deleznales (Figura 34). El espesor de este miembro es de 140 m.

5.2.4.3. Miembro Superior

Sus afloramientos se muestran en los alrededores de la localidad de Manta, por sus características litológicas esta secuencia suele formar farallones. La litología está constituida hacia la base de areniscas cuarzosas blanquecinas, alternadas con areniscas conglomerádicas, con contenido de clastos de areniscas y presencia muy esporádica de calizas (Figura 34). Al techo, areniscas cuarzo-feldespáticas blanquecinas, de grano medio, granos bien seleccionados, asimismo resaltan sus estructuras sedimentarias tales como estratificación cruzada y oblicua. El espesor de este miembro es de 150 m.

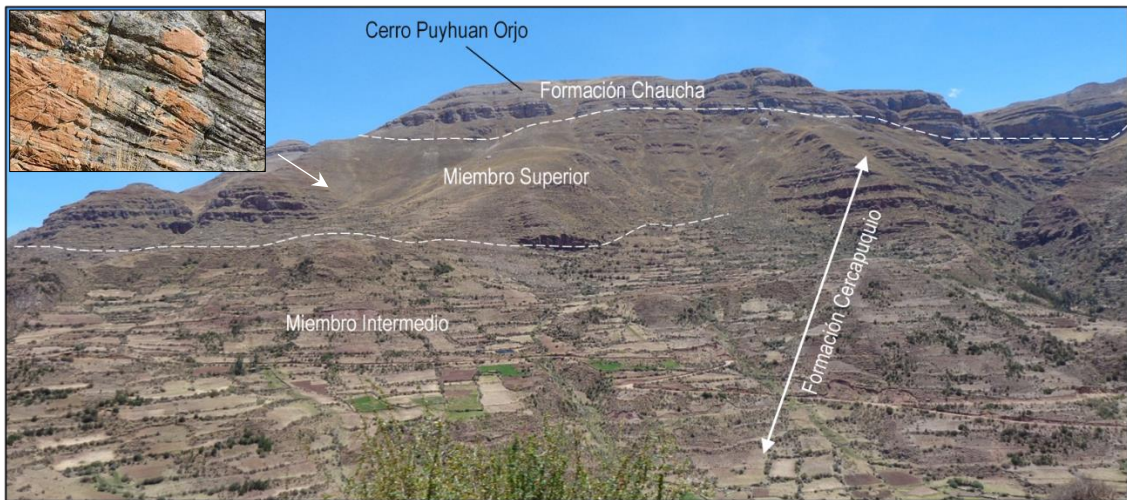


Figura 34. Vista panorámica de los miembros intermedio y superior de la Formación Cercapuquio. Cerro Puyhuan Orjo, ubicado al SE de la localidad de Manta, vista al SE.

5.2.5. Grupo Yura

5.2.5.1. Formación Puente-Cachios

Esta unidad ha sido reconocida en la parte alta de la localidad de Catalina Huanca y el cerro Sayac, sus afloramientos consisten: en la parte inferior lutitas negras intercaladas con areniscas cuarzosas gris claras de grano fino, las areniscas se observan en afloramientos que no superan los 20 m, resalta los niveles de lutitas con nódulos calcáreos; hacia la parte media contiene lutitas gris oscuras a negras friables, intercalada con limolitas con contenido fosilífero de bivalvos y ammonites moderadamente conservados (Figura 35A,B,C); hacia la parte superior se intercalan lutitas gris oscuras con niveles delgados de areniscas grises de grano fino, las lutitas se presentan en estratos de 5 a 10 cm de espesor. Su espesor observado alcanza los 60 m.

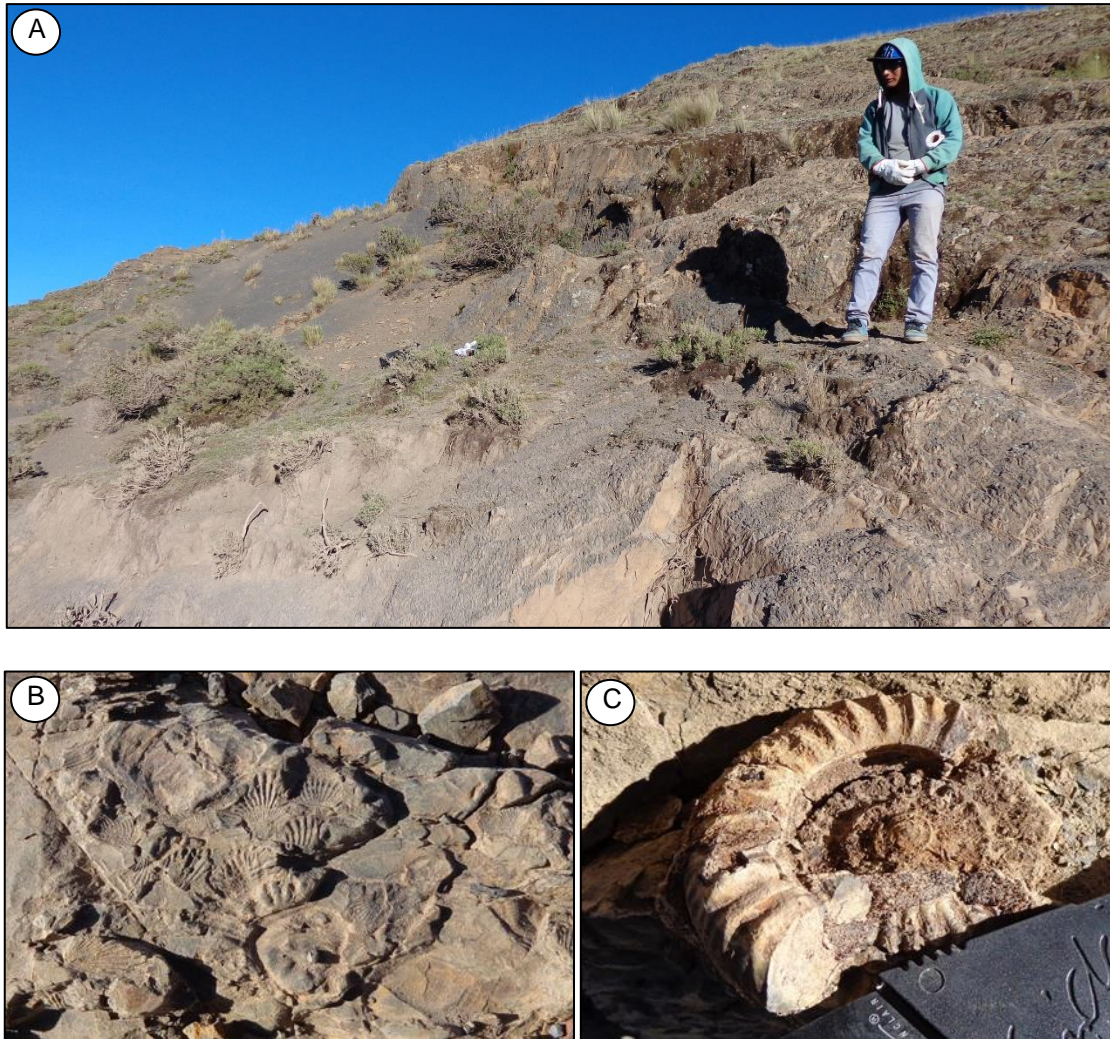


Figura 35. A. Vista panorámica de secuencias de lutitas negras y limolitas beige de la Formación Puente-Cachios. Cerro Sayac, vista al SO. B y C. Detalle de las limolitas con presencia de bivalvos y ammonites, moderadamente conservados.

5.2.5.2. Formación Labra

Esta unidad ha sido identificada y cartografiada en los alrededores del cerro Sayac, está constituida por areniscas cuarzosas, calizas y lutitas. El orden secuencial consiste de una base compuesta de una intercalación de lutitas de tonalidad beige y violáceas (calcáreas) y areniscas gris claras, alternadas con niveles de calizas grainstone gris oscuras, con presencia de bivalvos mal conservados, en estratos de 30 hasta 40 cm de espesor, seguidas de intercalaciones de areniscas grises a beige y lutitas laminares grises, las secuencias detríticas presentan laminación cruzada, luego en la parte superior se tienen areniscas cuarzosas, grano medio a grueso, de tonalidades blanquecinas, en estratos de 15 a 30 cm de espesor (Figura 36A,B,C). El arreglo estratigráfico de esta secuencia es un típico estrato decreciente. El espesor observado de esta unidad es de 500 m.

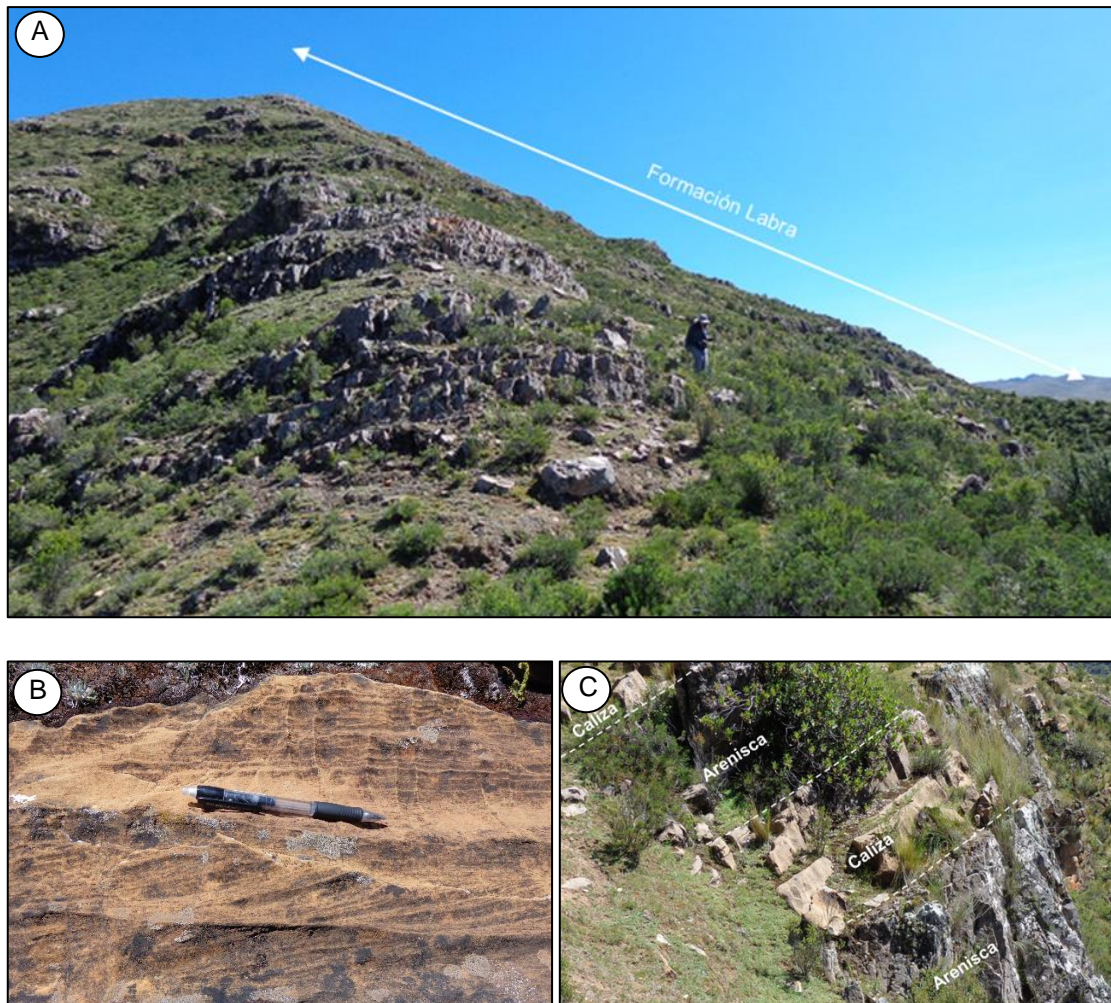


Figura 36. **A.** Vista panorámica de areniscas cuarzosas, intercaladas con lutitas negras a beige y calizas gris oscuras tipo grainstone de la Formación Labra. Cerro Sayac, vista al O. **B.** Detalle de un afloramiento de areniscas cuarzosas, mostrando una estructura cruzada. **C.** Detalle de un afloramiento de areniscas cuarzosas alternadas con calizas.

5.2.6. Formación Yacotingo

La Formación Yacotingo está integrada por el centro volcánico Yacotingo, compuesto de tobas andesíticas de tonalidades grises a pardas, con contenido de magnetita; y el centro volcánico Carhuarazo, compuesto por tobas de ceniza gris blanquecinas y gris verdosas con contenido de cristales de cuarzo, plagioclasa, vidrio y biotitas finas (Figura 37).

Los afloramientos volcánicos de la Formación Yacotingo se encuentran cubriendo a las rocas sedimentarias y volcánicas del Grupo Mitu y al monzogranito del Complejo Querobamba.



Figura 37. Vista panorámica de los afloramientos de la Formación Yacotingo. Alrededores del cerro Chuncuchayo, vista al NE.

Esta unidad por estar sobreyaciendo a lavas andesíticas del Barroso del Plioceno superior-Pleistoceno inferior, se le asigna la edad del Pleistoceno superior (Sánchez et al. 2003).

5.3. Rocas Intrusivas

5.3.1. Complejo Querobamba

Constituye un cuerpo plutónico de gran extensión en el área de estudio. Aflora a manera de una ancha faja orientada de noroeste a sureste, en forma casi continua por 85 km de longitud, con un ancho de 27 km en el extremo septentrional de los cuadrángulos de Huancapi y Chincheros, y 37 km en los extremos meridional y septentrional de los cuadrángulos de Chincheros y Querobamba respectivamente.

Macroscópicamente esta roca presenta un color gris blanquecino, con textura granoblástica, está conformada principalmente por cristales de feldespato potásico y cuarzo. La roca presenta dureza y densidad media y magnetismo muy débil. Algunos afloramientos se muestran alterados, conteniendo cloritas, biotita II, arcillas, micas, anfíboles, sericita y óxidos de hierro, sus afloramientos corresponden a cuerpos de granitos, sienogranitos y monzogranitos.

Estudios regionales realizados por LAGESA-CFGS (1996), Quispesivana & Navarro (2003) y Sánchez *et al.* (2003) le asignan una edad correspondiente al Paleozoico.

CAPITULO VI: DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS, FACIES PETROGRÁFICAS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Generalidades

En el presente capítulo se describe a detalle las columnas estratigráficas levantadas en los principales afloramientos de rocas carbonatadas que representan las formaciones jurásicas del Grupo Pucará (formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), las columnas estratigráficas fueron levantadas en las localidades de Analayoc, Catalina Huanca y en la localidad de Orcohuasi (ver Plano 5).

6.2. Descripción de columnas estratigráficas

Columna estratigráfica - Localidad de Analayoc

Se ha levantado una columna estratigráfica de 425 m. de potencia a escala 1: 200 que sintetiza las características sedimentológicas de las formaciones Chambará y Aramachay, aflorantes en la localidad de Analayoc, distrito de Querobamba, provincia de Sucre, departamento de Ayacucho, en las coordenadas N: 8444943; E: 635090 (UTM WGS84). Los 425 m de columna levantados quedan reflejados en la Figura 39. En ella se representa la litología de manera gráfica, textural y descriptiva. Asimismo, se indican las facies sedimentarias presentes que más adelante serán descritas junto con los procesos deposicionales que las originaron. A continuación, se describe la columna estratigráfica en la localidad de Analayoc:

Los primeros 15 m de columna representan la base de la Formación Chambará y sobreyacen al Grupo Mitu, consisten de calizas gris claras a marrón claras tipo mudstone-wackestone, cortadas por venillas de calcita, en estratos de 20 a 50 cm de espesor, en algunos niveles hay presencia de ooides, fósiles de corales, bivalvos, algunos equinodermos y gasterópodos (Figura 38A).

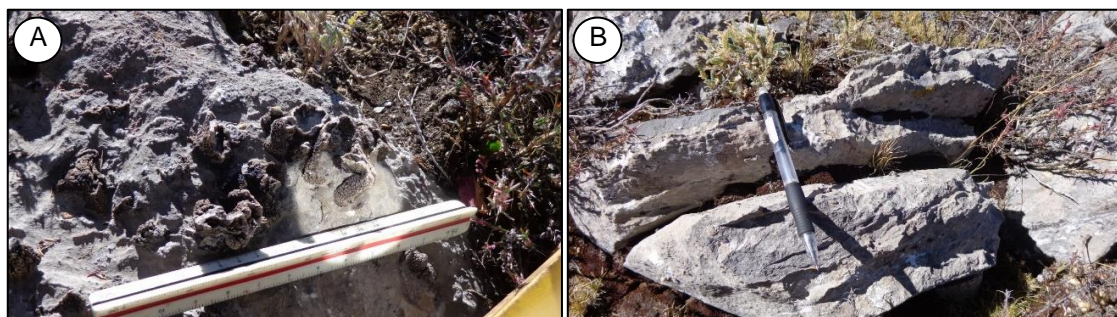
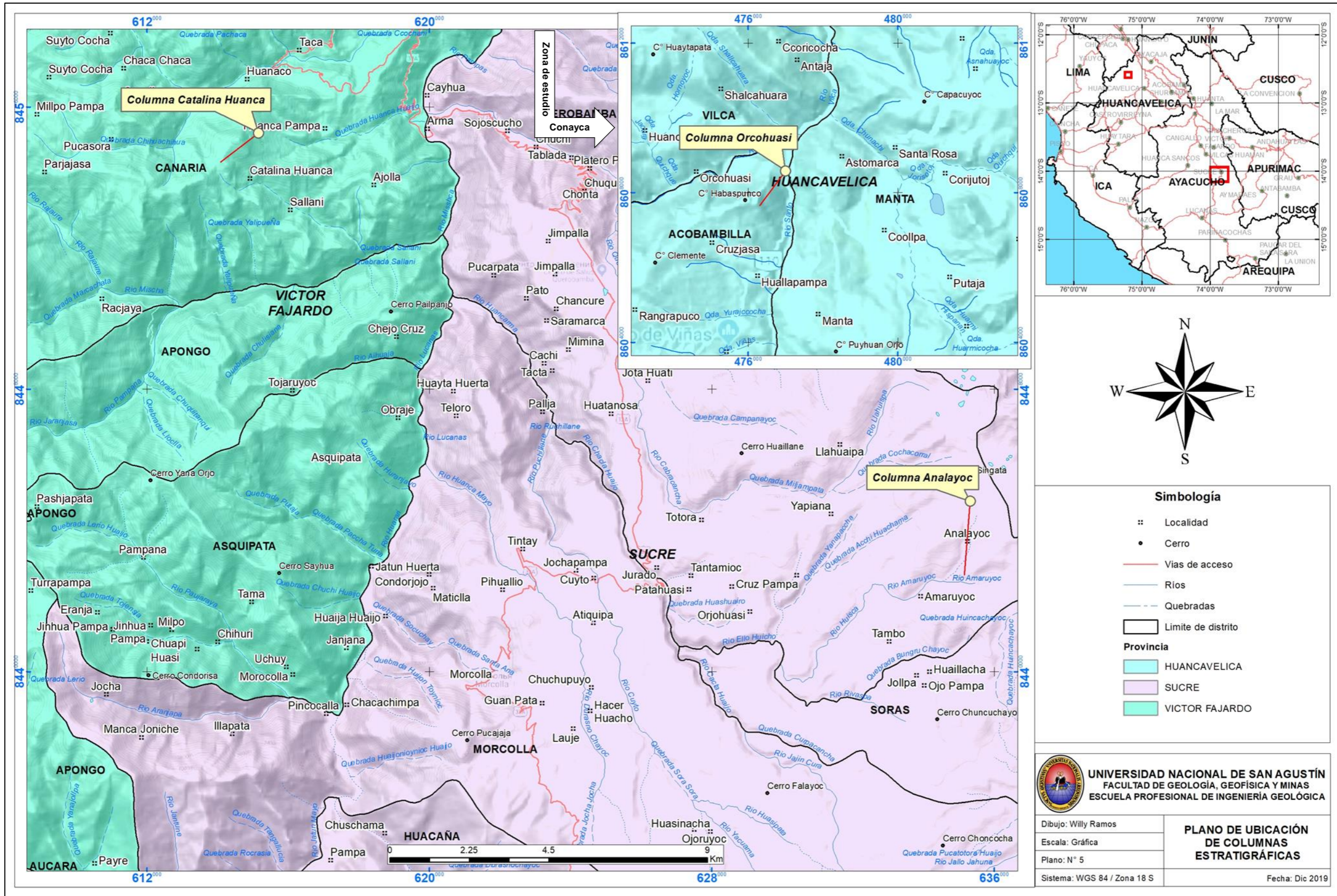


Figura 38. A. Nivel de calizas gris claras con presencia de corales vistas a los 10 m. **B.** Calizas en estratos de 20 cm, encontradas a los 25m.



Plano 5. Plano de ubicación de columnas estratigráficas

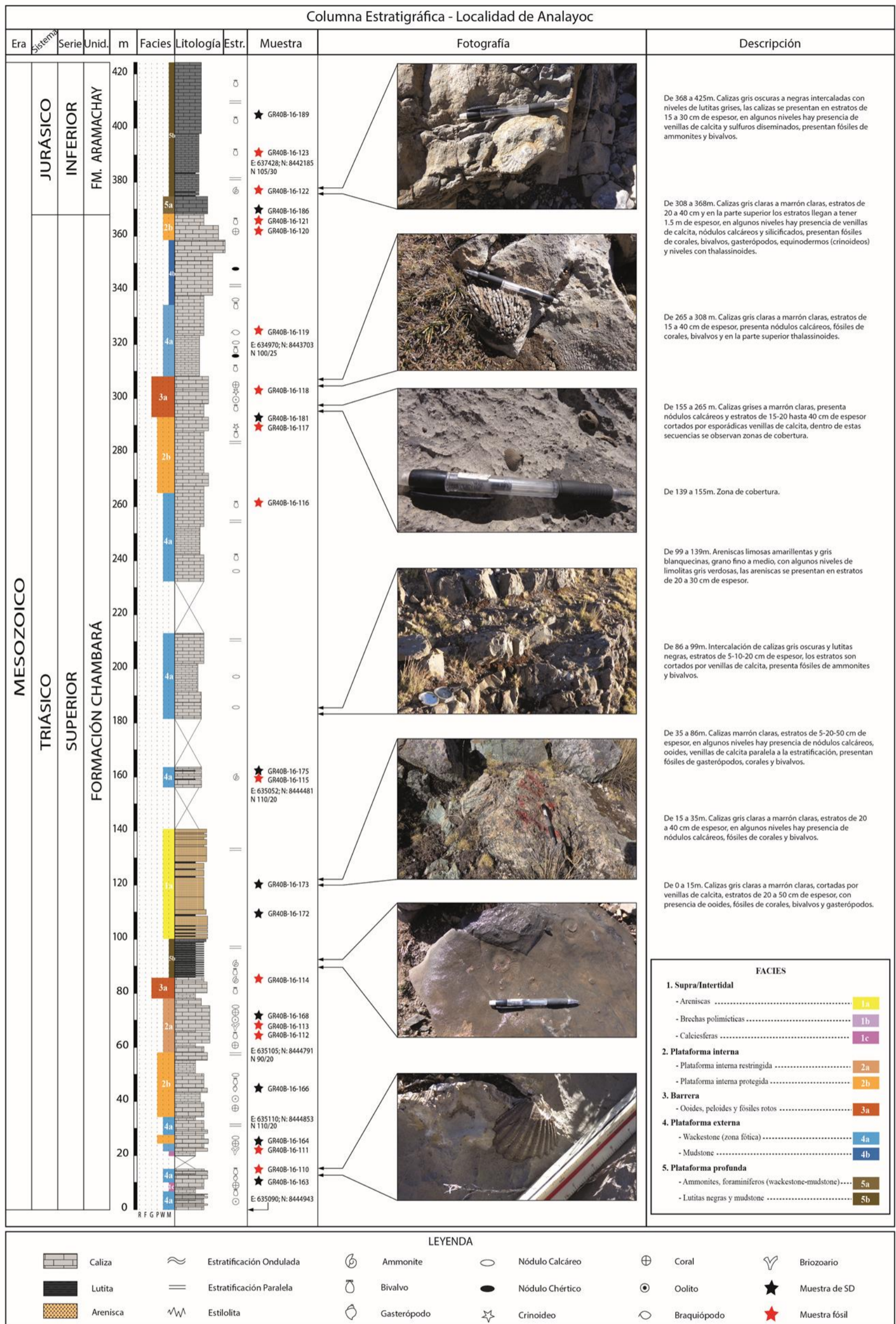


Figura 39. Columna estratigráfica en la localidad de Analayoc

De los 15 a 35 m se encuentran calizas de tonalidad marrón claras tipo wackestone-packstone, en estratos de 20 a 40 cm de espesor (Figura 38B), en algunos niveles se pueden observar nódulos calcáreos, fósiles de corales y bivalvos con menos frecuencia que el nivel anterior.

A los 10 m se extrajo la muestra GR40B-16-163 (Figura 40A, B) y a los 25 m la muestra GR40B-16-164 (Figura 41A, B) para estudios petrográficos los cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-163: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura lodosa, soporte de matriz micrítica ~85%, con granos carbonatados subangulares y calciesferas ~2%, los bioclastos que se encuentran presentes son bivalvos ~1%, gasterópodos bien conservados ~1%, ooides y peloides micritizados ~10%, muestra cortada por algunas venillas de calcita ~1%.

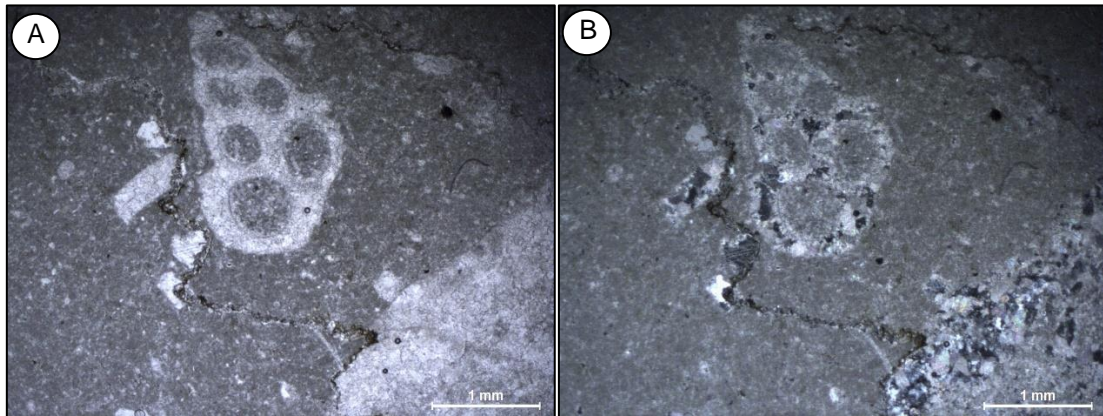


Figura 40. Muestra GR40B-16-163. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 2.5X). Muestra tomada a los 10 m.

Muestra GR40B-16-164: Roca sedimentaria carbonatada, packstone a grainstone, textura granular, grano soportado, los bioclastos presentes son fragmentos de bivalvos mal conservados que están siendo reemplazados por calcita espática ~5%, espículas de equinodermos ~2%, ooides y peloides micritizados ~76%, presentan calciesferas ~2%, intraclastos ~5%, cemento de calcita espática ~10%.

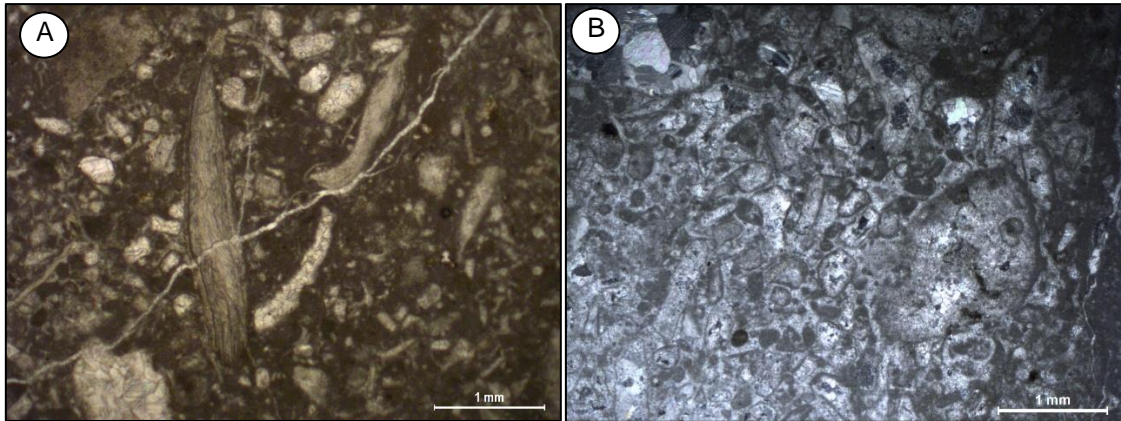


Figura 41. Muestra GR40B-16-164. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 2.5X). Muestra tomada a los 25 m.

De los 35 a 86 m se observan calizas de tonalidad marrón clara tipo wackestone-packstone-grainstone, en estratos con espesores muy variables que van desde los 5 cm hasta los 50 cm, en algunos niveles hay presencia de nódulos calcáreos, ooides, venillas de calcita paralelas a la estratificación, fósiles de gasterópodos, bivalvos, briozoos y corales (Figura 42A, B).

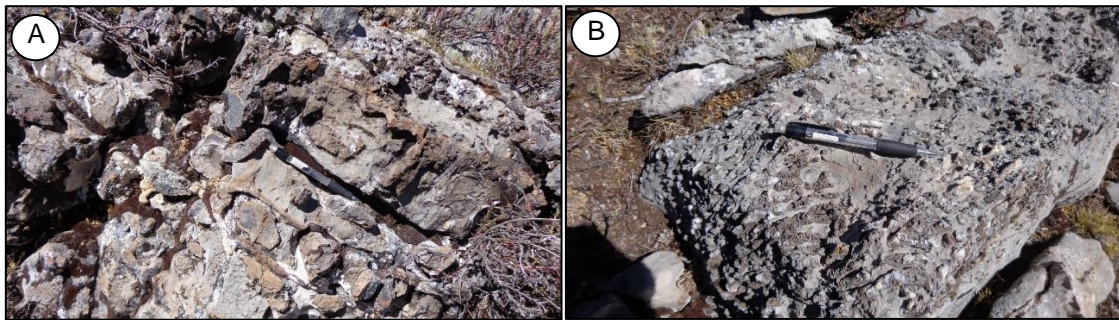


Figura 42. A. Nivel de calizas marrón claras con presencia de nódulos calcáreos vista a los 45 m. **B.** Calizas en estratos de 20 cm, con contenido de corales, encontradas a los 65m.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-166 (Figura 43A, B) y GR40B-16-168 (Figura 44A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-166: Roca sedimentaria carbonatada, packstone, textura granular, grano soportado, presenta ooides micritizados ~63%, granos de calcita espática redondeados (calciesferas) y subangulosos ~20%, granos de calcita espática con posibles microfósiles en el núcleo ~2%, matriz micrítica ~15%.

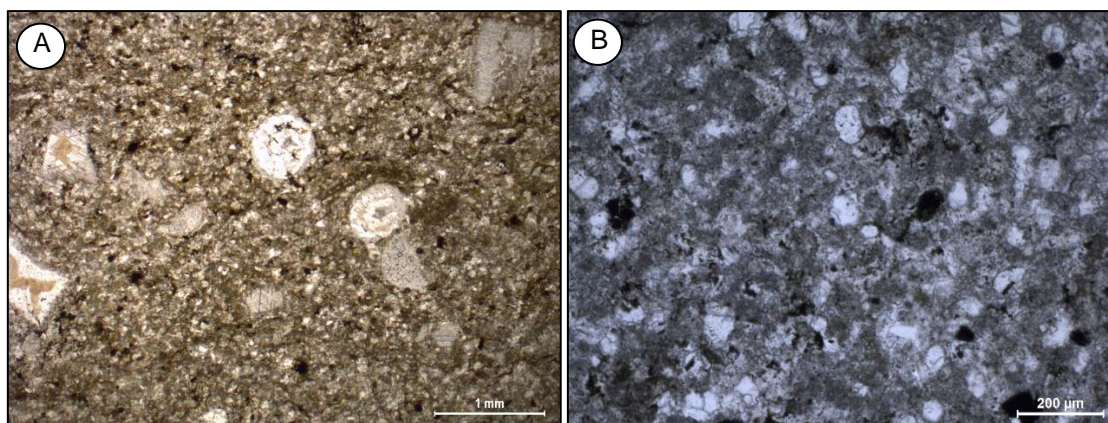


Figura 43. Muestra GR40B-16-166. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 45 m.

Muestra GR40B-16-168: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura lodosa, matriz micrítica ~84%, presentan fragmentos y venillas de calcita ~5%, ooides y peloides micritizados ~10%, gasterópodos y bivalvos moderadamente conservadas ~1%.

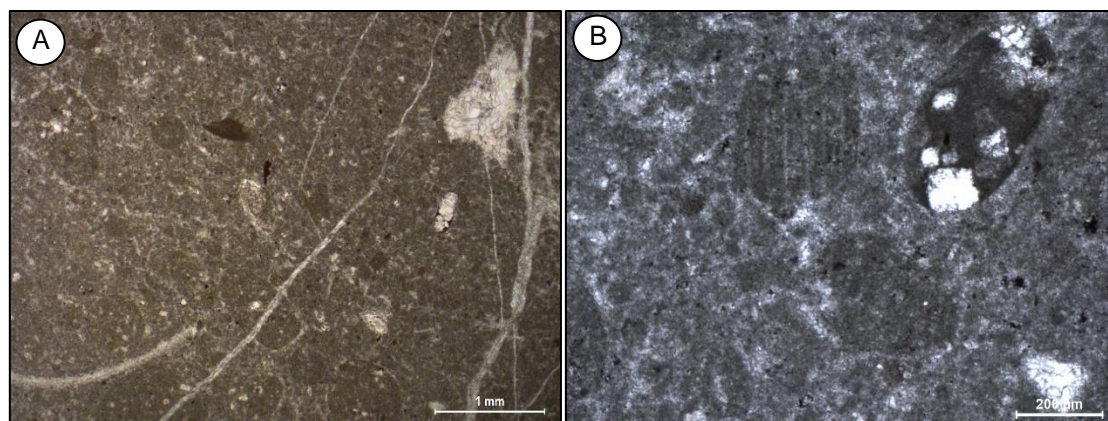


Figura 44. Muestra GR40B-16-168. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 70 m.

De los 86 a 99 m se observa una intercalación de calizas mudstone gris oscuras y lutitas negras, en estratos de 5-10-20 cm de espesor, los estratos son cortados por venillas de calcita, presenta fósiles de ammonites y bivalvos.

De los 99 a 139 m afloran areniscas limosas gris amarillentas y gris blanquecinas, grano fino a medio, con algunos niveles de limolitas gris verdosas, las areniscas se presentan en estratos de 20 a 30 cm de espesor (Figura 45), la parte superior se encuentra silicificada y presenta una tonalidad verdosa. Sobre estas secuencias hay una cobertura de 16 metros.



Figura 45. Niveles de areniscas gris amarillentas en estratos de 30 cm.

En estas últimas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-172 (Figura 46A, B) y GR40B-16-173 (Figura 47A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-172: Areniscas limosas ligeramente calcáreas, textura granular, mal sorteadas, granos no orientados, moderadamente porosas, presentan granos de cuarzo y algunos cristales de plagioclasas.

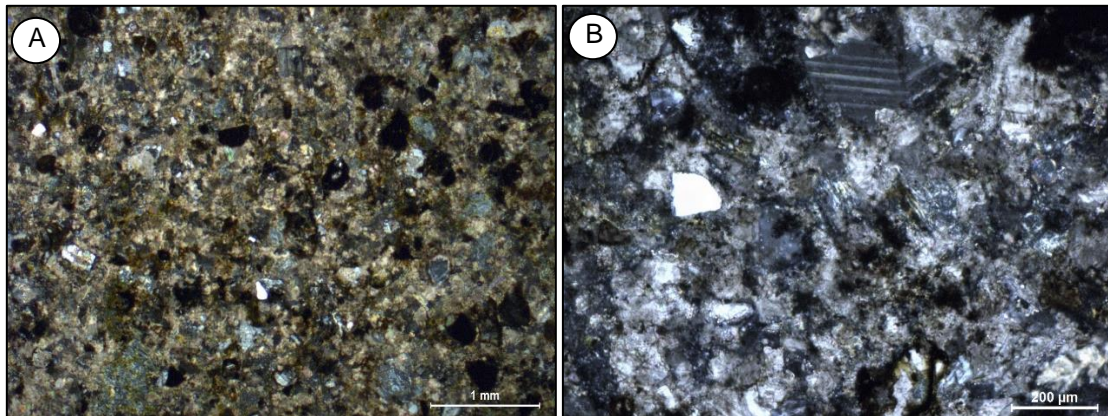


Figura 46. Muestra GR40B-16-172. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 110 m.

Muestra GR40B-16-173: Areniscas limosas calcáreas, textura granular, moderadamente sorteadas, granos no orientados, poco porosas, con presencia de granos carbonatados.

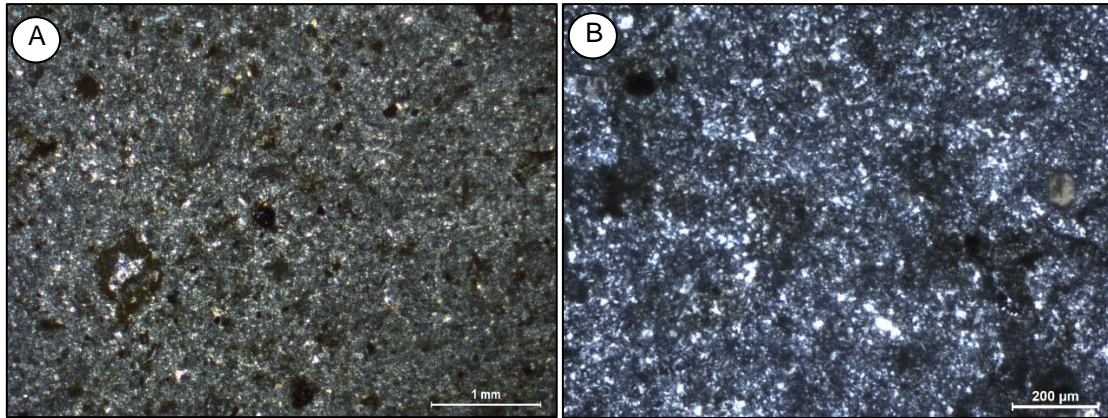


Figura 47. Muestra GR40B-16-173. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 120 m.

Desde los 155 a 265 m se registraron calizas gris claras a marrón claras, en estratos de 15, 20 hasta 40 cm de espesor, estas secuencias presentan nódulos calcáreos, los estratos son cortados por esporádicas venillas de calcita, también se observan fósiles de bivalvos mal conservados, la continuidad de estas secuencias se encuentra interrumpidas por dos zonas de cobertura de 22 y 20 m.

Dentro de estas secuencias se extrajo la muestra GR40B-16-175 (Figura 48A, B) para estudios petrográficos la cual se describe como:

Muestra GR40B-16-175: Roca sedimentaria carbonatada, packstone-wackestone, textura granular, grano soportado, presenta granos subangulares y redondeados (calciesferas) de microesparita ~70%, espículas de equinodermos ~1%, algunos peloides micritizados ~5%, granos subredondeados de cuarzo ~2%, matriz micrítica rellenando espacios vacíos ~20%, con esporádicas venillas de calcita ~2%.

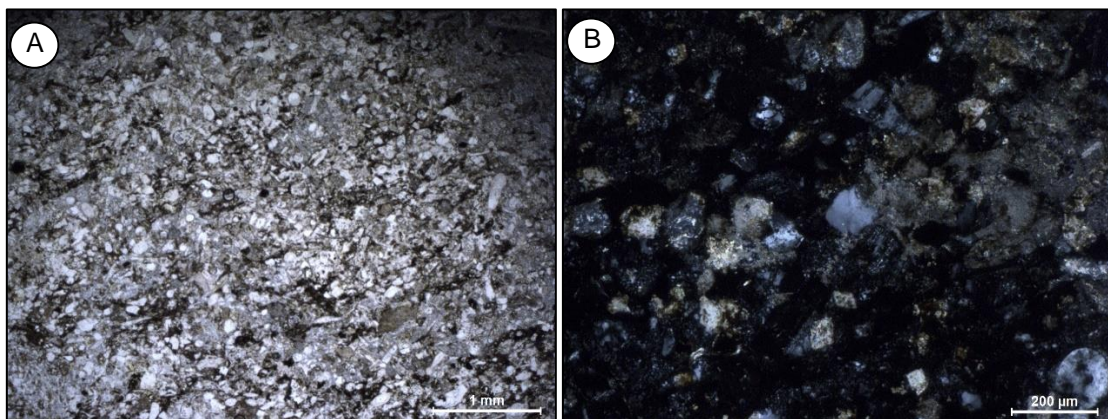


Figura 48. Muestra GR40B-16-175. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 160 m.

De los 265 a 308 m se registraron calizas gris claras a marrón claras tipo packstone-grainstone, en estratos de 15 a 40 cm de espesor, en algunos niveles hay venillas de calcita, algunos nódulos calcáreos, fósiles de corales, bivalvos y en la parte superior de los estratos se encuentran thalassinoides (Figura 49A, B).

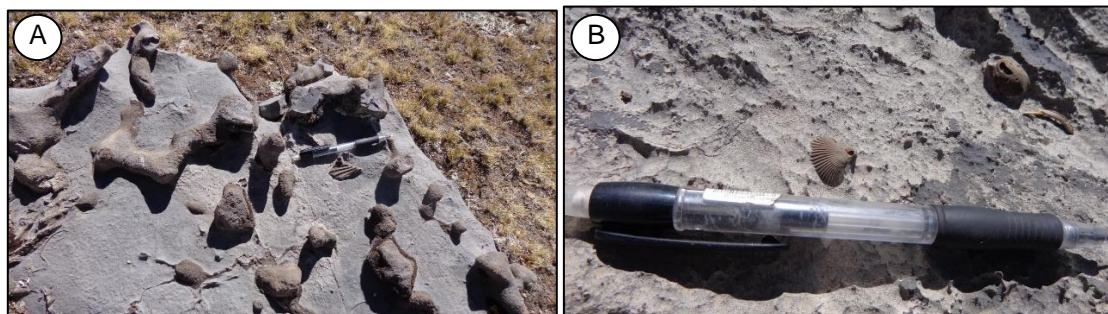


Figura 49. A. Nivel de calizas marrón claras con presencia de thalassinoides. **B.** Calizas en estratos de 40 cm, con fósiles de bivalvos.

Dentro de estas secuencias se extrajo la muestra GR40B-16-181(Figura 50A, B) para estudios petrográficos la cual se describe como:

Muestra GR40B-16-181: Roca sedimentaria carbonatada, packstone-grainstone, textura granular, grano soportado, presenta peloides principalmente y ooides ~75%, fragmentos subangulares y redondeados (calciesferas) de microesparita ~5%, matriz microesparítica ~20%.

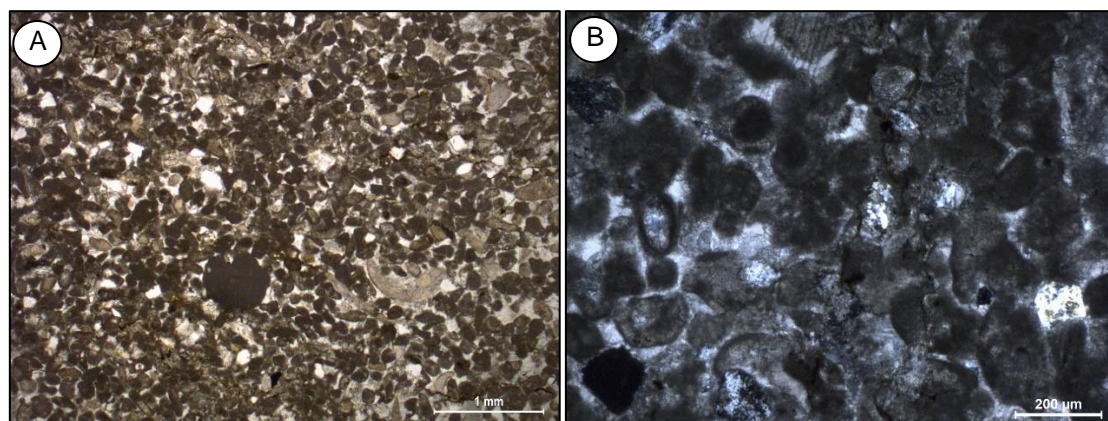


Figura 50. Muestra GR40B-16-181. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 290 m.

De 308 a 368 m afloran calizas gris claras a marrón claras tipo wackstone, estratos de 20 a 40 cm y en la parte superior de 1.5 m de espesor, en algunos niveles hay presencia de venillas de calcita, nódulos calcáreos y silicificados, también se observan fósiles de bivalvos, gasterópodos, equinodermos (crinoideos), corales y niveles con thalassinoides (Figura 51A, B, C, D).

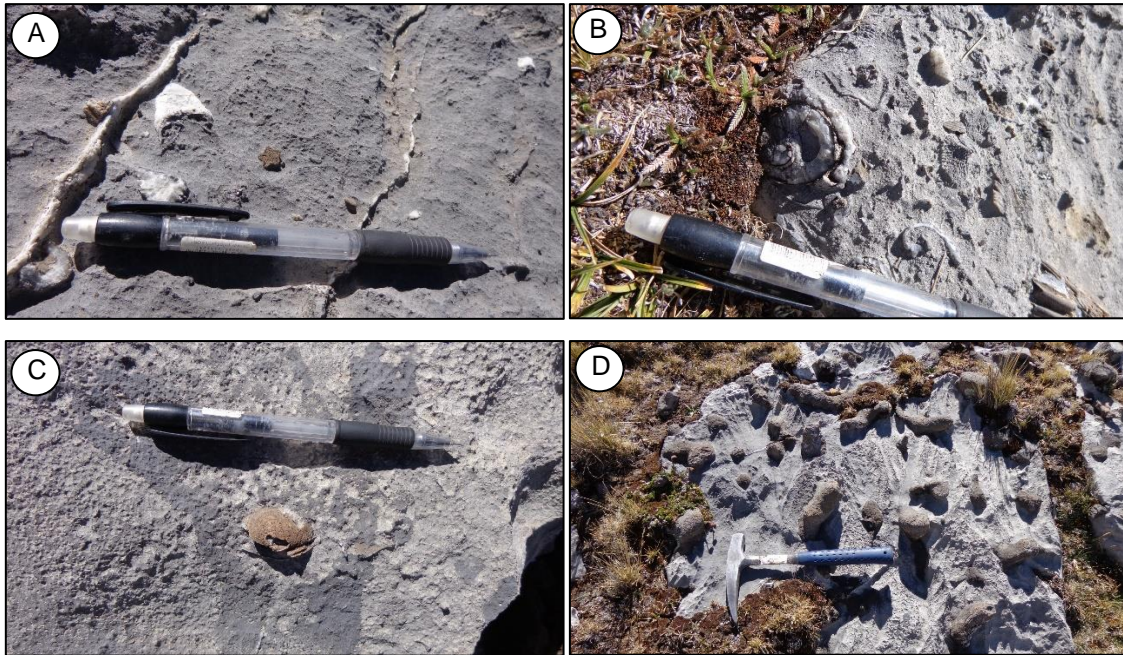


Figura 51. A. Nivel de calizas con equinodermos y venillas de calcita. B. Calizas con gasterópodos. C. Calizas con bivalvos. D. Calizas con thalassinoides.

A partir de los 368 m se observan las secuencias de la Formación Aramachay, los cuales hasta los 425 m se registraron calizas gris oscuras a negras, intercaladas con niveles centimétricos de lutitas grises, las calizas se presentan en estratos de 15 a 30 cm de espesor, algunos niveles presentan venillas de calcita y sulfuros diseminados, también presenta algunos niveles ligeramente carbonosos que emanan un leve olor a hidrocarburos, los fósiles presentes corresponden a ammonites y bivalvos (Figura 52A, B).

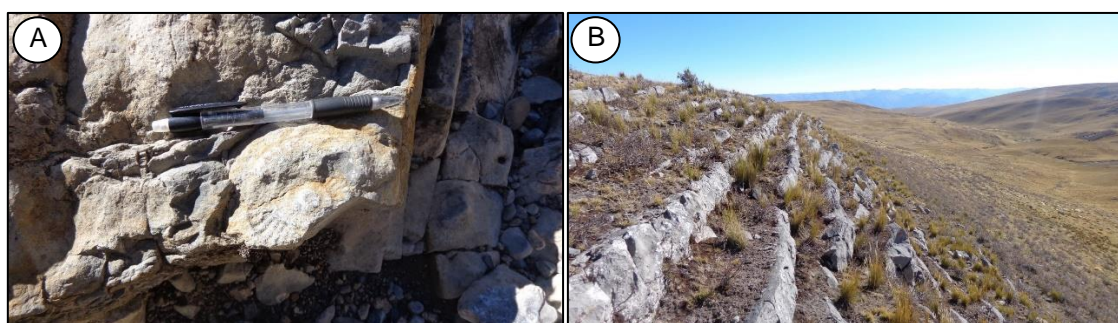


Figura 52. A. Nivel de calizas con ammonites. B. Niveles de calizas intercaladas con lutitas negras. Localidad de Analayoc, vista al SO.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-186 (Figura 53A, B) y GR40B-16-189 (Figura 54A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-186: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura lodosa, matriz soportada, presenta bioclastos como radiolários ~1%, fragmentos de algas ~2%, bivalvos moderadamente conservados ~2%, espículas de esponjas ~1%, peloides y ooides ~10%, granos redondeados de microesparita (calciesferas) ~4%, matriz microesparítica y probablemente materia orgánica carbonosa ~80%.

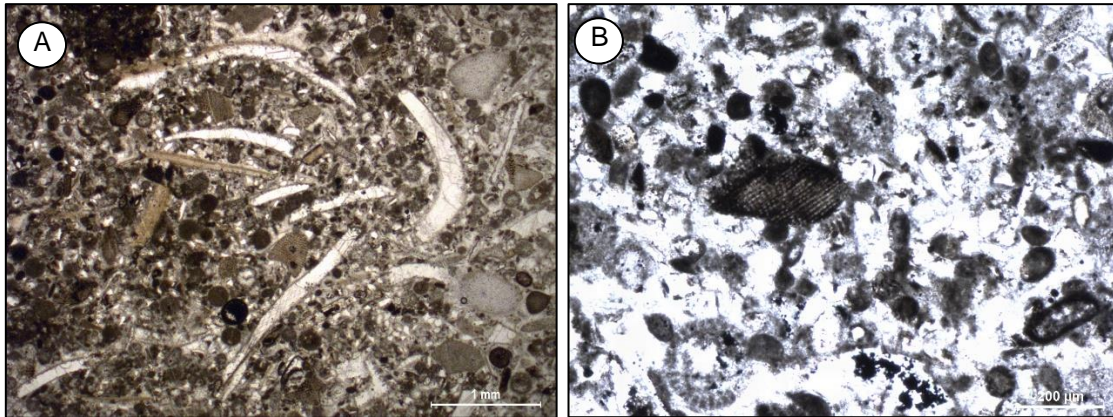


Figura 53. Muestra GR40B-16-186. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 370 m.

Muestra GR40B-16-189: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone-mudstone, textura lodosa, matriz soportada, presentan bioclastos de bivalvos ~2%, probables espículas de equinodermos ~1%, presenta granos subredondeados y redondeados (calciesferas) de microesparita ~30%, matriz micrítica y probablemente materia orgánica carbonosa ~67%.

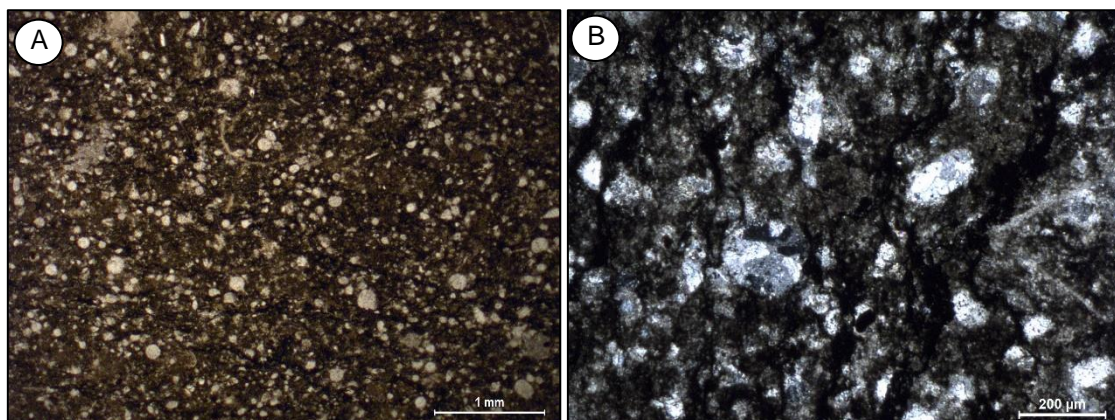


Figura 54. Muestra GR40B-16-189. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 405 m.

Columna estratigráfica - Localidad de Catalina Huanca

Se ha levantado una columna estratigráfica de 560 m. de potencia a escala 1: 200 que sintetiza las características sedimentológicas de las formaciones Chambará y Aramachay, aflorantes en la localidad de Catalina Huanca, distrito de Canaria, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho, en las coordenadas N: 8455322; E: 615285 (UTM WGS84). Los 560 m de columna levantados quedan reflejados en la Figura 56. En ella se representa la litología de manera gráfica, textural y descriptiva. Asimismo, se indican las facies sedimentarias presentes, que más adelante serán descritas junto con los procesos deposicionales que las originaron.

La columna estratigráfica en la localidad de Catalina Huanca se encuentra en ligera discordancia angular sobre el Grupo Mitu, esta columna representa la base (Formación Chambará) y la parte media (Formación Aramachay) del Grupo Pucará. Los primeros 22 m consisten de brechas polimícticas compuestas por clastos de calizas grises y areniscas cuarzosas blanquecinas, los clastos son sub-angulosos, se encuentran en pseudoestratos de 20 a 30 cm de espesor (Figura 55).



Figura 55. Nivel de brechas polimícticas compuesta por calizas grises y areniscas blanquecinas vista a los 15 m.

De 22 a 50 m se observan calizas grises brechadas, con clastos angulosos y sub-angulosos, monomícticas, matriz calcárea y algunos niveles con contenido de arcillas en la matriz.

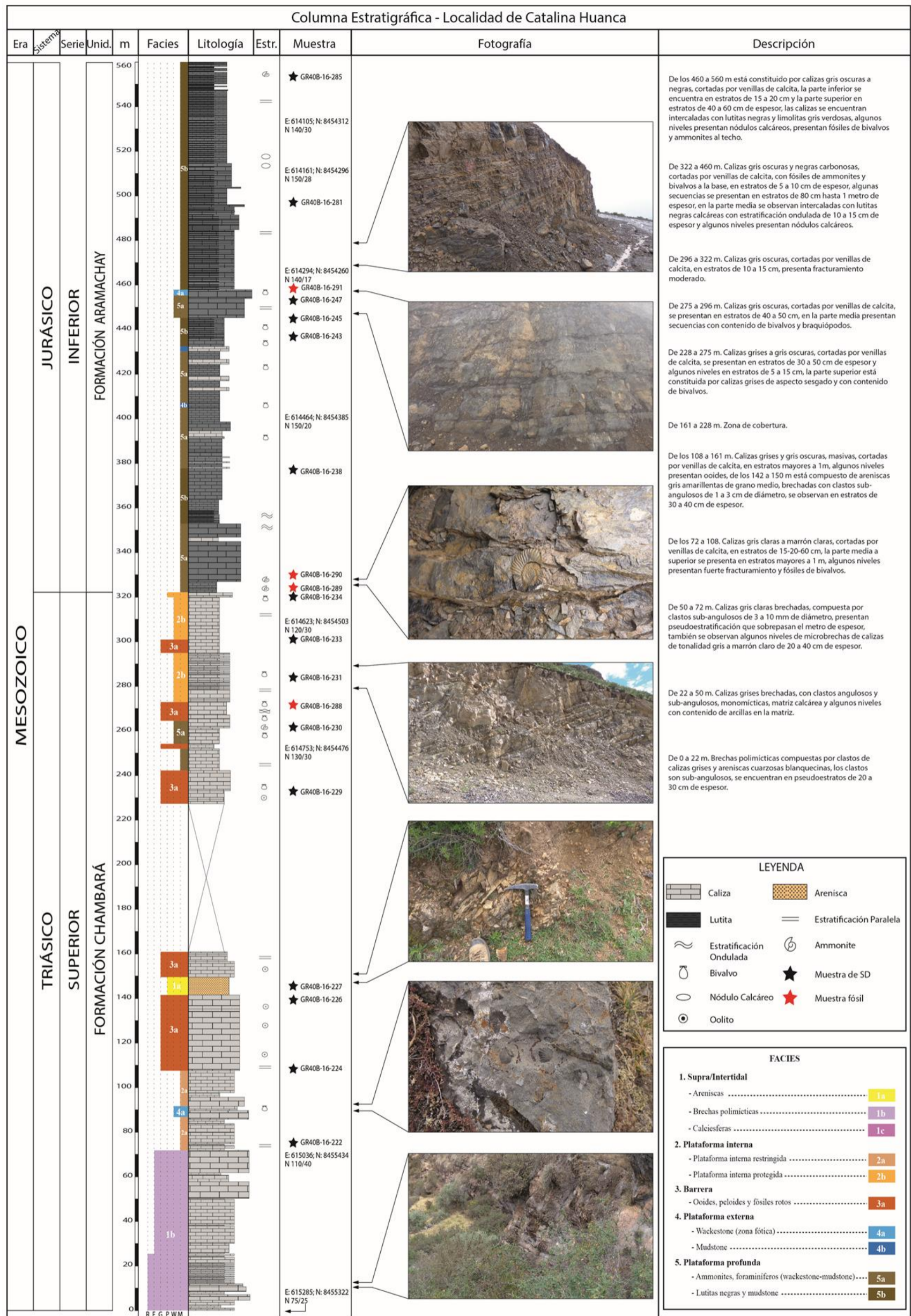


Figura 56. Columna estratigráfica en la localidad de Catalina Huanca.

De 50 a 72 m se componen de calizas gris claras brechadas con clastos sub-angulosos de 3 a 10 mm de diámetro, presentan pseudoestratificación que sobrepasan el metro de espesor, también se observan algunos niveles de microbrechas de calizas de tonalidad gris a marrón claro de 20 a 40 cm de espesor.

De los 72 a 108 m se componen de calizas gris claras a marrón claras tipo mudstone, cortadas por venillas de calcita, en estratos de 15-20-60 cm, la parte media a superior se presenta en estratos mayores a 1 m, algunos niveles presentan fuerte fracturamiento. Entre los 85 a 92 m se observan niveles de calizas tipo packstone que contienen fósiles de bivalvos (Figura 57).



Figura 57. Nivel de calizas gris claras a marrón claras con presencia de fósiles de bivalvos y probables braquiópodos, vista a los 90 m.

Dentro de estas secuencias se extrajo la muestra GR40B-16-222 (Figura 58A, B) para estudios petrográficos la cual se describe como:

Muestra GR40B-16-222: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, presenta fragmentos redondeados y subredondeados (posibles ooides reemplazados por calcita) ~5%, fragmentos de bivalvos ~1%, presenta venillas de calcita ~1%, matriz ~93%.

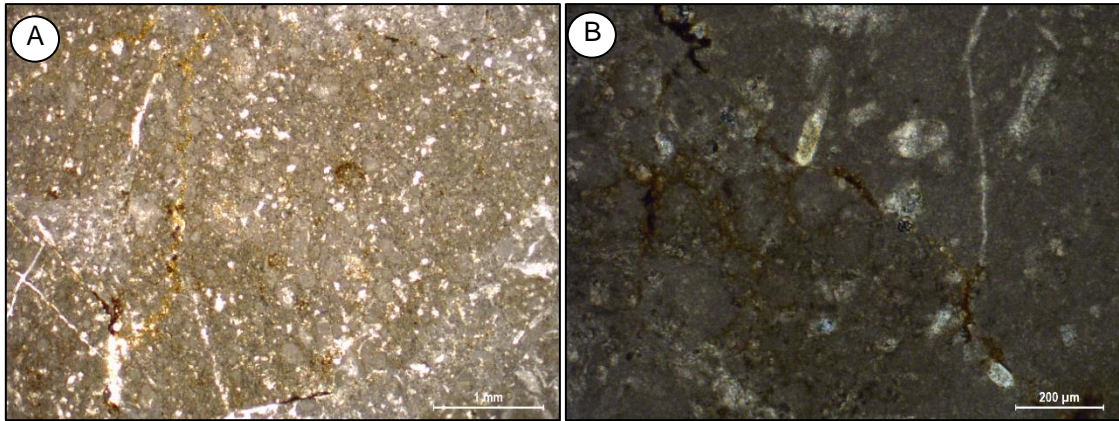


Figura 58. Muestra GR40B-16-222. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 74 m.

De los 108 a 161 m se tienen calizas grises y gris oscuras tipo grainstone, masivas, cortadas por venillas de calcita, en estratos mayores a 1m, presentan ooides, de los 142 a 150 m está compuesto de areniscas gris amarillentas de grano medio (Figura 59), brechadas con clastos sub-angulosos de 1 a 3 cm de diámetro, se observan en estratos de 30 a 40 cm de espesor.



Figura 59. Nivel de areniscas gris amarillentas de grano medio brechadas vista a los 144 m.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-224 (Figura 60A, B), GR40B-16-226 (Figura 61A, B) y GR40B-16-227 (Figura 62A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-224: Roca sedimentaria carbonatada, packstone-grainstone, textura granular, grano soportado, presentan bioclastos de bivalvos y gasterópodos en

el núcleo de los ooides, bivalvos ~2%, gasterópodos ~5%, calciesferas ~2%, ooides simples y compuestos ~65%, algunos crinoides ~1%, matriz micrítica ~25%.

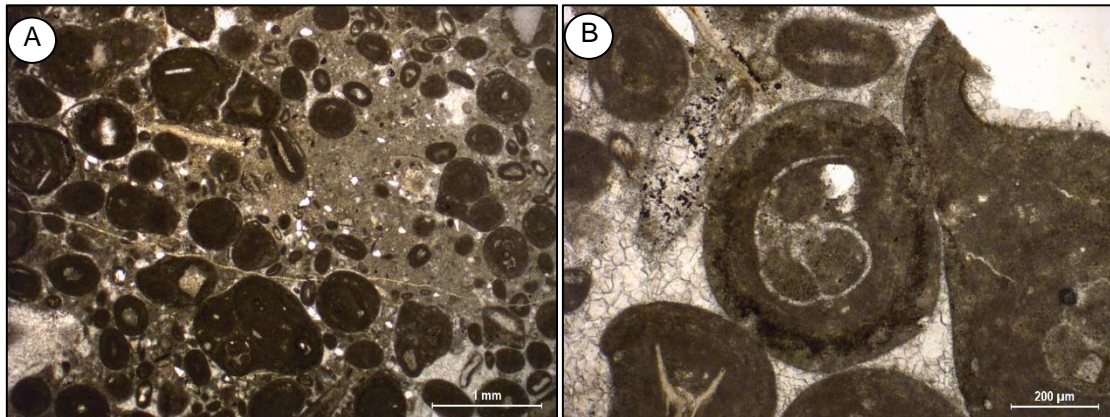


Figura 60. Muestra GR40B-16-224. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 114 m.

Muestra GR40B-16-226: Roca sedimentaria carbonatada, grainstone, textura granular, grano soportado, presentan bioclastos de bivalvos y gasterópodos en el núcleo de los ooides, bivalvos ~2%, gasterópodos ~5%, ooides simples y compuestos ~72%, algunos crinoides ~1%, cemento esparítico ~20%.

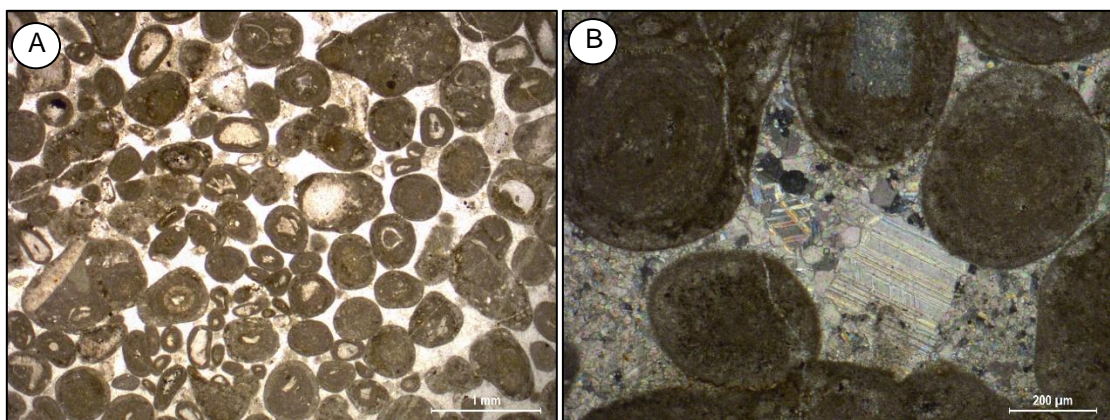


Figura 61. Muestra GR40B-16-226. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 140 m.

Muestra GR40B-16-227: Roca sedimentaria detrítica, textura granular, grano medio, principalmente granos de cuarzo y algunos granos de feldspatos, contacto entre los granos cóncavo convexo, bien seleccionada, madura, granos no orientados, con baja porosidad.

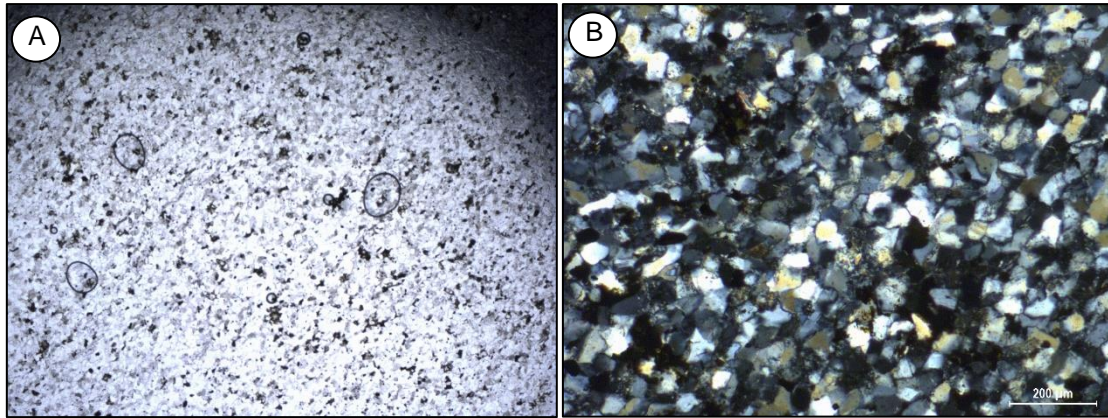


Figura 62. Muestra GR40B-16-227. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 146 m.

De 161 a 228 m zona de cobertura y de 228 a 275 m está compuesta por calizas grises a gris oscuras, tipo mudstone a grainstone, cortadas por venillas de calcita, se presentan en estratos de 30 a 50 cm de espesor y algunos estratos de 5 a 15 cm, la parte superior está constituida por calizas grises de aspecto sesgado y con contenido de bivalvos (Figura 63A, B).



Figura 63. A. Nivel de calizas grises con presencia de bivalvos y braquiópodos vista a los 236 m. **B.** Secuencias de calizas grises cortadas por venillas de calcita en estratos de 40 a 50 cm de espesor.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-229 (Figura 64A, B) y GR40B-16-230 (Figura 65A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-229: Roca sedimentaria carbonatada, packstone a grainstone, textura granular, grano soportado, presenta ooides y peloides ~58%, ocasionalmente

algunos fragmentos de algas, granos redondeados de calcita espática ~10%, crinoides ~2%, matriz esparítica ~30%.

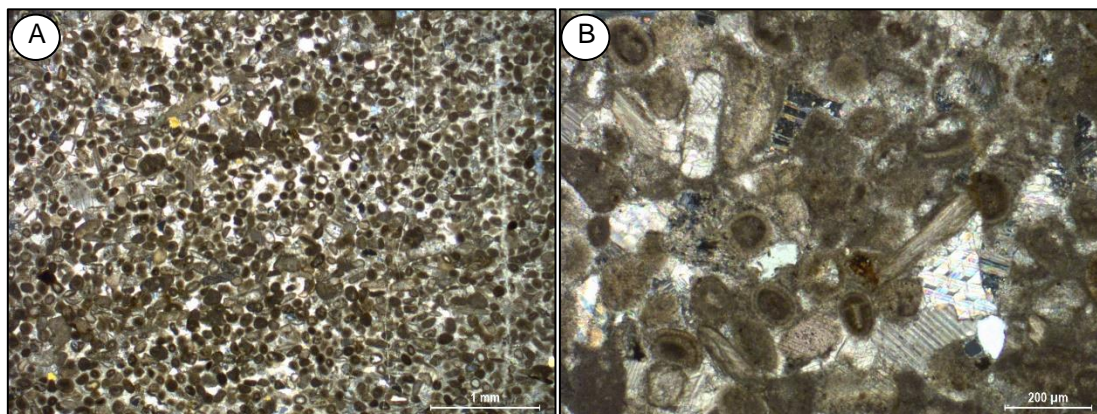


Figura 64. Muestra GR40B-16-229. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 233 m.

Muestra GR40B-16-230: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura microcristalina, no presenta bioclastos, con algunos intraclastos reemplazados por microesparita, granos de cuarzo y venillas de calcita.

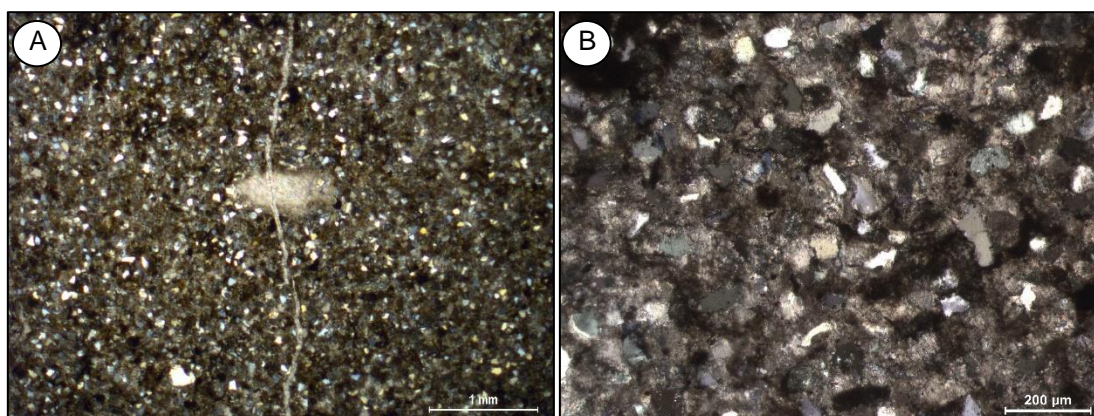


Figura 65. Muestra GR40B-16-230. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 262 m.

De 275 a 296 m está compuesta por calizas gris oscuras tipo wackestone, cortadas por venillas de calcita, se presentan en estratos de 40 a 50 cm, en la parte media presentan secuencias con contenido de bivalvos y braquiópodos.

Dentro de estas secuencias se extrajo la muestra GR40B-16-231 (Figura 66A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-231: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura microcristalina, aspecto grumelar, matriz soportada, presenta ooides y peloides

micritizados ~10%, espículas de equinodermos ~1%, crinoides ~5%, matriz de calcita espática ~82%, venillas de calcita ~2%.

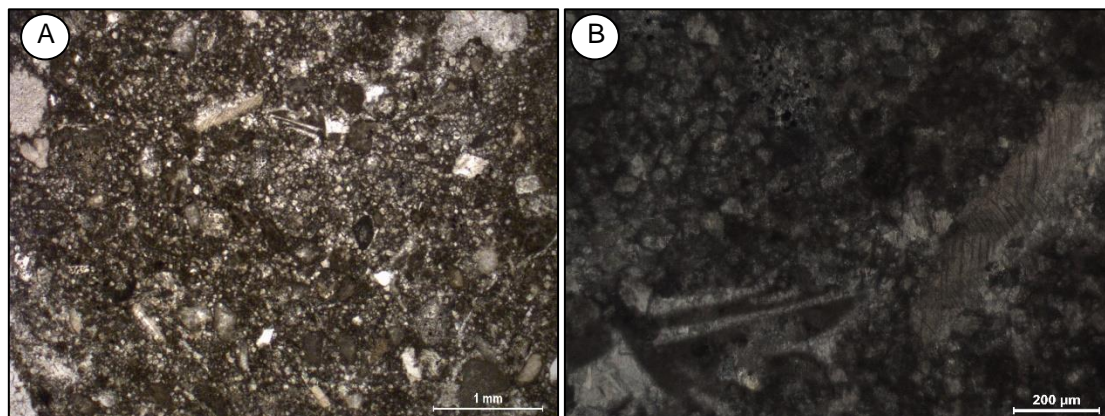


Figura 66. Muestra GR40B-16-231. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 286 m.

De 296 a 322 m se compone de calizas gris oscuras, tipo grainstone a la base y tipo wackestone al techo, cortadas por venillas de calcita, en estratos de 10 a 15 cm, presenta fracturamiento moderado.

Dentro de estas secuencias se extrajo la muestra GR40B-16-233 (Figura 67A, B) para estudios petrográficos la cual se describe como:

Muestra GR40B-16-233: Roca sedimentaria carbonatada, grainstone, textura granular, grano soportado, presenta ooides y peloides micritizados ~81%, crinoides ~3%, foraminíferos ~1%, cemento de calcita espática ~15%.

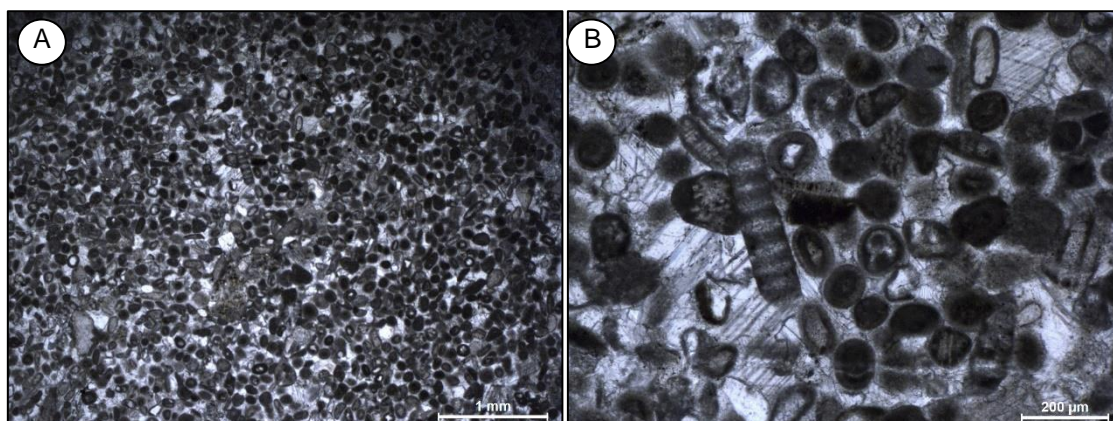


Figura 67. Muestra GR40B-16-233. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 302 m.

A partir de los 322 m se registraron las secuencias de la Formación Aramachay, las cuales hasta los 460 m están constituidas por calizas gris oscuras y negras carbonosas, tipo mudstone-wackestone (Figura 68A), cortadas por venillas de calcita, con fósiles de

ammonites y bivalvos a la base (Figura 68B), en estratos de 5 a 10 cm de espesor, algunas secuencias se presentan en estratos de 80 cm hasta 1 metro de espesor, en la parte media se observan intercaladas con lutitas negras calcáreas con estratificación ondulada de 10 a 15 cm de espesor y algunos niveles presentan nódulos calcáreos.

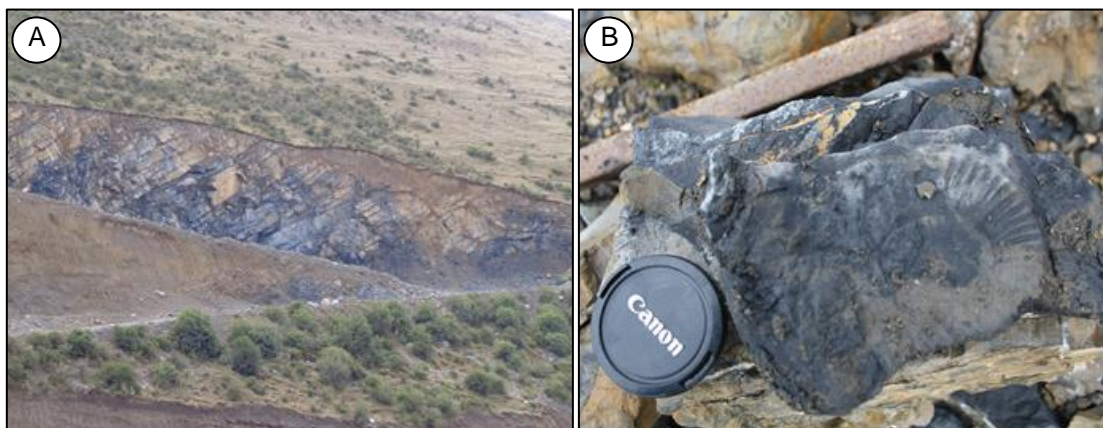


Figura 68. A. Nivel de calizas gris oscuras a negras vista a los 325 m. **B.** Fósil de ammonite encontrado a los 325 m.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-234 (Figura 69A, B), GR40B-16-238 (Figura 70A, B), GR40B-16-243 (Figura 71A, B), GR40B-16-245 (Figura 72A, B) y GR40B-16-247 (Figura 73A, B) para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-234: Roca sedimentaria carbonatada, packstone, textura granular, grano soportado, presenta bioclastos moderadamente conservados de gasterópodos ~3%, bivalvos ~5%, espículas de equinodermos ~5%, foraminíferos (orbitolinido) ~3%, peloides y ooides ~39%, calciesferas ~15%, matriz micrítica ~30%.

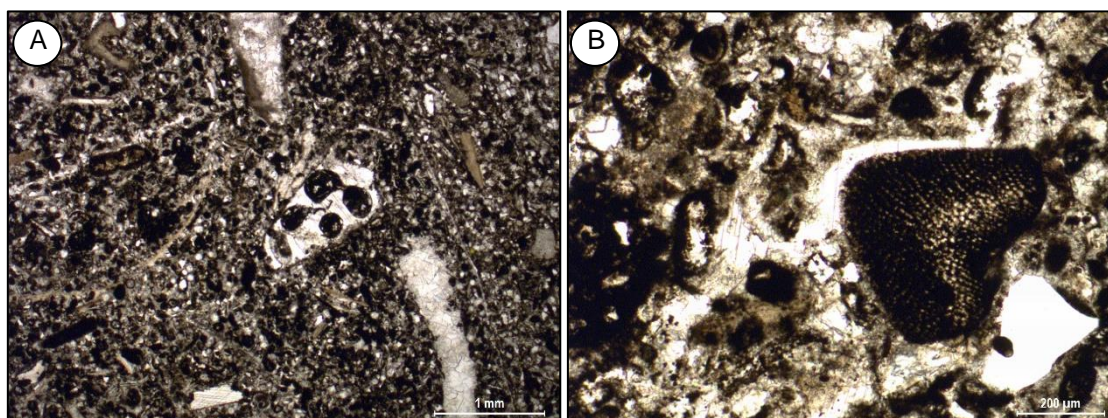


Figura 69. Muestra GR40B-16-234. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 323 m.

Muestra GR40B-16-238: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura microcristalina, matriz soportada, no presenta bioclastos, matriz microcristalina ~92%, presenta calciesferas ~5%, venillas de calcita ~3%.

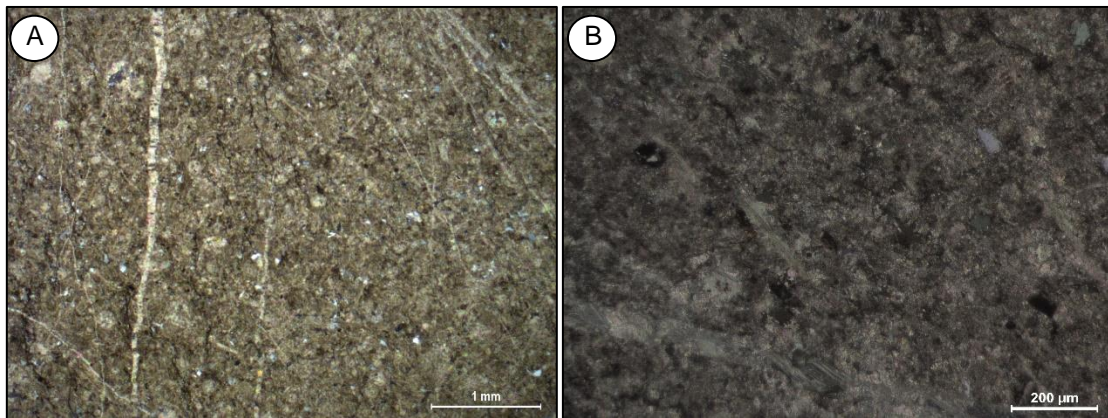


Figura 70. Muestra GR40B-16-238. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 378 m.

Muestra GR40B-16-243: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura microcristalina, matriz soportada, no presenta bioclastos, matriz microcristalina ~95%, presenta calciesferas ~5%.

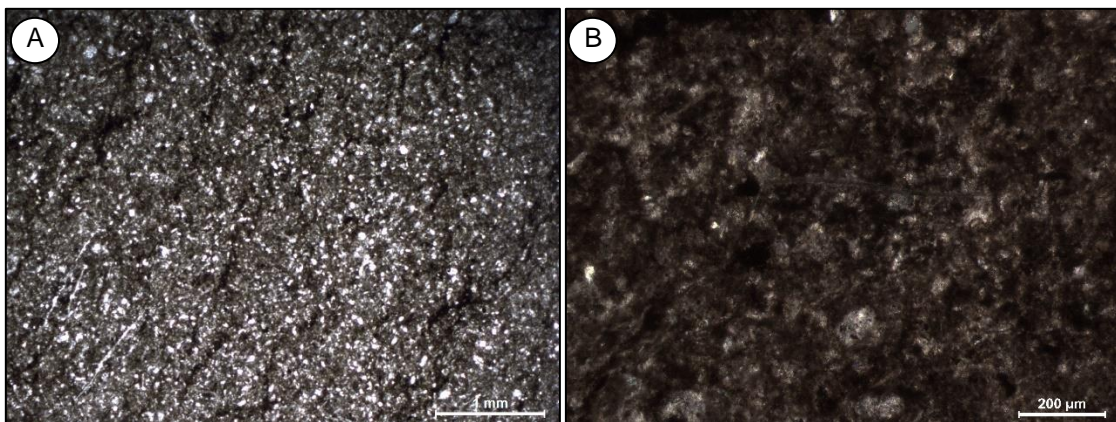


Figura 71. Muestra GR40B-16-243. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 437 m.

Muestra GR40B-16-245: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, no presenta bioclastos, matriz ~90%, presenta calciesferas ~5%, venillas de calcita ~5%.

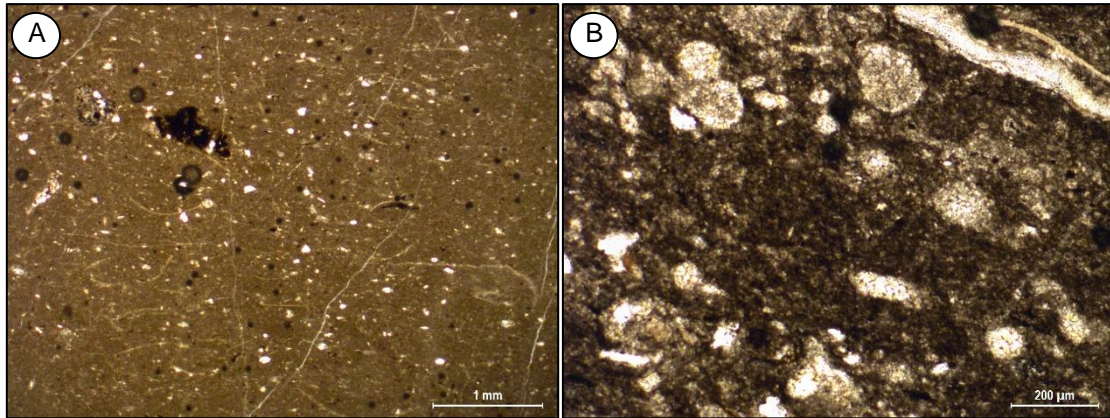


Figura 72. Muestra GR40B-16-245. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 444 m.

Muestra GR40B-16-247: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura microcristalina y material carbonoso relleno de espacios vacíos, matriz soportada, presenta espículas de equinodermos moderadamente conservados ~2%, calciesferas ~10%, venillas de calcita ~3%, matriz ~85%.

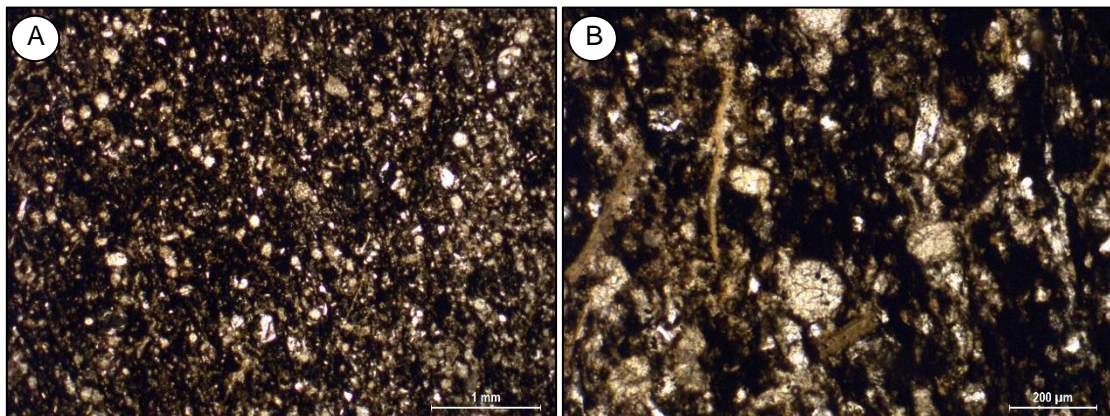


Figura 73. Muestra GR40B-16-247. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 458 m.

De los 460 a 560 m está constituido por calizas gris oscuras a negras, tipo mudstone, cortadas por venillas de calcita, la parte inferior se encuentra en estratos de 15 a 20 cm y la parte superior en estratos de 40 a 60 cm de espesor, las calizas se encuentran intercaladas con lutitas negras y limolitas gris verdosas, algunos niveles presentan nódulos calcáreos, presentan fósiles de bivalvos y ammonites al techo (Figuras 74A, B, C).

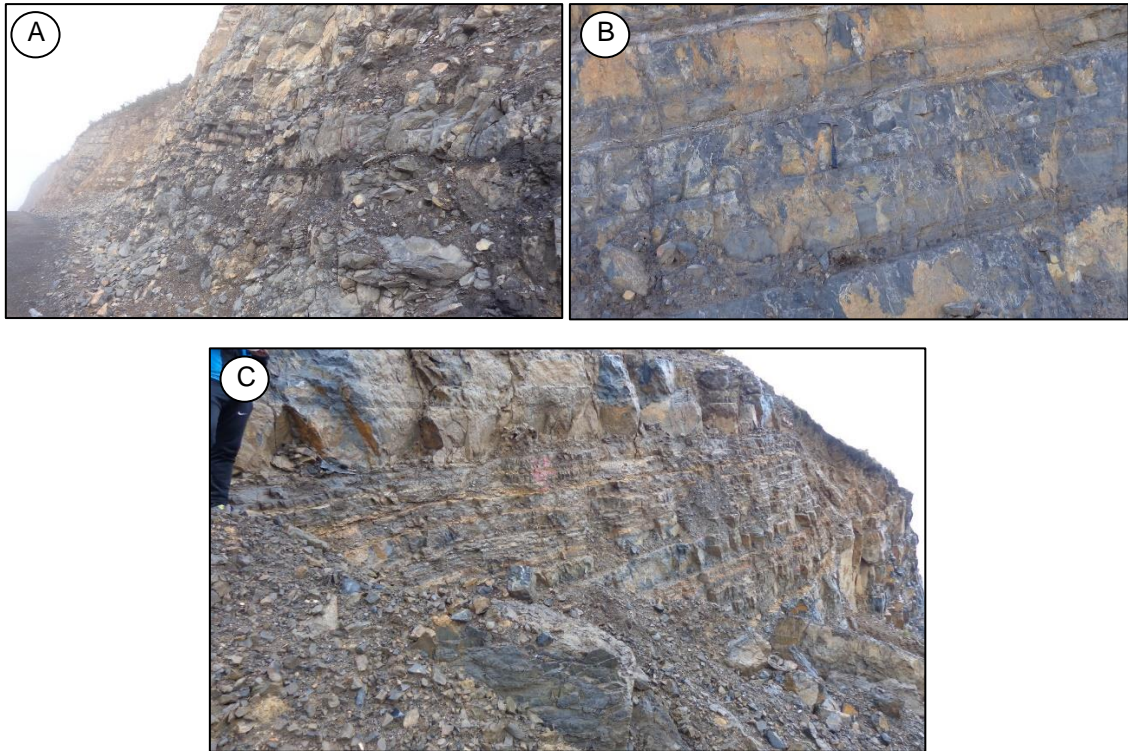


Figura 74. **A.** Nivel de calizas gris oscuras en estratos de 15 a 20 cm. **B.** Calizas grises en estratos de 40 a 60 cm. **C.** Calizas gris oscuras con niveles de limolitas gris verdosas y lutitas negras.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-281 (Figura 75A, B) y GR40B-16-285 (Figura 76A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-281: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura microcristalina y material carbonoso relleno de espacios vacíos, matriz soportada, no presenta bioclastos, presenta calciesferas ~5%, matriz ~95%.

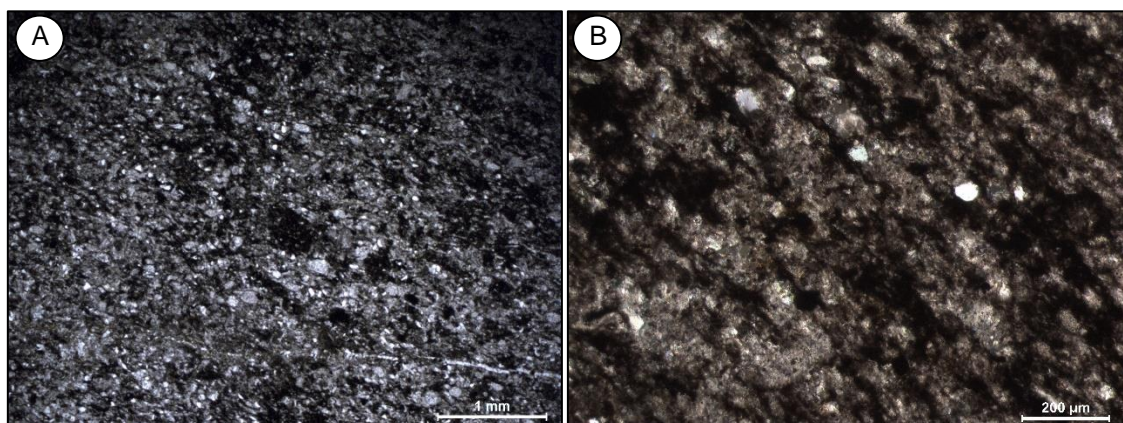


Figura 75. Muestra GR40B-16-281. **A.** Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 497 m.

Muestra GR40B-16-285: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura microcristalina, matriz soportada, no presenta bioclastos, presenta calciesferas ~5%, con esporádicas venillas de calcita, matriz ~95%.

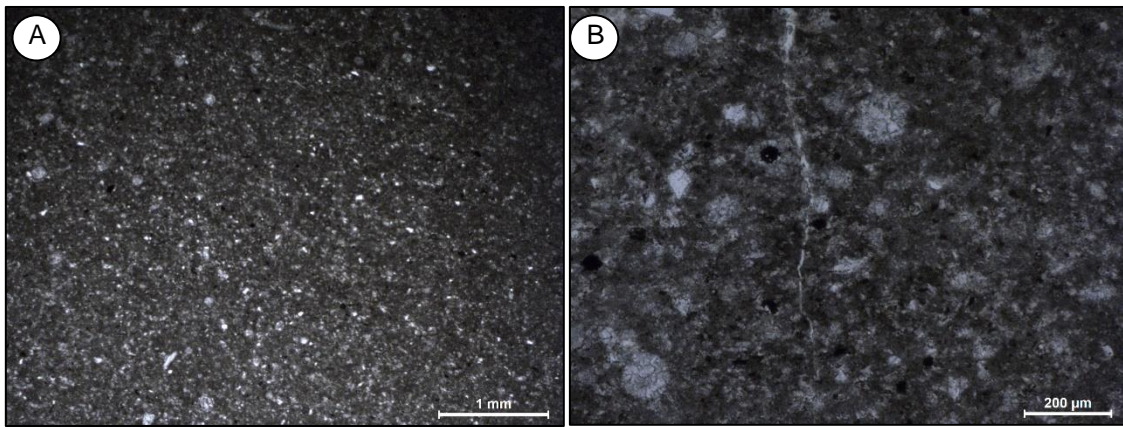


Figura 76. Muestra GR40B-16-285. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 557 m.

Columna estratigráfica – Localidad de Orcohuasi

Se ha levantado una columna estratigráfica de 580 m. de potencia a escala 1: 200 que sintetiza las características sedimentológicas de las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga, aflorantes en la localidad de Orcohuasi (cerro Habaspunco), distrito de Acobambilla, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica, en las coordenadas N: 8608399; E: 476934 (UTM WGS84). Los 580 m de columna levantados quedan reflejados en la Figura 78. En ella se representa la litología de manera gráfica, textural y descriptiva. Asimismo, se indican las facies sedimentarias presentes, que más adelante serán descritas junto con los procesos deposicionales que las originaron. A continuación, se describe la columna estratigráfica en la localidad de Orcohuasi:

En esta columna no se llegó a encontrar el contacto basal del Grupo Pucará por lo que los primeros 53 m de columna representan la parte superior de la Formación Chambará, estas consisten de calizas de tipo mudstone a wackestone de tonalidades pardas claras a marrón claras, cortadas por venillas de calcita, en estratos de 20-30-60 hasta 80 cm de espesor, presenta algunos niveles de lutitas pardas, la base presenta estratos ondulados y dentados (estilolitas), la parte superior presenta estratificación paralela, en algunos niveles se observan fósiles de bivalvos mal conservados y nódulos calcáreos, (Figura 77A, B).

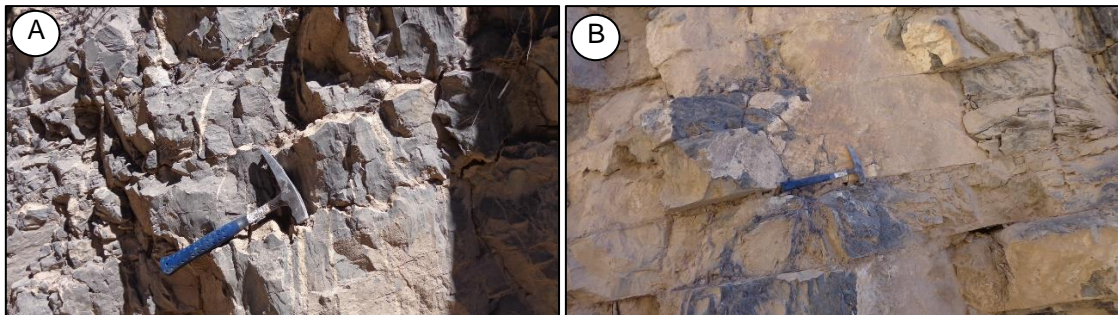


Figura 77. A. Nivel de calizas marrón claras, se observan estratos dentados (estilolitas). **B.** Calizas pardas con estratificación paralela, estratos de 30 a 40 cm.

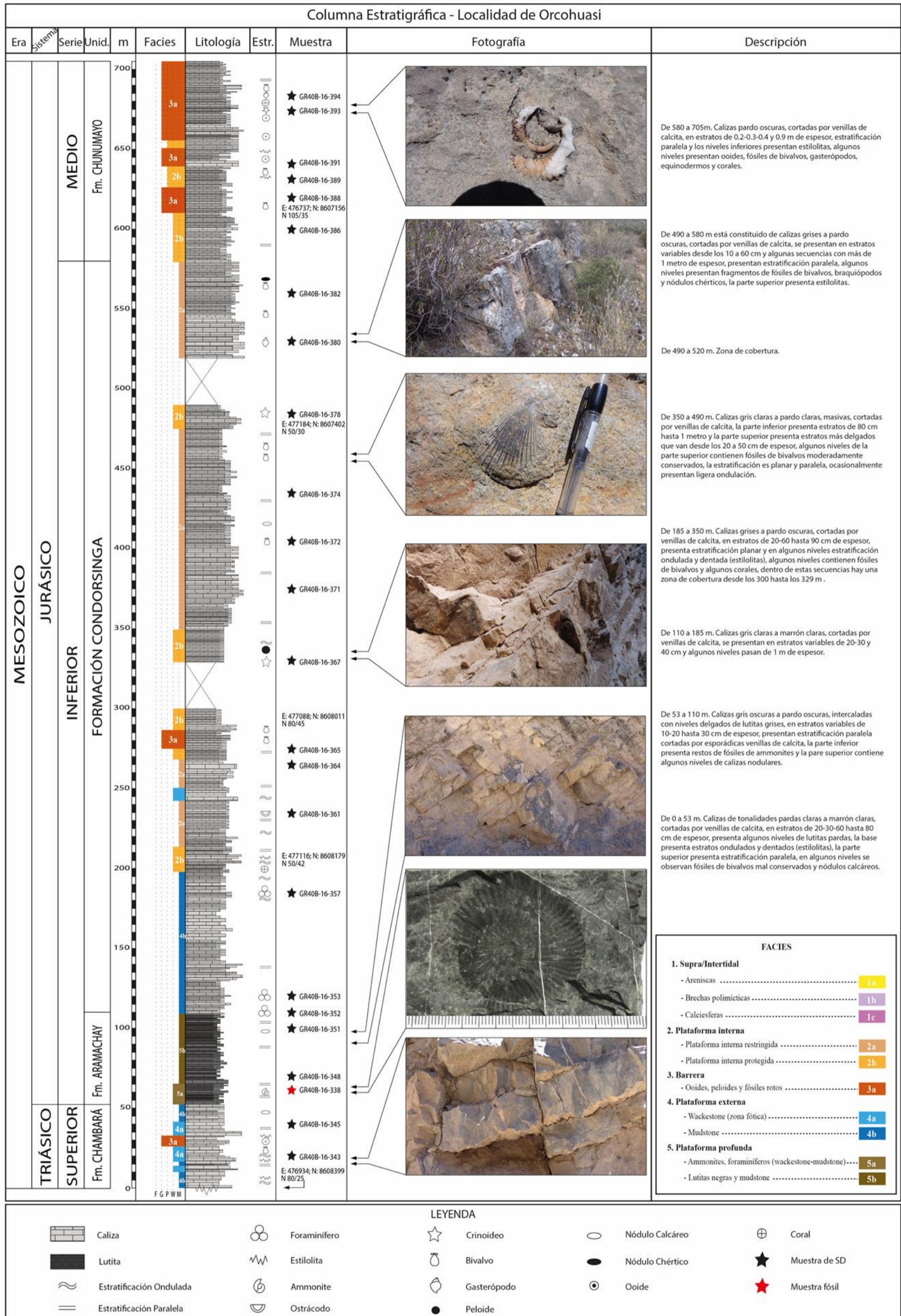


Figura 78. Columna estratigráfica en la localidad de Orcohuasi.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-343 (Figura 79A, B) y GR40B-16-345 (Figura 80A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-343: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura lodosa, matriz soportada, presenta fragmentos redondeados y subredondeados (posibles peloides micritizados) ~3%, matriz ~97%, presenta venillas de calcita.

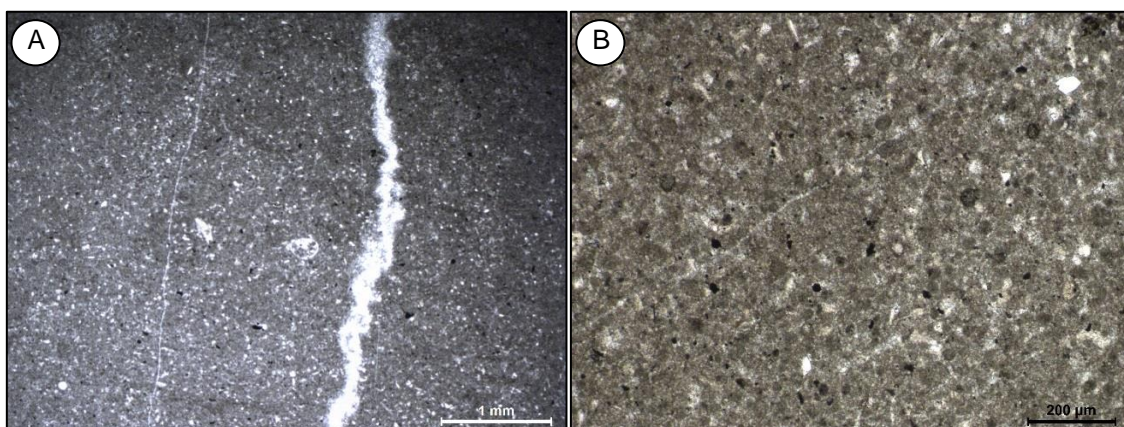


Figura 79. Muestra GR40B-16-343. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 20 m.

Muestra GR40B-16-345: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura lodosa, matriz soportada, presenta fragmentos de bioclastos de bivalvos ~1%, espículas de equinodermos ~1%, probables foraminíferos ~1%, calciesferas ~5%, matriz ~92%, presenta venillas de calcita.

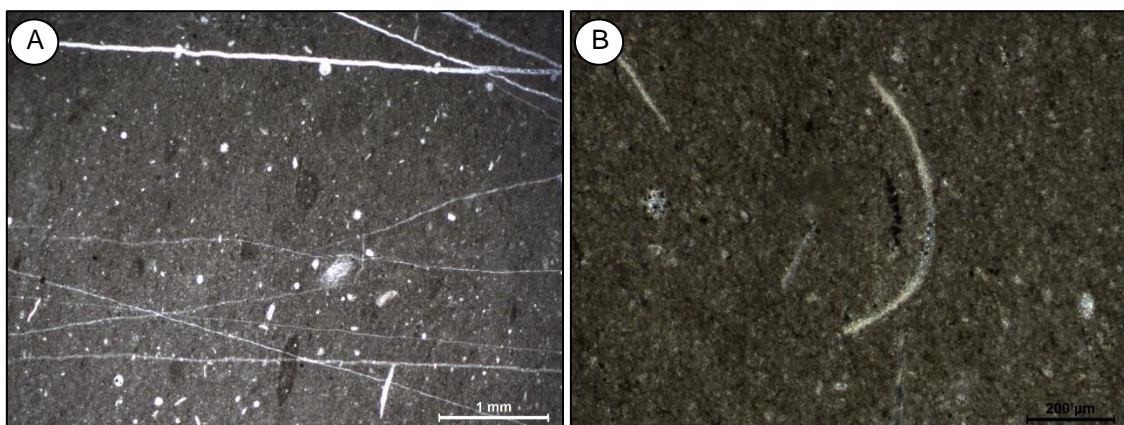


Figura 80. Muestra GR40B-16-345. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 40 m.

Desde los 53 m hasta los 110 m representan las secuencias de la Formación Aramachay, los cuales se componen de calizas gris oscuras a pardo oscuras, tipo mudstone y wackestone, intercaladas con niveles delgados de lutitas grises, en estratos

variables de 10-20 hasta 30 cm de espesor, presentan estratificación paralela cortadas por esporádicas venillas de calcita, la parte inferior presenta restos de fósiles de ammonites y la parte superior contiene algunos niveles de calizas nodulares (Figura 81A, B).

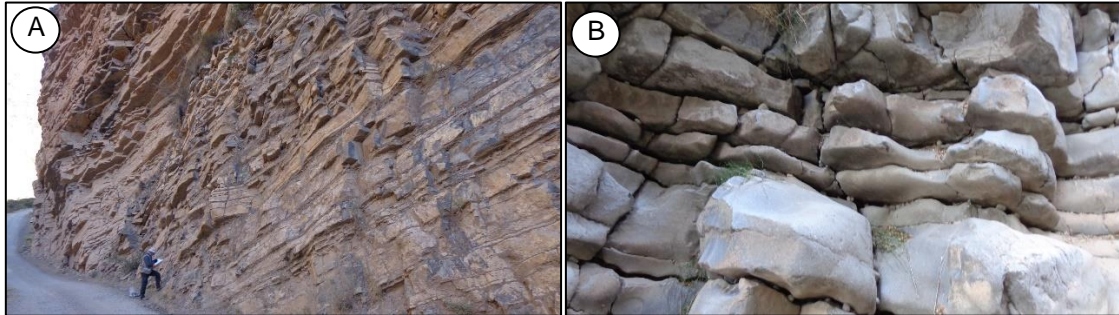


Figura 81. A. Nivel de calizas gris oscuras intercaladas con lutitas grises. B. Calizas grises con estratificación paralela en estratos de 10 a 20 cm.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-348 (Figura 82A, B) y GR40B-16-351 (Figura 83A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-348: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, presencia de calciesferas ~5%, matriz ~95%, presenta venillas de calcita y estilolitas.

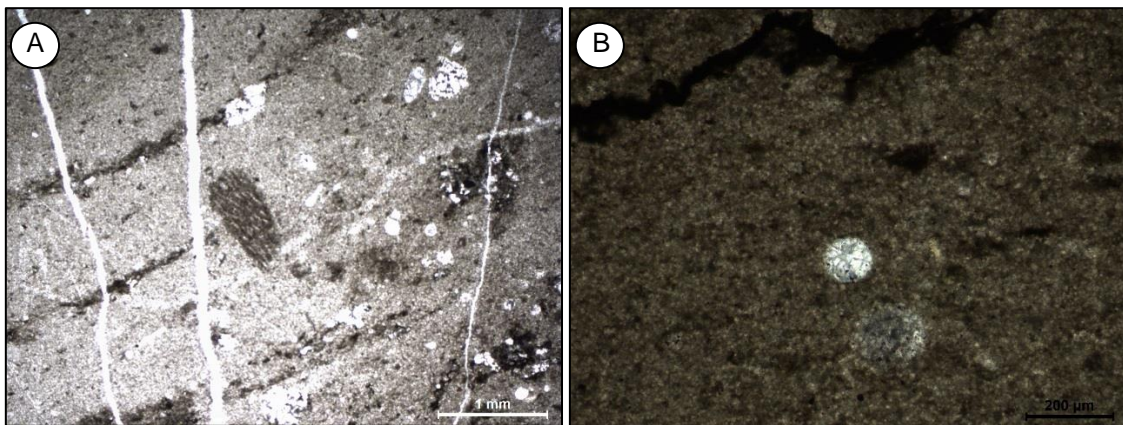


Figura 82. Muestra GR40B-16-348. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). B. Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 70 m.

Muestra GR40B-16-351: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura lodosa, matriz soportada, con posibles bioclastos de calpionelidos ~1%, ostrácodos ~2%, calciesferas ~10%, matriz ~87%, presenta venillas de calcita.

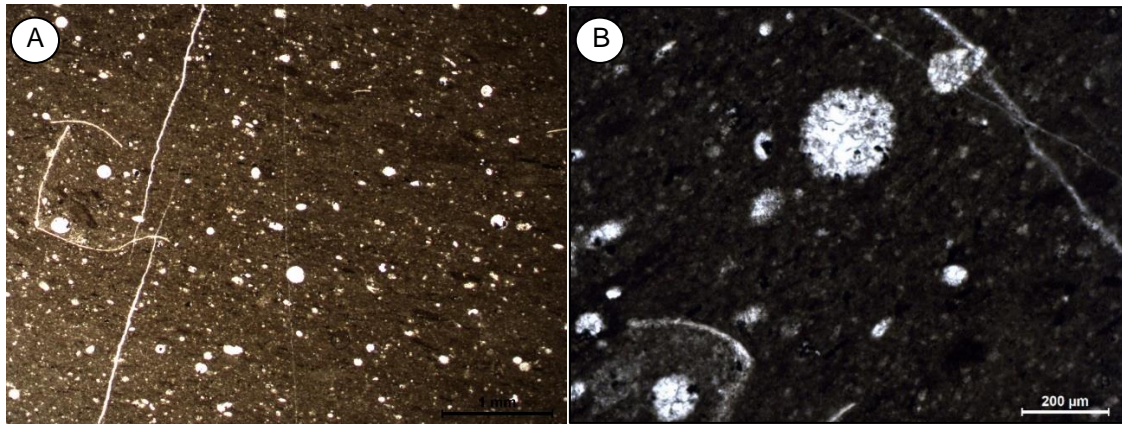


Figura 83. Muestra GR40B-16-351. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 100 m.

A partir de los 110 m se observan las secuencias de la Formación Condorsinga, hasta los 185 m están compuestas de calizas gris claras a marrón claras, tipo mudstone a wackestone, cortadas por venillas de calcita, se presentan en estratos variables de 20-30 y 40 cm de espesor.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-352 (Figura 84A, B), GR40B-16-353 (Figura 85A, B), y GR40B-16-357 (Figura 86A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-352: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura lodosa, matriz soportada, con bioclastos de foraminíferos (fusulinas?) moderadamente conservados ~3%, fragmentos de algas ~2%, calciesferas ~8%, cortadas por venillas de calcita, matriz ~87%.

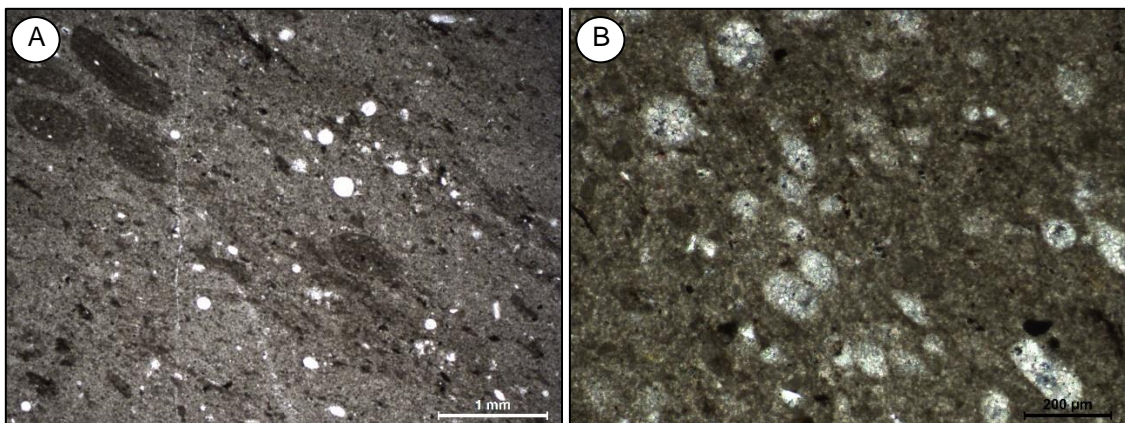


Figura 84. Muestra GR40B-16-352. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 110 m.

Muestra GR40B-16-353: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone-wackestone, textura lodosa, matriz soportada, con bioclastos de foraminíferos (fusulinas?) moderadamente conservados ~3%, fragmentos de algas ~2%, calciesferas 5%, cortadas por venillas de calcita, matriz ~90%.

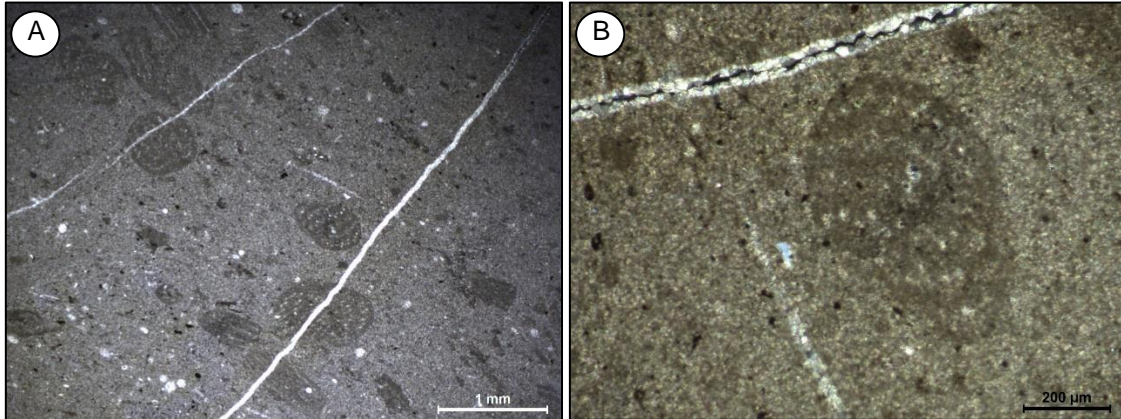


Figura 85. Muestra GR40B-16-353. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols cruzados (NX, 10X). Muestra tomada a los 120 m.

Muestra GR40B-16-357: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con posibles foraminíferos alterados ~1%, fragmentos de ostrácodos ~1%, calciesferas 3%, matriz ~95%.

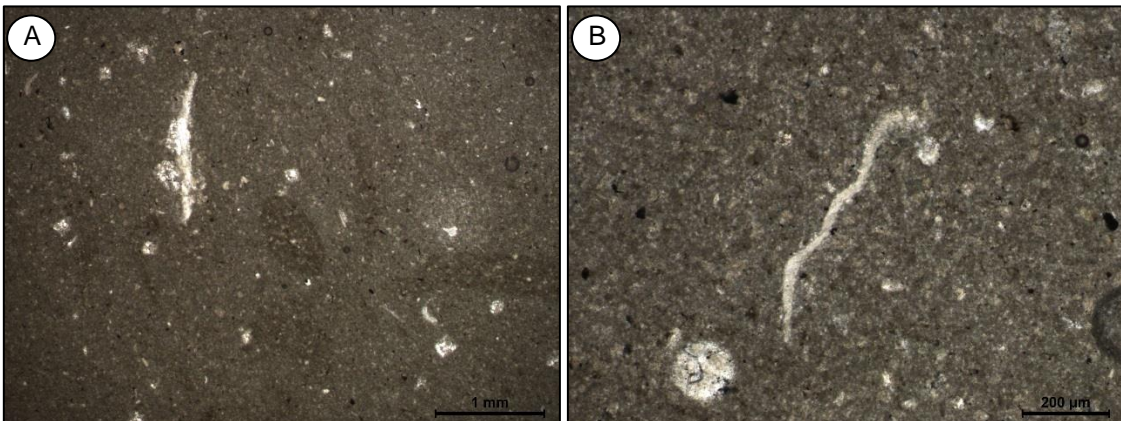


Figura 86. Muestra GR40B-16-357. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 185 m.

De los 185 a 350 m están compuestas por secuencias de calizas grises a pardo oscuras, tipo mudstone y wackestone, cortadas por venillas de calcita, en estratos de 20-60 hasta 90 cm de espesor, presenta estratificación planar y en algunos niveles estratificación ondulada y dentada (estilolitas), algunos niveles contienen fósiles de bivalvos y algunos corales (Figura 87A, B).

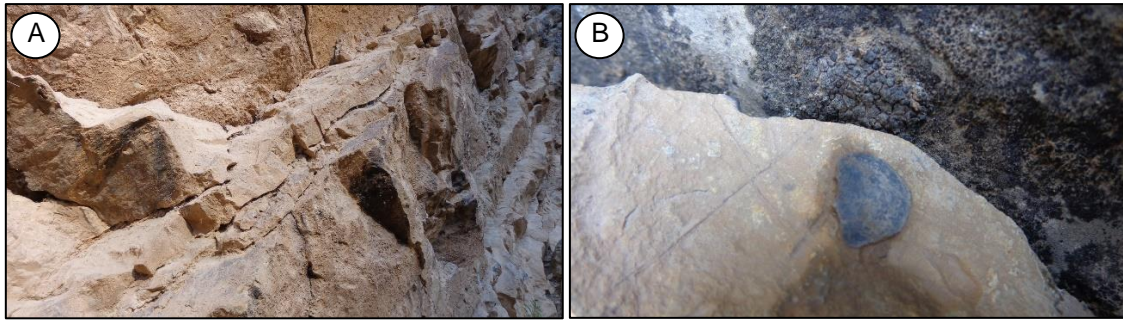


Figura 87. A. Nivel de calizas grises con estratificación ondulada. **B.** Calizas grises con restos de fósiles de bivalvos.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-361 (Figura 88A, B), GR40B-16-364 (Figura 89A, B), GR40B-16-365 (Figura 90A, B) y GR40B-16-367 (Figura 91A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-361: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con presencia de calciesferas ~5%, algunos fragmentos de ostrácodos, matriz ~95%, cortados por venillas de calcita, presenta estilolitas.

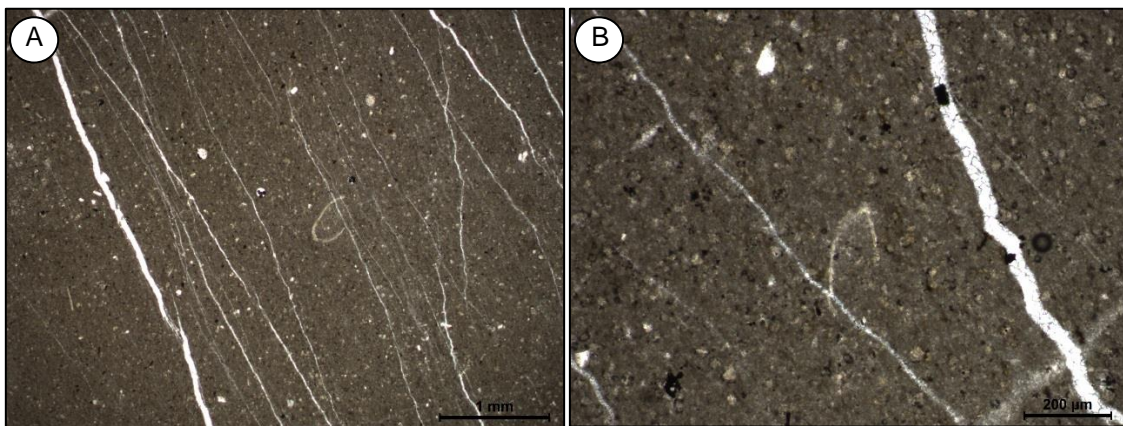


Figura 88. Muestra GR40B-16-361. A. Vista en nicoleos paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoleos paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 235 m.

Muestra GR40B-16-364: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con presencia de calciesferas ~2%, matriz ~98%.

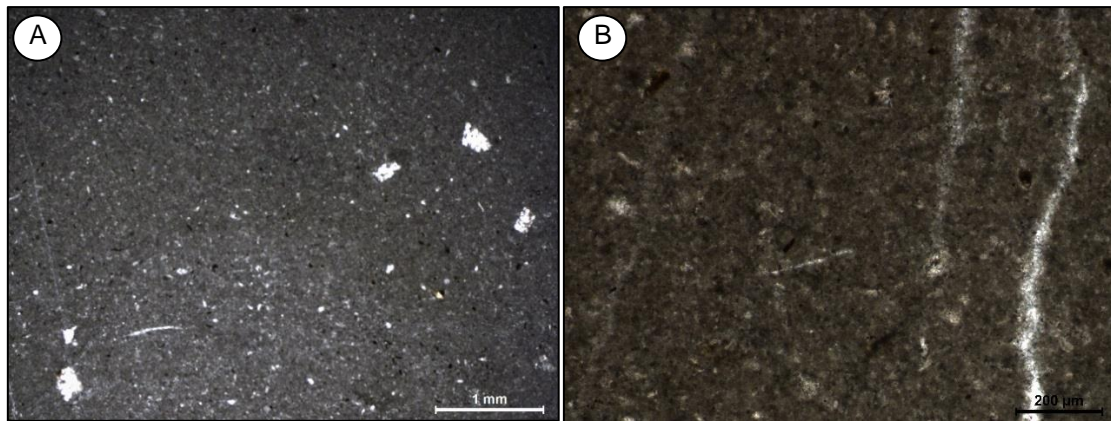


Figura 89. Muestra GR40B-16-364. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 265 m.

Muestra GR40B-16-365: Roca sedimentaria carbonatada recristalizada, textura microcristalina, con bioclastos mal conservados de bivalvos ~1% y gasterópodos ~1%, granos recristalizados ~60%, matriz microcristalina ~38%, cortados por venillas de calcita, probablemente la roca se esté dolomitizando.

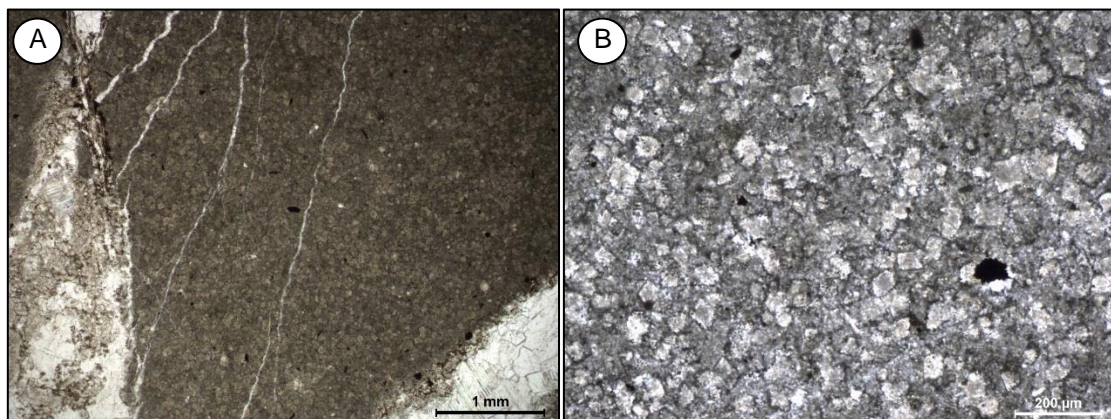


Figura 90. Muestra GR40B-16-365. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 275 m.

Muestra GR40B-16-367: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura lodosa, matriz soportada, con algunos bioclastos de gasterópodos ~1%, crinoides ~2%, posibles peloides que han sido reemplazados ~5%, calciesferas ~5%, matriz ~87%, cortadas por venillas de calcita.

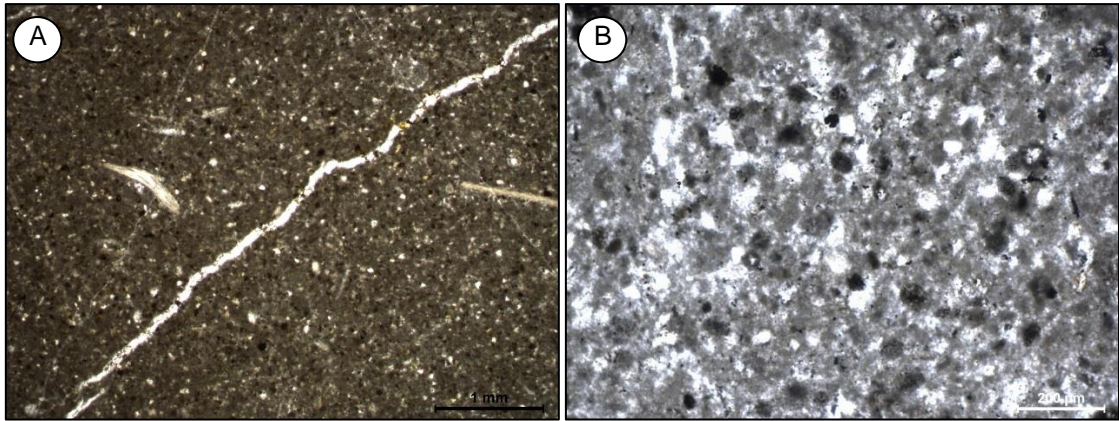


Figura 91. Muestra GR40B-16-367. A. Vista en niculos paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en niculos paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 330 m.

De los 350 a 490 m se componen de calizas gris claras a pardo claras, tipo mudstone y wackestone, masivas, cortadas por venillas de calcita, la parte inferior presenta estratos de 80 cm hasta 1 metro y la parte superior presenta estratos más delgados que van desde los 20 a 50 cm de espesor, a los 416 m se observa un nivel de calizas nodulares y algunos niveles de la parte superior contienen fósiles de bivalvos moderadamente conservados, la estratificación es planar y paralela, ocasionalmente presentan ligera ondulación (Figura 92A, B).

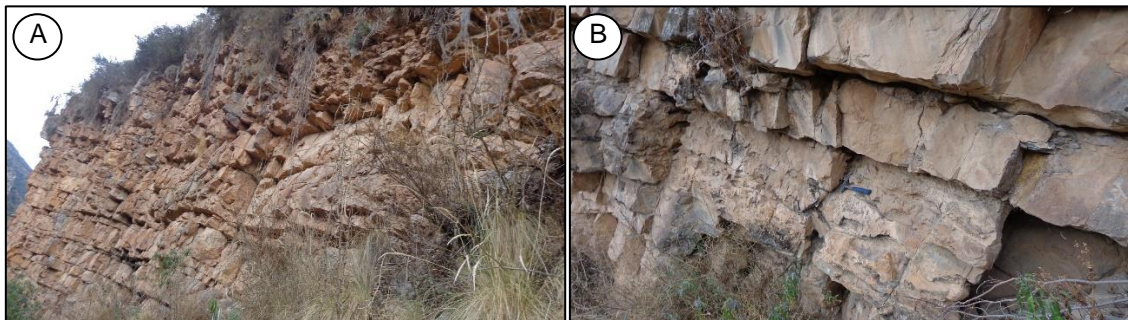


Figura 92. A. Nivel de calizas gris claras donde la asociación de sus estratos es variable (aleatoria). **B.** Calizas grises con estratificación paralela ligeramente ondulada.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-371 (Figura 93A, B), GR40B-16-372 (Figura 94A, B), GR40B-16-374 (Figura 95A, B) y GR40B-16-378 (Figura 96A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-371: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, presenta algunos fragmentos de bivalvos ~1%, calciesferas ~5%, matriz ~94%.

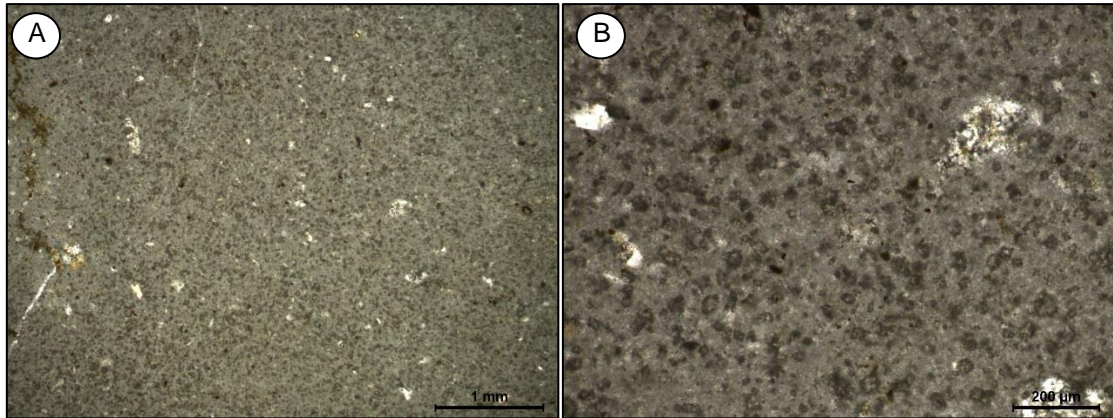


Figura 93. Muestra GR40B-16-371. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 375 m.

Muestra GR40B-16-372: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con presencia de bioclastos mal conservados de bivalvos ~3%, calciesferas ~5%, matriz ~92%, cortadas por venillas de calcita.

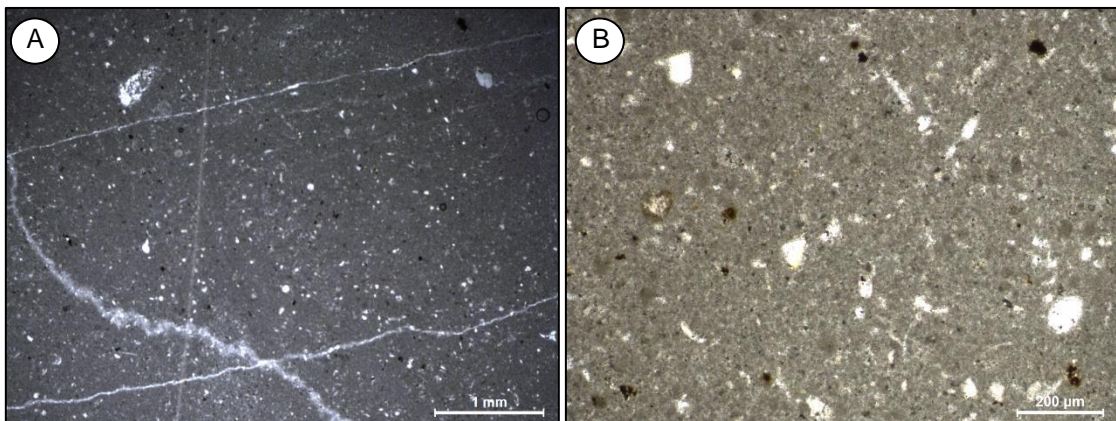


Figura 94. Muestra GR40B-16-372. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 405 m.

Muestra GR40B-16-374: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con bioclastos moderadamente conservados de foraminíferos uniseriales ~1%, calciesferas ~5%, matriz ~94%, presencia de esporádicas venillas de calcita y estilolitas.

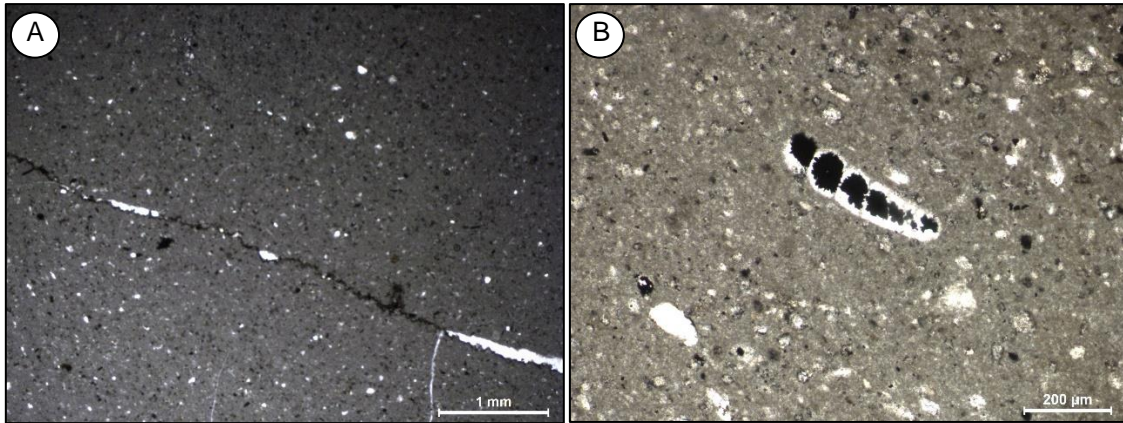


Figura 95. Muestra GR40B-16-374. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 435 m.

Muestra GR40B-16-378: Roca sedimentaria carbonatada, wackestone, textura microcristalina, matriz soportada, con bioclastos mal conservados de gasterópodos ~1%, crinoides ~5%, foraminíferos ~1%, bivalvos ~1%, espículas de equinodermos ~1%, calciesferas ~5%, matriz ~86%, presencia de esporádicas venillas de calcita.

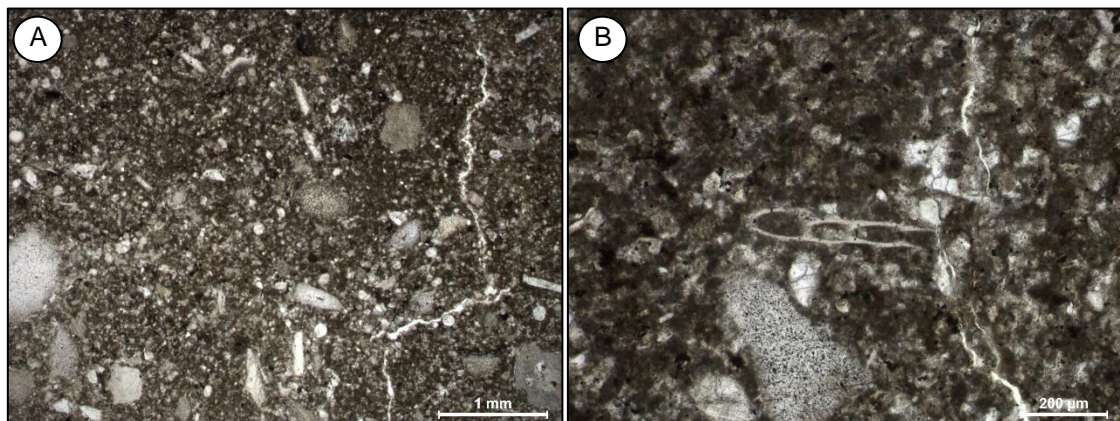


Figura 96. Muestra GR40B-16-378. A. Vista en nicols paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicols paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 485 m.

De los 490 a 580 m está constituido de calizas grises a pardo oscuras, tipo mudstone, cortadas por venillas de calcita, se presentan en estratos variables desde 10 a 60 cm y algunas secuencias con más de 1 metro de espesor (Figura 97A, B), presentan estratificación paralela, algunos niveles presentan fragmentos de fósiles de bivalvos, braquiópodos y nódulos chérticos, la parte superior presenta estilolitas.

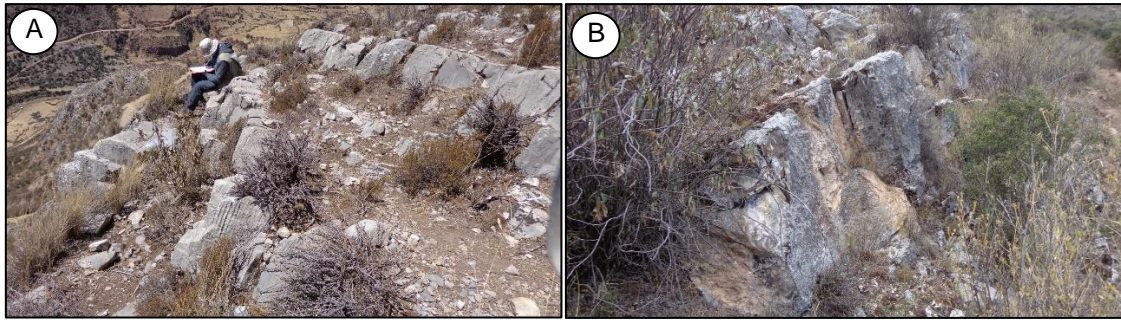


Figura 97. A. Nivel de calizas grises en estratos de 50 a 60 cm. **B.** Calizas grises en estratos con espesores mayores a 1 metro.

Dentro de estas secuencias se extrajeron las muestras GR40B-16-380 (Figura 98A, B) y GR40B-16-382 (Figura 99A, B), para estudios petrográficos las cuales se describen como:

Muestra GR40B-16-380: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, con presencia de bioclastos moderadamente conservados de gasterópodos ~1%, bivalvos ~1%, matriz ~98%, cortadas por venillas de calcita.

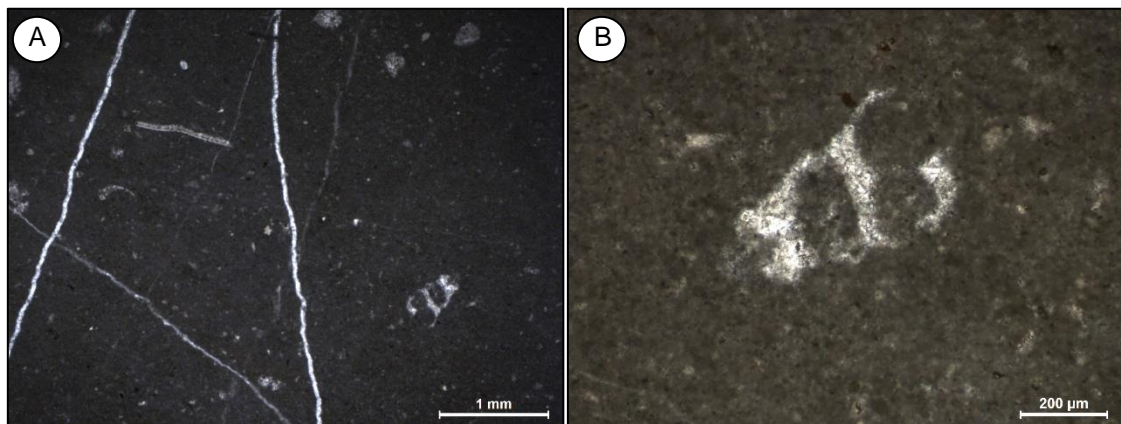


Figura 98. Muestra GR40B-16-380. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 530 m.

Muestra GR40B-16-382: Roca sedimentaria carbonatada, mudstone, textura lodosa, matriz soportada, sin bioclastos, con presencia de calciesferas ~2%, matriz 98%, presenta estilolitas y venillas de calcita.

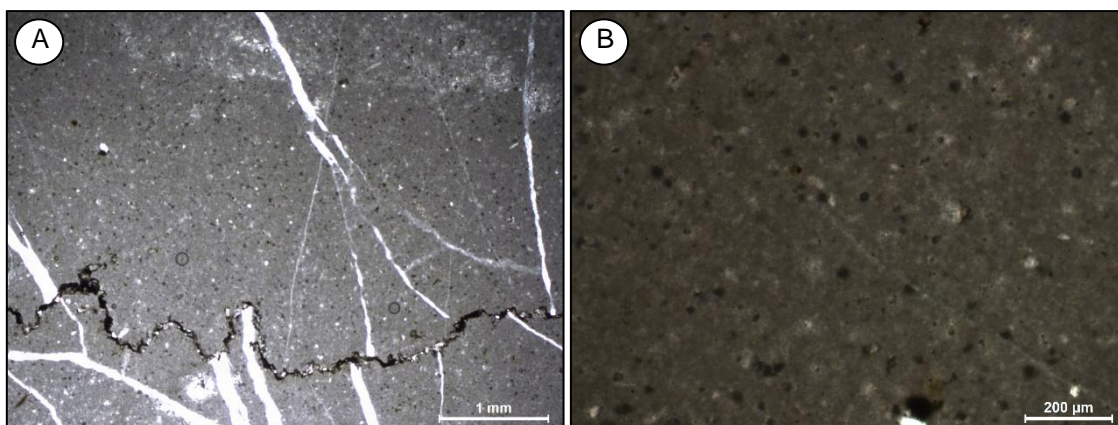


Figura 99. Muestra GR40B-16-382. A. Vista en nicoles paralelos (NP, 2.5X). **B.** Vista en nicoles paralelos (NP, 10X). Muestra tomada a los 560 m.

6.3. Interpretación de resultados

Las facies sedimentarias descritas a continuación se basan en información obtenida en el levantamiento de columnas estratigráficas y en los análisis de secciones delgadas, estas corresponden a la facies supra/intertidal, plataforma interna, barrera, plataforma externa y plataforma profunda (Figura 100).

6.3.1. Facies Supra/Intertidal

Ubicada por encima de la marea alta, pero con influencia marina. Esta facies fue reconocida en la base de la Formación Chambará de la columna levantada en la localidad de Catalina Huanca y en la columna levantada en la localidad de Analayoc. En esta facies se pueden observar brechas polimícticas compuestas por clastos subangulosos de calizas grises y areniscas cuarzosas blanquecinas y brechas monomícticas de calizas grises de clastos angulosos y subangulosos. Además, se observan secuencias de areniscas gris amarillentas de grano medio, compuesta principalmente por granos de cuarzo y algunos cristales de plagioclasas.

También se observan secuencias con influencia de olas y corrientes de energía baja o nula, representada por calizas tipo mudstone de color gris claro a marrón claro, con escasas huellas de organismos, en algunos niveles se pueden observar estratos delgados con laminación paralela, estas facies se reconocen en la base de la Formación Chambará de la columna levantada en la localidad de Analayoc.

Dentro de esta facies se encontraron escasos microfósiles de corales y briozoarios mal conservados.

6.3.2. Facies de Plataforma Interna

Influenciada por corrientes de baja energía. Por su contenido bioclástico y granos no esqueléticos se la subdivide en plataforma restringida y plataforma protegida, estas facies fueron reconocidas en las formaciones Chambará y Condorsinga.

En la plataforma interna restringida se pueden observar calizas tipo mudstone, con posibles ooides reemplazados por calcita y algunos fragmentos de ostrácodos moderadamente conservados, es frecuente observar venillas de calcita y ocasionalmente se observan estilolitas. Estas facies fueron observadas en las columnas levantadas en las localidades de Catalina Huanca y Orcohuasi en las formaciones Chambará y Condorsinga respectivamente.

En la columna levantada en la localidad de Analayoc se ha determinado la facies de plataforma interna protegida en la Formación Chambará y en la localidad de Orcohuasi en la Formación Condorsinga, donde se pueden observar calizas tipo wackestone y packstone, con contenido de peloides principalmente y algunos ooides micritizados con posibles microfósiles en el núcleo, además de niveles con wackestone a mudstone dolomitizados.

Los microfósiles encontrados son bivalvos como el *Weyla alata* (von Buch), gasterópodos, escasos crinoideos como *Pentacrinites* sp., ostrácodos, corales como *Stylophylloopsis* cf. *S. mucronata* (DUNCAN) y algunas huellas de bioturbación.

6.3.3. Facies de Barrera

Zona somera que separa la plataforma interna de la plataforma externa, influenciada por corrientes de moderada a alta energía. Esta facies fue reconocida en las formaciones Chambará y Condorsinga, en las columnas levantadas en las localidades de Analayoc, Catalina Huanca y Orcohuasi.

En esta facies se puede observar calizas tipo grainstone y packstone, con predominancia de ooides y peloides micritizados, en algunos casos no se ha podido determinar si las láminas de los ooides son concéntricas regulares o irregulares debido a que estas han sido micritizadas, en esta facies los bioclastos se presentan mal conservados (rotos) teniéndose así fragmentos de bivalvos que están siendo reemplazados por calcita espática, algunas espículas de equinodermos, crinoides y ocasionalmente foraminíferos e intraclastos. Los ooides presentes son simples y compuestos en los que se pueden apreciar bivalvos y gasterópodos en su núcleo, a estos frecuentemente se les observa cementados por calcita cristalina gruesa.

Los microfósiles encontrados son crinoides, corales, bivalvos y braquiópodos como el *Tetrarhynchia* cf. *T. tetraedra* (SOWERBY).

6.3.4. Facies de Plataforma Externa

Sus sedimentos se ubican por debajo de la zona de influencia de las olas. Estas facies fueron reconocidas en las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga, en las columnas levantadas en las localidades de Analayoc, Catalina Huanca y Orcohuasi.

Se observan en estas facies calizas tipo wackestone y mudstone, con granos carbonatados subangulares y calciesferas, los bioclastos que se encuentran presentes son muy pequeños en tamaño y tienen un grado de conservación bueno (enteros), se tienen así bivalvos, gasterópodos, crinoides, algunos foraminíferos (posibles fusulinas) y fragmentos de ostrácodos, a diferencia de las facies de plataforma interna el contenido de ooides y peloides es escaso, estos además se encuentran micritizados.

Los microfósiles encontrados en esta facies son principalmente bivalvos como *Weyla alata* (von Buch), *Monotis salinaria* (VON SCHLOTHEIM), *Tellina* sp., *Trigonia* sp., también se encontraron gasterópodos, briozoarios, braquiópodos como la *Terebratula* cf. *T. bratula* gravida SZAJNOCHA.

6.3.5. Facies de Plataforma Profunda

Influenciada por corrientes de baja energía. Esta facies fue reconocida principalmente en la Formación Aramachay y en la parte inferior de la Formación Chambará, facies que se determinaron en las columnas levantadas en las localidades de Analayoc, Catalina Huanca y Orcohuasi.

Esta facies está compuesta por calizas tipo mudstone-wackestone y lutitas gris oscuras a negras, la tonalidad oscura es característico de estas facies (posiblemente por contenido de materia orgánica), presenta bioclastos como radiolários, bivalvos moderadamente conservados, espículas de esponjas, foraminíferos (fusulinas y orbitolinido), escaso contenido de peloides micritizados, ocasionalmente presenta granos de cuarzo.

Los microfósiles encontrados en estas facies son amonites como *Megarietites* cf. *M. meridionalis* (REYNES), *Phymatoceras* aff. *P. robustum* HYATT y *Angulaticeras* cf. *A. lacunatus* (BUCKMAN).

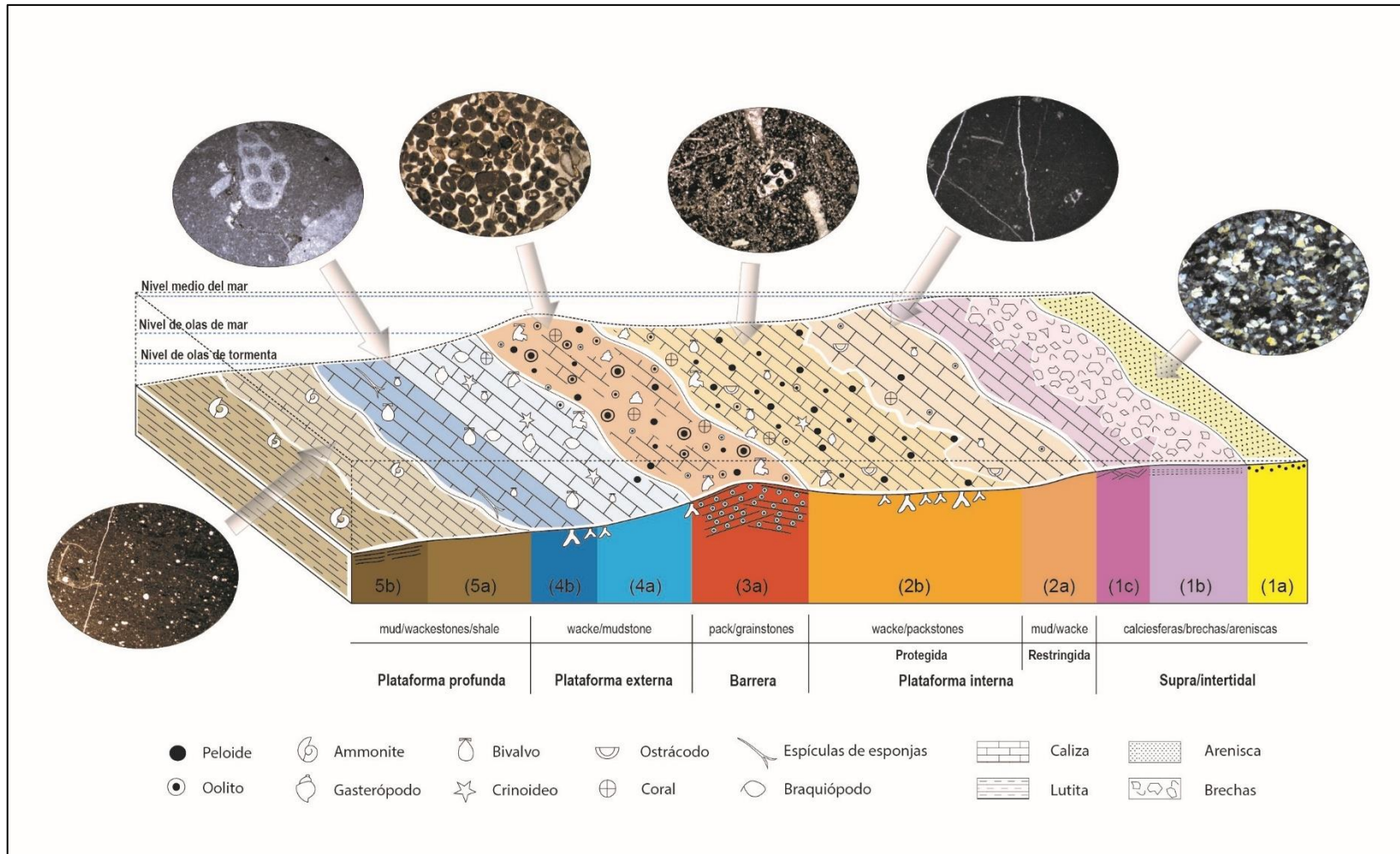


Figura 100. Esquema de la distribución de facies del Grupo Pucará.

Como se ha podido observar en las secciones delgadas, las diferentes facies se encuentran distribuidas en las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga que representan al Grupo Pucará (Figura 101), no existen facies típicas propias de cada unidad excepto en la Formación Aramachay en la cual existe un predominio de la facies de plataforma profunda.

También se ha observado la variación de espesores de las tres formaciones en cada una de las columnas estratigráficas medidas, tal es el caso de la Formación Chambará que representa la parte inferior del Grupo Pucará, en la columna Analayoc tiene un espesor medido de 368 m., cambiando de espesor en la columna Catalina Huanca a 322 m., litológicamente no presentan gran variación en las tres columnas, en forma general sus afloramientos están compuestos por calizas gris a marrón claras, con algunos niveles que contienen nódulos calcáreos, con fósiles de bivalvos, corales y algunos gasterópodos, también presentan niveles de areniscas blanquecinas y amarillentas de grano medio. En relación a los 53 m. de columna medida en la localidad de Orcohuasi, cabe mencionar que no se logró observar el contacto inferior de dicha Formación, por lo que no se especifica el espesor total de la Formación Chambará en este sector. Las facies determinadas para la Formación Chambará son las facies supra/intertidal, plataforma interna, barrera y plataforma externa.

La Formación Aramachay en Analayoc presenta un espesor medido de 57m., pasado este metraje la Formación Aramachay al igual que la Formación Condorsinga presentan una fuerte deformación que dificultó continuar con la medición de la columna estratigráfica, en Catalina Huanca el espesor medido de la Formación Aramachay es de 238 m., en Orcohuasi varía a un espesor medido de 57 m, litológicamente las tres columnas no presentan gran variación, las tres columnas se componen de secuencias de calizas gris oscuras a negras carbonosas, con intercalaciones de lutitas negras, característica de esta unidad es la presencia de fósiles de ammonites. Las facies determinadas para la Formación Aramachay principalmente es la facies de plataforma profunda y con menor frecuencia facies de plataforma externa.

La Formación Condorsinga solo ha podido ser medida en la localidad de Orcohuasi donde su espesor alcanza los 470 m., en Analayoc se encuentra deformada por lo que no fue posible medirla y en la localidad de Catalina Huanca no ha sido reconocida, en forma general sus afloramientos están compuestos por calizas gris claras a pardas, estratos de aspecto tabular y de espesores variables, el contenido fosilífero es escaso pudiéndose reconocer algunos bivalvos y braquiópodos. Las facies determinadas para la Formación Condorsinga principalmente es la facies de plataforma interna y con menor frecuencia las facies de plataforma externa y de barrera.

6.4. Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se ha podido diferenciar cinco tipos de facies carbonatadas, las cuales corresponden a facies supra/intertidal, facies de plataforma interna, facies de barrera, facies de plataforma externa y facies de plataforma profunda, las mismas que permitieron realizar la división del Grupo Pucará en sus tres formaciones (Chambará, Aramachay y Condorsinga).

Teniendo en cuenta estos resultados de facies y el contenido fosilífero se puede considerar a la Formación Aramachay como un nivel correlacionable, a nivel de facies como facies de plataforma profunda y en tiempo por el contenido fosilífero como son los ammonites *Megarietites* cf. *M. meridionalis* (REYNES) y *Angulaticeras* cf. *A. lacunatus* (BUCKMAN) de edad Sinemuriano.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Rosas (1994) quien, en base a análisis petrográficos, indica que las facies del Grupo Pucará corresponden principalmente a sedimentos de aguas someras de una plataforma carbonatada, determinando para la Formación Chambará facies supra/intermareales, lagunares, de barra submareal y de plataforma abierta. Para la Formación Aramachay determina facies de cuenca relativamente profunda y para la Formación Condorsinga facies lagunares, de barra submareal y con menos frecuencia facies supra/intermareales. Ello es acorde con los resultados del presente estudio.

Los estudios realizados por Loughman & Hallam (1982), también realizan estudios petrográficos pero determinan las facies utilizando la clasificación de Folk, en cuanto a los ambientes determinados hay coincidencia en ellos pero de una forma más general (por zonas), considerando a la Formación Chambará de un ambiente nerítico poco profundo (zona nerítica), a la Formación Aramachay de un ambiente batial profundo (zona batial) y la Formación Condorsinga de ambiente nerítico poco profundo de energía baja a moderada (zona nerítica).

Cabe mencionar que Rosas (1994), dentro de las facies logra determinar diferentes tipos de estructuras sedimentarias que en el presente estudio no se observaron, como por ejemplo: para las facies supra/intermareales, logra determinar estructuras como laminación algal, fenestral y evaporitas; en las facies lagunares reconoció los grapestones y ocurrencia de yesos, esto posiblemente debido a que en la sierra central las exposiciones del Grupo Pucará se encuentran mejor expuestas y más completas en comparación al área de estudio del presente trabajo, ubicado en el límite paleogeográfico de la cuenca Pucará.

CONCLUSIONES

1. Mediante trabajos de geología de superficie, levantamiento de columnas estratigráficas y muestras fósiles se ha podido reconocer y delimitar al Grupo Pucará, modificando así su extensión con respecto a trabajos anteriores.
2. Se han realizado tres columnas estratigráficas detalladas que contienen un total de 42 muestras estudiadas, con las cuales se ha logrado dividir al Grupo Pucará en sus tres formaciones, reconociéndose en las localidades de Analayoc y Catalina Huanca (Ayacucho) a las formaciones Chambará y Aramachay, y en la localidad de Orcohuasi (Huancavelica) a las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga.
3. El levantamiento de columnas estratigráficas permitió además de reconocer las tres formaciones, realizar el muestreo sistemático y recolectar 42 muestras para trabajos petrográficos con los cuales se pudo diferenciar las diferentes facies sedimentarias.
4. Características como el arreglo textural, contenido fosilífero y microfósilífero determinados en los estudios de secciones delgadas fueron fundamentales para identificar cinco facies sedimentarias carbonatadas, las cuales corresponden a facies supra/intertidal, facies de plataforma interna, facies de barrera, facies de plataforma externa y facies de plataforma profunda.
5. En la Formación Chambará se han reconocido las facies supra/intertidal, plataforma interna, barrera, plataforma externa y con menor frecuencia facies de plataforma profunda.
6. En la Formación Aramachay la predominancia es de facies de plataforma profunda, aunque también se han determinado escasos niveles de facies de plataforma externa.
7. En la Formación Condorsinga se han reconocido principalmente facies de plataforma interna y con menor frecuencia facies de plataforma externa y de barrera.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de análisis químico detallado para la caracterización geoquímica por medio de elementos mayores y trazas, cuyos resultados ayudaran a complementar información sobre los ambientes deposicionales junto al análisis de facies ya estudiados, además de poderle dar un enfoque de interés mineralógico debido a que en la localidad de Catalina Huanca se explotan minerales de Zn, Pb, Ag y Cu.
2. Realizar el levantamiento de columnas estratigráficas al detalle (escala 1: 200) en sectores cercanos a los ya estudiados, para complementar la información ya obtenida y poder realizar las correlaciones respectivas.
3. Complementar la información con estudios de isótopos para adicionar información del grado de conservación de las calizas, geocronología, tipos de carbonatos y su relación con fluidos mineralizantes.
4. Realizar trabajos más detallados de geología estructural y tectónica para una mejor interpretación y entendimiento del porque podría definirse a esta zona como un límite de cuenca como es la cuenca Pucará.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides, V. (1962). Estratigrafía pre-terciaria de la región de Arequipa. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, n. 38.
- Dávila, D. (1988). Geología del cuadrángulo de Cailloma, hoja 31-s. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 40.
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. American Association of Petroleum Geologist, Memoir 1: 108-121.
- Embry, A. F.; Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T.: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, v. 19, p. 730-781.
- Flügel, E. (1982) Microfacies Analysis of Limestones, 633. Springer-Verlag, Berlin.
- Flügel, E. (2004). Microfacies of Carbonate Rocks. Análisis, Interpretation and Application. Springer-Verlag, 976 p., Berlin-Heidelberg.
- Folk, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestones types, en Ham, W.E., (Ed.), Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, p. 62-84.
- Jaillard, O. (1994). La sedimentation carbonatada, elementos y procesos en plataformas, cuencas y lagos., curso de capacitación del convenio ORSTOM – Petroproducción.
- Jenks, W. (1948). Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geology of the Arequipa Quadrangle of the Carta Nacional del Peru. Instituto Geológico del Perú. Boletín, n. 9.
- Jenks, W. (1951). Triassic to tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco, Perú. Geological Society of America Bulletin, vol. 62, n. 2, pp. 203-209.
- Harrison, J. (1956). Geología de la carretera Huancayo-Santa Beatriz en el Perú Central. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, n. 28.
- LAGESA-C.F.G.S. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 70, 185 p.
- León, I. (1981). Antecedentes sedimentológicos del Jurásico-Cretácico Inferior en la zona de Yura. Universidad Nacional De San Agustín. Escuela Profesional De Ingeniería Geológica.

- Loughman, D.; Hallam, A. (1982). A facies analysis of the Pucara Group (Norian to Toarcian carbonates, organic-rich shale and phosphate) of central and northern Peru. *Sedimentary Geology*, vol. 32, n. 3, pp. 161-194.
- Marocco, R. (1975). Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 27.
- McLaughlin, D. (1924). Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, departments of Junin and Lima. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 35, p. 608-609.
- Mégard, F. (1979). Estudio geológico de los Andes del Perú Central. INGEMMET. Boletín. Serie D: Estudios Especiales, n. 8.
- Mégard, F. (1968). Geología del cuadrángulo de Huancayo. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 18, p. 45-50.
- Mendívil, S.; Dávila, D. (1994). Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 52.
- Miall, A.D. (1985). Architectural-Element Analysis: A new Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth-Science Reviews*, v. 22, p. 261-308.
- Moore, R. C.; C. G. Lalicker; A. G. Fischer, (1952). *Invertebrate Fossils*: New York, McGraw-Hill Book Co., 766 p.
- Moulin, N. (1989). Faciès et séquences de dépôt de la plate-forme du Jurassique moyen à l'Albien, et une coupe structurale des Andes du Pérou central. Université des sciences et Techniques du Languedoc.
- Muñoz, C.; Meder, K.; Rosas, S. (2002). Concreciones calcáreas en la Formación Aramachay (Retiano-Sinemuriano): origen y significado geológico. Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, PE, 25-28 setiembre 2002, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2002, p. 38.
- Newell, N. D.; Chronic, J.; Roberts, T. (1949). Upper Paleozoic of Peru. Univ. Serv. Bureau, Columbia Univ.
- Nichols G. (1999). *Sedimentology and Stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 355 p.
- Palacios, O. (1980). El grupo Pucará en la región subandina (Peru Central). *Sociedad Geológica del Perú. Boletín*, n. 67, p. 153-162.
- Pardo, A.; Sanz, V. (1979). Estratigrafía el curso medio del río La Leche, Departamento de Lambayeque. *Sociedad Geológica del Perú. Boletín*, tomo 60, pp. 251-266.

- Pecho, V. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas: 29-p, 29-q y 29-r. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 35.
- Quispesivana, L.; Navarro, P. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe (28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET, Perú. Boletín N°61, Serie A: Carta Geológica Nacional, 21p.
- Read, J.F., (1985). Carbonate Platform Facies Models. AAPG Bulletin, v. 69, No. 1, pp. 1-21.
- Reid, R.P.; Macintyre, I.G. (1988): Foraminiferal-algal nodules from the eastern Caribbean: growth history and implications on the value of nodules as paleoenvironmental indicators. - *Palaios*, 3,424-435
- Rosas, S. (1994). Facies, diagenetic evolution, and sequence analysis along a SW-NE profile in the southern Pucara basin (Upper Triassic-Lower Jurassic), central Peru. Ruprecht-Karls Universität, Heidelberg, 347 p.
- Rosas, S.; Fontboté, L. (1990). Análisis sedimentológico y litogeoquímico de las formaciones Cercapuquio y Chaucha en un corte (12°04'19"S, 75°40'45"W) al Sur de la Mina Azulcocha, Perú Central. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, vol. 81, p. 16-22
- Rosas, S.; Fontboté, L. (1994). Evolución sedimentológica secuencial del Grupo Pucará en un perfil SW-NE en el Perú central. Resúmenes extendidos del VIII congreso peruano de geología, p. 198-201.
- Rosas, S.; Fontboté, L. (1995). Evolución sedimentológica del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico) en un perfil SW-NE en el centro del Perú. Sociedad Geológica del Perú, Volumen jubilar Alberto Benavides. . Lima: Sociedad Geológica del Perú, 1995, pp. 279-309.
- Rosas, S.; Fontboté, L.; Moritz, R.; Spangenberg, J. (1992). Sedimentological and diagenetic evolution of the Pucará basin (central Peru). Facies, lithogeochemistry, and isotope data (Sr, C, O). 13. Geowiss. Lateinamerika-Koll., Münster, 1992, abstracts, p. 147.
- Rosas, S.; Ritterbush, K.; Bottjer, D.; Corsetti, F.; West, J.; Berelson, W.; Yager, J.; Schaltegger, U. (2016). Profundización sedimentaria solo en parte de la Cuenca Pucará (Perú Central) durante el Hetangiano – Sinemuriano. Congreso Peruano de

- Geología, 18, Lima, PE, 16-19 Octubre 2016, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 4 p.
- Salazar, H.; Landa, C. (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara y Castrovirreyna. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 44, 96 p.
- Sánchez, I. J.; Lagos, M. A.; Surco, H. C. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Puquio (30-ñ), Santa Ana (29-ñ), Chaviña (30-o) y Querobamba (29-o), Escala 1: 100,000. Lima, Convenio INGEMMET – UNMSM.
- Scholle, P.; Ulmer-Scholle, D. (2003). A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. AAPG Memoir 77. The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- Szekely T. S.; Grose L.T. (1972). Stratigraphy of the carbonate, black shale, and phosphate of the Pucara Group (Upper Triassic-Lower Jurassic) Central Andes, Peru. Geological Society of America Bulletin, vol. 83, n. 2, pp. 407-428.
- Teicher, C. (1958). Concept of facies. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 42: 2718-2744.
- Tucker, M.E.; Wright, V.P. (1990). Carbonate sedimentology. Blakwell, Oxford-London-Edinburgh-Boston-Melbourne, 482 p.
- Tucker, M. E. (1985). Shallow-marine carbonate facies and facies models. In: Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects (Ed. by P. J. Brenchley and B. P. J. Williams) Spec. Publ. Geol. Soc. Lond. 18, 139-161.
- Vargas, L. (1970). Geología del cuadrángulo de Arequipa. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 24.
- Vicente, J. (1981). Elementos de la estratigrafía mesozoica Sur-Peruana. Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, Buenos Aires: Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, vol. 1.
- Vicente, J.; Sequeiros, F. S.; Valdivia, M. A.; Zavala, J. (1979). El sobre-escurrimiento de Cincha-Lluta: elemento del accidente mayor andino al NW de Arequipa. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, vol. 61, p. 67- 99.
- Weaver, C. (1942). A general summary of the Mesozoic of South America and Central America. Proceedings of the Eight American Scientific Congress, held in Washington, May 10-18, 1940. Volume IV: Geological Sciences. Washington: s.e., 1942, pp. 149-193.

- Westermann, E.; Riccardi, A.; Palacios, O.; Rangel, C. (1980). Jurásico medio en el Perú. INGEMMET. Boletín. Serie D: Estudios Especiales, n. 9, p. 11-28.
- Wilson, J. L. (1975). Carbonate facies in geologic history. Springer Verlag, 471 pp.
- Wilson, J. (1963). Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. A.A.P.G., Bulletin, vol. 47, n. 1.
- Wilson, J.; Reyes, L. (1964). Geología de los Cuadrángulos de Pataz, Comisión Carta Geológica Nacional, Perú, Boletín, n. 9.