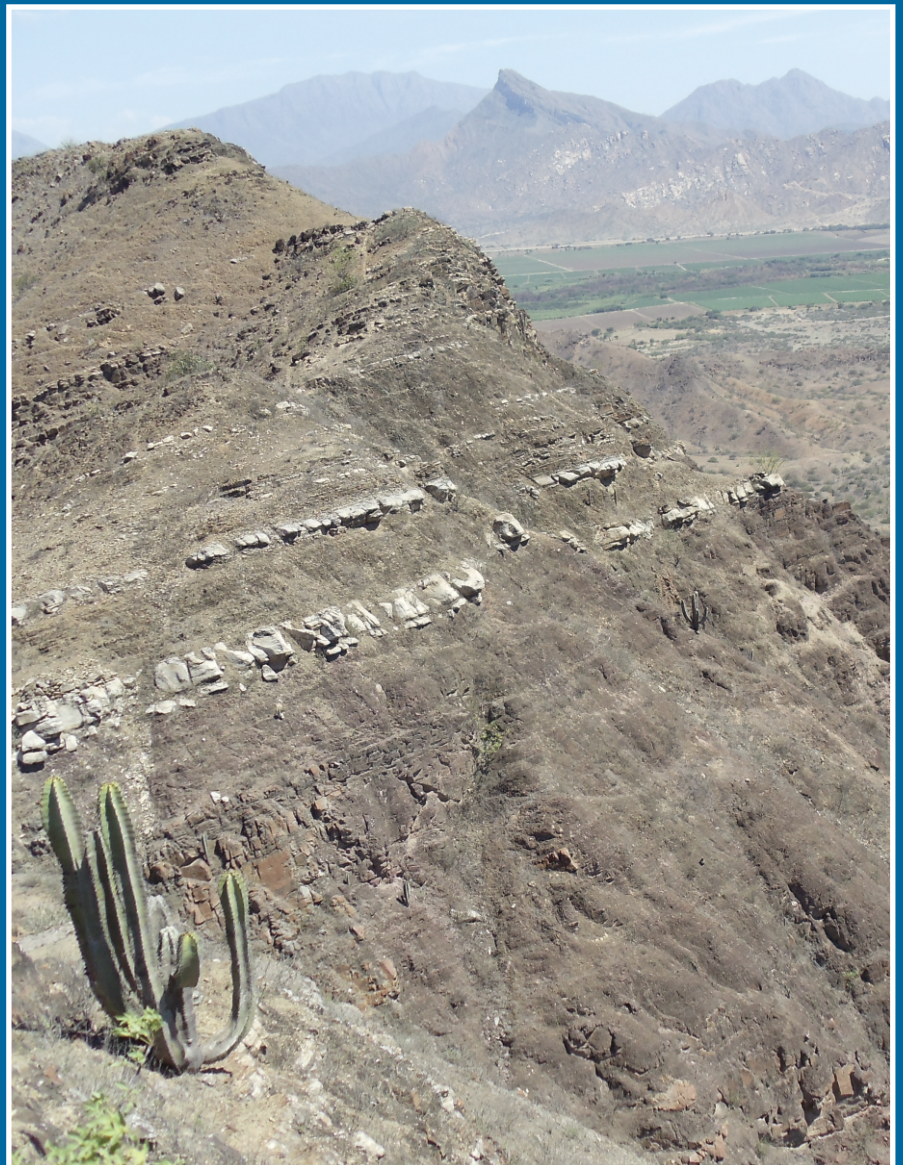


**INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional
(Escala 1:50 000)
N° 51**



**Geología de los cuadrángulos de Chiclayo
(hojas 14d1, 14d2, 14d3, 14d4) y
Chongoyape (hojas 14e1, 14e2, 14e3, 14e4)**

**Lima, Perú
2023**



**INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)
N° 51**

Geología de los cuadrángulos de Chiclayo (hojas 14d1, 14d2, 14d3, 14d4) y Chongoyape (14e1, 14e2, 14e3, 14e4)

Dirección de Geología Regional

Equipo de Investigación:

Fredy Jaimes Salcedo

Weimin Guo

Cristina Cereceda Quintanilla

**Lima, Perú
2023**

Geología de los cuadrángulos de Chiclayo (hojas 14d1, 14d2,14d3, 14d4) y Chongoyape (14e1, 14e2, 14e3, 14e4)
INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)
N° 51

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-03505

Nombre del autor(es). "Esta es una obra colectiva"

Razón Social: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera edición, mayo de 2023

© INGEMMET

Presidente Ejecutivo: Henry Luna Córdova.

Gerente General: Esteban Mario Bertarelli Bustamante.

Comité Editor: César Chacaltana Budiel, Carlos Miranda Vargas.

Dirección encargada del estudio

Dirección de Geología Regional: César Chacaltana Budiel.

Unidad encargada de edición

Unidad de Relaciones Institucionales: Carlos Miranda Vargas.

Revisión Técnica: Lionel Fidel Smoll, Javier Jacay Huarache.

Revisor Externo: Aldo Alvan De La Cruz.

Corrección gramatical y de estilo: Marco Young Rabines.

Diagramación: Daniel Chiroque Linares.

Fotografía de la carátula: Vista tomada en la margen derecha del río Zaña, mirando al SE, (UTM 678286, 9242569), mostrando calizas y limolitas de la Formación La Leche.

Referencia bibliográfica

Jaimes, F.; Guo, W. & Cereceda C. (2023) - Geología de los cuadrángulos de Chiclayo (hojas 14d1, 14d2,14d3, 14d4) y Chongoyape (14e1, 14e2, 14e3, 14e4) *INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)*, 51, 137 p, 8 mapas.

Publicación disponible en libre acceso en el Repositorio Institucional del INGEMMET. La utilización, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original ya sea contenida en medio impreso o digital y no se haga uso con propósitos comerciales <https://repositorio.ingemmet.gob.pe>.

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen, son de exclusiva responsabilidad del equipo de investigación.

Contenido

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	7
CAPÍTULO I.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 ESTUDIOS ANTERIORES.....	11
1.2 TRABAJO DE CAMPO.....	11
CAPÍTULO II.....	15
GEOMORFOLOGÍA.....	15
2.1 UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.....	15
2.1.1 Cordillera Occidental.....	15
2.1.2 Valles de vertiente pacífica.....	15
2.1.3 Pampas aluviales.....	16
2.1.4 Planicies costeras.....	16
2.1.5 Lomas.....	16
2.2 DRENAJE.....	21
2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y VEGETACIÓN.....	21
CAPÍTULO III.....	23
ESTRATIGRAFÍA.....	23
3.1 MESOZOICO.....	25
3.1.1 Formación La Leche (TsJi-II).....	25
3.1.2 Formación Tinajones (Ki-t).....	35
3.1.3 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).....	36
3.1.4 Formación Oyotún (Ki-o).....	39
3.1.5 Formación Inca-Chúlec (Ki-i,chu).....	46
3.1.6 Formación Pariatambo (Ki-pt).....	48
3.1.7 Grupos Pullucana – Quilquiñan (Ks-pu,qu).....	50
3.1.8 Formación Cajamarca (Ks-ca).....	53
3.2 CENOZOICO.....	54
3.2.1 Formación Llama (Pe-II).....	57
3.2.2 Formación Huambos (Pe-huam).....	58
3.2.3 Centro Volcánico La Granja (Pe-gr).....	59
3.2.4 Centro Volcánico Niepos (Po-ni).....	60
3.2.5 Centro Volcánico San Pedro (PN-sp).....	61
3.2.6 Centro Volcánico Anchipan Mutis (PN-am).....	62
3.2.7 Oligoceno.....	63
3.3 CUATERNARIO.....	64
3.3.1 Formación Puerto Eten (Qp-pe).....	62
3.3.2 Depósito Aluvial (Q-al).....	66
3.3.3 Depósito Fluvial (Q-fl).....	66

3.3.4	Depósitos Coluviales.....	66
3.3.5	Depósito Eólico (Q-eo).....	66
CAPÍTULO IV	.....	69
ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS	.....	69
4.1	UNIDAD NUEVA ARICA (KI-NA).....	69
4.2	UNIDAD ETEN (KIS-E).....	71
4.3	UNIDAD CAYALTÍ (PE-C).....	73
4.4	UNIDAD PENACHI (PO-P).....	76
4.5	GEOQUÍMICA DE LAS UNIDADES CAYALTÍ Y PENACHI.....	78
CAPÍTULO V	.....	85
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	.....	85
5.1	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.....	86
5.1.1	Estructuras de la Cordillera Occidental.....	86
5.1.2	Estructuras de la Llanura Costanera.....	86
5.2	SECCIONES ESTRUCTURALES.....	88
5.2.1	Sección Hoja 14d1.....	88
5.2.2	Sección Hoja 14d2.....	88
5.2.3	Sección Hoja 14d3.....	88
5.2.4	Sección Hoja 14e1.....	88
5.2.5	Sección Hoja 14e3.....	88
5.2.6	Sección Hoja 14e4.....	88
5.3	EVOLUCIÓN TECTÓNICA SEDIMENTARIA.....	92
5.3.1	Intervalo Berriasiano-Barremiano.....	92
5.3.2	Intervalo Albiano-Turoniano.....	92
5.3.3	Intervalo Paleógeno- Neógeno.....	92
CAPÍTULO VI	.....	92
GEOLOGÍA ECONÓMICA	.....	93
6.1	METÁLICOS.....	93
6.1.1	Vista Alegre 2001.....	96
6.1.2	Rómulo 7.....	97
6.1.3	Andrelu 1.....	99
6.1.4	Proyecto Los Pircos.....	100
6.1.5	Vetas mineralizadas de Baritina.....	101
6.2	NO METÁLICOS.....	102
6.2.1	Rocas volcánicas.....	102
6.2.2	Rocas intrusivas.....	102
6.2.3	Calizas.....	102
6.2.4	Agregados.....	103
CONCLUSIONES	.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	109
ANEXOS	.....	113
RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES	.....	133

RESUMEN

Los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e se localizan en el noroeste del Perú, en la zona del límite norte de los Andes Centrales y la Deflexión de Cajamarca. El cartografiado de estos mapas ocupa un área de 5000 km². Geomorfológicamente, ocupa espacios de la Cordillera Occidental, que se caracteriza por presentar cumbres elevadas con altitudes que varían entre 3000 a 4000 m s. n. m., altiplanicies con altitudes que varían entre 3000 a 3500 m s. n. m., valles con altitudes entre 700 a 900 m s. n. m., montañas desde los 3000 a 3200 m s. n. m. y diversas quebradas. Hidrográficamente, corresponde a la divisoria de la vertiente pacífica representada por los ríos colectores que es el río Chancay-Lambayeque y Zaña.

Estratigráficamente, presenta rocas que inician con las calizas de la Formación La Leche (Triásico superior-Jurásico inferior), tobas, areniscas, lutitas y grauvacas de la Formación Tinajones (Berriasiano), cuarcitas y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Valanginiano), flujos piroclásticos, lavas andesíticas, andesitas basálticas y dacíticas de la Formación Oyotún (Hauteriviano-Barremiano), calizas color amarillo rojizo bioturbadas de las formaciones Inca-Chúlec (Albiano inferior-medio), calizas tipo mudstone color negro oscuro con fuerte olor fétido a veces fosilífero en estratos delgados de la Formación Pariatambo (Albiano medio), calizas margosas con niveles de lutitas y areniscas del Grupo Pullucana – Quilquiñan (Albiano medio – Turoniano inferior), calizas y margas de la Formación Cajamarca (Turoniano superior) y, cubriendo en discordancia angular y erosional, se tiene a conglomerados, limos y arcillas de la Formación Puerto Eten (Plioceno) y productos volcánicos, constituidos principalmente por tobas, lavas de composición andesítica, riolítica y dacítica correspondientes a la Formación Llama y Formación Huambos de edad Eoceno (54.8 - 35.4 Ma), así como los centros volcánicos de La Granja, Niepos, Anchipan Mutis y San Pedro del Grupo Calipuy.

Las rocas plutónicas están distribuidas principalmente al oeste del cuadrángulo de Chongoyape 14e y al este del cuadrángulo de Chiclayo 14d. Corresponden granodioritas y dioritas de la Unidad Nueva Arica de 126 a 129 Ma, gabros de la Unidad Eten de 82 Ma, cuarzdioritas, granodioritas, tonalitas, granitos, monzogranitos y sienogranitos de la Unidad Cayaltí de 47 a 55 Ma,

dioritas, diorita cuarzosa, granodiorita, tonalita y cuarzolita de 28 a 33 Ma de la Unidad Penachi.

Estructuralmente, presenta dos dominios: 1) estructuras de la Cordillera de la Costa, que se caracteriza por mostrar muy pocas estructuras, debido a la gran cobertura y la presencia de muchos intrusivos; y 2) estructuras de la Cordillera Occidental, que se caracterizan por presentar anticlinales, sinclinales y fallas discontinuas. La presencia de secuencias volcánicas recientes termina sellando las estructuras antiguas.

El intervalo Berriasiano-Barremiano, el ciclo sedimentario del Triásico-Jurásico inferior termina en el Jurásico medio y con el retroceso del mar, aparecen las primeras manifestaciones volcánicas que causan impactos ambientales importantes para la época y se inicia la sedimentación detrítica (Formación Tinajones - Berriasiano). Se inicia el levantamiento, erosión y la sedimentación de una secuencia clástica de areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Valanginiano). Se reactiva el magmatismo y la generación de un conjunto de domos volcánicos de la Formación Oyotún (Hauteriviano-Barremiano)

El intervalo Albiano-Turoniano está marcado por una larga transgresión marina y una importante actividad magmática a lo largo de la margen peruana, así como el inicio de la deformación compresional de la fase Mochica del Albiano superior. En esta época, el noroeste del Perú se comportó como una plataforma extensa, donde se depositó una potente secuencia marina carbonatada influenciada por las variaciones eustáticas del nivel del mar.

El intervalo Paleógeno-Neógeno quizá viene a ser uno de los eventos mayores de la historia de los Andes, que es contemporáneo con una importante reorganización de la cinemática de placas datado de 58 a 56 Ma por estudios anteriores. En el Perú, se encuentra una potente serie volcánica subaérea, datada entre 55 a 40 Ma. La actividad magmática del Eoceno es marcada por un leve desplazamiento hacia el este de la zona occidental del frente magmático. La discordancia en la base de los volcánicos paleógenos refleja una deformación tectónica ocurrida en el Cretácico superior (fase tectónica peruana) y/o Paleoceno (Inca I), la fase de deformación Inca II,

podría corresponder al intervalo de edad de 44.2 ± 1.2 Ma. La tectónica Inca II sugiere que la deformación cesó al menos 41 Ma y el tectonismo fue corto pero intenso, y alcanzó su pico máximo hace 43 Ma. Esta tectónica es, además, contemporánea con el periodo de rápida convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica y, por lo tanto, puede reflejar un cambio importante en los patrones de los movimientos litosféricos.

La abundante actividad magmática producida durante el Paleógeno-Neógeno, a lo largo de la Cordillera Occidental, ocasionó el emplazamiento de numerosos centros de emisión, alguno de los cuales con importantes indicios de yacimientos metálicos de valor económico.

Las características geológicas de ocurrencias de yacimientos en el área de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, nos permite definir una franja metalogenética de hierro.

ABSTRACT

The Chiclayo 14d and Chongoyape 14e quadrangles are located in northwestern Peru, in the area of the northern limit of the central Andes and the Cajamarca Deflection. The mapping of these maps occupy an area of 5000 km². Geomorphologically, it occupies spaces of the Western Cordillera, which is characterized by high peaks with altitudes that vary between 3000 and 4000 masl, plateaus with altitudes that vary between 3000 and 3500 masl, valleys with altitudes between 700 and 900 masl, mountains from 3000 at 3200 meters above sea level and various streams. Hydrographically, it corresponds to the division of the Pacific slope represented by the collector rivers that are the Chancay-Lambayeque and Zaña rivers.

Stratigraphically, it presents rocks that begin with the limestones of the La Leche Formation (Upper Triassic-Lower Jurassic), tuffs, sandstones, lutites and greywackes of the Tinajones Formation (Berriasian), quartzites and quartz sandstones of the Goyllarisquizga Group (Valanginian), pyroclastic flows, Andesitic lavas, basaltic and dacitic andesites from the Oyotún Formation (Hauterivian-Barremian), bioturbated reddish-yellow limestones from the Inca-Chúlec formations (lower-middle Albian), dark black mudstone-type limestones with a strong fetid odor, sometimes fossiliferous in strata thin from the Pariatambo Formation (middle Albian), marly limestones with levels of shale and sandstone from the Pullucana – Quilquiñan Group (middle Albian – lower Turonian), limestones and marls from the Cajamarca Formation (upper Turonian) and, covering in angular and erosional unconformity, there are conglomerates, silts and clays from the Puerto Eten Formation (Pliocene) and volcanic products, constituted mainly by tuffs, lavas of andesitic, rhyolitic and dacitic composition corresponding to the Llama Formation and Huambos Formation of Eocene age (54.8 - 35.4 Ma), as well as the volcanic centers of La Granja, Niepos, Anchipan Mutis and San Pedro of the Calipuy Group.

The plutonic rocks are mainly distributed to the west of the Chongoyape 14e quadrangle and to the east of the Chiclayo 14d quadrangle. They correspond to granodiorites and diorites from the Nueva Arica Unit from 129 to 126 Ma, gabbros from the Eten Unit from 82 Ma, quartzdiorites, granodiorites, tonalites, granites, monzogranites and syenogranites from the Cayalti Unit from 47

to 55 Ma, diorites, quartz diorite, Granodiorite, tonalite and quartz latite from 33 to 28 Ma from the Penachi Unit.

Structurally, it presents two domains: 1) Structures of the Cordillera de la Costa, which is characterized by showing very few structures, due to the great coverage and the presence of many intrusives; and 2) Structures of the Western Cordillera, characterized by presenting anticlines, synclines and discontinuous faults. The presence of recent volcanic sequences ends up sealing the old structures.

The Berriasian-Barremian interval, the Lower Triassic-Jurassic sedimentary cycle ends in the Middle Jurassic and with the retreat of the sea, the first volcanic manifestations appear that cause significant environmental impacts for the time and detrital sedimentation begins (Tinajones Formation - Berriasian). The uplift, erosion and sedimentation of a clastic sequence of quartz sandstones of the Goyllarisquizga Group (Valanginian) begins. Magmatism is reactivated and the generation of a set of volcanic domes of the Oyotún Formation (Hauterivian-Barremian)

The Albian-Turonian interval is marked by a long marine transgression and an important magmatic activity along the Peruvian margin; as well as the beginning of the compressional deformation of the Mochica phase of the Upper Albian. At this time, northwestern Peru behaved as an extensive platform, where a powerful carbonated marine sequence was deposited, influenced by eustatic variations in sea level.

The Paleogene-Neogene interval, perhaps one of the largest events in the history of the Andes, is contemporary with an important reorganization of the plate kinematics dated from 58 to 56 Ma by previous studies. In Peru there is a powerful subaerial volcanic series, dated between 55 and 40 Ma. The magmatic activity of the Eocene is marked by a slight displacement towards the east of the western zone of the magmatic front. The unconformity at the base of the Paleogene volcanics reflects a tectonic deformation that occurred in the Late Cretaceous (Peruvian tectonic phase) and/or Paleocene (Inca I), the Inca II deformation phase, could correspond to the age range of 44.2±1.2 Ma. Inca II tectonics suggests that deformation ceased at least 41 Ma and tectonism was short but intense, reaching its

maximum peak 43 Ma ago. South America and therefore may reflect a major change in the patterns of lithospheric motions.

The abundant magmatic activity produced during the Paleogene-Neogene, along the Western Cordillera, caused the emplacement

of numerous emission centers, some of which with important indications of metallic deposits of economic value.

The geological characteristics of deposit occurrences in the area of the Chiclayo and Chongoyape quadrangles allow us to define an iron metallogenetic band.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente Boletín de la Serie A corresponde a ocho hojas cartografiadas a la escala 1:50 000 e integradas a la escala 1:100 000 de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.

El cuadrángulo de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e se ubica en el noroeste del Perú, entre los 79° a 80° longitud oeste 6° 30' a 7° latitud sur, que comprende parte de los departamentos de Lambayeque y Cajamarca. Al ser Lambayeque la zona que más área del proyecto abarca, se toma como centro de operaciones la ciudad de Chiclayo, de donde se puede recorrer a los diferentes lugares de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e (figura 1.1).

Desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Chiclayo, es accesible por la carretera asfaltada de la Panamericana norte, y dista 763 km desde la capital, en un tiempo de viaje en auto de 10 a 12 horas. Existen tres principales vías que parten desde Chiclayo a diferentes lugares del área de investigación:

1. La vía asfaltada de Chiclayo – Chongoyape – Llama, que recorre parte de los cuadrángulos de Chiclayo (14d) y Chongoyape (14e), en dirección ENE, tiene una distancia de 120 km, con un primer recorrido de 62 km entre Chiclayo y Chongoyape y un tiempo de viaje en carro de 1 hora. El segundo tramo entre Chongoyape y Llama es de 58 km, distancia que se recorre en 52 minutos.
2. La vía asfaltada de Chiclayo – Ferreñafe – Batán Grande, con una distancia de 50.7 km, que recorre en dirección NE y cruza la parte central del cuadrángulo de Chiclayo (14d), recorrido que se puede realizar en 50 minutos.
3. La vía asfaltada en dirección hacia el sur es Chiclayo – Zaña – Cayaltí – Oyotún, recorrido que abarca parte de

los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape (14e), con una distancia total de 84.5 km y un tiempo de recorrido de 1 hora con 20 minutos hasta Oyotún. Desde este último lugar continúa una carretera afirmada de 51.2 km, en dirección al distrito de Niepos, perteneciente a la provincia de San Miguel – Cajamarca del cuadrángulo de Chongoyape (14e), con un tiempo de recorrido en auto de aproximadamente 2 horas.

A partir de estas tres principales rutas, existen diferentes trochas carrozables y diversos caminos de herradura de las que se pueden mencionar:

La trocha que corta la esquina NE del cuadrángulo de Chiclayo (14d) y NO del cuadrángulo de Chongoyape (14e) es la de Batán Grande hacia Tablazos, con un recorrido de 56.1 km y un tiempo aproximado de 1 hora. Desde tablazos, también se puede llegar a Oyotún en el cuadrángulo de Chogoyape (14e) a través de una trocha que pasa por Pampa Grande, Pacherez, Cayaltí y Oyotún con una distancia de recorrido de 71.1 km en un tiempo aproximado de viaje en carro de 1 hora. Otra de las trochas que recorre parte del cuadrángulo de Chongoyape es la que entra por el Puente Cumbil y da la vuelta por el pueblo de El Horno, para llegar a Chongoyape, haciendo un recorrido de 32.9 km y un tiempo de viaje de 1 hora. Desde el mismo puente Cumbil, parte otra bifurcación en dirección hacia la capital de la provincia de Santa Cruz, que se recorre por una carretera entre asfaltada y afirmada de 52.4 km, realizando un viaje en coche de aproximadamente 55 minutos. Otra de las rutas de acceso es la carretera de Llama, Sexi y Santa Cruz, y múltiples caminos de herradura.

La extensión del área de estudio abarca 35 km de largo por 17.5 km de ancho, que en total hacen un área de 612.5 km².

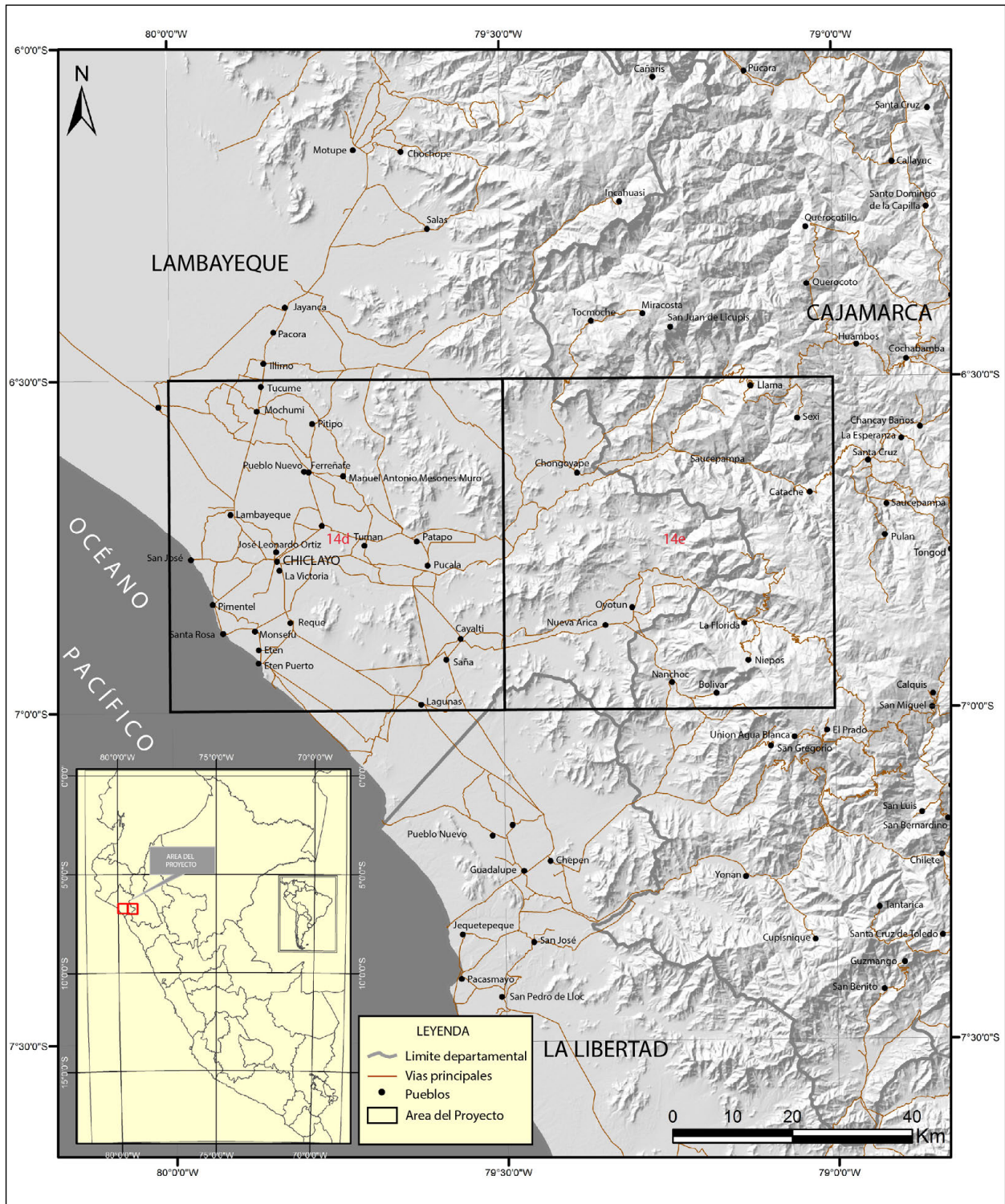


Figura 1.1 Mapa de ubicación del área del cuadrángulo de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.

Los centros poblados más importantes de los cuadrángulos de Chiclayo (14d) y Chongoyape (14e) se resumen en la figura 1.1

1.1 ESTUDIOS ANTERIORES

Son muy pocos los estudios anteriores de este cuadrángulo; sin embargo, resaltan los trabajos de investigación minera y petrolera del Cretácico del norte y centro del Perú. Entre los primeros trabajos que destacan, están McLaughlin (1924), Stappenbeck (1929), Steinmann et al. (1930), Tafur (1950), Benavides (1956) y últimamente la publicación del Boletín N° 38 Serie A Carta geológica nacional (Wilson, 1984), donde se describe todas las unidades mesozoicas y cenozoicas de la Cordillera Occidental y la zona costanera y se hace una correlación general de estas áreas. También se tiene estudios detallados referentes al sistema Cretácico del norte del Perú (Benavides, 1956), estudios regionales como los realizados por Mourier (1988) y uno de los pocos artículos referentes a los volcánicos paleógenos correspondientes a Noble et al. (1990) y diversos informes técnicos de diferentes compañías privadas, referentes a zonas potenciales de exploración de yacimientos.

Por otro lado, se mencionan los trabajos de Benavides (1956) como uno de los referentes sobre el Cretácico del norte del Perú. Este autor realizó trabajos hasta 1970 en la cuenca de Cajamarca y su aporte es usado actualmente por los diferentes investigadores sobre el Cretácico del noroeste del Perú

1.2 TRABAJO DE CAMPO

La metodología utilizada para la revisión de la geología constó de tres etapas:

- 1) Etapa de gabinete 1: en esta etapa los trabajos consistieron en la compilación, análisis e integración de información geológica existente del área y de su entorno, reinterpretación de la geología previa a los trabajos de campo, en base a fotografías aéreas, imágenes satelitales y modelos digitales de elevación, los que permitieron afinar los contactos y rasgos estructurales. En esta etapa, también se hace la planificación previa a una campaña de campo, realizando un informe precampo, donde se elabora un itinerario de

trabajo que considera los principales problemas geológicos por resolver.

- 2) Etapa de campo, luego de la etapa de gabinete, en la que se procede a los trabajos de campo, y consiste en el cartografiado geológico a la escala 1:50 000, toma de datos estratigráficos y estructurales, levantamiento de columnas estratigráficas de las principales unidades si existen las condiciones, muestreo de rocas y minerales, muestreo de restos paleontológicos y toma de fotografías más resaltantes de los principales afloramientos rocosos. Con la finalidad de optimizar la toma de datos, se realiza a través de carreteras, caminos de herradura y quebradas.
- 3) Etapa de gabinete 2: en esta etapa, que corresponde a la culminación de los mapas actualizados, se realizó la sistematización de la información obtenida en campo, donde se trasladó los puntos de control georreferenciados a una base de datos en Excel, los cuales fueron utilizados espacialmente en Arc Gis (figuras 1.2 y 1.3), que traslapados en las imágenes satelitales nos permitieron ajustar nuestros contactos estratigráficos y estructurales, lo cual finalmente tuvo como resultado la culminación de la actualización de los mapas geológicos de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.

Agradecimientos

Nuestro profundo agradecimiento a las personas que colaboraron en la realización del presente boletín y a quienes ayudaron en los trabajos. A las cooperaciones participantes como el China Geological Survey, así mismo, un agradecimiento a todos los colegas del INGEMMET, por su apoyo con sus apreciaciones, y a los geólogos Esmeralda Tola, Adrián Carhuamaca por su apoyo en la elaboración de gráficos, y especial agradecimiento a los geólogos que en su oportunidad participaron en las campañas de campo: ing. Alan Santos, ing. Juan Pablo Navarro, así como a la doctora Miriam Mamani, por su valioso aporte en las interpretaciones geoquímicas. También el agradecimiento a los geólogos Carmen Patiño y Eber Cueva por su colaboración en la parte final de las correcciones.

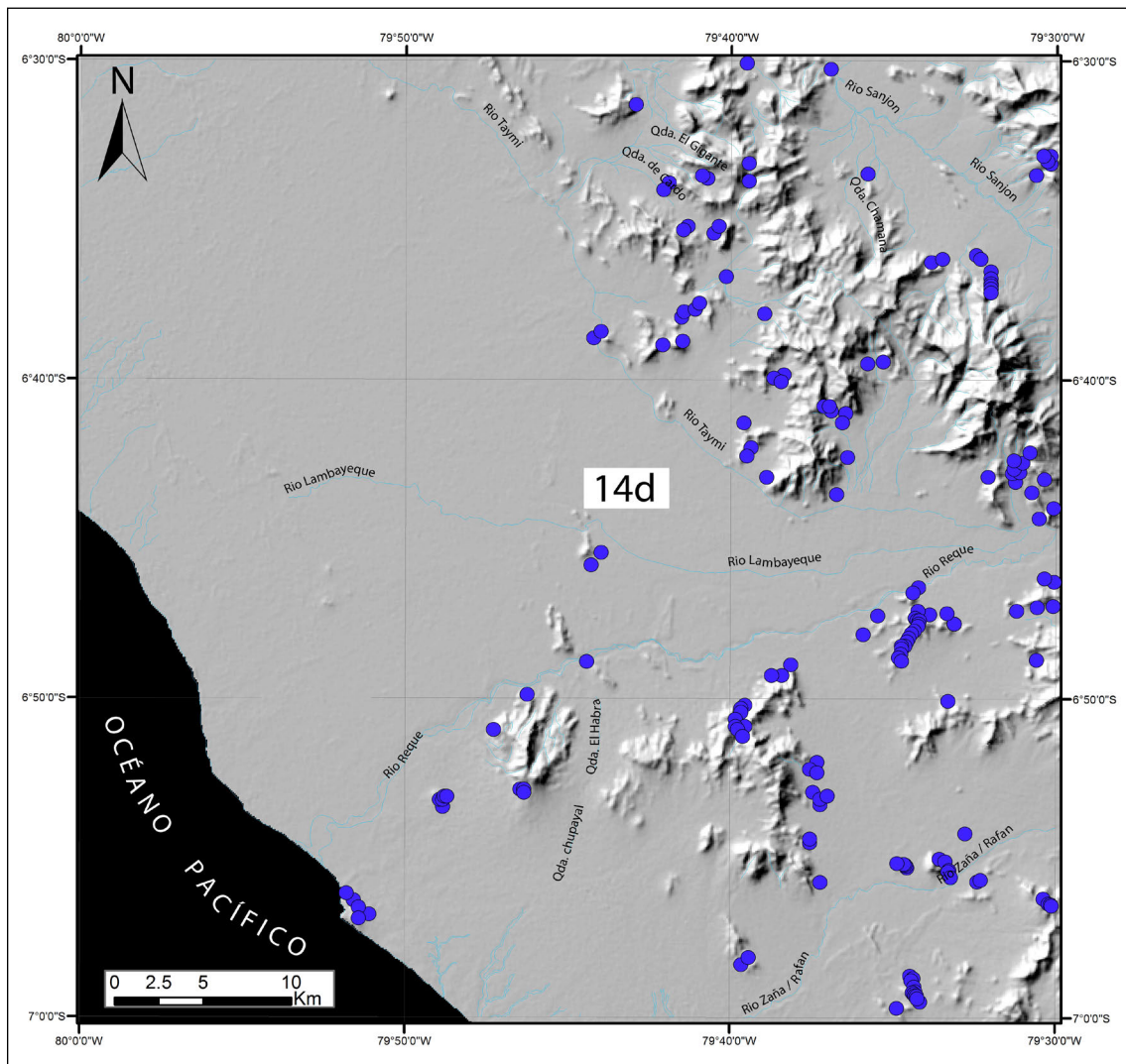


Figura 1.2 Mapa de distribución de puntos de observación geológica (POG) del cuadrángulo de Chiclayo (14d)

CAPÍTULO II

GEOMORFOLOGÍA

El rasgo fundamental del relieve de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e es el acusado contraste que existe, entre el paso de una zona plana a una zona con topografía de cerros empinados, cada una de ellas integrada en diferentes unidades morfoestructurales, lo cual fue provocado por los diferentes eventos tectónicos surgidos durante la evolución de los Andes. Estos rasgos están representados por fallas que han originado escarpas muy pronunciadas con fuertes pendientes (figuras 2.1 y 2.2).

El sector de la llanura costera no es nada homogéneo. Al estar cubiertos por una espesa capa de arenas eólicas, no permiten conocer con precisión la litología existente en esta planicie; sin embargo, existen algunos afloramientos sobresalientes a manera de lomas, como es el caso del cerro Morro de Eten, constituido por material cristalino (gabro) y el morro al sur de Reque, constituido por areniscas cuarzosas, las cuales se comportan como morfoestructuras sobresalientes; razón por la cual se infiere que la composición de la planicie costera es heterogénea, y puede estar compuesta por rocas cristalinas y sedimentarias de edad Cretácea.

El sector montañoso posee muchos rasgos topográficos comunes a lo largo de los Andes. Un perfil altitudinal realizado entre Cayaltí y Oyotún (figura 2.2) muestra la presencia de lomas y suaves montañas, con perfiles ligeramente redondeados, los cuales están compuestos de rocas de la Formación Oyotún e intrusivos del Batolito de la Costa: Estos relieves están afectados por la incisión de los ríos (tales como los ríos Reque, Saña y Chancay) lo que provoca amplios valles.

El relieve del frente de la Cordillera Occidental entre Oyotún y Niepos presenta una topografía muy abrupta que resalta por las escarpas que se aprecian a lo largo de este frente. Estas montañas son incisadas por los principales ríos que alimentan al Océano Pacífico y cortan transversalmente a los Andes, lo cual provoca ríos encañonados que se van haciendo más amplios a medida que se acercan hacia la llanura costera.

El relieve de las partes altas, como en Niepos (cuadrángulo de Chongoyape 14e), configura grandes planicies altiplánicas, constituidas principalmente por material volcánico que ha cubierto grandes áreas de rocas antiguas.

2.1 UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

Las unidades morfoestructurales han sido tomadas como fuente de información, los trabajos regionales realizados por Bellido (1979) y Benavides (1956) y modificados en el presente trabajo, según los rasgos del área de los cuadrángulos de Chiclayo (14d) y Chongoyape (14e).

Se han reconocido cinco unidades geomorfológicas regionales: Cordillera Occidental, valles consecuentes a la vertiente, pampas aluviales, planicies costeras y lomas (figura 2.1).

2.1.1 Cordillera Occidental

Corresponde a la zona más elevada, cuyas altitudes varían desde los 1000 a 3600 m s. n. m. (figuras 2.1 y 2.2), y su morfología ha sido modificada por varias etapas de levantamientos y erosión, donde afloran al pie de la cordillera rocas principalmente volcánicas de edad jurásica y paleógena que se encuentran cubriendo a rocas más antiguas. La parte más elevada de la cordillera (figura 2.3) corresponde a la divisoria fluvial, de donde nacen los principales ríos y/o quebradas profundas que van incisando y formando grandes valles. Así tenemos, entre los principales valles, al valle del río Chancay y el valle del río Zaña, que vienen a ser los principales colectores fluviales de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, cuyas aguas discurren hacia el Océano Pacífico. En su recorrido, estas aguas son aprovechadas para el regadío de extensas áreas de terrenos de cultivo, entre las que se encuentran principalmente sembríos de arroz y caña de azúcar.

2.1.2 Valles de vertiente pacífica

Se caracterizan por presentarse como amplios valles rellenos de material aluvial, cuyas altitudes varían desde los 40 a 300 m s. n. m. Corresponden a amplios valles seniles o valles antiguos bien desarrollados (figura 2.4) de dirección principal ENE-OSO, que presentan una gran extensión lateral a manera de extensas terrazas. Estos valles atraviesan gran parte del cuadrángulo de Chiclayo (14d), los que son atravesados por el río Chancay y el cuadrángulo de Chongoyape (14e), cortado por el valle del río Zaña, que en su incisión corta rocas desde las más antiguas a las más recientes.

2.1.3 Pampas aluviales

Las pampas aluviales forman una franja continua alargada paralela al litoral. Sus elevaciones varían entre 25 y 200 ms.n.m. Consisten en extensos abanicos de material conglomerádico que representan antiguos conos de deyección de los ríos Jequetepeque y Zaña (figura 2.5). En general, estas pampas son desérticas y prácticamente se encuentran exentas de cultivo, equivalen a las terrazas altas formadas por los ríos principales que se encuentran a lo largo de la costa. La continuidad de estas pampas está interrumpida por las trincheras erosionadas por los ríos actuales.

2.1.4 Planicies costeras

La llanura costanera corresponde a la parte más plana de la zona y está constituida principalmente por arenas eólicas que cubren

rocas más antiguas, y cuyas altitudes varían desde los 70 a 100 ms.n.m. En estas superficies, se encuentran acumulaciones de dunas eólicas de diferentes tamaños que pueden alcanzar alturas de más 20 m y anchos hasta de 100 m (figura 2.6).

2.1.5 Lomas

Corresponden a superficies sobresalientes dentro de las planicies (figura 2.7), cubren áreas del cuadrángulo de Chiclayo 14d, varían desde los 40 hasta los 700 m s. n. m. Corresponden a rocas sedimentarias de la Formación Pariatambo y el Grupo Pulluicana (sector de Reque), así como intrusivos de composición monzonítica, granítica y cuarzo-diorítica, pertenecientes a la Unidad Cayaltí (sector de Cayaltí), areniscas cuarzosas (sector de Pampa la Victoria).

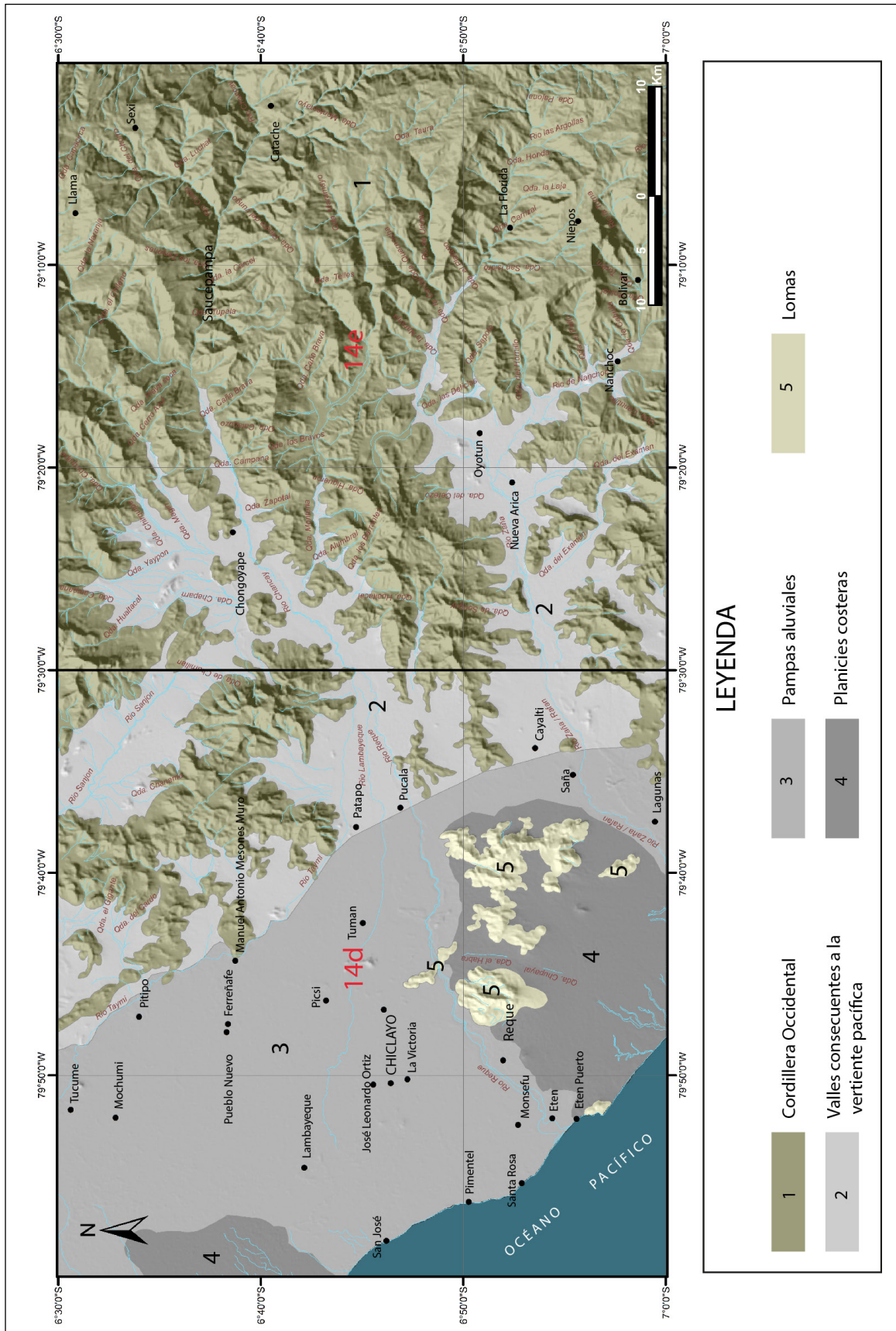


Figura 2.1 Mapa geomorfológico de los cuadrángulos de Chiclayo (14d) y Chongoyape (14e).

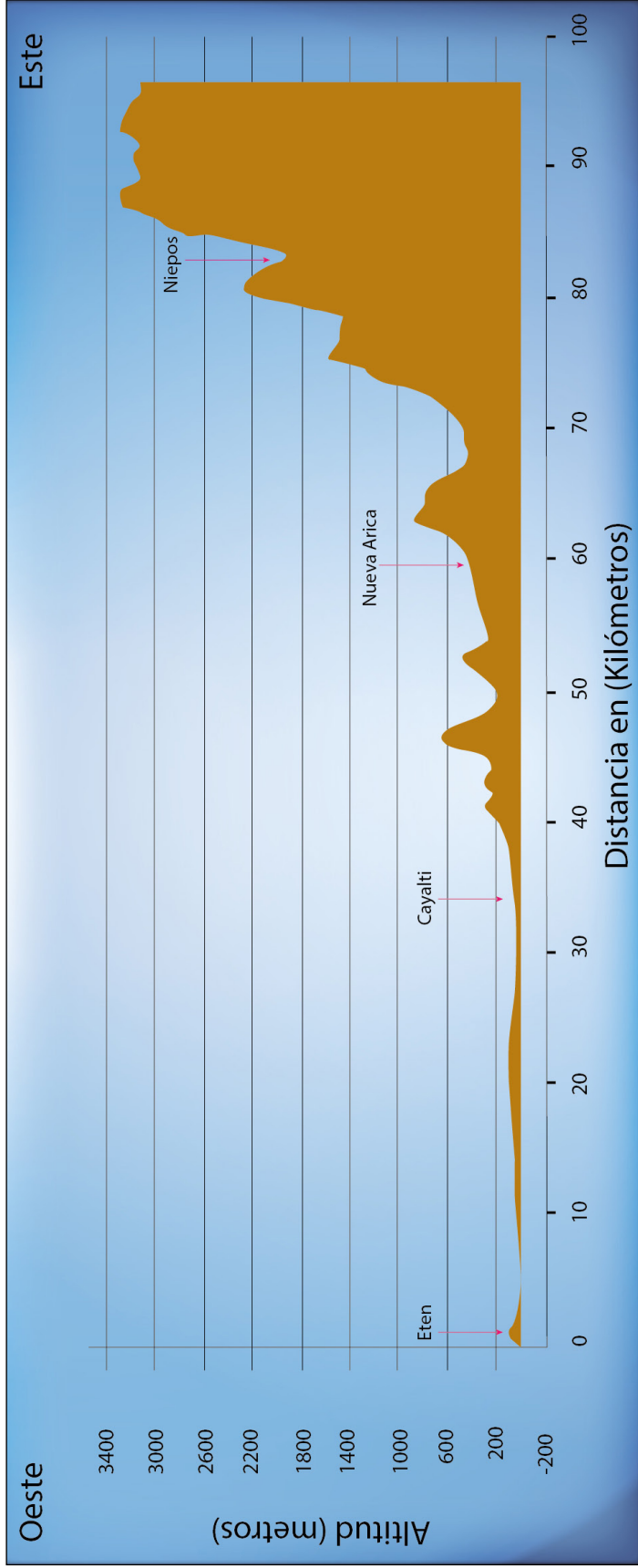


Figura 2.2 Perfil de elevaciones, donde se muestra la variación de altitudes en los cuadrángulos de Chiclayo 14e y Chongoyape 14d (elaborado en el presente trabajo).



Figura 2.3 Al fondo, cerros empinados de la Cordillera Occidental. Las planicies corresponden a terrazas de la margen derecha del río Chancay. Vista tomada desde los Higueros (UTM 691646, 9268816), mirando hacia el SE (altura de la central hidroeléctrica de Carhuaquero).



Figura 2.4 Amplio valle consecuente del río Zaña. Vista tomada mirando de este a oeste, en dirección hacia Oyotún, desde la localidad del Alumbra y cerca de un reservorio de agua (UTM 684516, 9242766) en dirección hacia Oyotún.



Figura 2.5 Pampas aluviales. Vista tomada mirando al oeste, desde el cerro León (UTM 647357, 9243075), (cuadrángulo de Chiclayo 14d).



Figura 2.6 Frente de una mega duna de 10 m de altura por 50 m de ancho, ubicada en las Pampas de Portachuelo (UTM 645549, 9242352), en la planicie costera (cuadrángulo de Chiclayo 14d).

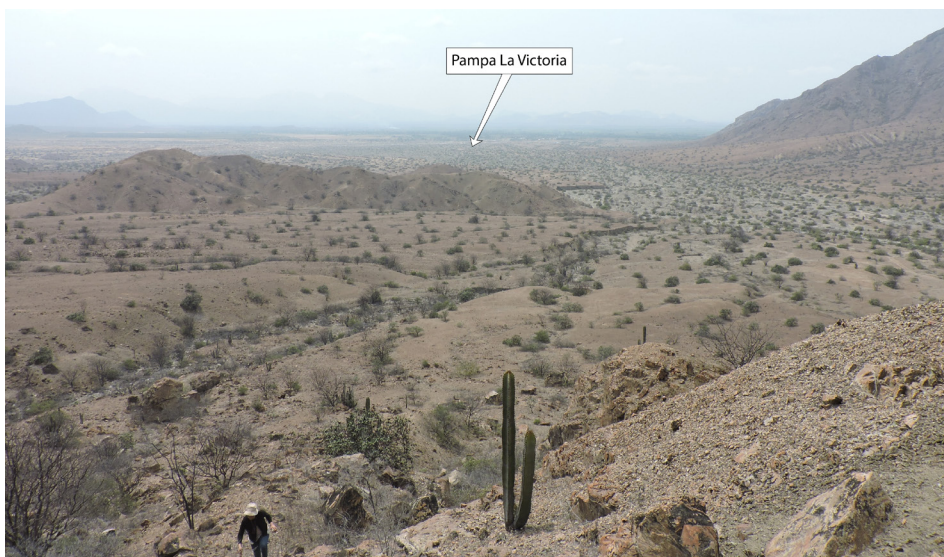


Figura 2.7 Lomas sobresalientes, ubicadas en la llanura costera. Vista tomada en Pampa La Victoria (UTM 661415, 9269923) del cuadrángulo de Chiclayo 14d. El material resistente a la erosión corresponde a rocas volcánicas y areniscas cuarzosas.

2.2 DRENAJE

El drenaje del área de estudio viene a formar parte de la vertiente del pacífico de la Cordillera Occidental. Se distinguen dos tipos: drenaje paralelo y drenaje dendrítico. El drenaje paralelo lo configuran los principales ríos que vierten sus aguas hacia el Pacífico. Entre estos, están los ríos Reque, Chancay y Zaña, que tienen largos recorridos y de aguas permanentes durante todo el año, y que vienen a ser los principales colectores de las quebradas adyacentes. El drenaje dendrítico lo configuran las pequeñas quebradas de corto recorrido (figura 2.8). En conjunto, estos dos tipos de drenajes determinan dos grandes cuencas hidrográficas cuyas aguas son utilizadas en la agricultura de la zona.

2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y VEGETACIÓN

Los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape presentan climas variados desde cálidos por estar más próximos a la línea ecuatorial hasta fríos, los que se describirán de acuerdo con el perfil de elevaciones (figura 2.2).

Desde la línea de costa hasta los 70 km al este, la temperatura en verano fluctúa entre 20°C como mínimo y 30°C como máximo. Cuando el clima se tropicaliza, cada cierto periodo en años, la temperatura fluctúa entre 30° - 35°C. En invierno, la temperatura mínima es de 15°C y máxima de 24°C. Por lo general, a medida que se aleja de la orilla del mar, avanzando hacia el este hasta los 500 m s. n. m., la temperatura se va elevando, y se siente principalmente a medio día un calor sofocante, sobre todo entre las localidades de Pucalá, Zaña, Chongoyape, Oyotún y Nueva

Arica. Este fenómeno se explica porque los depósitos aluviales, fluviales y los cerros áridos que rodean a estas zonas refractan el calor, además que los vientos provenientes del oeste llegan muy débiles a estas zonas. Esta parte baja también se caracteriza por presentar fuertes vientos denominados ciclones por su estado subtropical, seca, sin lluvias. Periódicamente, cada 7, 10, 15 años se presentan temperaturas elevadas con lluvias regulares y aumento extremado de agua de los ríos.

Desde los 70 km hasta los 3400 m s. n. m., las temperaturas van descendiendo hasta alcanzar una mínima de 10°C y una máxima de 21°C; sin embargo, en los pueblos más referentes como Niepos, las temperaturas máximas pueden alcanzar los 24°. Entre los factores que influyen en la determinación del clima, está el mar, las corrientes peruanas del Niño, la atmósfera dominada por el anticiclón de Pacífico Sur, los vientos y las Cordillera de los Andes.

La vegetación de esta región se caracteriza por presentar una zona baja con bosques secos donde se desarrollan principalmente arbustos pequeños deformados como el algarrobo, palo verde, overo, vichayo y sapotes achaparrados. En cuanto a la costa en la cual predomina el desierto, ambiente hostil al cual se han adaptado algunas especies de plantas como los cactus. En tanto que las zonas altas se desarrollan bosques densos relativamente húmedos de capa freática poco profunda, los que se localizan en las vertientes de la Cordillera Occidental, que están constituidos por árboles de algarrobos robustos y altos, de espinos o faiques y de otras especies como: palo santo, hualtaco, capote, palo blanco, palo verde y aramo, borrachera, cardo, etc. En periodos de lluvias crece abundante pasto.

CAPÍTULO III

ESTRATIGRAFÍA

Las secuencias sedimentarias y volcanosedimentarias que afloran en el área de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e comprenden a unidades que van desde el Triásico al Cuaternario, quizá la secuencia más completa se tenga en el río Zaña. Este trabajo ha sido complementado con el estudio petrográfico de las principales unidades magmáticas (ver anexo 01), levantamiento de columnas estratigráficas e interpretación.

En el siguiente cuadro de (figura 3.1) se muestra la evolución del desarrollo de las investigaciones geológicas del sistema Cretácico en el norte del Perú y específicamente de los cuadrángulos arriba mencionados. Sobre la base de este resumen, se destacan los principales cambios realizados durante la actualización de la geología del área de estudio, anteriormente cartografiado por (Wilson, 1984).

- En la localidad de Pampa de Chaparrí de la hoja 14d1, se levantó una columna estratigráfica donde la litología está compuesta principalmente por calizas fosilíferas del Sinemuriano-Oxfordiano que corresponden a la parte superior de la Formación La Leche, lugar donde anteriormente estaba cartografiado como volcánicos Oyotún. En este mismo lugar, también se ha diferenciado una secuencia de areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos que corresponden al Grupo Goyllarisquizga, que anteriormente estaba cartografiado como parte de la Formación Tinajones.
- En el sector de cerro Caballo Blanco de la hoja 14d2, se ha diferenciado una secuencia volcánica que corresponde a la Formación Oyotún, anteriormente cartografiado como una secuencia de areniscas del Grupo Goyllarisquizga.
- En los cerros San Nicolás, San Juanito, La Cantarilla y Saltur de la hoja 14d2, se ha diferenciado la Formación Pariatambo, anteriormente cartografiado como secuencias del Grupo Pullucana-Quilquiñan (estas dos unidades conformadas por calizas, son agrupadas debido a que no se tiene restos paleontológicos que pueda diferenciar una de otra). En esta misma hoja, en el sector del cerro Guitarra se ha diferenciado secuencias de calizas del Grupo Pullucana-Quilquiñan, en contacto fallado sobre la Formación Llama.
- En el cerro Mauro de la hoja 14d4, se ha diferenciado la Formación Tinajones, antes cartografiado como una sola unidad del Grupo Goyllarisquizga.
- En las márgenes del río Zaña, altura de la hacienda Culpón de la Hoja 14e3, el levantamiento de una columna estratigráfica ha permitido diferenciar al Grupo Goyllarisquizga, anteriormente cartografiado como Formación Inca-Chúlec.
- En los alrededores de la represa de Tinajones de la hoja 14e4, se ha diferenciado secuencias de areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos, anteriormente cartografiados como Formación Tinajones, al que actualmente se le atribuye al Grupo Goyllarisquizga.
- En lo que respecta a los cuerpos intrusivos se han hecho cambios a partir de estudios petrográficos y dataciones radiométricas, y se han definido cuatro unidades intrusivas. La unidad más antigua reconocida data entre 129 a 126 Ma., a la que se ha denominado como Unidad Nueva Arica, luego se tiene a la Unidad Eten de 82 Ma, la Unidad Cayalti con edades de 55 a 47 Ma y finalmente la más reciente, la Unidad Penachi, de 33 a 28 Ma. Estas nuevas dataciones radiométricas cambian por completo la antigua nomenclatura Cretácico-Terciario asignados anteriormente a estos intrusivos. La nueva reasignación de edades ha permitido diferenciar intrusivos cretácicos y principalmente paleógenos.
- Con referencia a cambios efectuados en las secuencias volcánicas, estas se basan en el cartografiado de centros volcánicos, que anteriormente se representaban como una sola gran unidad volcánica denominada Grupo Calipuy.
- Se define una nueva unidad sedimentaria cuaternaria, a la que en adelante se le denominará como Formación Puerto Eten, ubicada en el cuadrángulo de Chiclayo 14d2.

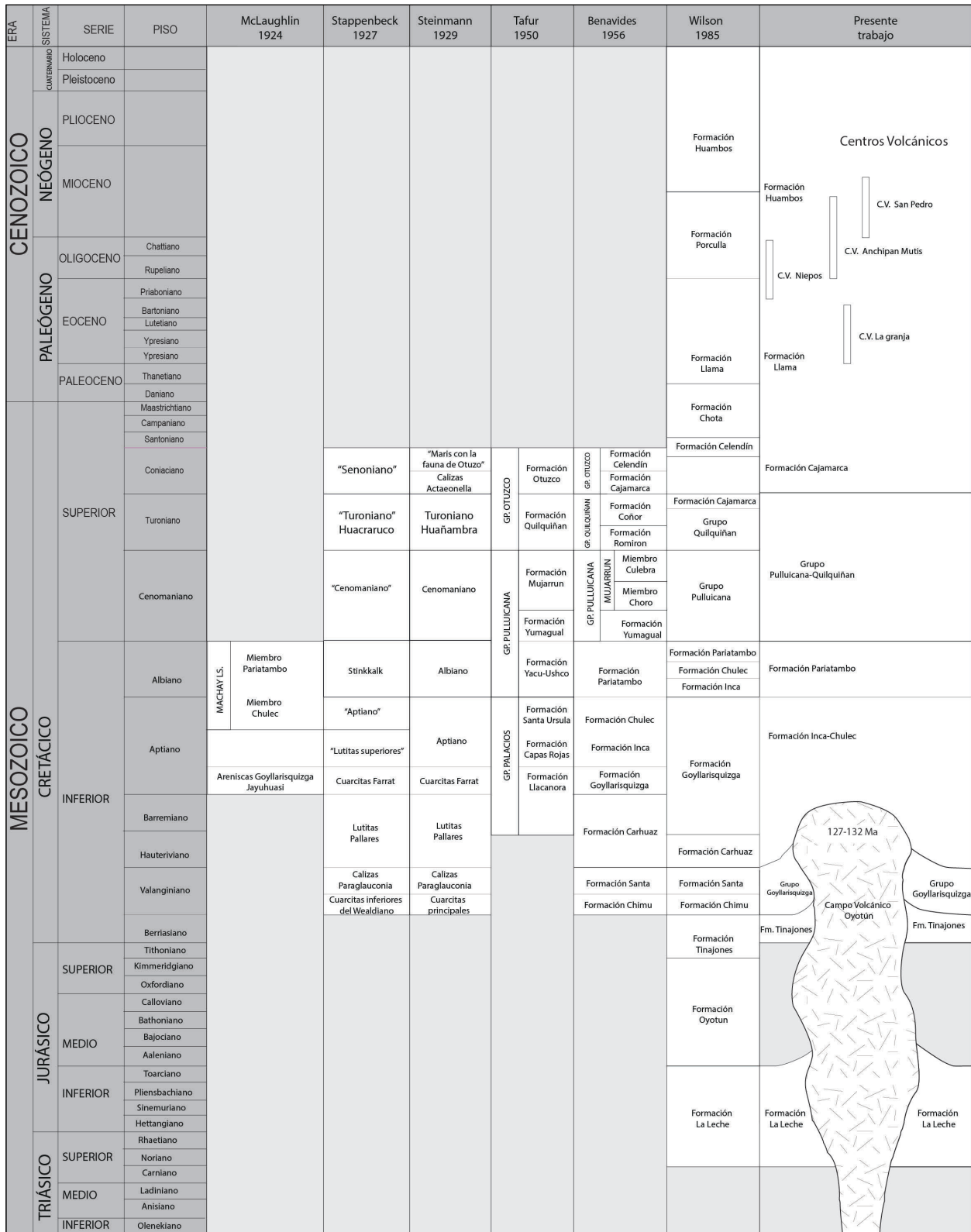


Figura 3.1 Cuadro de correlaciones de las unidades litoestratigráficas de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e

3.1 MESOZOICO

3.1.1 Formación La Leche (TsJi-II)

Fue descrita inicialmente por Fischer (1956) en el noroeste peruano, quien no le dio un nombre de formación. Luego Pardo & Sanz (1979) en el valle del río La Leche describieron una secuencia marina carbonatada y la correlacionaron con el Grupo Pucará del centro del Perú y la dividieron en dos series: la serie del Triásico superior, constituida por dos miembros llamados miembro Calabozo y miembro la Calzada y la serie del Jurásico inferior denominada miembro Mochumí Viejo. Posteriormente, Loughman & Hallan (1982), Wilson (1984), Reyes & Caldas (1987), describieron la Formación La Leche como parte del Grupo Pucará y la correlacionaron con el centro del Perú.

En el cuadrángulo Chiclayo 14d sector norte, se presenta afloramientos en el cerro Cabeza de León, cerro Barranco Colorado. Estos se extienden al sureste en afloramientos discontinuos hacia los cerros Pan de Azúcar, "CH" y el cerro Chumillan, que se prolongan a su vez al cuadrángulo de Chongoyape 14e, registrados en el cerro La Cal y la parte baja del cerro Tres Picos de la margen derecha del río Zaña, entre las localidades de Chumbenique y río Zaña. No se observa el contacto con su parte inferior; sin embargo, en el cerro Chumillan se encuentra directamente sobre un intrusivo paleógeno, que da la apariencia de estar como un cuerpo colgado. Así mismo, gran parte de estos afloramientos se encuentran sobre cuerpos subvolcánicos de la Formación Oyotún, que no lograron aflorar, tal como se observa en la quebrada Gigante de la hoja 14d1, y a veces se los encuentra directamente por debajo de las areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquiza.

Litología. Se describe tres columnas estratigráficas: 1) columna levantada en Pampa del Chaparrí (hoja 14d1), 2) columna levantada en la localidad de Garraspiña (hoja 14e4), 3) columna levantada en el sector de Barrio Nuevo (hoja 14e3). También se describe una columna estratigráfica de su localidad tipo.

1. Columna litoestratigráfica del río La Leche (figura 3.2). La parte inferior está constituida por una secuencia de calizas color gris oscuro, estratificación en láminas delgadas a medianas fosilíferas, las que van evolucionando a calizas gris oscuras, afectadas por diques y sills dacíticos. La parte media se caracteriza por presentar calizas biomicríticas, estratificación delgada, ondulada a laminar, calcarenitas de grano medio color negruzco con bioclastos e incrustaciones de algas y calizas dolomíticas. La parte superior, compuesta por calizas fosilíferas negras micríticas que emiten un fuerte olor fétido y al contacto con la mano, presenta un aspecto bituminoso. En este nivel, también se reporta la presencia de ammonites, que luego pasan a otra secuencia de calizas micríticas silíceas de aspecto masivo en estratos gruesos.
2. Columna litoestratigráfica de Pampa del Chaparrí (figura 3.3). Presenta una de las mejores secuencias casi completas con un espesor de 700 m, y ha sido dividida en seis secuencias: Secuencia A, que se inicia por estratos de calizas silicificadas (mármoles) color gris verdoso, los que van pasando progresivamente a secuencias de calizas no silicificadas, y se presentan en estratos delgados de 20 cm de espesor, con aspecto masivo (figuras 3.4A y 3.4B). Secuencia B, conformada por areniscas feldespáticas color gris, con laminaciones oblicuas curvas, grano creciente y delgados niveles de calizas, que pasan gradualmente a una secuencia de limoarenitas color pardo rojizo de aspecto masivo (figura 3.4C). Secuencia C, que corresponde a una secuencia de calizas masivas, color gris en estratos de 2 a 3 m bastante fosilífero, con presencia de gasterópodos y fragmentos de conchas (figura 3.4D). Secuencia D, que presenta una intercalación de areniscas pardas rojizas con delgados niveles de calizas fosilíferas. Secuencia E, que se trata de areniscas feldespáticas de aspecto masivo color verdoso, bastante fracturados que se intercalan con delgados niveles de calizas color gris con fragmentos fósiles. Secuencia F, que consiste en calizas color gris que presentan estratos gruesos de 2 a 3 m de espesor y se caracterizan por ser fosilífero y con muchos fragmentos fósiles (figuras 3.4E y 3.4F).
3. Columna litoestratigráfica del sector de Garraspiña (figura 3.5). Presenta un espesor aproximado de 250 m, donde solo afloran las secuencias B, E y G (figura 3.6A). La Secuencia B corresponde a estratos de areniscas feldespáticas masivas de naturaleza volcánica, color pardo rojizo (figura 3.6B), a cuya base se observa un cuerpo subvolcánico que afecta a esta unidad. Secuencia E: se trata de una intercalación de areniscas gris verdosas intercalados con calizas en estratos gruesos a veces fosilíferas con concentraciones de sílice a manera de lóbulos alargados color blanquecino (figuras 3.6C y 3.6D). Secuencia G está conformada por limolitas color pardo de aspecto masivo. Esta última secuencia solo aflora en este sector como una capa delgada cubriendo la secuencia E.
4. Columna litoestratigráfica del sector de Chumbenique – Barrio Nuevo. - Presenta un espesor de 480 m y se ha dividido en cuatro secuencias A, B, E y F (figuras 3.7 y 3.8A). La secuencia A se caracteriza por presentar estratos delgados de calizas y dolomitas (figura 3.8B). Secuencia B: está conformada por limolitas color pardo rojizo de aspecto masivo intercalado con delgados niveles de calizas gris azulinas con concentraciones de sílice (figura 3.8C). Secuencia E: se trata de una potente secuencia de areniscas color pardo (figura 3.8D), interestratificadas con areniscas

calcáreas color verdoso de aspecto masivo, donde también resalta la presencia de niveles delgados de calizas masivas color gris. Secuencia F: calizas en estratos delgados de aspecto masivo, el color superficial es ferruginoso (figura 3.8E).

El espesor de la Formación La Leche en los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e varía entre 250 a 700 m; sin embargo, en la localidad tipo del río La Leche (cuadrángulos de Jayanca 13d e Incahuasi 13c.), este fue calculado en 1240 m.

De las tres columnas descritas, se realiza una correlación (figura 3.9), donde se observa que la columna estratigráfica de Pampa de Chaparri es una de las que presentan mejor desarrollo, donde se ha diferenciado seis secuencias (A, B, C, D, E y F) y es una de las más completas del área de estudio, mas está ausente la secuencia G. La segunda columna con mayor espesor es la de Chumbenique – Barrio Nuevo, donde se ha diferenciado cuatro secuencias A, B, E y F; sin embargo, están ausentes las secuencias C y D. La columna de Garraspiña es la que presenta menor espesor, donde destacan las secuencias A, B y G y están ausentes las secuencias C, D, E y F.

Edad y correlaciones.

En el cuadrángulo de Chiclayo 14d se reporta un nivel fosilífero tal como se indica en la columna estratigráfica de Pampa del Chaparri. Se trata de *Weyla alata* VON BUCH, que data del Sinemuriano-Oxfordiano y *Weyla* cf. *W. pradoanus* VERN y COL del Pliensbachiano, los cuales serían correlacionales con el tope de la Formación Aramachay y la base de la Formación Condorsinga; sin embargo, Wilson (1984), para los cuadrángulos de Jayanca e Incahuasi, reporta niveles fosilíferos en el valle del río La Leche, lo cual es determinado por Pardo & Sanz (1978). La fauna allí descrita es la siguiente:

Porifera: espículas de esponja. Anthozoa: Corales dendroides indeterminables, *Isastraea?* sp., *crinoidea*, *Pentacrinus* sp. Equinoidea: *Triadocidaris* cf. *T. suessi* LAURE, *subnobilis* MUENST, *Triadocidaris* sp., espinas de *radiolus rostratus* KOERNER, espinas de *Anaulocidaris testudo* BATHER. Lamellibranchiata: *Schizocardita cristata* KOERNER, *Leda* sp. aff. *L. deffneri* OPP, *Tancredian?* sp., *Unicardium?* sp. Brachiopoda: *Spondilospira?* *kossenensis* ZUGM, *Dielasma* cf. *D.*, *woehrmannianum* BITTNER, Terebratulidos, Rhynchonellidos. Por lo tanto, en base a datos existentes y nuevos datos, se le correlaciona con el Grupo Pucará y se le asigna una edad Triásico superior – Jurásico inferior.

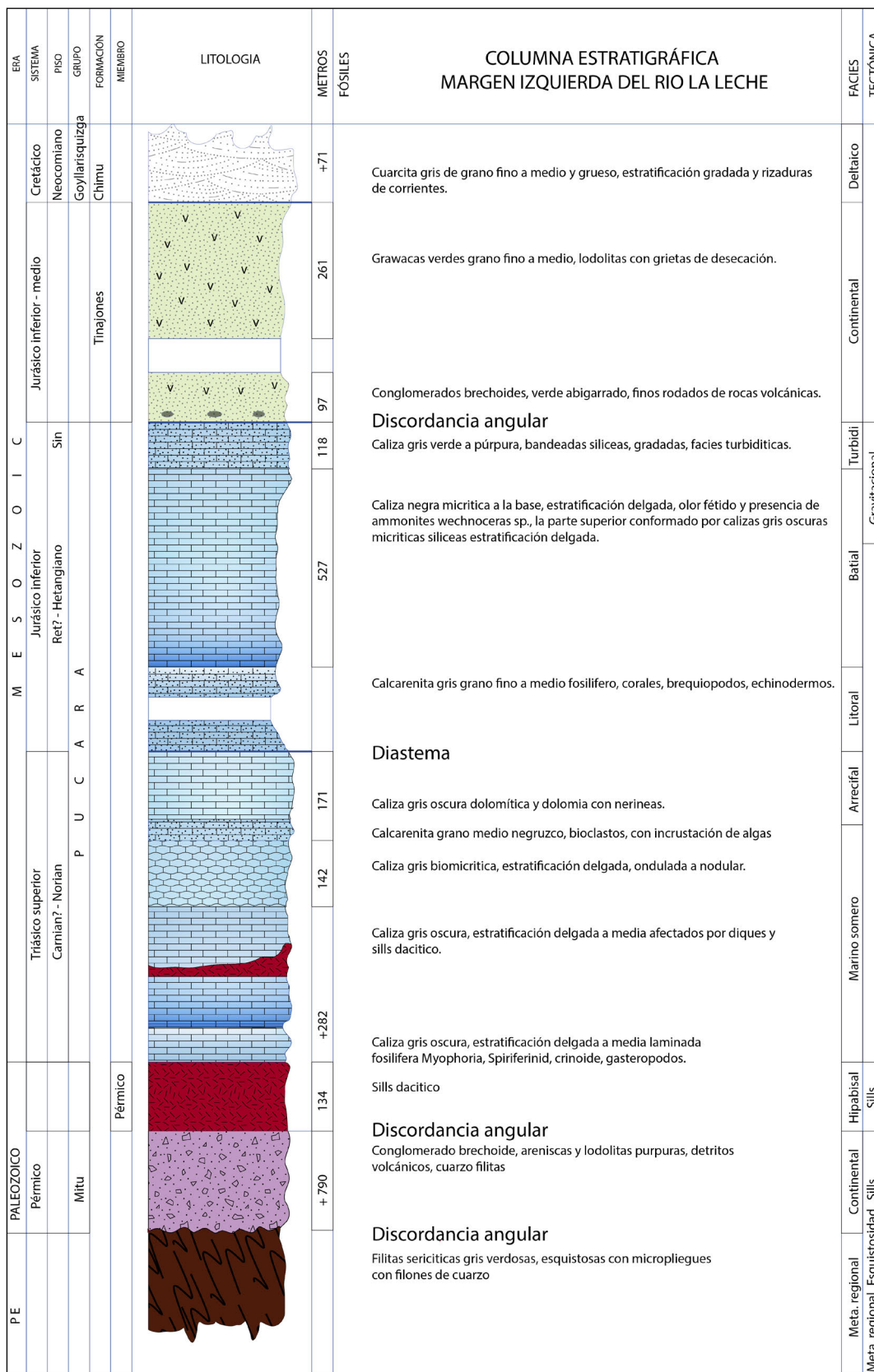


Figura 3.2 Columna estratigráfica de la Formación La Leche, levantada en la margen derecha del río La Leche (UTM 664392, 9291717), modificada y reinterpretada de (Pardo & Sanz, 1979).

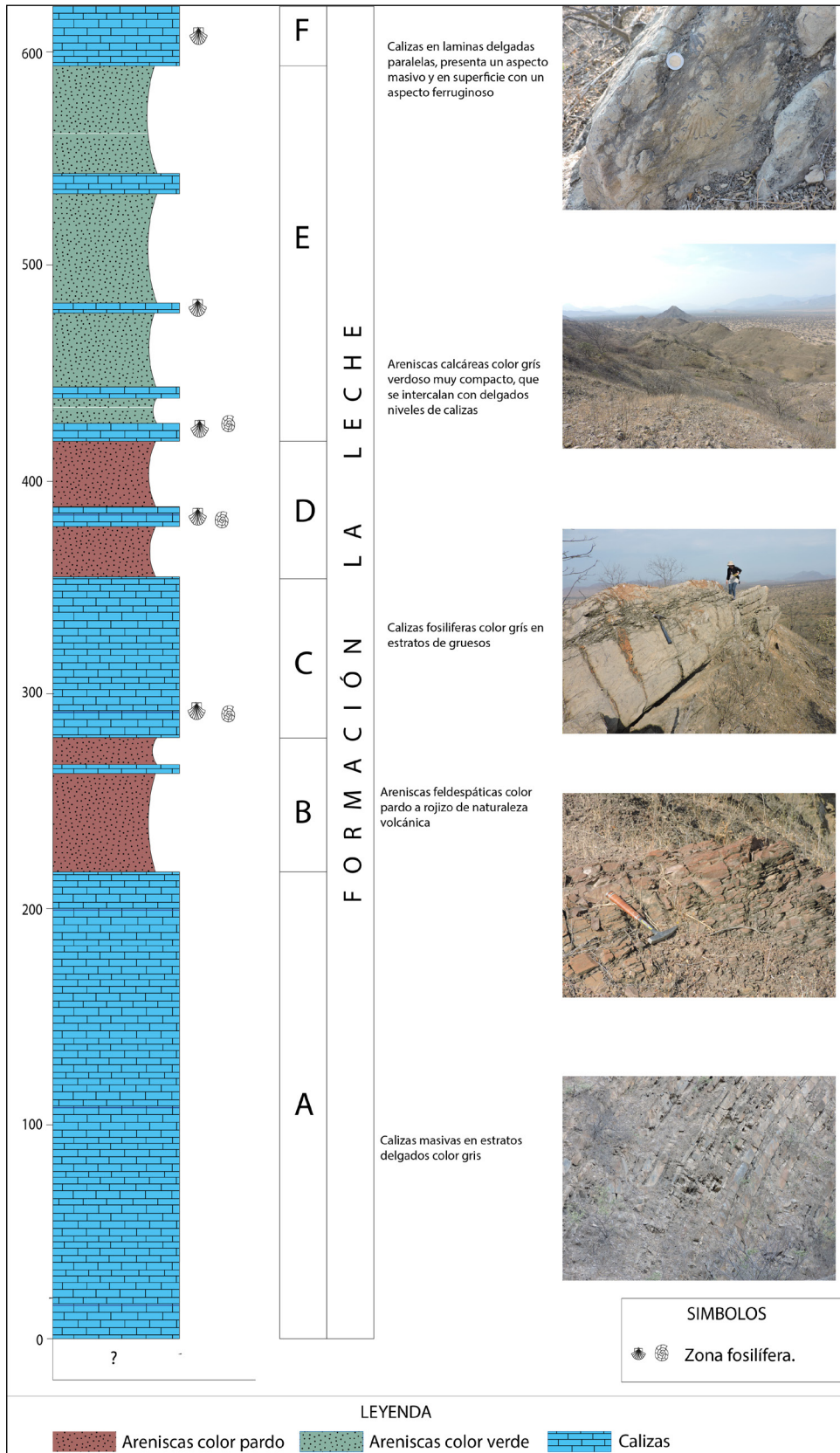


Figura 3.3 Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche en el sector de Pampa del Chaparri, cuadrángulo de Chiclayo 14d (UTM 661865, 9268024).

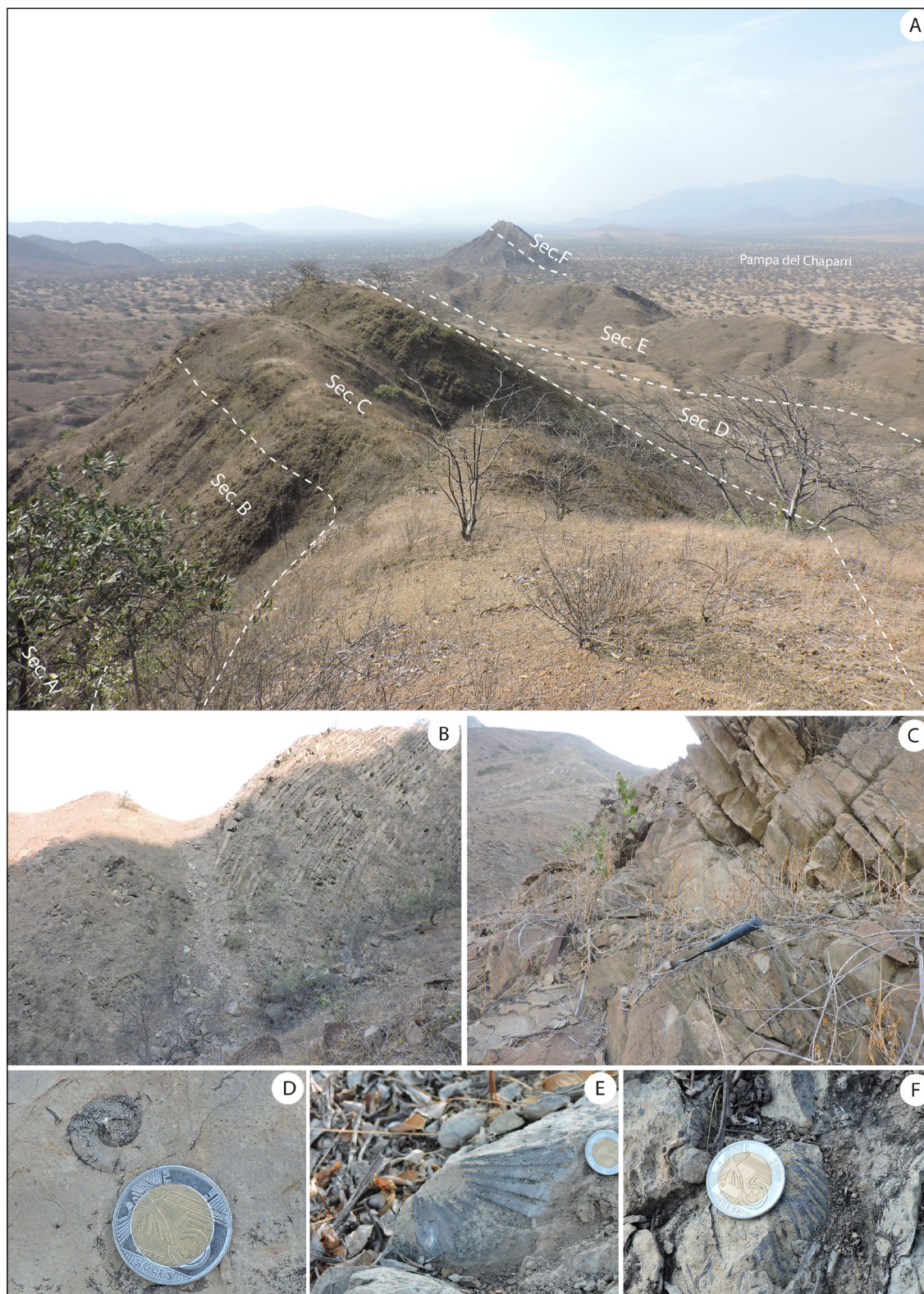


Figura 3.4 A) Afloramientos de la Formación La Leche, localizada entre el cerro Chumillan y Pampa del Chaparri, que muestra cinco secuencias. B) Calizas masivas estratos delgados de la secuencia A. C) Areniscas feldespáticas de la secuencia B. D) Fósiles de gasteropodo. E) y F) Fósiles: *Weyla* cf. *W. Prodoanus* VERN & COL (UTM 661406, 9269997).

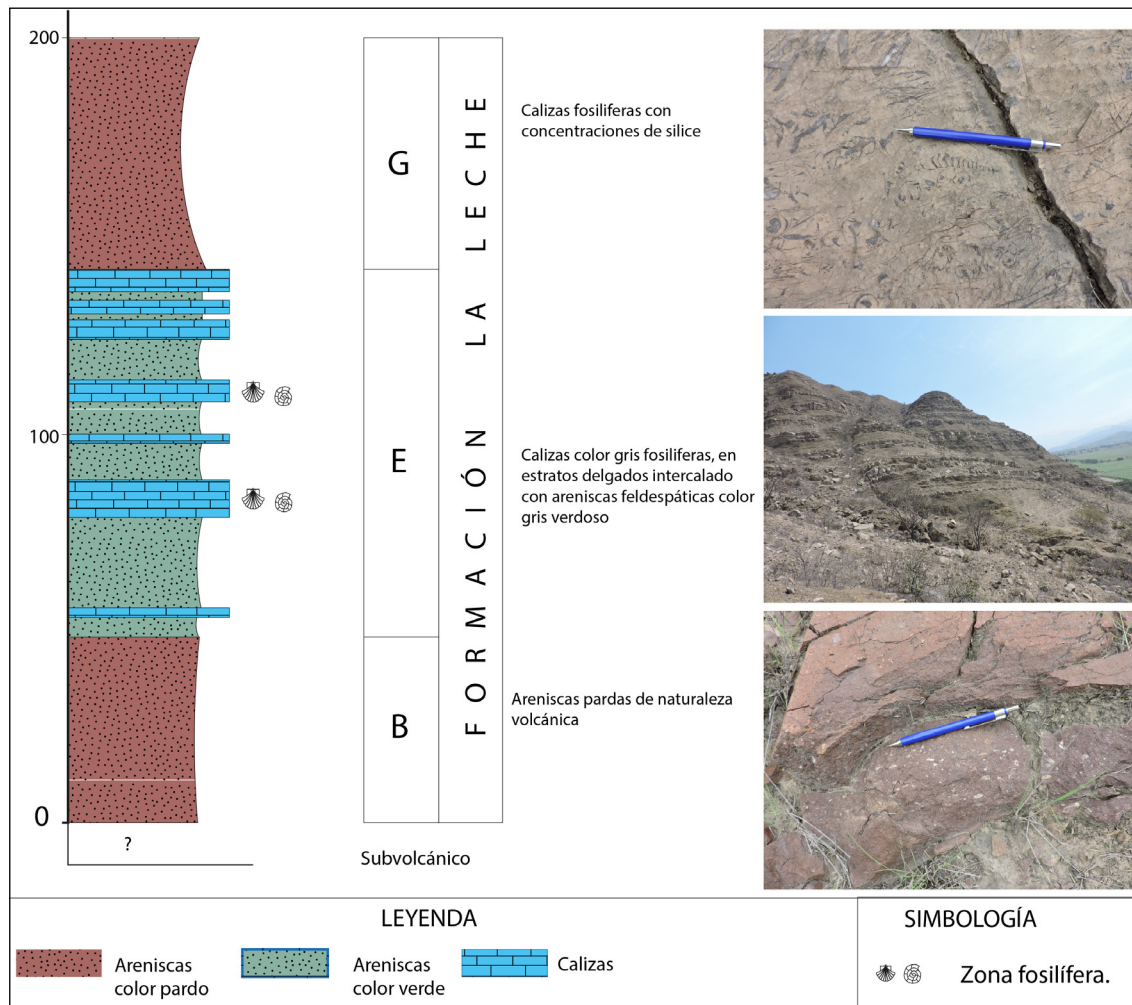


Figura 3.5 Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche, levantada en la localidad de Garraspiña del cuadrángulo de Chongoyape 14e (UTM 667565, 9268024).



Figura 3.6 A) Vista tomada en la localidad de Garraspiña (UTM 667863, 9257890), donde se observa tres secuencias de la Fm. La Leche. B) Areniscas feldespáticas de naturaleza volcánica de la secuencia B. C) Calizas fosilíferas y concentración de lobulos de sílice de la secuencia E. D) Bloques de calizas que se extraen de los estratos más gruesos para la transformación en rocas hornamentales de la secuencia E.

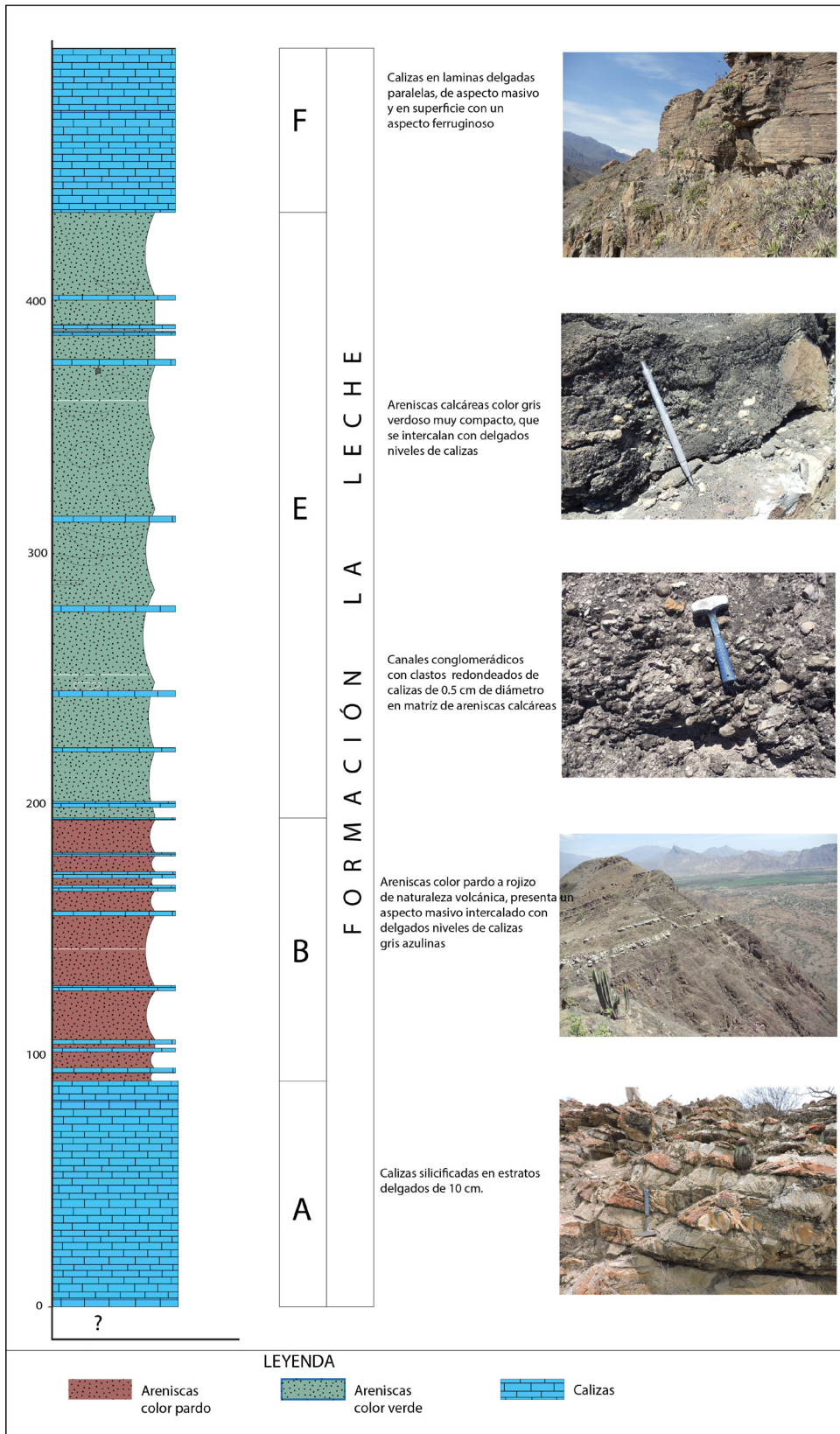


Figura 3.7 Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche, levantada al este de Barrio Nuevo, cuadrángulo de Chongoyape 14e (UTM 677880, 9243009).

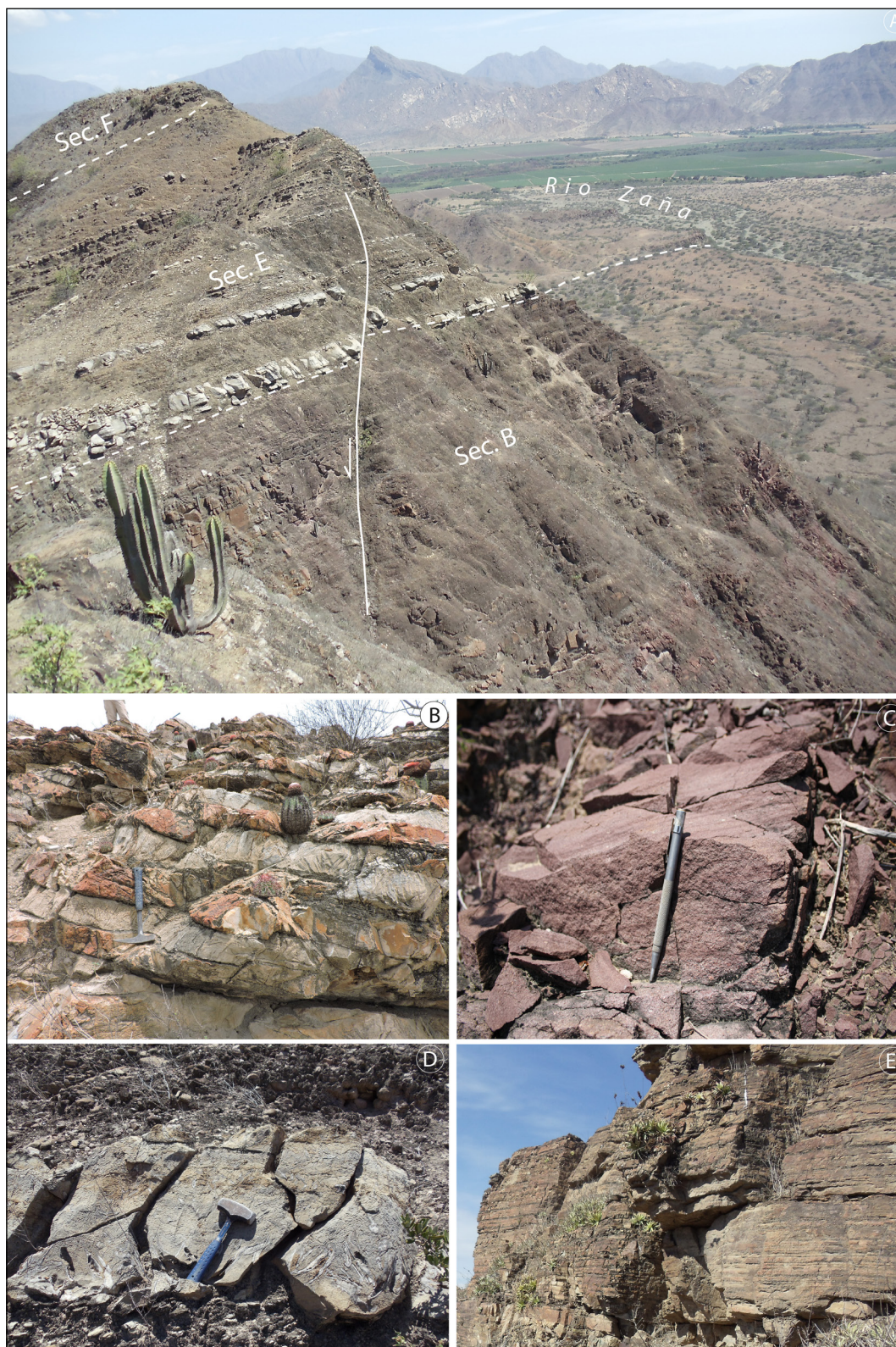


Figura 3.8 A) Vista tomada en la margen derecha del río Zaña, mirando al SE, (UTM 678286, 9242569), donde se muestra tres secuencias, afectadas por una tectónica extensional sinsedimentaria. B) Calizas silicificadas de la secuencia A. C) Areniscas feldespáticas de naturaleza volcánica color pardo rojizo de la secuencia B. D) Detalle de calizas con concentraciones de sílice de la secuencia E. E) Calizas en estratos delgados de aspecto masivo, donde el color superficial es ferruginoso.

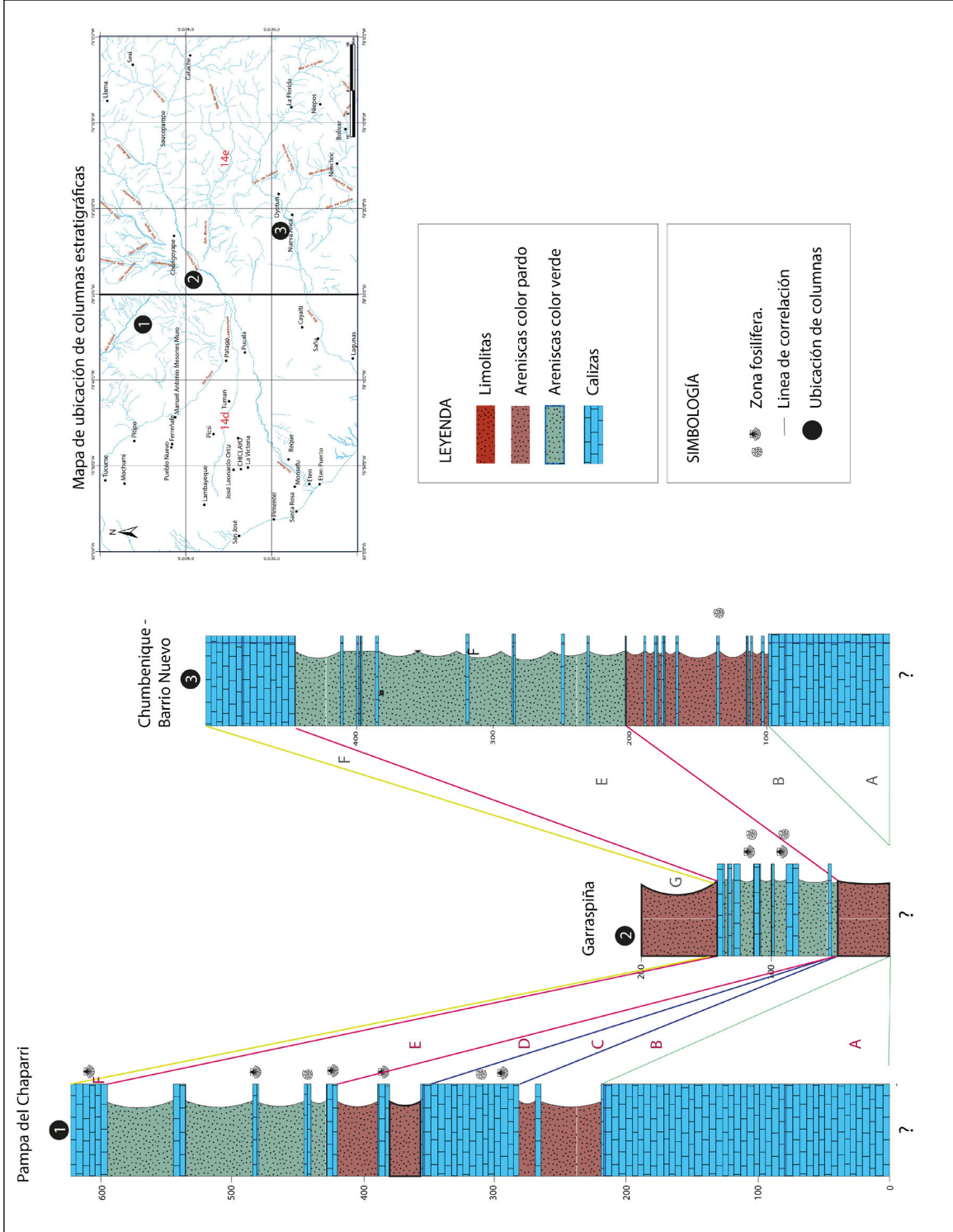


Figura 3.9 Correlación de columnas estratigráficas de los sectores de Pampa de Chaparri, Garraspiña y Chumbenique - Barrio Nuevo.

3.1.2 Formación Tinajones (Ki-t)

Fue descrita por Bonstorf (en Wilson, 1984); como una secuencia de rocas sedimentarias arenosas, intercaladas con tobas y grauvacas, cuya localidad tipo se encuentra en las cercanías de la represa de Tinajones, donde aparentemente yace concordante sobre la Formación Oyotún; sin embargo, últimos trabajos de campo y nuevas dataciones radiométricas indican que estos volcánicos corresponden a estructuras dómicas que han levantado a la Formación Tinajones y a unidades más antiguas. En el cuadrángulo de Chongoyape 14e, los afloramientos se presentan de manera discontinua; sin embargo, sus mejores exposiciones están en la quebrada Yaypon.

El paso a la unidad superior del Grupo Goyllarisquiza es progresivo (figura 3.10). La Formación Tinajones presenta algunos niveles volcánicos que al ponerse en contacto con secuencias de la Formación Oyotún resulta difícil poder determinar el contacto claro y contundente.

La Formación Tinajones presenta características similares a las secuencias de la Formación Gigantal de la cuenca Lancones, en donde su litología es una intercalación de tobas con presencia de grandes troncos de árboles petrificados, lutitas y areniscas cuarzosas, muy similares a la suma de las secuencias de la Formación Tinajones y el Grupo Goyllarisquiza; por lo tanto, La Formación Gigantal sería equivalente a estas dos últimas unidades.

Litología. Está constituido por una intercalación de tobas que contiene restos de troncos silicificados y flujos de cenizas muy compactas de composición riolítica, reportados en el cuadrángulo de Incahuasi. La secuencia intermedia está constituida por areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a grueso con estructuras internas de laminaciones horizontales y micro conglomerados con intraclastos. La secuencia superior está constituida por cuarcitas grises de grano fino en estratos de 20 a 30 cm, intercaladas con delgados niveles de lutitas color verde, esquistosas, en estratos delgados de 10 cm., que evolucionan a una secuencia rojiza ferruginosa; sin embargo, estas secuencias varían lateralmente, tal como se muestra en la quebrada Yaypon, donde las secuencias están constituidas principalmente por niveles tobáceos intercalado con lutitas negras, grauvacas y areniscas cuarzosas blancas (figuras 3.11A y 3.11B).

Edad y correlaciones. Pardo y Sanz (1979), entre las localidades de la "U" y el cerro Lajas de Tongón del río La Leche, reportan la presencia de lutitas negras con contenidos de restos de lamelibranchios Trigonía Lorenti DANA, del Valanginiano inferior y Berriasellidae? del Titoniano y Berriasiano del área de Yaypón. Restos de Otozamites del Neocomiano son muy comunes en estos afloramientos (Wilson, 1984). De acuerdo con estos datos paleontológicos disponibles, se ubica la base de la Formación Tinajones provisionalmente en el Berriasiano.

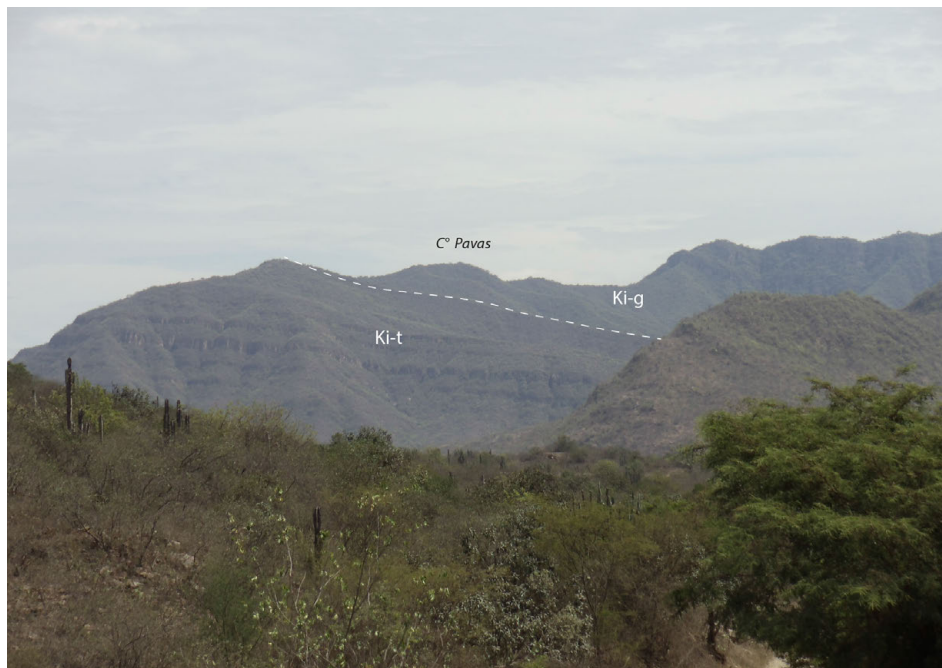


Figura 3.10 Toma panorámica, donde se muestra a la Formación Tinajones en paso progresivo hacia El Grupo Goyllarisquiza. Vista tomada desde la quebrada Yaypon (UTM 676294, 9278985), mirando al NO, hacia el cerro Pavas.



Figura 3.11 A y B) Secuencias de la Formación Tinajones en la quebrada Yaypón.

3.1.3 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

McLaughlin (1924) definió a esta unidad como una secuencia de areniscas y lutitas y, posteriormente, Jenks (1951) propone denominarla como Formación Goyllarisquizga, término que luego es usado por Benavides (1956) en la región de Cajamarca. En el área tipo de Cajamarca (Benavides, 1956), se describe esta unidad litoestratigráfica como una sucesión de areniscas rojas esquistosas y areniscas cuarzosas asociadas con conglomerados que reposan discordantes sobre las calizas del Grupo Pucará.

El Grupo Goyllarisquizga, en el área de estudio, reporta una potente secuencia de cuarcitas en estratos gruesos de 5 a 10 m, que puede alcanzar espesores de 500 m a más. Los afloramientos más representativos se encuentran al norte de la represa de Tinajones y en la localidad de El Horno, en cuyo caso se encuentran sobre una secuencia de tobas retrabajadas y areniscas de la Formación Tinajones. Otros afloramientos se encuentran lo largo de los ríos Chancay, Maichil, quebrada Las Paimas, quebrada Examen (figura 3.12) y los alrededores de la Represa de Tinajones. Estos mismos afloramientos se extienden hacia el cuadrángulo de Chiclayo 14d de manera casi continua, y también afloran en el corte de los ríos Chancay, Quebrada Matería, río Zaña y el río Nanchoc (localidad de Chinchiquipe). Suprayace a la Formación Tinajones en aparente concordancia e infrayace a la Formación Inca-Chúlec con la misma relación. En algunos sectores del Grupo Goyllarisquizga, está siendo

intruida o levantada por las secuencias de la Formación Oyotún e intrusivos granodioríticos (figuras 3.12 y 3.13).

Litología. Está constituida principalmente por areniscas cuarzosas de grano grueso a medio, colores grises blanquecino en estratos gruesos de 2 a 3 m de espesor, aparentemente masivas (figuras 3.14A y 3.14B); sin embargo, en el cuadrángulo de Olmos estas secuencias presentan grandes laminaciones oblicuas. En zonas intemperizadas, se observa pátinas de colores amarillo rojizos por oxidación. En la margen izquierda del río Zaña, más precisamente en el cerro Culpón (Figura 3.15), se muestra una columna estratigráfica, la cual se ha dividido en dos secuencias. La secuencia A, conformada por areniscas cuarzosas gris blanquecinas con laminación oblicua, intercalada con areniscas de grano medio a fino color gris verdoso con estratificación horizontal, que pasan hacia la parte superior a una secuencia de pelitas esquistosas color negro, que muestran delgados niveles de areniscas cuarzosas blanquecinas. La secuencia B está conformada por areniscas cuarzosas, ligeramente ferruginosas color pardo con tonalidades rozadas en estratos de 2 a 3 m.

Edad y correlaciones. El Grupo Goyllarisquizga en el área de estudio no ha mostrado fósiles diagnósticos; por lo tanto, la edad atribuida en el área de estudio es al Valanginiano, basado en la superposición sobre la Formación Tinajones de Berriasiano y la intrusión del conjunto de domos volcánicos de edad Hauteriviano-Barremiano.

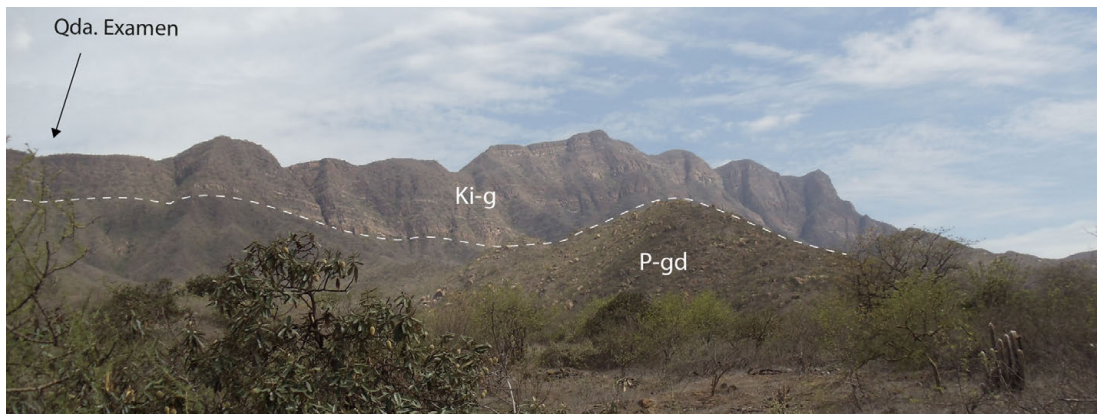


Figura 3.12 Toma Panorámica donde muestra areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g), intruido por una granodiorita (P-gd). Vista tomada desde el punto (UTM 681999, 9229656) hacia la quebrada Examen.

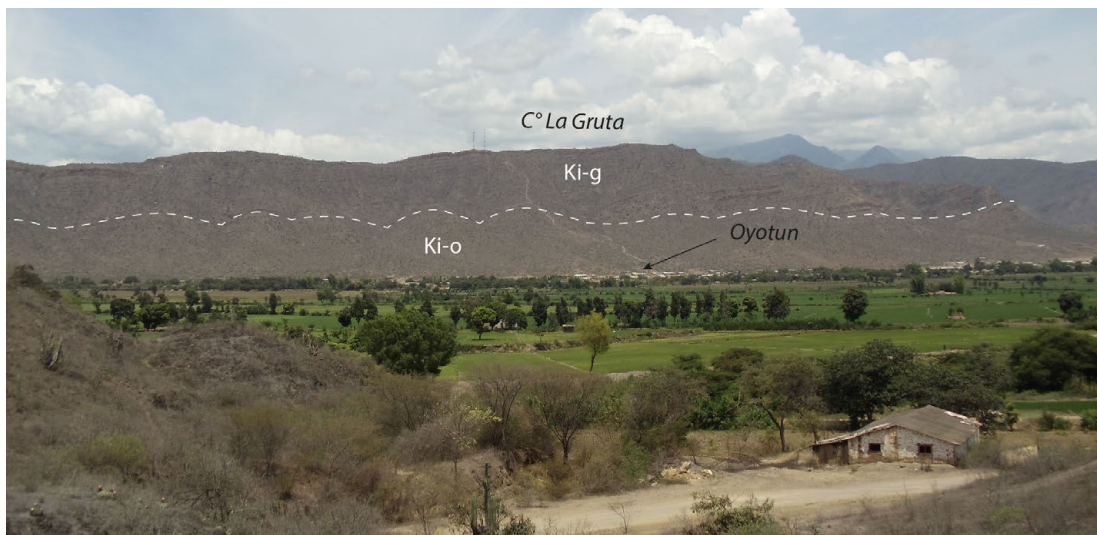


Figura 3.13 Secuencias de la Formación Oyotún, levantando a areniscas del Grupo Goyllarisquizga. Vista tomada al SE, desde la localidad de San Luis, (UTM 688974, 9245111).



Figura 3.14 A y B) Arenisca cuarzosa masiva muy fracturada. Vista tomada en el punto (UTM 669057, 9266901), mirando al NO del reservorio de Tinajones, donde muestra secuencias masivas de areniscas cuarzosas.

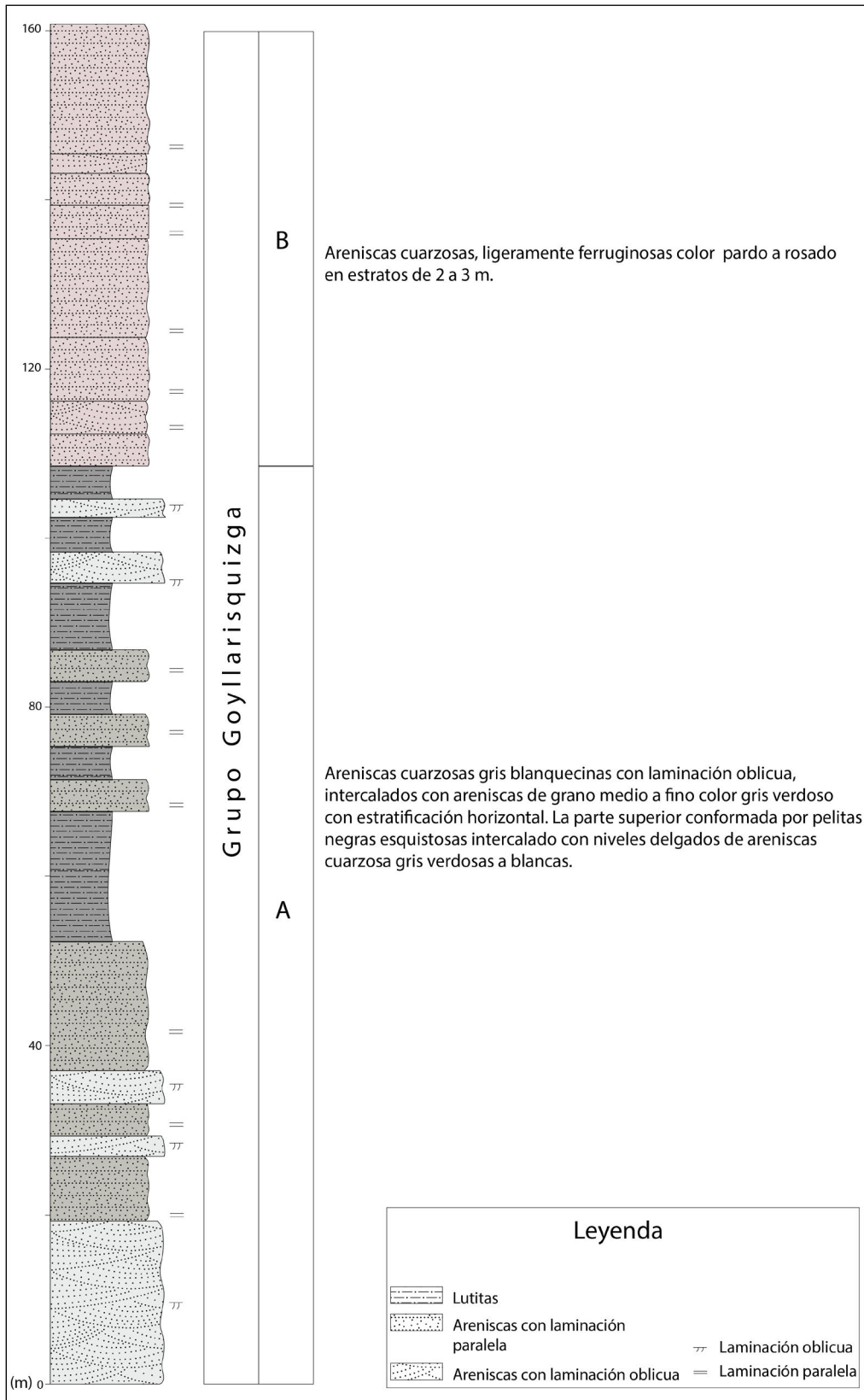


Figura 3.15 Columna estratigráfica del Grupo Goyllarisquizga, levantada en el cerro Culpón (UTM 676664, 9238738).

3.1.4 Formación Oyotún (Ki-o)

Fue definida primeramente como volcánicos Calabozo por (Fischer, 1952), quien para el río La Leche agrupa a las secuencias volcánicas y volcanosedimentarias en una sola unidad. Luego esta misma columna ha sido revisada, y se ha definido como Formación Oyotún a la parte inferior y Formación Tinajones a la parte superior. Posteriormente, Pardo & Sanz (1979) le asignan a estas mismas secuencias el nombre de Formación Colán, pero que no representa a la verdadera magnitud del vulcanismo ocurrido en la parte más oriental, ubicada entre el Complejo de Olmos y el Macizo del Marañón, donde se desarrolló una intensa actividad volcánica a la que Baldock (1977), Wilson (1984), Reyes & Caldas (1987) denominan como Formación Oyotún. Posteriormente, Mourier (1988). Romeuf et al. (1997) nuevamente retoman el nombre de Formación Colán. Últimamente, Jaimes et al. (2011, 2013), nuevamente la nombran como Formación Oyotún, y sugieren que la localidad tipo corresponde a la localidad de Oyotún del cuadrángulo de Chongoyape 14e; no obstante, últimas dataciones realizadas a estos volcánicos arrojan edades de 132-127 Ma, lo que sugiere un cambio en su posición estratigráfica a la que de hoy en adelante llamaremos como Formación Oyotún de edad cretácica.

En el cuadrángulo de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e, este estudio considera que la Formación Oyotún tiene su mayor extensión entre los valles de los ríos Zaña y Chancay, que comprende áreas de los distritos de Chogoyape y Oyotún y abarca parte de los cerros Perol, Mina, Leque Leque, Pedregal, Portachuelo, El Cura, El Alumbra, Tres Picos, mientras que en el cuadrángulo de Chiclayo los afloramientos están distribuidos entre los cerros de Chamane y los cerros el Cajal. Uno de los pocos lugares donde se observa la relación de contacto con la Formación La Leche es la quebrada Gigante de la hoja 14d1. Sin embargo, en el cerro Pan de Azúcar y el cerro Chumillan de la hoja 14d1, afloran un conjunto de cuerpos subvolcánicos cretácicos, que se encuentran a manera de domos y levantan a secuencias calcáreas de la Formación La Leche y la Formación Tinajones, que generan en el contacto con estos marmolización y recristalización de las calizas. Es evidente también esta relación con otras unidades como el Grupo Goyllarisquizga, que sufre los mismos efectos de levantamiento dómico, tal como se puede apreciar en el cerro Alumbra de la hoja 14e3 (figura 3.16), donde se observa un levantamiento de las secuencias sedimentarias. Gran parte de los afloramientos de la Formación Oyotún presenta superficies irregulares sin estratificación definida y están cortados por cuerpos subvolcánicos de andesitas porfíricas (figura 3.17).

Litología. Está compuesta por lavas de composición andesítica y dacítica, junto a niveles de tobas (figuras 3.18A y 3.18B). Las secuencias observadas en los ríos Zaña y Chancay corresponden a tobas, lavas andesíticas, cuarzo andesitas, dacitas y riolitas, ligeramente alteradas. En el sector Leque Leque (hoja 14e3), se obtuvieron dos muestras cuyo estudio petrográfico determinó la presencia de:

Dacita.- Muestra GR9-11-20 (ver anexo 02). Se trata de una roca volcánica con textura porfírica, constituida por cristales de plagioclasas, cuarzo y minerales ferromagnesianos (anfíboles). Estos cristales se encuentran inmersos en una matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasas con diseminados de minerales opacos. Como productos de rocas alteradas, se encuentran las arcillas, carbonatos cloritas y sericita. En este mismo lugar, se observan lavas andesíticas muy alteradas y fracturadas. Los afloramientos del cerro El Alumbra corresponden a estratos gruesos de tobas, lavas andesíticas y dacíticas.

Roca volcánica alterada.- Muestra GR9-11-24 (ver anexo 03). En estudio petrográfico, se describe una roca volcánica alterada, constituida por cuarzo secundario, que por sectores se encuentra intercrecida con sericita y arcillas, y así mismo presenta impregnación de óxidos. La roca presenta amígdalas y venillas entrecruzadas rellenas de jarosita asociadas a óxidos. También se observa diseminación de hematita como pseudomorfos de magnetita.

El espesor puede variar entre 400 a 500 m a más, aunque es difícil precisar su verdadero espesor, puesto que no presenta una estratificación definida, debido al fuerte fracturamiento que ha sufrido durante la deformación andina. Geoquímicamente, las rocas de la Formación Oyotún corresponden a lavas calcoalcalinas emplazadas en un modelo de arco continental. (Romeuf, 1994).

Edad y correlaciones. Se han hecho muchos intentos en colocar la posición estratigráfica real de estas secuencias volcánicas, a las que anteriormente se les asignaba una edad Jurásico medio a superior sobre la base del hallazgo de una fauna en niveles sedimentarios supuestamente contemporáneos al vulcanismo, que se trataba de ammonites (*perisphinctes* sp., *Dichotomosphinctes* sp.) de edad Oxfordiana. Además, también fueron reportados bivalvos Calovianos (Mourier, 1988); sin embargo, estas no representan al intenso vulcanismo registrado en la zona. Más bien, la fauna encontrada correspondería a unidades sedimentarias circundantes a este vulcanismo; por lo tanto, se sugiere que, de hoy en adelante, este complejo volcánico se ubique en el Cretácico inferior, de acuerdo con recientes dataciones radiométricas en el cuadrángulo de Chiclayo y alrededores.

Se han estudiado seis muestras de la Formación Oyotún en estas áreas antes mencionadas y se han llevado a cabo dataciones LA-ICPMS en zircones de dacitas por el método U-Pb, que arrojan edades entre el intervalo de 132.3 \pm 1.3 a 127.3 \pm 1.3 Ma. La posición estratigráfica de las muestras se muestra en la columna (figura 3.19), donde se puede apreciar unidades más jóvenes (Formación Oyotún) debajo de unidades

más antiguas (Formación La Leche, Formación Tinajones y Grupo Goyllarisquizga), lo cual confirma la existencia de un gran domamiento generado por un vulcanismo muy complejo, que inclusive alcanza niveles regionales. De ese modo, sobre la base de estas nuevas dataciones, se le asigna una edad a la Formación Oyotún dentro del intervalo Hauteriviano-Barremiano (Cretácico inferior).



Figura 3.16 Vista de afloramientos de la Formación Oyotún, que infrayacen a areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. Vista tomada desde (UTM 683169, 9248548), en la localidad de Santa María mirando al NO.

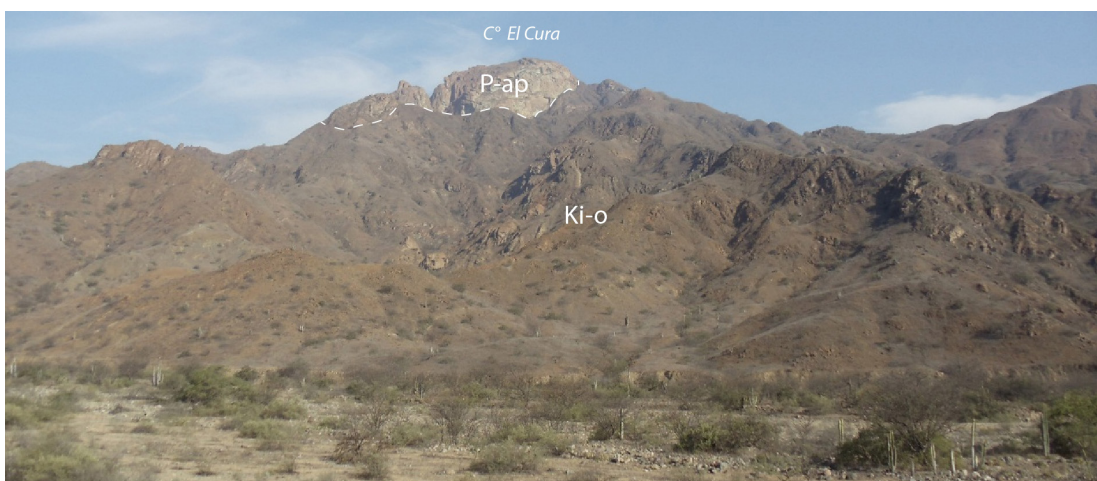


Figura 3.17 Formación Oyotún en superficies irregulares sin una estratificación definida. Vista del Cerro el Cura, tomada desde (UTM 678048, 9242814).

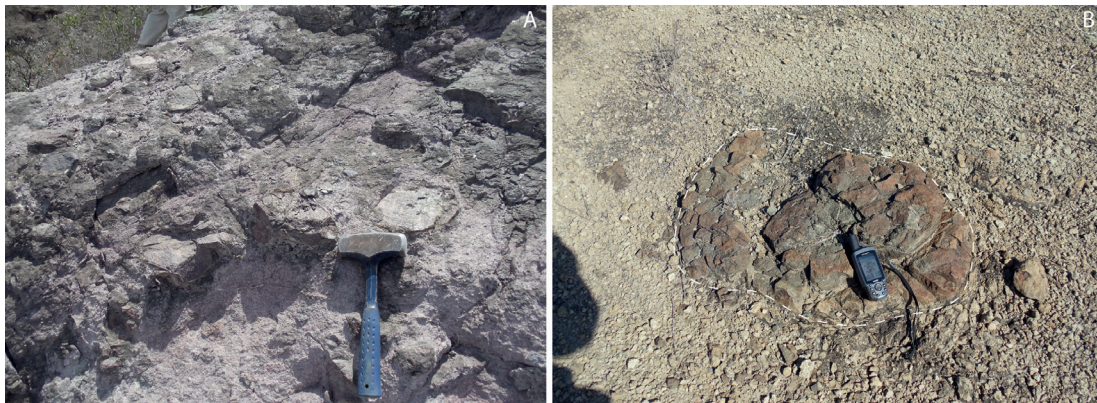


Figura 3.18 A) Detalle de tobas con líticos subangulosos en matriz de ceniza. B) Detalle de bloque de lava andesítica de más de 50 cm de diámetro, envuelta en una matriz tobácea.

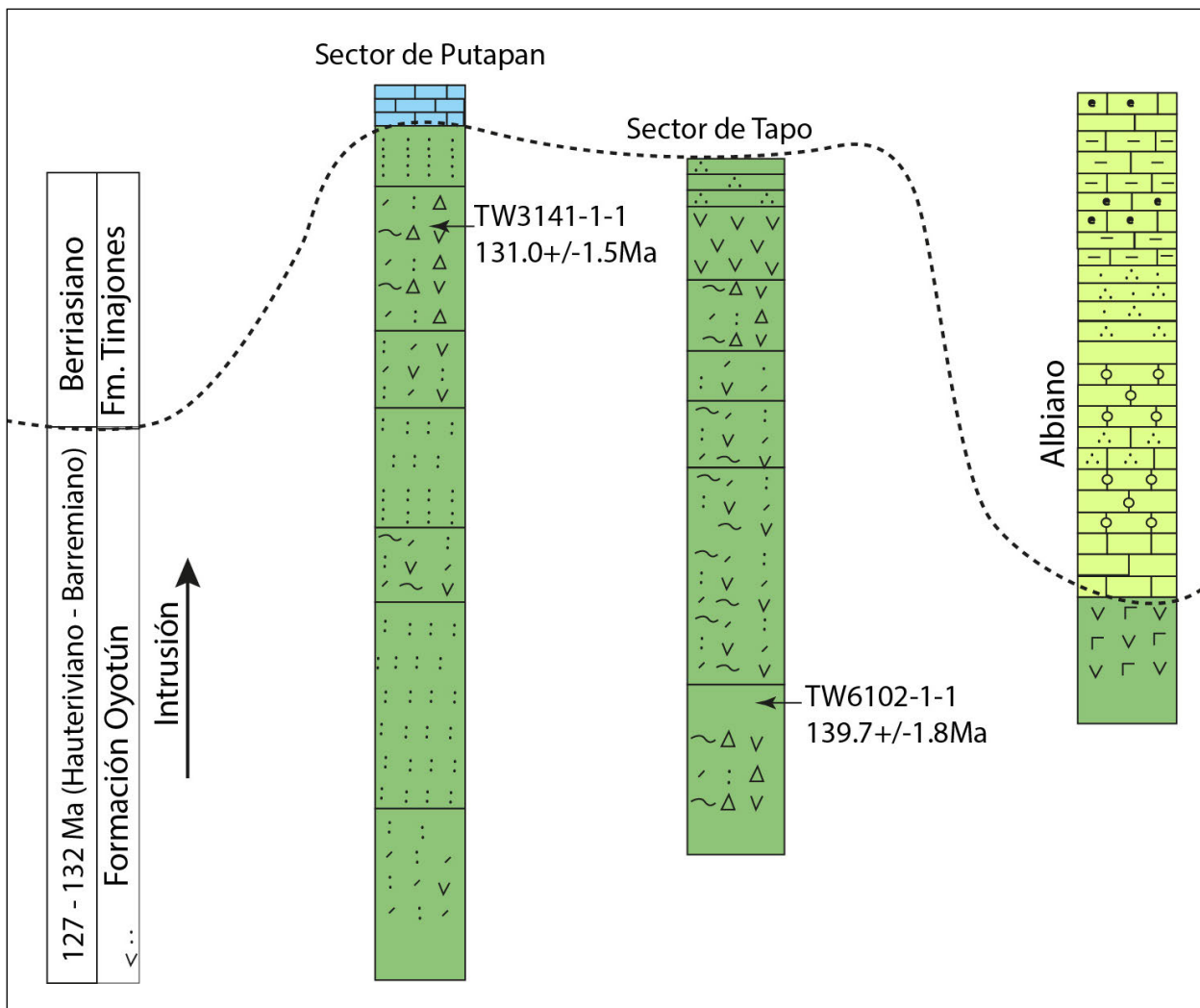


Figura 3.19 Posición de las muestras datadas en la columna estratigráfica de la Formación Oyotún en los sectores de Tapo (UTM 740208, 9304065) y Putapán.

Características Geoquímicas de la Formación Oyotún

Las rocas volcánicas mesozoicas son predominantemente un conjunto de facies de flujo de escombros volcánicos y su litología es muy compleja. Del análisis en laboratorio se ha obtenido los valores que se muestran en la tabla 01. En los diagramas TAS (figura 3.20A), se han planteado seis muestras de campo, entre la que se tiene: dacita, andesita, riolita y traquiandesita basáltica. Las muestras pertenecen a la serie subalcalina. De acuerdo con el diagrama SiO₂ versus K₂O (figura 3.20B), estas muestras pertenecen a series alcalinas con contenidos de calcio medio-alto, mientras que la muestra YH2313-0-2 es alcalina.

Las rocas de la Formación Oyotún tienen composiciones complejas, que muestran contenidos de medio-bajo a alto contenido de Si (SiO₂ = 54.44% ~ 7.43), enriquecimiento en Al con A / ACK 0.98 ~ 3.51. En el diagrama A / CNK versus A / NK, las rocas caen en el campo metaluminoso-peraluminoso (figura 3.20C). En los diagramas de Harker (figura 3.21), las rocas volcánicas tienen la corrección negativa entre SiO₂ versus MgO, Fe₂O₃, TiO₂, Al₂O₃, CaO, P₂O₅, lo que sugiere generalmente la cristalización fraccionada del feldespatos, apatita y titanio (Sun et al., 2008).

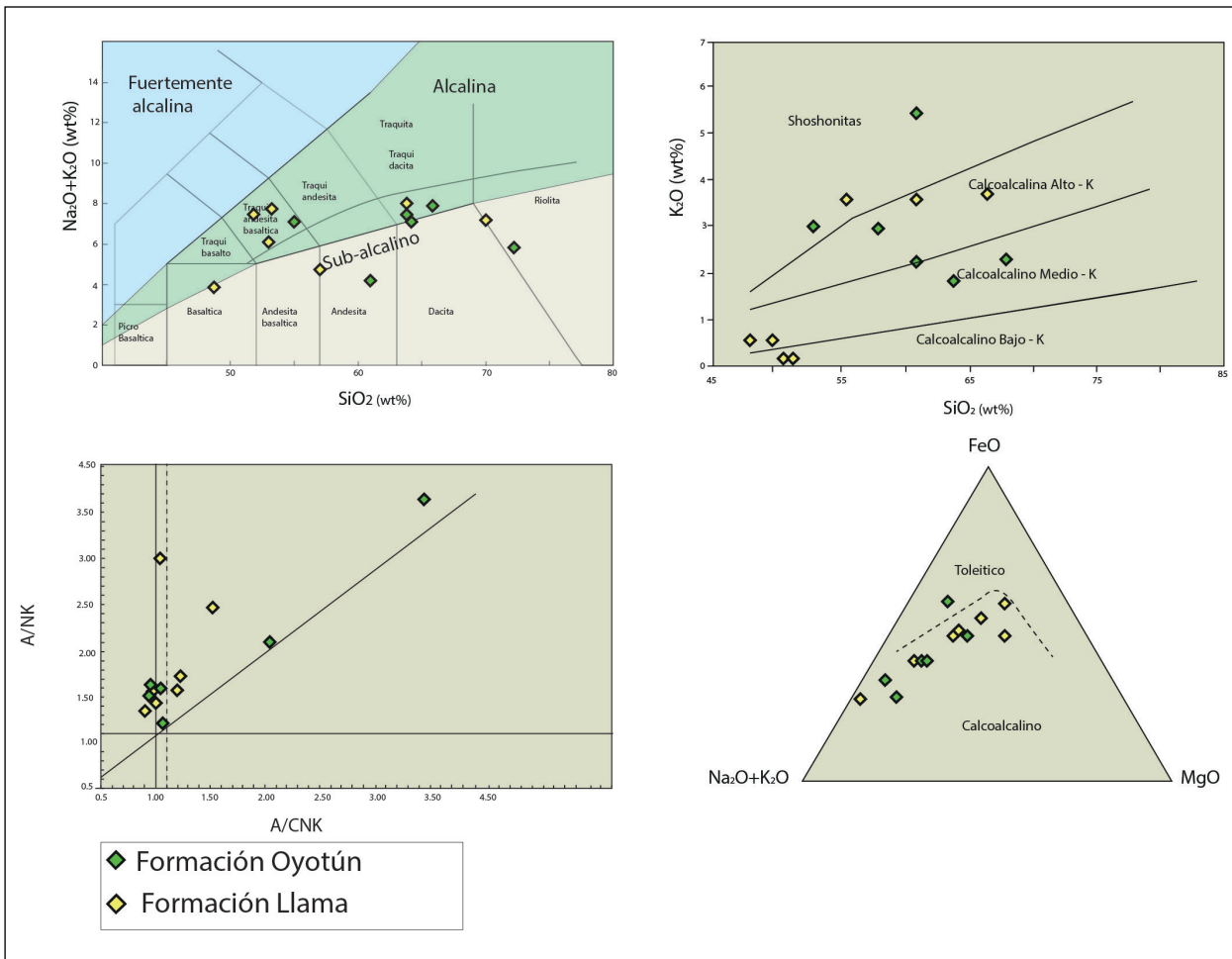


Figura 3.20 A) Diagrama TAS de rocas de la Formación Oyotún. B) SiO₂ versus K₂O. C) A/CNK versus A/NK y D) FeO-Na₂O-MgO.

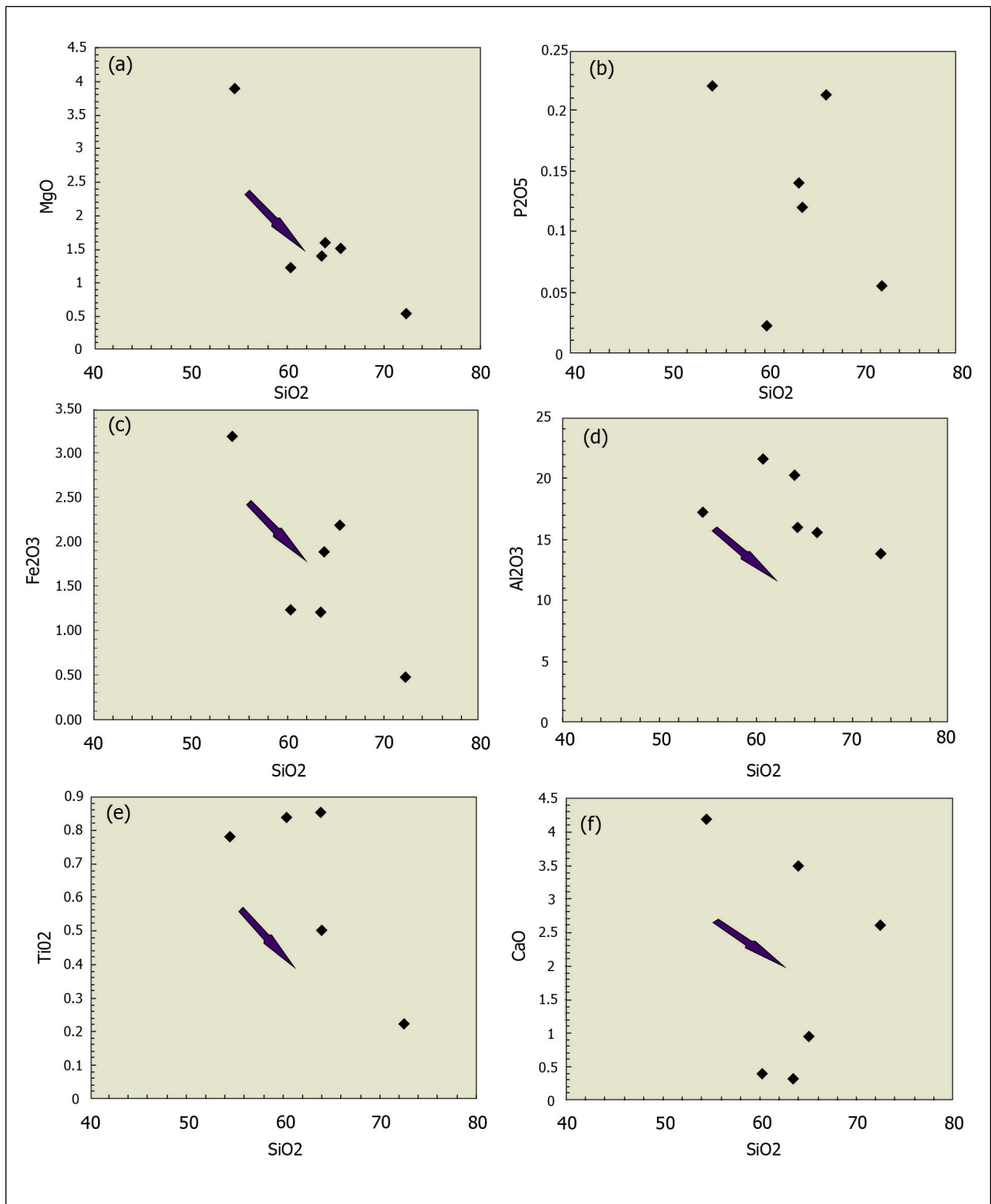


Figura 3.21 Diagramas Harker de rocas de la Formación Oyoútun del Mesozoico.

Composición de REE y elementos traza

Las rocas de la Formación Oyotún tienen contenidos de REE (95.39~219.35) con enriquecimiento de LREE (LaN/YbN=4.98~17.85). En los patrones de elementos traza normalizados al manto primitivo, todas las muestras están débilmente enriquecidas en los elementos más altamente incompatibles con respecto a los moderadamente incompatibles. Los patrones normalizados al condrito LREE fraccionados son obviamente más fuertes que los de HREE (LaN/SmN=2.47~9.49, GaN/YbN=1.00~1.65). Las anomalías de

Eu negativas a positivas son leves para todas las muestras (Eu=0.63~1.04).

Las rocas volcánicas de la Formación Oyotún tienen el enriquecimiento del LILE (Cs, Rb, Th, U, Pb, K), con evidente agotamiento de HFSE (Nb, Ta, Ti). Los patrones de elementos traza del manto primitivo normalizado son caracterizados por el TNT con el distintivo Pb positivo y anomalías de P negativo (figura 3.22a). Los modelos REE del condrito normalizado muestran enriquecimiento de los LREE (figura 3.22), lo que sugiere las características geoquímicas de un arco magmático (Muller et al., 1992).

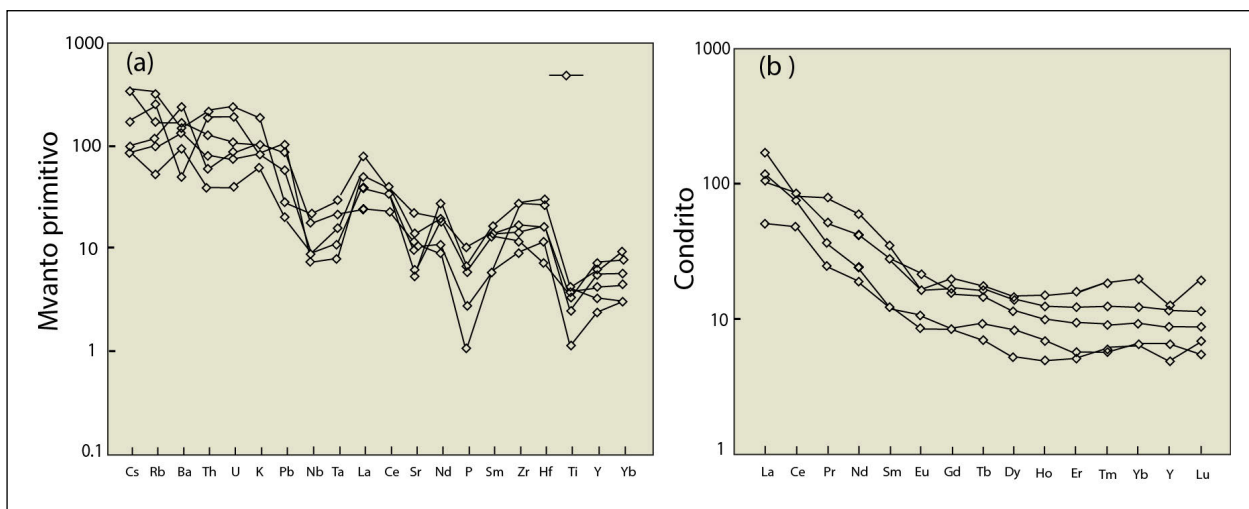


Figura 3.22 a) Diagrama Spider con elementos traza del Manto primitivo normalizado. b) Modelo de Condrito normalizado para la Formación Oyotún.

Tabla 3.1

Análisis geoquímico en rocas volcánicas cretácicas de la Formación Oyotún

Unidad	Formación Oyotún						
Muestra	YH4105_1_1	YH5208-0-1	YH6104_1_1	YH6302_0_2	YH2313_0_2		YH3141-1-1
X_Geo	-79.022	-79.487	-78.857	-78.934	-79.495		-79.642
Y_Geo	-6.027	-6.807	-6.247	-6.032	-6.401		-6.493
Tipo	Lava	lava	Lava-toba	lava	toba		toba
Elementos mayores (wt%)							
SiO ₂	63.92	72.55	65.63	54.44	60.35		63.58
TiO ₂	0.5	0.21	0.68	0.78	0.84		0.85
Al ₂ O ₃	16.12	13.55	15.14	17.24	21.54		20.3
Fe ₂ O ₃	1.91	0.67	2.34	3.19	1.23		1.21
MnO	0.12	0.093	0.13	0.19	0.09		0.034
MgO	1.6	1.08	1.55	3.89	1.24		1.41
CaO	3.5	0.58	1.07	4.17	0.4		0.34
Na ₂ O	4.53	4.24	6.07	3.99	1.3		1.9

Continuación...

Unidad	Formación Oyotún					
K ₂ O	2.46	3.14	1.83	3.07	3.02	5.53
P ₂ O ₅	0.12	0.06	0.21	0.22	0.022	0.14
FeO	2.62	2.1	2.76	4.72	4.91	1.24
Elementos traza (ppm)						
Li	<10	16.4	12	22.1	51.2	7.59
Sc	14.6	4.11	16.9	27.5	20.5	18.1
V	97.4	31.8	33.3	140	60.5	67.3
Co	9.4	3.15	4.1	24.2	6.1	4.38
Ni	4.3	3.15	2.42	10	5.5	3.09
Cr	12.9	15.7	9.95	29	14.1	6.23
Cu	85.2	2.79	7.51	94.9	15.1	5.08
Zn	58.1	26.8	52.8	118	93.6	29.6
Rb	59.4	155	31.7	71	102	196
Sr	280	97.1	121	446	231	108
Y	24.9	6.42	32.6	18.8	14.2	27.2
Nb	5.9	5.09	6	4.9	11.7	14.4
Zr	156	92.1	180	128	301	301
Mo	0.52	0.34	0.26	1.7	0.28	0.35
Cs	1.8	4.82	1.87	2.1	7.2	7.63
Cd	<0.05	0.039	0.036	<0.05	0.14	0.014
Ba	882	966	645	1600	1130	1004
La	34.2	35.1	25.8	32.6	15.8	53.2
Ce	69.9	56.7	56.8	66.8	39	64.9
Pr	6.2	4.02	5.42	6.2	3	9.52
Nd	24.6	13	23	25.4	11.4	35.8
Sm	5.4	2.18	5.86	5.5	2.4	6.83
Eu	1.2	0.8	1.35	1.6	0.78	1.22
Gd	4.4	1.89	4.89	4.1	2.2	5.15
Tb	0.8	0.25	1	0.7	0.44	0.85
Dy	4.5	1.22	5.9	3.7	2.7	4.8
Ho	0.92	0.24	1.21	0.72	0.5	1.08
Er	2.6	0.77	3.39	2	1.2	3.37
Tm	0.41	0.14	0.55	0.3	0.19	0.61
Yb	2.6	1	3.49	2	1.4	4.17
Lu	0.38	0.17	0.49	0.29	0.18	0.65
Hf	4.9	2.3	4.7	2.1	7.8	8.9
Ta	0.44	0.53	0.41	0.3	0.82	1.11
W	0.61	0.22	0.24	<0.5	0.88	0.98
Pb	15.8	3.7	3.06	13.2	13.2	4.26
Th	6.5	14.1	3.18	4.7	10.1	17.7
U	1.5	2.77	0.82	1.8	2.2	5.02

3.1.5 Formación Inca-Chúlec (Ki-i,chu)

Las formaciones Inca-Chúlec han sido descritas en Cajamarca por Benavides (1956), donde se mencionan individualmente como Formación Inca y Formación Chúlec. La Formación Inca tiene como localidad tipo el sector de los Baños del Inca a 6 km al este de la ciudad de Cajamarca. En este sector, se describe una secuencia de 90 metros de espesor de areniscas oolíticas gris pardas intercaladas con calizas ferruginosas y lutitas fosilíferas amarillentas a verdosas, y subordinadamente con areniscas cuarzosas y limolitas. La Formación Chúlec fue definida por Steinmann (1930) a lo largo de la carretera de la Oroya y Pariatambo en el Perú central. Este estudio considera que estas formaciones están constituidas principalmente por niveles calcáreos y lutitas; sin embargo, en el cuadrángulo de Chongoyape resulta complejo discriminar estas dos formaciones debido a que los afloramientos presentan similitudes en su litología. Por lo tanto, en este boletín describiremos estas formaciones como una sola unidad. Estas formaciones afloran de manera continua en la parte central del cuadrángulo de Chongoyape 14e y en los cortes de los ríos Chancay, quebrada Montería, quebrada Examen, Río Zaña y el río Nanchoc; sin embargo, el cuadrángulo de Chiclayo 14d, presenta muy escasos afloramientos, como los registrados en uno de los flancos del cerro Collique.

La agrupación de la Formación Inca-Chúlec sobreyace concordante al Grupo Goyllarisquiza e infrayace concordante a calizas de la Formación Pariatambo del Albiano medio (figura 3.23). En los lugares donde estas secuencias calcáreas son afectadas por cuerpos intrusivos paleógenos, se generan zonas de alteración, como marmolización y zonas mineralizadas tipo skarn de magnetita.

Litología. La columna litoestratigráfica (figura 3.24), levantada en la margen izquierda del río Zaña, reporta tres secuencias que

se describen de la base al techo: Secuencia A, conformado por estratos gruesos de calizas, color gris verdoso con presencia de restos con fragmentos fósiles y delgados niveles de pelitas. Secuencia B, caracterizada por la presencia de areniscas cuarzosas algo ferruginosas color pardo a rosada en estratos delgados de 5 a 10 cm (figura 3.25A), intercalada con pelitas, lutitas (figura 3.25B) y calizas en estratos gruesos. Secuencia C, que se inicia con areniscas cuarzosas gris blanquecinas, que pasan a la parte superior a una secuencia pelítica y calizas en estratos gruesos color gris verdoso (figura 3.25C).

De manera general, en la localidad de El Triunfo, presenta areniscas oscuras en capas delgadas de 10 a 20 cm de espesor intercalada con limolitas rojizas. En la localidad de Casa Quemada, cerca del poblado de Nanchoc, las formaciones Inca-Chúlec están constituidas por niveles de lutitas gris negruzcas intercalados con calizas ferruginosas color amarillento (figura 3.26)

Edad y correlaciones. En la región de Cajamarca, las rocas de las formaciones Inca-Chúlec presentan *ammonites* como *Parahoplites*, *Knemiceras*, *Douvilleiceras*, y *Prolyelliceras* (Benavides, 1956). También se reporta la presencia de *Ostrea syphax*, *Protanisoceras* sp. y *Knemiceras Raimondi* en la localidad de Sallique (Reyes & Caldas, 1987). Últimamente, en una sección levantada en la misma localidad de Sallique, se han encontrado las siguientes especies: *Liophista (Psilomya) gigantea* SOWERBY, *Caridium cf. C.*, *Pulchrum BRUGGEN*, *Veniellia* sp., *Trigonia crenulata* LAMARCK, *Tylostoma* sp., *Liophista (Psilomya) ligerensis* (D'ORBIGNY), *Liophista (Psilomya) sp.*, *Nicaiolopha* sp., *Anisocardia* sp., Basados en la existencia de estos restos paleontológicos y en estudios anteriores a las formaciones Inca-Chúlec, se les asigna una edad comprendida entre el Albiano inferior a medio, al no tener una especie que identifique un piso específico.

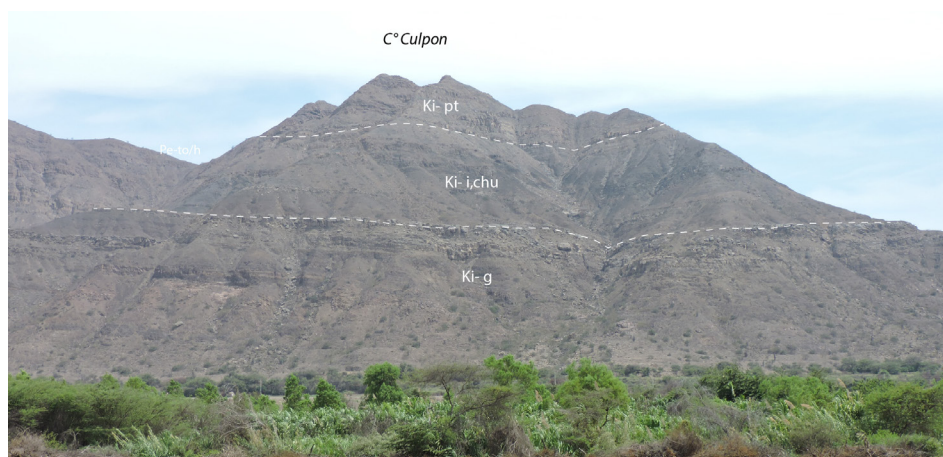


Figura 3.23 Afloramientos de las formaciones Inca-Chúlec y Pariatambo. Vista tomada hacia el cerro Culpón (UTM 676402, 9238414).

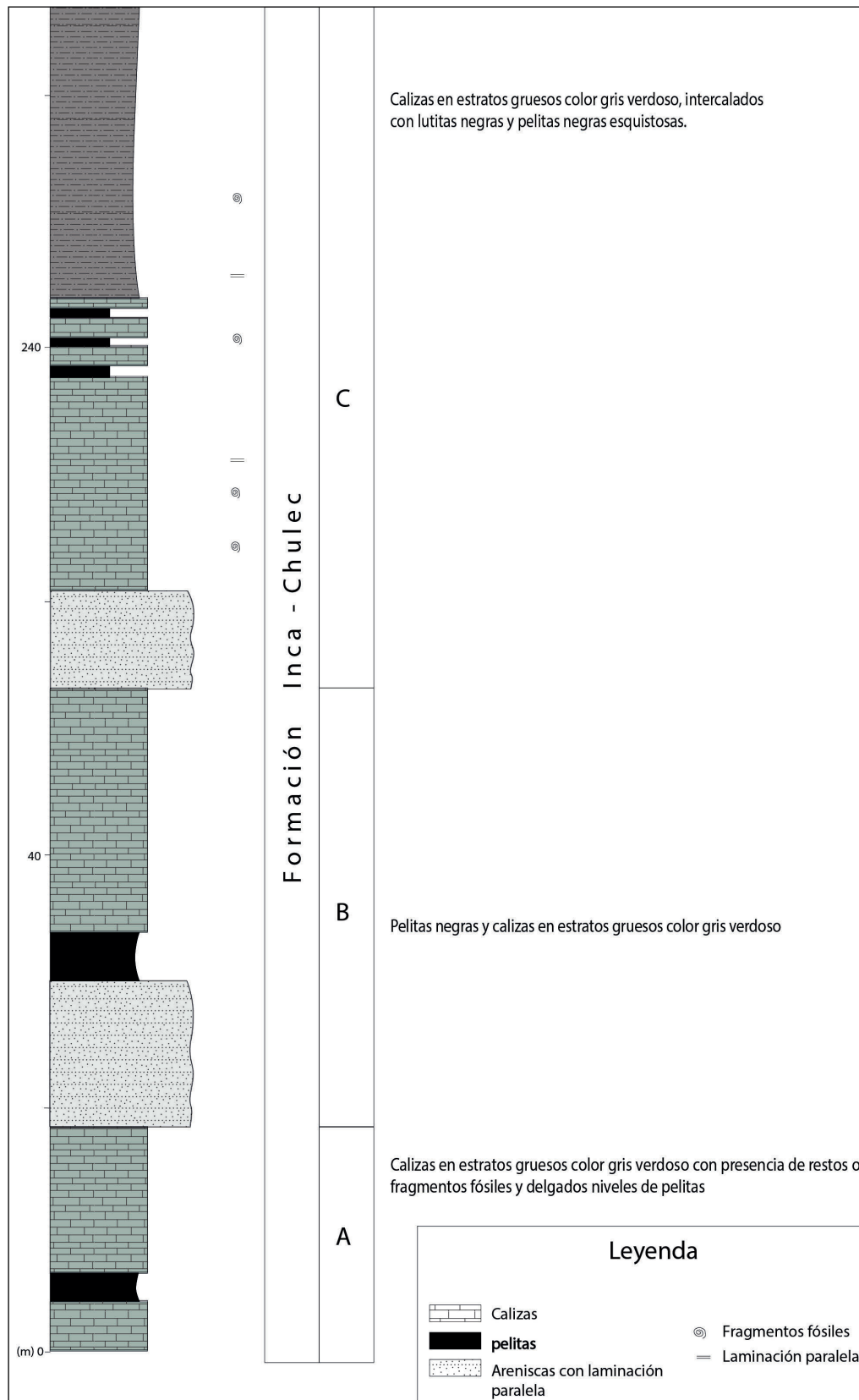


Figura 3.24 A) Columna estratigráfica de la Formación Inca-Chúlec, levantada en el cerro Culpón (UTM 676664, 9238738).



Figura 3.25 A) Estratos delgados de areniscas cuarzosas ferruginosas. Vista en detalle. B) Lutitas negras interestratificadas con calizas. C) Calizas en estratos gruesos.



Figura 3.26 Afloramientos de la Formación Inca Chúlec. Vista tomada en la localidad de Hacienda Vieja, (UTM 691678, 9232768).

3.1.6 Formación Pariatambo (Ki-pt)

La Formación Pariatambo fue definida por McLaughlin (1924) como miembro "Pariatambo", en una zona cerca de la Oroya; posteriormente, Benavides (1956) la elevó a la categoría de Formación Pariatambo en la región de Cajamarca. Litológicamente, se presenta en estratos delgados de margas y calizas negras bituminosas, con algunas intercalaciones de chert y concreciones discoidales con abundante fauna fosilífera. En la sección tipo de La Oroya, presenta un espesor de 120 m.

Similares secciones fueron estudiadas en el cuadrángulo de Chongoyape 14e. Aflora principalmente en la parte central del cuadrángulo de manera discontinua. Sus afloramientos se encuentran coronando las partes altas de las principales

montañas, tales como el cerro Pan de Azúcar, el cerro Pato, el cerro Pencal, y el cerro el Horcón. En la parte central de la misma hoja, presentan afloramientos en los cerros La Flecha (figura 3.27), cerro Culpón, así como en los cerros Vizcachas y Portachuelos. En el cuadrángulo de Chiclayo 14d, se presenta en afloramientos discontinuos, como es el caso del cerro La Cantarilla, cerro Collique y sur de cerro San Juanito, todos estos intruidos por granitos de la Unidad Cayaltí, así como en pampa Cantarilla, donde se presenta como dos pequeñas lomas aisladas en estas superficies planas (figura 3.28).

La Formación Pariatambo suprayace concordante a la Formación Inca-Chúlec, contrario a lo que Benavides (1956) establece, que menciona una discordancia en la región de

Cajamarca. El contacto con las unidades inferiores en todos los afloramientos de los lugares antes mencionados muestra un carácter concordante muy marcado con la unidad inferior, evidenciado por las características anóxicas y fétidas que presentan los niveles calcáreos de la Formación Pariatambo. Regionalmente, la Formación Pariatambo es correlacionable con las calizas de la Formación Muerto (Albiano medio) de la cuenca Lancones (Mourier, 1988), y las características anóxicas que presentan ambas unidades son correlacionables con los grandes eventos globales oceánicos de carácter anóxico que sucedieron en el Albiano medio.

Litología. Se describe la presencia de calizas tipo mudstone de color negro oscuro con olores fétidos, a veces fosilíferos, en estratos delgados de 5 a 10 cm, intercaladas con niveles de margas nodulares exfoliables (figuras 3.29A y 3.29B).

Las características anóxicas de estas calizas evidencian un ambiente de plataforma profunda, donde la cuenca sufre una profundización, por lo tanto, poca movilidad de agua y como consecuencia la ausencia de oxígeno. El espesor de estas calizas en todos los casos no supera los 100 m de espesor.

Edad y correlaciones. La Formación Pariatambo, en el área de estudio, es muy escasa; sin embargo, en estos mismos horizontes, en el área del cuadrángulo de Incahuasi, se reporta la presencia de niveles fosilíferos, sobre todo en los niveles con nódulos, donde se han encontrado ammonites de 20 cm de diámetro (Jaimes, 2013), del tipo *Oxytropidoceras* (*Oxytropidoceras*) cf. *O. (O.) carbonarium* (GABB); sin embargo, en Cajamarca en esta unidad se reportan especies similares de *Oxytropidoceras carbonarium* (Benavides, 1956). Así mismo, en el cuadrángulo de Pomahuaca (12e), se han encontrado varias especies entre las que se tiene: *Ostrea (lopha) scyphax* COQUAND, *Tellina* sp., *Mortoniceras (Deiradoceras) cf., M.(D) prerostratum* (SPATH), *Mortoniceras (Deiradoceras) sp., Inoceramus (Mytiloides) sp., Ostrea (lopha) sp., Ostrea (lopha) cf. O. (L.) scyphax* COQUAND, *Freiastarte* sp., *Astarte* sp., *Inoceramus cf. L. concentricus* PARKINS, *Torquesia aff. T. vibrayana* (D'ORBIGNY), *Oxytropidoceras (Venesoliceras) sp., Anomia* sp., *Oxytropidoceras (Mirapelia) douglasi* KNECHTEL, *Oxytropidoceras (O) cf. O. manuanense* (SPATH).

Estas evidencias paleontológicas y su posición sobre la Formación Chúlec, así como, las correlaciones fosilíferas con la región de Cajamarca indican para esta unidad el Albiano medio.

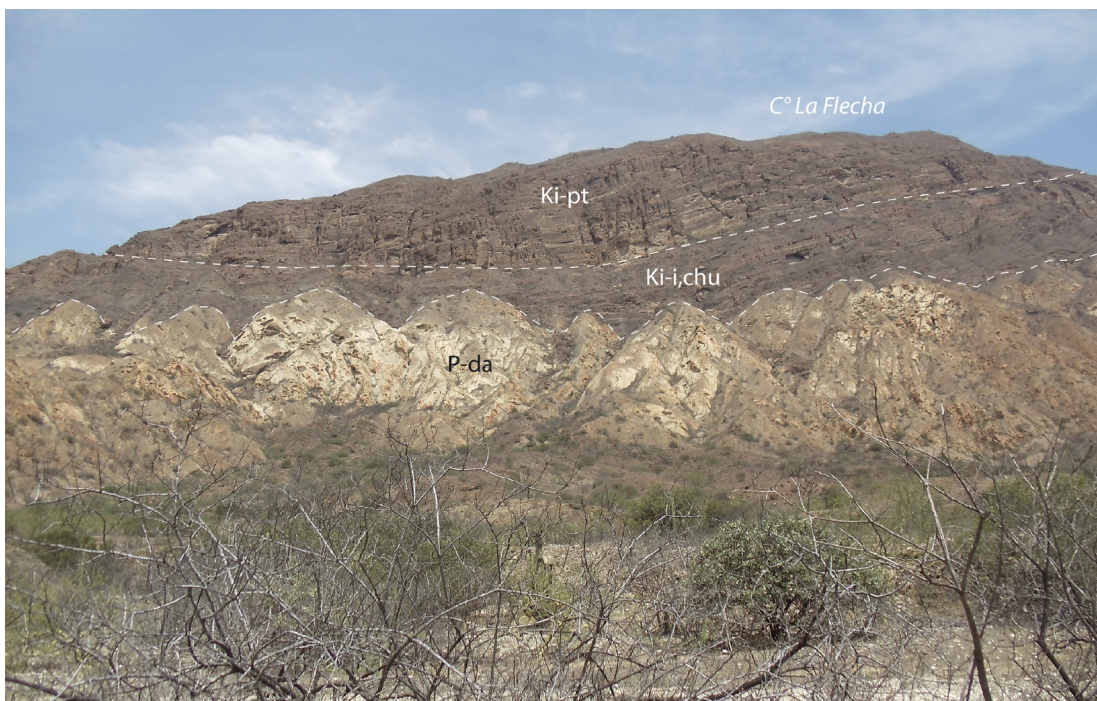


Figura 3.27 A) Foto panorámica donde la Formación Pariatambo (Ki-pt) suprayace a la Formación Inca-Chúlec (Ki-i, ch). Vista tomada mirando al oeste hacia el cerro La Flecha (UTM 679308, 9232993).

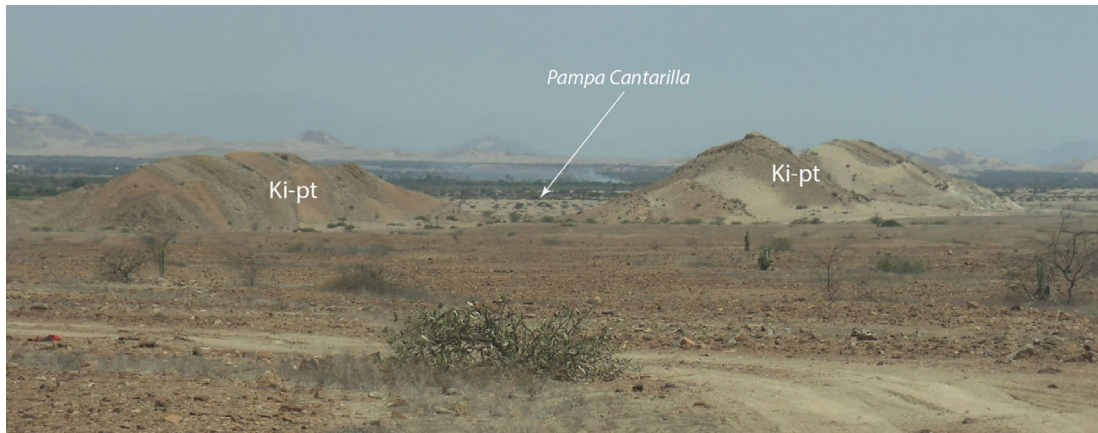


Figura 3.28 Afloramientos discontinuos de la Formación Pariatambo (Ki-pt). Vista tomada en el sector de Pampa Cantarilla (UTM 652154, 9239003).

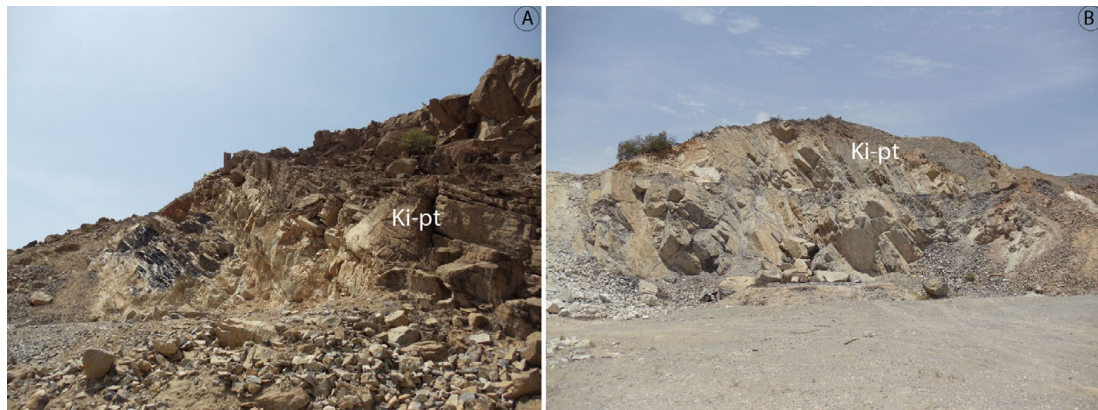


Figura 3.29 A y B) Detalle de afloramientos de calizas negras bituminosas (UTM 652086, 9238546).

3.1.7 Grupos Pulluicana – Quilquiñan (Ks-pu,qu)

El término de Grupo Pulluicana fue dado por Tafur (1950) a una agrupación de tres formaciones. 1) Formación Yacu Ushco (actual Formación Pariatambo) corresponde a una secuencia de calizas negras bituminosas, intercalada con capas silíceas y dolomías amarillentas. 2) La Formación Yumagual está compuesta de calizas gris azulinas con grandes concreciones de sílice, margas y arcillas fosilíferas. 3) La Formación Mujarrun está constituida por arcillas conchíferas y calizas gris azulinas. Sin embargo, Benavides (1956) excluye a la Formación Pariatambo de este grupo, y toma como localidad tipo una sección en el paraje de Pulluicana a 7 km al norte de Cajamarca, indicando que el Grupo Pulluicana se inicia con una secuencia inferior de calizas y margas gris claras nodulosas, a la que denomina Formación Yumagual. La parte superior más arcillosa y limosa

correspondería a la Formación Mujarrun, que incluye capas de areniscas cuarzosas. En los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, los grupos Pulluicana y Quilquiñan son difíciles de separar por lo que en este trabajo se le denominara como una sola unidad.

Tafur (1950) define el Grupo Otuzco y dentro de ella a la Formación Quilquiñan. Posteriormente, Benavides (1956), en la región de Cajamarca la eleva al rango de Grupo, dentro del cual comprende las Formaciones Romirón y Coñor y el término de Grupo Otuzco es restringido a las secuencias superiores. La localidad tipo se ubica en la sección de Cajamarca. Este estudio considera que el Grupo Quilquiñan consiste en escasas lutitas y margas, intercaladas con pocos horizontes de calizas amarillentas a marrones en la parte inferior (Formación Romirón) y calizas grises azuladas en la parte superior (Formación Coñor).

En los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, estas dos unidades son difíciles de separar, por lo que estos dos grupos se describirán de manera conjunta como Grupo Pulluicana-Quilquiñan.

En el cuadrángulo de Chongoyape 14e afloran en la margen izquierda del río Chancay, que comprende la parte alta de la localidad de Las Minas (figura 3.30). En el río Zaña afloran en ambas márgenes, tal es el caso de afloramientos en el cerro Pencal, que se encuentra en la margen izquierda del río y afloramientos del cerro Culpón que se encuentra en la margen derecha. Estos se extienden hacia el sur del cuadrángulo de Chiclayo 14d, donde presenta afloramientos en los alrededores del cerro San Nicolás (costado de la carretera Panamericana Norte).

Los grupos Pulluicana-Quilquiñan sobreyacen en aparente concordancia sobre la Formación Pariatambo (Albiano medio) e infrayacen a la formación Cajamarca. Esta última relación solo se puede observar en el cerro las Minas, pero en general en gran parte del área de estudio infrayace discordante a secuencias volcánicas paleógenas – neógenas. En todos los casos, se trata de secuencias similares que dificultan su separación en grupos o formaciones.

Litología. La litología de la agrupación de los grupos Pulluicana - Quilquiñan, a diferencia de lo que ocurre en la región de Cajamarca, está constituida por calizas margosas con niveles de lutitas y areniscas con presencia de exogiras (Wilson, 1984). A lo largo de la carretera Chongoyape-Llama, está constituida por una intercalación de calizas masivas en estratos delgados color gris negruzco (figura 3.31), secuencias calizas nodulosas (figura

3.32A) y niveles coquiníferos (figura 3.32B). La parte superior que podría corresponder al Grupo Quilquiñan consiste en lutitas deleznablez gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que intemperizan a marrón oscuro o a marrón rojizo. También se observan margas de aspecto poroso y ferruginosas que contienen abundantes moldes de lamelibranquios y delgados niveles de calizas intercaladas con lutitas y margas. En los alrededores del cerro San Nicolás del cuadrángulo de Chiclayo (figuras 3.33, 3.34A y 3.34B), la litología está constituida por calizas con slumps y fuerte silicificación intercaladas con calizas en estratos delgados, similares características se encuentran en el cerro Motete, donde se observa *slump* a manera de pliegues en *chevron*.

Edad y correlaciones. No se han encontrado fósiles en esta región; sin embargo, en horizontes similares de la región de Cajamarca se muestran las siguientes especies: *Ostrea scyphax*; *Oxytropidoceras carbonarium*, *Exogyra marmetli* y *ammonites Paraturrilites lewesiensis*, *Sharpeiceras occidentale*, que indican una edad del Albiano medio. Otras especies encontradas son: *Exogyra africana* Lamarck, *Exogira poligona* von Buch, *Neithea lenouklensis* Coquand, *Orthopsis titicacana* Cooke del Cenomaniano. Todas estas especies están comprendidas en el intervalo Albiano medio al Cenomaniano para el Grupo Pulluicana. Benavides (1956), para el Grupo Quilquiñan en la región de Cajamarca, reporta una fauna variada de amonites, lamelibranquios y echinoidea datados en el intervalo Cenomaniano superior-Turoniano inferior. Por lo tanto, la edad atribuida al conjunto del Grupo Pulluicana y Quilquiñan es Albiano – Turoniano.



Figura 3.30 Foto panorámica donde se aprecia al Grupo Pulluicana – Quilquiñan, encima de la Formación Pariatambo y debajo de la Formación Cajamarca. Vista tomada desde Camiche Bajo mirando al este (UTM 682073, 9266663).



Figura 3.31 Secuencia de calizas nodulosas del Grupo Pullucana-Quilquiñan. Vista tomada en el sector de la parte baja del cerro San Lorenzo, carretera Chongoyape-Llama (UTM 696405, 9274948).



Figura 3.32 A) Detalle de las calizas nodulosas. B) Detalle de un nivel coquinífero.

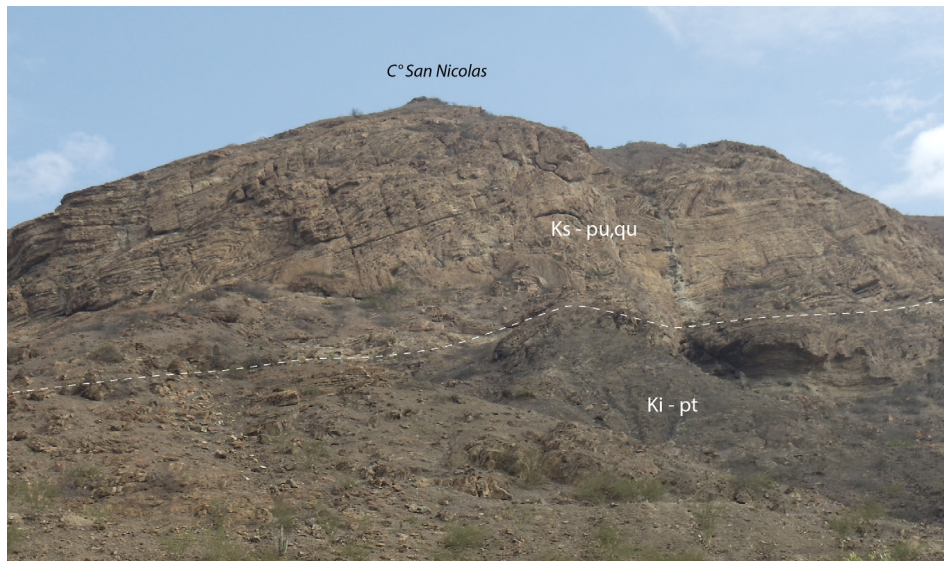


Figura 3.33 Contacto de la Formación Pariatambo con el Grupo Pulluicana-Quilquiñan. Vista tomada al SE del cerro San Nicolás (UTM 651781, 9233611).



Figura 3.34 A) Nódulos calcáreos característicos del Grupo Pulluicana. B) Calizas en estratos delgados de aspecto masivo del Grupo Pulluicana-Quilquiñan.

3.1.8 Formación Cajamarca (Ks-ca)

El término de Formación Cajamarca fue definido por Benavides (1956), en los alrededores de Cajamarca como una de las unidades más conspicuas, distribuidas ampliamente en el noroeste del Perú, constituidas principalmente por calizas y margas. Posteriormente, Wilson (1984), afirma que estos pueden llegar a medir entre 100 a 400 m de espesor. La Formación Cajamarca puede ser confundida fácilmente con la facies calcárea del Grupo Pulluicana-Quilquiñan, por el hecho de que ambas unidades consisten en calizas estratificadas en capas medianas; sin embargo, estos son distinguibles. La Formación

Cajamarca se caracteriza por presentar una estratificación regular y uniforme con colores grisáceos o blanquecinos, mientras que el Grupo Pulluicana-Quilquiñan presenta capas nodulares o irregulares que intemperizan a tonos de marrón claro a crema.

En el cuadrángulo de Chongoyape 14e, la Formación Cajamarca aflora en el cerro Las Minas (figura 3.26), quizá sea el único afloramiento de esta formación cartografiado en el cuadrángulo de Chongoyape mientras que en el cuadrángulo de Chiclayo se encuentra ausente.

Litología. La litología de la Formación Cajamarca se caracteriza principalmente por presentar calizas gris azulinas, niveles delgados de margas; sin embargo, la descripción general de esta formación en su localidad típica consiste en tres tipos de litologías conspicuas: A) calizas gris oscuras, con abundantes foraminíferos y gasterópodos que presentan una característica carstificada; B) calizas medio grisáceo tipo debris, estratos gruesos masivos claramente poco resistentes; C) margas azulinas a blanco verdosos nodular conteniendo mayormente lutitas y arcillas y presencia de moluscos.

Edad y correlaciones. No se han encontrado fósiles en estos cuadrángulos; sin embargo, en horizontes similares de la región de Cajamarca, se muestran las siguientes especies: *Colipoceras newelli*, *Cardium lissoni* Bruggen, *Inoceramus peruanus* Bruggen, *Hemiaster founeli*, *Deshayes* y *cyphonoma peruanum* Bruggen, *Ostrea scyphax*; *Oxytropidoceras carbonarium*, *Exogyra marmetli* y *ammonites Paraturrilites lewesiensis*, *Sharpeiceras occidentale*, que indican una edad del albio medio. Otras especies encontradas son: *Exogyra africana* Lamarck, *Exogira poligona* von Buch, *Neithea lenouklensis* Coquand, *Orthopsis titicacana* Cooke del Cenomaniano. Todas estas especies están comprendidas en el intervalo del Turoniano superior.

3.2 CENOZOICO

Cossio (1964) describió las rocas volcánicas cenozoicas de la Cordillera Occidental del norte del Perú como Formación Calipuy. Posteriormente, Wilson (1984), elevó estas rocas al rango

de Grupo y la subdividió en las formaciones Llama (Eoceno) y Porculla (Mioceno). La Formación Llama consiste de una secuencia de base conglomerádica con clastos de cuarcitas que sobreyacen discordantes a rocas cretácicas en discordancia angular. Existe un contacto en discordancia angular entre las formaciones Llama y Porculla (Wilson 1984); no obstante, el contacto de estos afloramientos varía de un sector a otro, y se observa también en algunos lugares conglomerados en la base de la Formación Porculla. Sobre esta última, yace la Formación Huambos, descrita por Cobbing et al., (1981) como una secuencia volcánica de edad Mio-Pliocena. Posteriormente, sobre la base de dataciones radiométricas, se determina que la Fm. Huambos es de edad Eocena (Noble et al., 1990), lo cual redefine así la estratigrafía volcánica en el Norte del Perú (figura 3.35).

Los criterios de cartografiado volcánico han cambiado. En la actualidad, se considera realizar descripciones detalladas de facies y estructuras volcánicas que, junto con las dataciones radiométricas (Tabla 02), han permitido comprobar que el vulcanismo no es sincrónico y que sus productos se han generado en diferentes eventos, y que abarcan áreas relativamente locales y no regionales como antes se cartografiaba. En este sentido, en los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, se ha tratado de identificar los diferentes eventos volcánicos relacionados con sus centros de emisión y con la ayuda de dataciones radiométricas y correlaciones estratigráficas se logró establecer su temporalidad (figura 3.36).

SERIE		REYES (1980)	WILSON (1984)	NOBLE ET AL (1990)	TURNER (1997)
Mioceno	Superior	Huambos	Huambos	Cajamarca-Bambamarca	Fraylones Otuzco
	Medio	San Pablo	Porculla	X	Regalado Yanacocha Tantahuatay
	Inferior			Chala	La Zanja
Eoceno	Superior	Chilote	Llama	Huambos	Huambos
	Medio			Llama	Llama	Llama
	Inferior	Tembladera			Calipuy Inferior

Figura 3.35 Denominaciones del Volcanismo Cenozoico en el norte del Perú.

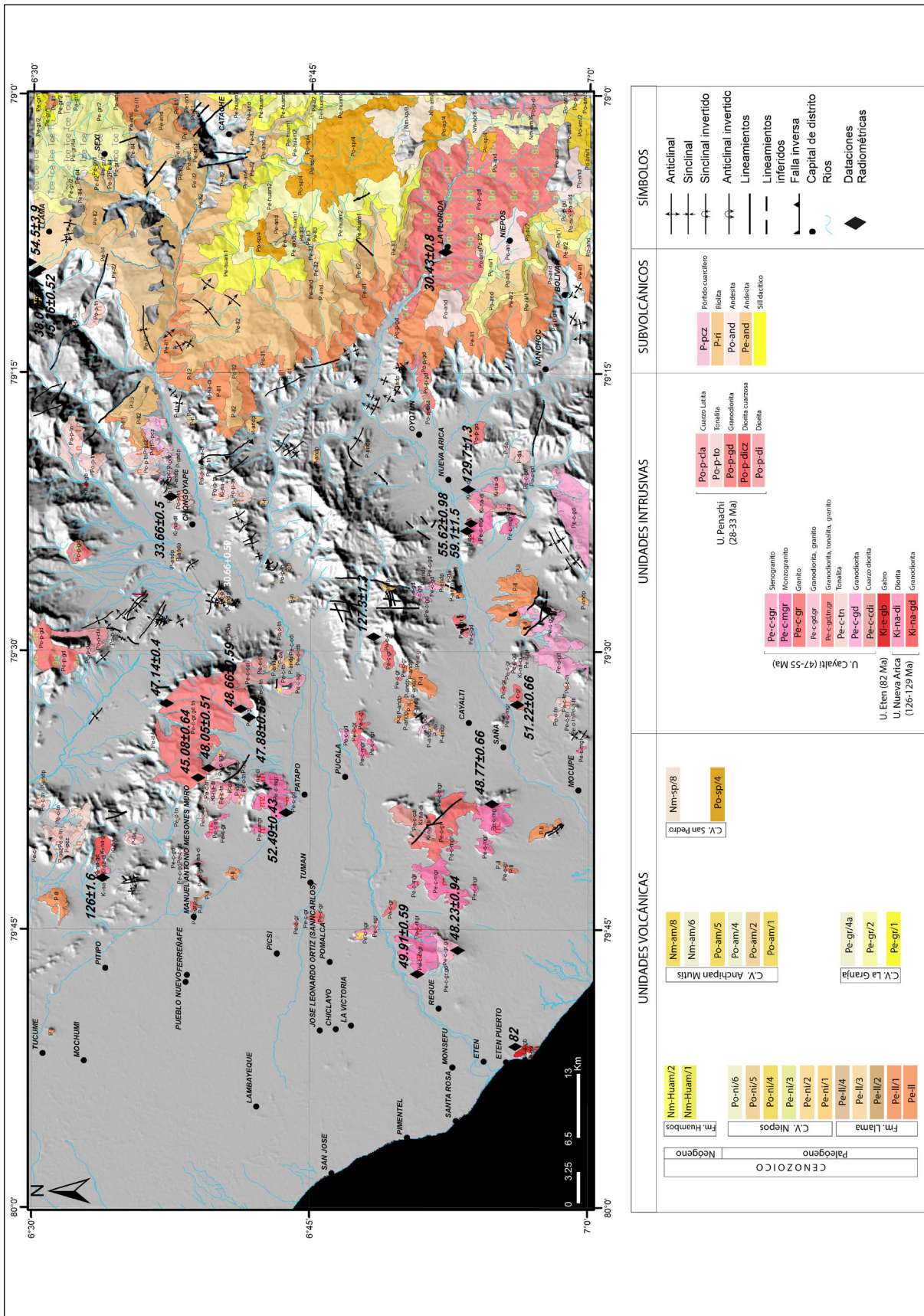


Figura 3.36 Mapa geológico que muestra las principales unidades volcánicas de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, donde se exhibe los principales productos de los centros volcánicos.

Tabla 3.2
Cuadro de dataciones radiométricas de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e

Edad (Ma)	Metodo	X	Y	Zona	Tipo de roca	Unidad	Código_muestra	Referencia
51.22±0.66	U-Pb	660455.65	9233100.37	17	Granito	Pe-c-gr	TW3120_1_1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
47.88±0.58	U-Pb	659227.45	9259768.95	17	Granito	Pe-c-gr	TW3244-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
48.23±0.94	U-Pb	636035.24	9239042.15	17	Granito	Pe-c-gr,gd	TW3121-1-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
48.05±0.51	U-Pb	654169.54	9263752.11	17	Granito	Pe-c-sgr	TW3238-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
48.66±0.59	U-Pb	660044.8	9260595.42	17	Granito	Pe-c-gr,gd,tn	TW3243-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
47.14±0.40	U-Pb	660614.47	9267953.74	17	Monzogranito	Pe-c-gr,gd,tn	TW3170-2-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
48.17±0.61	U-Pb	650568.24	9235594.47	17	Monzogranito	Pe-c-mgr	TW3213-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
48.77±0.66	U-Pb	650568.24	9235594.47	17	Monzogranito	Pe-c-mgr	TW3213-0-2	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
49.91±0.59	U-Pb	633696.62	9243039.26	17	Monzogranito	Pe-c-mgr	TW3217-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
52.49±0.43	U-Pb	649733.06	9256085.05	17	Monzogranito	Pe-c-mgr	TW3230-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
45.08±0.64	U-Pb	653227.62	9264799.73	17	Tonalita	Pe-c-gr,gd,tn	TW3153-1-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
129.7±1.3	U-Pb	681859.49	9237983.64	17	Diorita	Ki-na-di	TW7103_1_1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
126.0±1.6	U-Pb	643306.8	9274329.49	17	Granodiorita	Ki-na-gd	TW3144-1-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
30.43±0.80	U-Pb	678931.15	9241184.21	17	Granodiorita	Po-p-gd	TW5203-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
33.66±0.50	U-Pb	681143.61	9267512.92	17	Tonalita	Po-p-to	TW5305_0_1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
127.33±1.3	U-Pb	667216.14	9247379.87	17	Dacita porfírica	Ki-o	TW5208-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
55.62±0.98	U-Pb	677710.33	9238072.22	17	monzogranite	Pe-c-mgr	TW7104_1_1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
131±1.5	U-Pb	650107.61	9282078.8	17	Riolita	Ki-vo	TW3141-1-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
30.43±0.8	U-Pb	678931.15	9241184.21	17	Granodiorita	Po-p-gd	TW5203-0-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
45.26±0.52	U-Pb	703314.43	9281092.38	17	riolita	Pe-ll4	TW7152_3_1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016
38.91±0.72	U-Pb	704456.29	9281563.84	17	Dacita porfírica	Pe-ll4	TW7153-1-1	China Geological Survey-INGEMMET, 2016

3.2.1 Formación Llama (Pe-II)

La Formación Llama, al ser un complejo de muchos centros de emisión volcánica algunos de los cuales son más antiguos que otros, (y en los que probablemente los antiguos han sido cubiertos por eventos más recientes), es imposible determinar su centros de emisión, por lo que los productos cuyos centros de emisión no se han identificado serán agrupadas dentro la Formación Llama, con lo cual se mantiene así el nombre original.

Los afloramientos de la Formación Llama se extienden por todo el cuadrángulo de Chongoyape. Al noreste del cuadrángulo de Chongoyape, abarca las localidades de Llama, Sican, San Juan de Cojín, Mollepampa, San Bartolo, Yerba Buena, Telles y se extiende hacia el sur hasta las localidades de Quemoche, Conde, cerro La Plaza, cerro Coche, cerro Crecido, cerro Buena Hierva, El palto y Bacón. Los afloramientos de esta formación se encuentran deformadas y se llega a observar inclinaciones de hasta 30° (figura 3.37), las cuales cubren en discordancia angular rocas de edad cretácica e infrayacen a las rocas de la Formación Huambos.



Figura 3.37 Foto panorámica de las secuencias volcánicas y volcanoclasticas de la Formación Llama, las cuales presentan una inclinación de 30° al sur. Vista al norte desde el cerro Lanchigonga.

Litología. Litológicamente, está constituida por depósitos de flujos piroclásticos de variada composición. También se observan menores proporciones de rocas volcanoclasticas, brechas y lavas, los que fueron agrupadas en cuatro eventos volcánicos.

Primer evento (Pe-II1).- Está conformado en la base por secuencias volcanoclasticas gruesas y finas. Los depósitos de grano grueso están constituidos por lahares y las secuencias finas por limonitas y flujos piroclásticos de ceniza y cristales que presentan estratificación centimétrica (figura 3.38A). Encima yace un depósito de bloques y ceniza de color violáceo, que contiene fenocristales de plagioclasas (25%), y el cual es cubierto por un flujo piroclástico de ceniza y líticos de color gris verdoso con fragmentos líticos subangulosos y polimícticos (figura 3.38B). El tamaño y porcentaje de los fragmentos líticos incrementa hacia el techo, desde los 6 cm a 1m de diámetro y desde 5% a 90%, respectivamente. En total, presenta un espesor promedio de 140 m; sin embargo, hacia el sur de la hoja de Chongoyape, está constituido principalmente por lavas andesíticas con textura porfírica que se depositaron en capas tabulares y alcanza un espesor de 400 m.

Segundo Evento (Pe-II2).- Conformado por un depósito de flujo piroclástico de ceniza y cristales de color marrón rojizo

a violáceo, se caracteriza por presentar fractura concoidea. Contiene plagioclasas (15%). Luego sobreyace un depósito de flujo piroclástico de ceniza y cristales de color gris verdoso, contiene plagioclasas (20%). En total, presenta aproximadamente 100 m de espesor.

En cambio, hacia el sur de la hoja de Chongoyape, afloran depósitos de flujos piroclásticos de bloques y ceniza de color gris verdoso que se intercalan con depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y líticos. Estos últimos tienen tamaños menores a 3 cm; además, contienen cristales de plagioclasas (20%) y cuarzo (5%), que en conjunto alcanzan los 350 m.

Tercer evento (P-eII3).- Consta de un depósito de flujo piroclástico de ceniza y líticos de color blanquecino, y contiene líticos de color verde con tamaños menores a 2 cm (15%). Encima yace un flujo piroclástico de color blanquecino rico en cristales de cuarzo (10%), seguido de un flujo piroclástico de ceniza de color violáceo. Luego aflora una serie de flujos piroclásticos que varían en el contenido de líticos, pómez y cristales, en cuyo techo se observan pómez fibrosa de color verde, con tamaños menores a 6 cm (20%). En conjunto, todas estas secuencias pueden alcanzar un espesor de 180 m.

Cuarto evento (Pe-II4).- Finalmente, el depósito más reciente corresponde a un depósito de flujo piroclástico de ceniza y pómez de color gris claro que se encuentra intercalado con volcanoclásticos finos, y tiene un espesor de 50 m aproximadamente. Contiene pómez (5%), líticos con tamaños menores a 5 cm.

Edad y correlaciones. La datación radiométrica ubicada en el evento Pe-II4 realizada por el método K/Ar sobre plagioclasas en riolitas frescas arroja una edad de 54.8 ± 1.8 Ma (Noble et al, 1990) y confirmada con nuevas dataciones U-Pb de 54.5 ± 3.9 y 45.26 ± 0.52 Ma; por lo tanto, la Formación Llama, sobre la base de estos datos, se ubica en el Eoceno.



Figura 3.38 A) Intercalación de volcanoclásticos, limolitas y depósitos de flujos piroclásticos de cenizas pertenecientes al primer evento de la Fm. Llama. B) Afloramiento de la toba de color verde con presencia de líticos. Hacia el techo, los líticos tienen diámetros mayores a 6 cm (P-II1).

3.2.2 Formación Huambos (Pe-huam)

Las rocas cuyos centros de emisión no pudieron ser identificados debido a que fueron cubiertos por eventos volcánicos posteriores fueron agrupados como Formación Huambos. Estos afloran en la parte central este del cuadrángulo de Chongoyape, que abarca las localidades de Azafrán, Iscomalca, Villa Florida. Estos depósitos se proyectan hacia el sur a las localidades de La Chapa, El Lloque y Limoncito. Sin embargo, hacia el

noreste se logró diferenciar depósitos volcánicos que derivan del centro volcánico La Granja, los cuales corresponden a tres eventos eruptivos.

La Formación Huambos sensu estricto, presenta una gran extensión superficial, y sobreyace indistintamente en discordancia a los diferentes eventos de la Formación Llama y subyace en discordancia a los depósitos del centro volcánico San Pedro (figura 3.39).



Figura 3.39 Foto panorámica de secuencias piroclásticas y volcanoclásticas (Pe-huam1) en discordancia progresiva con secuencias piroclásticas (Peo-huam2) de la Fm. Huambos, las mismas que se encuentran cubiertas por el evento Po-sp4 del centro volcánico San Pedro.

Litología. Las secuencias volcánicas de la Formación Huambos sensu estricto se caracterizan por que gran parte de los afloramientos se encuentran bien estratificados en capas medianas a gruesas parcialmente compactadas, donde predominan niveles de depósitos de flujos piroclásticos soldados. Se han diferenciado dos eventos, en función a la litología y una discordancia progresiva.

Primer evento (Pe-huam1).- Está conformado por un flujo piroclástico de ceniza de color blanquecino, y presenta una inclinación de 20° al SE. Es rico en cristales de cuarzo (25%) y a su base el contenido de cuarzo disminuye e incrementan los cristales de biotita (5%) y anfíboles (5%). Luego aflora un depósito de flujo piroclástico de líticos y pómez. Encima yace una secuencia volcanoclástica de 50 m de espesor aproximadamente, la cual está conformada por una intercalación de capas centimétricas de depósitos de caída, limonitas y estratos de flujos piroclásticos de ceniza y líticos, de color

gris medio (figura 3.40A). Luego aflora un depósito de flujo piroclástico de ceniza y líticos, donde los fragmentos líticos son menores a 3 cm.

Segundo evento (Pe-huam2).- Está constituido por una intercalación de depósitos de flujos piroclásticos de color blanquecino dispuestos en estratos métricos, con una inclinación de 15° al este. Hacia la base, aflora un depósito de flujo piroclástico de ceniza y líticos, donde los fragmentos líticos son centimétricos y oxidados. Luego aflora un depósito de flujo piroclástico de ceniza y pómez, donde la pómez tiene tamaños menores a 10 cm (10%) (figura 3.40B). Encima se encuentra un flujo piroclástico de ceniza, pómez y líticos rico en cristales de cuarzo (15%) y hacia el techo aflora un flujo piroclástico de ceniza y líticos.

El espesor aproximado de la Formación Huambos en el cuadrángulo de Chongoyape está calculado en 400 m.

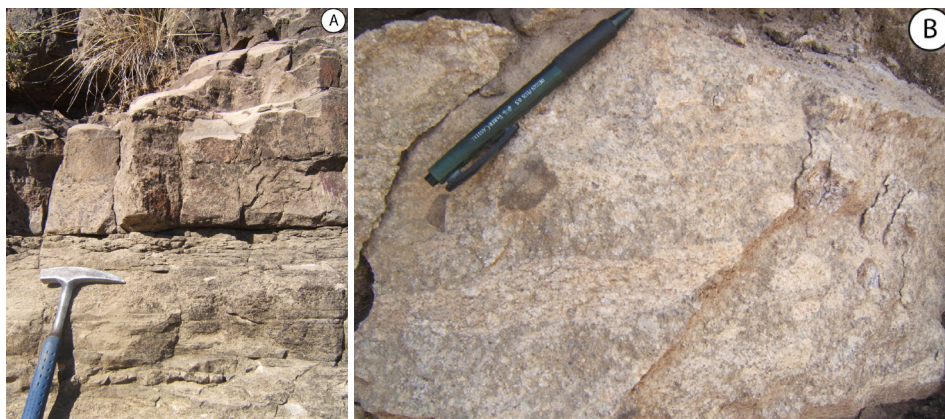


Figura 3.40 A) Afloramiento de la secuencia volcanoclástica conformada por una intercalación de capas centimétricas de depósitos de caída, limonitas y depósitos de flujos piroclásticos de líticos, de color gris medio, perteneciente al primer evento de la Formación Huambos (Pe-huam1). B) Detalle de la toba de pómez y líticos. Nótese algunas fiames de 10 cm de largo (Pe-huam2).

3.2.3 Centro Volcánico La Granja (Pe-gr)

El centro volcánico La Granja se ubica en la misma localidad de la Granja del distrito de Querocoto, provincia de Chota, del cuadrángulo de Incahuasi, donde se encuentra emplazado uno de los más importantes pórfidos de cobre, conocido como el Pórfido La Granja. Sin embargo, parte de sus depósitos se extienden hasta la zona noreste del cuadrángulo de Chongoyape, y abarca las localidades Callapampa, Las Melgas, Hacienda Huarimarca, el Morro y Hualango. Los productos de este centro volcánico se encuentran cubriendo en discordancia erosional a las rocas sedimentarias del Cretácico inferior y a los productos de la Fm. Llama. La parte superior de esta unidad volcánica se encuentra descubierta.

Litología. Los productos del centro volcánico La Granja fueron agrupados en seis eventos eruptivos; pero en el cuadrángulo de

Chongoyape sólo afloran tres eventos eruptivos: primer evento, segundo evento y cuarto evento.

Primer evento (Pe-gr/1): Lavas andesíticas que pasan progresivamente a depósitos de flujos piroclásticos de ceniza color blanquecino, ricos en cristales.

Segundo evento (Pe-gr/2): Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza color verdoso (figura 3.41A), ricos en cristales de plagioclasas y cuarzo. En la localidad de Sexi, este evento eruptivo se encuentra ligeramente alterado, donde se han encontrado restos de troncos fosilizado de gran tamaño que superan los 10 m de largo y un diámetro de 50 cm, fosilizados en ignimbritas datados en 39.5 Ma en sanidina mediante Ar/Ar (Woodcock et al., 2009).

Cuarto evento (Pe-gr/4a): Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza de color blanquecino, que contiene líticos (figura 3.41B), cristales de cuarzo y biotita. Las pómez tienen

un color rosado y aspecto fibroso. Este mismo evento presenta secuencias de flujos piroclásticos color pardusco con líticos angulosos bien soldados en matriz muy compactada.

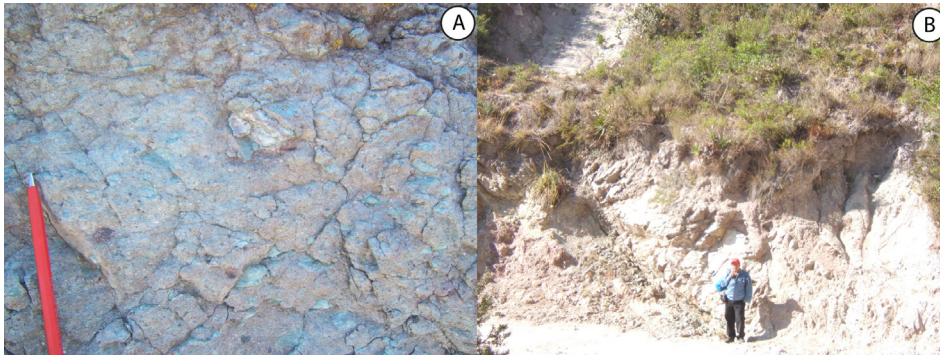


Figura 3.41 A) Detalle del depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza del evento Pe-gr/2. B) Afloramiento del depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza del evento Pe-gr/4a.

Edad y correlaciones. La Formación Huambos en sensu estricto corresponde al Eoceno, puesto que sobreyace en discordancia a la Formación Llama, y subyace también en discordancia a los depósitos del centro volcánico San Pedro. Por otra parte, la datación ubicada en el cuarto evento del centro volcánico la Granja arroja una edad de 35.4 ± 1.2 Ma (Noble et al, 1990), la cual fue calculada en plagioclasas mediante K/Ar; por lo tanto, confirma una edad Eocena superior.

3.2.4 Centro Volcánico Niepos (Po-ni)

Los productos del centro volcánico Niepos se encuentran ubicados al SE del cuadrángulo de Chongoyape, entre los

cerros La Mala Muerte y el Cinegal. Este centro de emisión se encuentra como una zona de fuerte alteración que afecta a un gran cuerpo intrusivo de composición granodiorítica. Sus productos se extienden por todo el flanco occidental de la Cordillera Occidental y abarcan parte de los poblados de La Meseta, el Naranjito, El Palto, Las Mias Li y los cerros La Ramada y el Mirador (figura 3.42). Todos los depósitos del centro volcánico Niepos se emplazan cubriendo directamente y en discordancia a unidades sedimentarias de edad Cretácica y subyacen a depósitos oligocénicos del centro volcánico Anchipán Mutis (Navarro & Monge, 2008).



Figura 3.42 Foto panorámica de las discordancias entre los eventos volcánicos del centro volcánico Niepos y la Formación Llama (Pe-II2). Vista al noreste desde las cercanías de la localidad de Naranjito, al sur de la hoja 14e2.

Litología. De acuerdo a los estudios estratigráficos realizados en estas secuencias, se han determinado cuatro eventos eruptivos:

Primer evento (Po-ni/1).- Depósito de flujo piroclástico de ceniza rico en cristales, que contiene pómez menores a 1 cm (5%) y cristales de cuarzo (30%), que alcanzan un espesor de 420 m.

Segundo Evento (Po-ni/2).- Depósito de depósitos de flujos piroclásticos ricos en fragmentos líticos, rico en plagioclasas (20%). Los líticos son andesíticos con tamaños menores a 1 cm (figura 3.43A); sobre los que se depositan flujos de ceniza color blanquecino y en total alcanzan un espesor de 450 m.

Tercer evento (Po-ni/3).- Consta de una intercalación de depósitos de flujos piroclásticos de ceniza, pómez y líticos de color blanquecino y secuencias volcanoclásticas de color rojizo. Los flujos piroclásticos contienen pómez con tamaños menores

a 2 cm (20%), líticos oxidados (10%) y cuarzo (5%). En total, suman un espesor de 300 m.

Cuarto evento (Po-ni/4).- Consta de un flujo de lava afanítico de color gris verdoso, que cubre a un depósito de flujo piroclástico de ceniza y líticos de color marrón rojizo. Los líticos son centimétricos (10%) (figura 3.43B). Estos depósitos presentan alteración clorítica, venillas de óxidos y cuarzo lechoso debido a la presencia de un intrusivo granodiorítico que lo corta. El espesor de esta secuencia es de 250 m.

Edad y correlaciones. Los depósitos del centro volcánico Niepos, en base a correlaciones estratigráficas, pertenece al oligoceno, ya que subyacen a los depósitos del centro volcánico Anchipan Mutis y cubren a la granodiorita de la Unidad Penachi en los alrededores de la localidad de Hualango, datados en 30.43+/-0.80 Ma (Convenio CGS & INGEMMET, 2017).

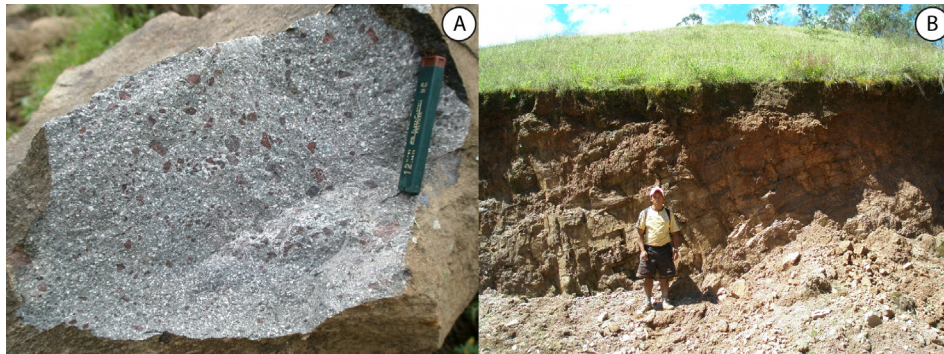


Figura 3.43 A) Detalle del depósito de flujo piroclástico de ceniza rico en líticos del evento Po-ni/2. B) Afloramiento de limolitas y areniscas tobáceas del evento Po-ni/4.

3.2.5 Centro Volcánico San Pedro (PN-sp)

El centro volcánico San Pedro se ubica en el cuadrángulo de Chota, cuyos depósitos se extienden hasta la parte central este del cuadrángulo de Chongoyape, y abarca las localidades de Ocpoy y los cerros Laccho, Rodeopampa, Las Barbacoba y las localidades de la Manzana, El Verde, Rodeopampa, Cerro Negro, El Palmo y los cerros Cuyuquis, Lukis, Peña Blanca y Piedras. Sus productos sobreyacen en discordancia a la Formación Huambos (figura 3.39) y se interdigitan con los productos del centro volcánico Anchipan-Mutis.

Litología. De acuerdo con los estudios estratigráficos realizados, se han determinado hasta ocho eventos eruptivos, de los cuales gran parte de ellos afloran en el cuadrángulo de Chota y solamente los eventos 4 y 8 afloran en el cuadrángulo de Chongoyape.

Cuarto evento (Po-sp/4).- Se caracteriza por presentar depósitos de flujos piroclásticos de ceniza ricos en cristales, con colores pardos rojizos y blanquecinos. El espesor de esta secuencia puede llegar a los 250 m.

Octavo evento (Nm-sp/8).- Consta de un depósito de flujo piroclástico de ceniza rico en cristales y líticos de color blanquecino (figuras 3.44A y 3.44B), y puede alcanzar un espesor de 300 m.

Edad y correlaciones. No se reportan dataciones radiométricas en este centro volcánico; sin embargo, sobre la base de las correlaciones estratigráficas con los depósitos de los centros volcánicos del cuadrángulo de Chota, se le asigna una edad oligocena-miocena.

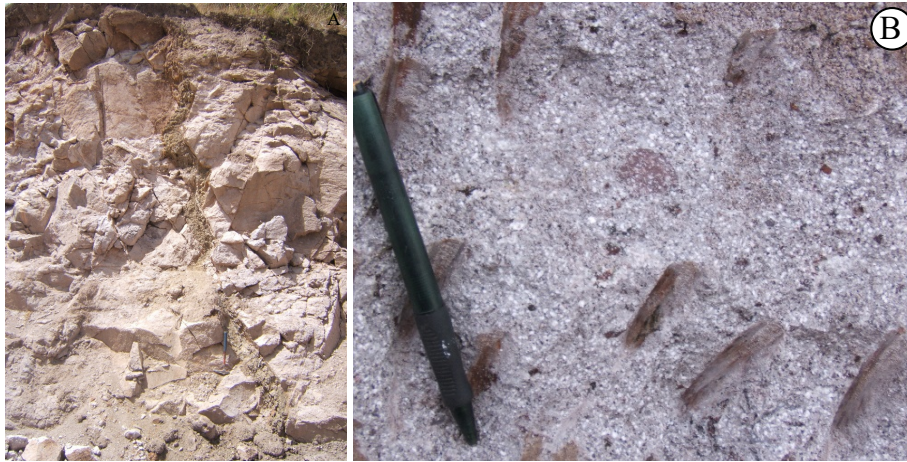


Figura 3.44 A) Afloramiento del depósito de flujo piroclástico de ceniza del evento Nm-sp/8, afectado por una falla la cual genera una zona de panizo. B) Detalle del depósito de flujo piroclástico rico en cristales y líticos.

3.2.6 Centro Volcánico Anchipan Mutis (PN-am)

El centro volcánico Anchipan-Mutis se encuentra ubicado en el cuadrángulo vecino de Chota, cuyos productos se extienden hasta el cuadrante II del cuadrángulo de Chongoyape, y abarca las localidades de Palmito, El Medina y Pampa Mojón. Presenta varias zonas de alteración, como los del cerro Redondo, Succhapampa y otros. Los depósitos de este centro volcánico se interdigitan con los del centro Volcánico San Pedro y sobreyacen directamente al intrusivo granodiorítico de la unidad Penachi.

Litología. Se ha determinado ocho eventos eruptivos en el cuadrángulo de Chota, de los cuales seis afloran en el cuadrángulo de Chongoyape.

Primer evento (Po-am/1).- Presenta depósitos de flujos piroclásticos de composición dacítica con pómez en matriz de ceniza, color gris claro intercalado con depósitos de flujos piroclásticos de ceniza color gris blanquecino, el espesor aproximado es de 130 m.

Segundo evento (Po-am/2).- Depósitos de flujos piroclásticos ricos en cristales, con cristales de pómez en matriz de ceniza de colores gris amarillento y gris violáceo que alcanzan espesores de hasta 300 m.

Cuarto evento (Po-am/4).- Depósitos de toba de bloques y ceniza, fragmentos líticos de volcánicos porfíricos y monomicticos con un espesor promedio de 180 m.

Quinto evento (Po-am/5).- Depósito de depósitos de flujos piroclásticos ricos en cristales, pómez soldada y matriz de ceniza, color gris blanquecino, que alcanza un espesor de 320 m.

Sexto evento (Nm-am/6).- Depósito de lava con textura fluidal afírica en estratos tabulares que sobrepasan los 150 m.

Octavo evento (Nm-am/8).- Depósito de flujos piroclásticos de ceniza gris verdosos, intercalado con depósitos con flujos piroclásticos ricos en cristales y color gris blanquecino, que conforman un espesor de 150 m.

Edad y correlaciones. Sobre la base de las correlaciones estratigráficas con los depósitos de los centros volcánicos del cuadrángulo de Chota, se le asigna una edad en el intervalo Oligoceno-Mioceno.

3.2.7 Oligoceno

Las rocas intrusivas que afloran al SE del cuadrángulo de Chongoyape comprenden subvolcánicos y domos, que varían de composición andesítica a dacítica e intruyen a los depósitos del centro volcánico Niepos.

Los subvolcánicos son de color gris oscuro, de textura porfírica, y contiene fenocristales de plagioclasas (30%) y anfíboles (20%). Los domos están alineados en dirección NO-SE, son de composición dacítica, contienen plagioclasas (50%) y cuarzo (15%), y también presentan una textura fluidal (figura 3.45), así como alteración argílica débil, solidificación moderada y clarificación de los minerales máficos (anfíboles). En detalle, el domo del centro volcánico Niopos presenta solidificación, alteración argílica y pirita diseminada, además está cortada por venillas de pirita y vetillas de cuarzo (figura 3.46). También presenta estructuras de *stokwork* con relleno de cuarzo (figura 3.47).



Figura 3.45 Ordenamiento de los minerales en una dirección (textura fluidal), una característica de los domos (izquierda).



Figura 3.46 Vetillas de pirita y cuarzo (derecha).

El cuerpo plutónico de mayor extensión aflora al SE del cuadrángulo de Chongoyape, e intruye a las formaciones sedimentarias del cretácico y los depósitos volcánicos oligocénicos de los centros volcánicos Anchipan Mutis y Niepos. Este intrusivo es de color gris claro, holocristalino y equigranular. Macroscópicamente, los cristales son euhedrales y subhedrales, y está compuesto por cuarzo (15%), plagioclasas (40%), anfíboles (30%) y biotita (15%), por su composición se trata de una granodiorita. En ciertos tramos principalmente en el extremo SE del cuadrángulo de Chongoyape presenta una alteración argílica intensa, también se observan pirita diseminada,

vetillas de cuarzo cristalizado, especularita. Asimismo, en el río, en las Argollas cerca del cerro Redondo, se aprecian brechas hidrotermales con cristales de turmalina y arcillas (figura 3.48). Del mismo modo, se observa una zonación de microcristales y cristales bien desarrollados. Este intrusivo se correlaciona con la Unidad Penachi.

Por otra parte, un intrusivo tonalítico de pequeñas dimensiones aflora en el extremo norte del cuadrángulo de Chongoyape, el cual intruye al Grupo Goyllarizquisga del Cretácico inferior, y probablemente también se emplazó en el Cretácico inferior.



Figura 3.47 Presencia de estructuras de stonework con relleno de cuarzo (izquierda)



Figura 3.48 Brecha hidrotermal con fragmentos angulosos, rellenos con cristales de turmalina y arcillas, emplazada en una granodiorita (derecha).

3.3 CUATERNARIO

3.3.1 Formación Puerto Eten (Qp-pe)

La Formación Puerto Eten, en el presente trabajo, se define por primera vez en el puerto del mismo nombre, donde presenta los mejores afloramientos, razón por la cual se ha tomado como localidad de referencia a esta localidad. Se localiza a 15 km al

SO de la ciudad de Chiclayo. Está constituida principalmente por secuencia de limoarcillitas y conglomerados brechosos, que se encuentran a lo largo de la margen continental formando acantilados verticales. Esta unidad se puede comparar cronológicamente con su contraparte de la Formación Cañete en el sur del Perú, con la diferencia que en esta parte el predominio es conglomerádico.

Litología.

Una columna estratigráfica elaborada en Puerto Eten (figuras 3.49, 3.50 y 3.51) describe 15 m de espesor, constituida a la base por una secuencia de 5 metros de arcillitas intercalada con limolitas de grano medio, color pardo amarillento ligeramente compacto y con muy buena resistencia a la erosión (figura 3.52A). Esta secuencia lateralmente presenta delgados niveles lenticulares de evaporitas (figura 3.52B). Sobre esta última, se tiene una secuencia conglomerádica de 2 m de espesor, conformada por clastos de composición grabroica y en menor proporción clastos de areniscas cuarzosas blancas, cuyo diámetro mayor es 10 cm, en una matriz limoarcillosa.

Estos componentes gradan a otra secuencia de arcillitas y limolitas de 5 m de espesor color pardo amarillento, similar a la secuencia inferior y finalmente la parte superior, conformada por conglomerados, donde se aprecia la disminución del tamaño de clastos que en promedio son de 5 cm, en una matriz limoarcillosa.

Edad y correlaciones. La Formación Puerto Eten, que se define en el presente estudio, no presenta dataciones radiométricas ni restos paleontológicos que definan la edad de esta unidad; por lo tanto, se le correlaciona con la Formación Cañete del sur del Perú y se le asigna tentativamente una edad Pliocénica.

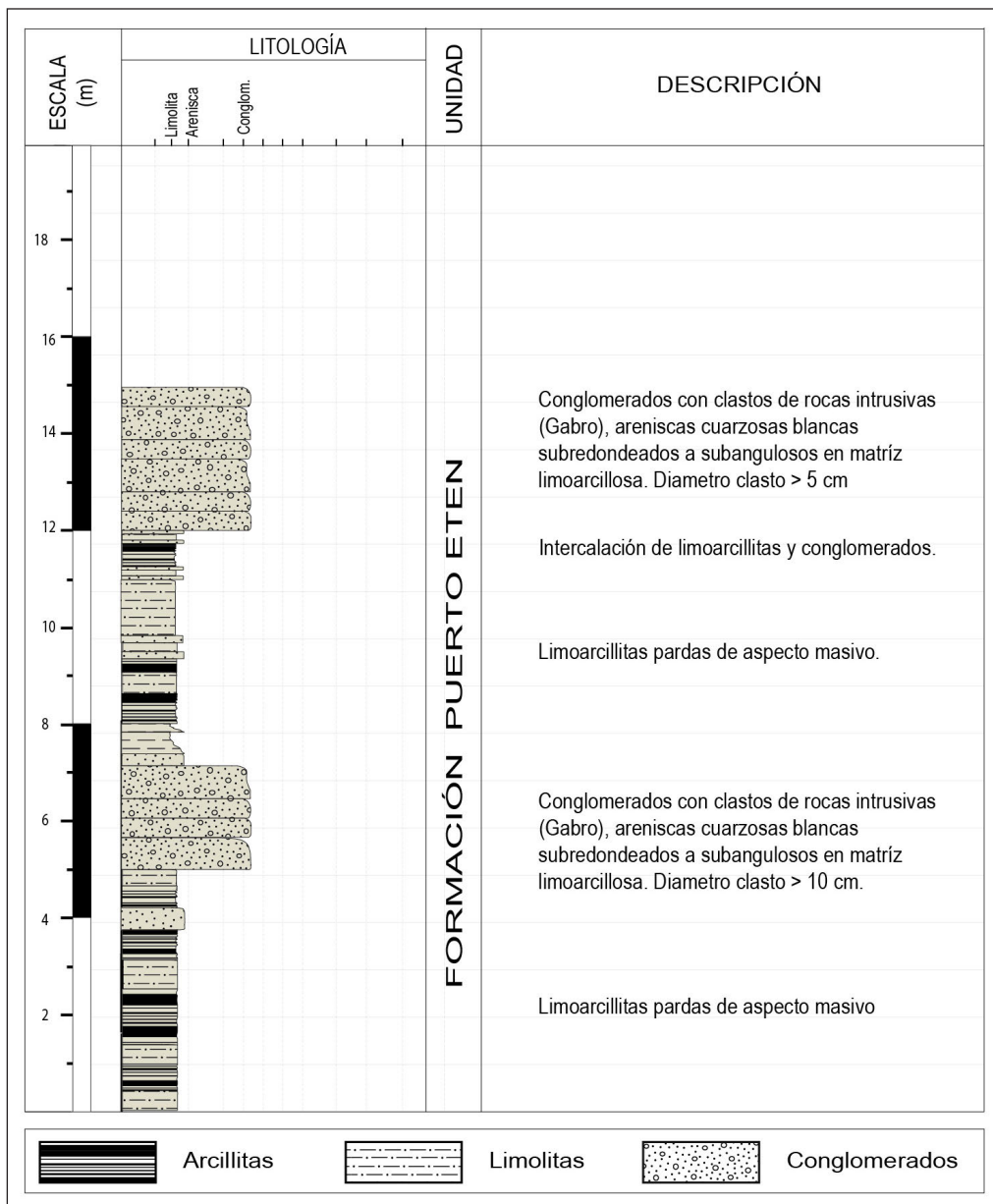


Figura 3.49 Columna estratigráfica levantada en el Puerto de Eten (UTM 625263, 9233459).



Figura 3.50 Al frente escarpa, mostrando afloramientos de la Formación Puerto Eten (Qp-pe) y al fondo el gabro de Eten (Kis-gb-e). Vista tomada desde la playa en el punto (UTM 625213, 9233549).



Figura 3.51 Afloramiento de arcillitas, limolitas y conglomerados de la Formación Puerto Eten. Vista mirando al norte en el corte de carretera, entrada hacia el puerto Eten (UTM 625306, 9233508).



Figura 3.52 A) Afloramiento de arcillitas, limolitas y lentes conglomerádicos. Vista tomada al oeste de el macizo de Eten (UTM 625416, 9232462). B) Limolitas con delgados niveles lenticulares de yeso. Vista tomada en la playa de Eten (UTM 625141, 9233705).

3.3.2 Depósito Aluvial (Q-al)

Se ha clasificado en tres tipos de aluviales teniendo en cuenta su ubicación geográfica:

Aluvial. - Litológicamente, están compuestas por arenas, arcillas y limos, que se encuentran cubriendo las laderas que forman las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy en las partes altas del cuadrángulo de Chongoyape 14e1.

Aluvial 1.- Litológicamente compuesto por gravas, arenas y limos. Se encuentra cubriendo las laderas y valles del área de estudio. Las quebradas que conforman las estribaciones de la Cordillera Occidental son los que tienen la mayor acumulación de gravas, las que actualmente vienen siendo explotadas como canteras de material de construcción (figura 3.53).

Aluvial 2.- Compuesto por aglomerados, arenas, arcillas y limos, que se presentan a manera de extensas terrazas cubriendo los amplios valles de la llanura costera. Gran parte de estos aluviales son aprovechados como terrenos de cultivo para el sembrío de diferentes productos de la región (figura 3.53).

3.3.3 Depósito Fluvial (Q-fl)

Su litología está compuesta generalmente por gravas con clastos redondeados a subredondeados y niveles lenticulares de arenas y arcillas. Cubren las márgenes de los ríos Reque, Zaña y las principales quebradas de la zona de estudio, donde forman terrazas en ambas márgenes de los cauces (figura 3.54). Algunas terrazas también son aprovechadas como terrenos de cultivo.

3.3.4 Depósitos Coluviales

Presentan aglomerados con clastos, bloques angulosos de variado tamaño, generalmente de poco recorrido. Se encuentran escasamente al norte del área de estudio.

3.3.5 Depósito Eólico (Q-eo)

Caracterizado por presentar acumulaciones de arenas en forma de lentejones alargados y dunas con direcciones de corriente NE-SE. Estos depósitos cubren extensas pampas de la planicie costera y a veces llegan a cubrir las laderas de las lomas y cerros, sobre todo los que se encuentran cerca al litoral (figura 3.55).



Figura 3.53 Bloques, arenas limos de depósitos aluviales. Vista tomada mirando al norte desde la parte alta del cerro Guitarra.



Figura 3.54 Gravas y arenas acumuladas a lo largo del cauce del río Zaña. Vista tomada mirando al SO, desde el punto (UTM 689363, 9268530).



Figura 3.55 Arenas eólicas, acumuladas en las pampas de Portachuelo. Vista tomada mirando al norte, las pampas de Portachuelo desde el punto (UTM 647319, 9242895).

CAPÍTULO IV

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas se han dividido en cuatro unidades, basadas en su composición mineralógica, dataciones radiométricas y geoquímica, y reciben la denominación de Nueva Arica, Eten, Cayaltí, y Penachi (figura 4.1). Dentro de estas también destacan la presencia de numerosos cuerpos subvolcánicos como dacitas, riolitas y andesitas. La composición es variable y se extiende desde dioritas, tonalitas, granodioritas y granitos.

4.1 Unidad Nueva Arica (Ki-na)

La unidad intrusiva en mención se define como lugar de referencia, al SO de la localidad de Nueva Arica, lugar donde afloran tres cuerpos intrusivos. Parte de ellos es la diorita del cerro La Flecha (figura 4.2), que ha sido intruida por un cuerpo monzogranítico de la Unidad Cayaltí y un subvolcánico dacítico. Estos cuerpos parecen corresponder a un mismo gran *stock* diorítico, cubierto por depósitos aluviales y fluviales, que en conjunto abarcan un área de 6.9 km². Se extienden hacia el NO, al cerro Pan de Azúcar y el cerro Azul, donde aparecen como pequeños stocks discontinuos irregulares, que abarcan un área de 4 km², e intruyen a calizas de la Formación La Leche y está en contacto con tonalitas de la Unidad Cayaltí. En el cerro Mirador la diorita aparece como una franja a manera de *sills*, debajo de la Formación Tinajones, y cubre un área de 0.22 km². Otro stock granodiorítico de esta unidad se encuentra en cerro Gigante y abarca un área de 3.56 km² y junto a este aparecen

dos pequeños cuerpos elongados de dirección E-O y NO-SE, que cortan a calizas de la Formación La Leche y aparecen como paleorrelieves debajo de la Formación Tinajones. Asimismo, también se observa pequeños afloramientos dispersos cubiertos por rocas sedimentarias de edad cretácica.

Litología. Está conformada principalmente por dioritas y granodioritas. La diorita en el lugar de referencia se caracteriza por presentar ligera alteración superficial por intemperismo, donde se aprecia principalmente la hornblenda.

Las granodioritas se caracterizan por presentar un color gris blanquecino con textura porfírica, principalmente compuestas de plagioclasas, anfíboles, y dispuestas en una matriz con cuarzo feldespatos potásicos y plagioclasas. Los afloramientos se presentan en superficies erosionadas cubiertas o en contacto con dioritas de la misma unidad.

Edad. Nuevas dataciones radiométricas permiten designar a estos intrusivos como la Unidad Nueva Arica. En el lugar de referencia, obtuvo una muestra de diorita de las faldas del cerro La Flecha, la cual ha sido datada por el método U-Pb en zircón, de donde se obtiene la edad de 129.7+/-1.3 Ma. Otra muestra de granodiorita, obtenida del sector del cerro Gigante, ha sido datada por el método U-Pb en zircón, y arroja una edad de 126+/-1.6 Ma. Por lo tanto, esta unidad es asignada al Barremiano (Cretácico inferior).

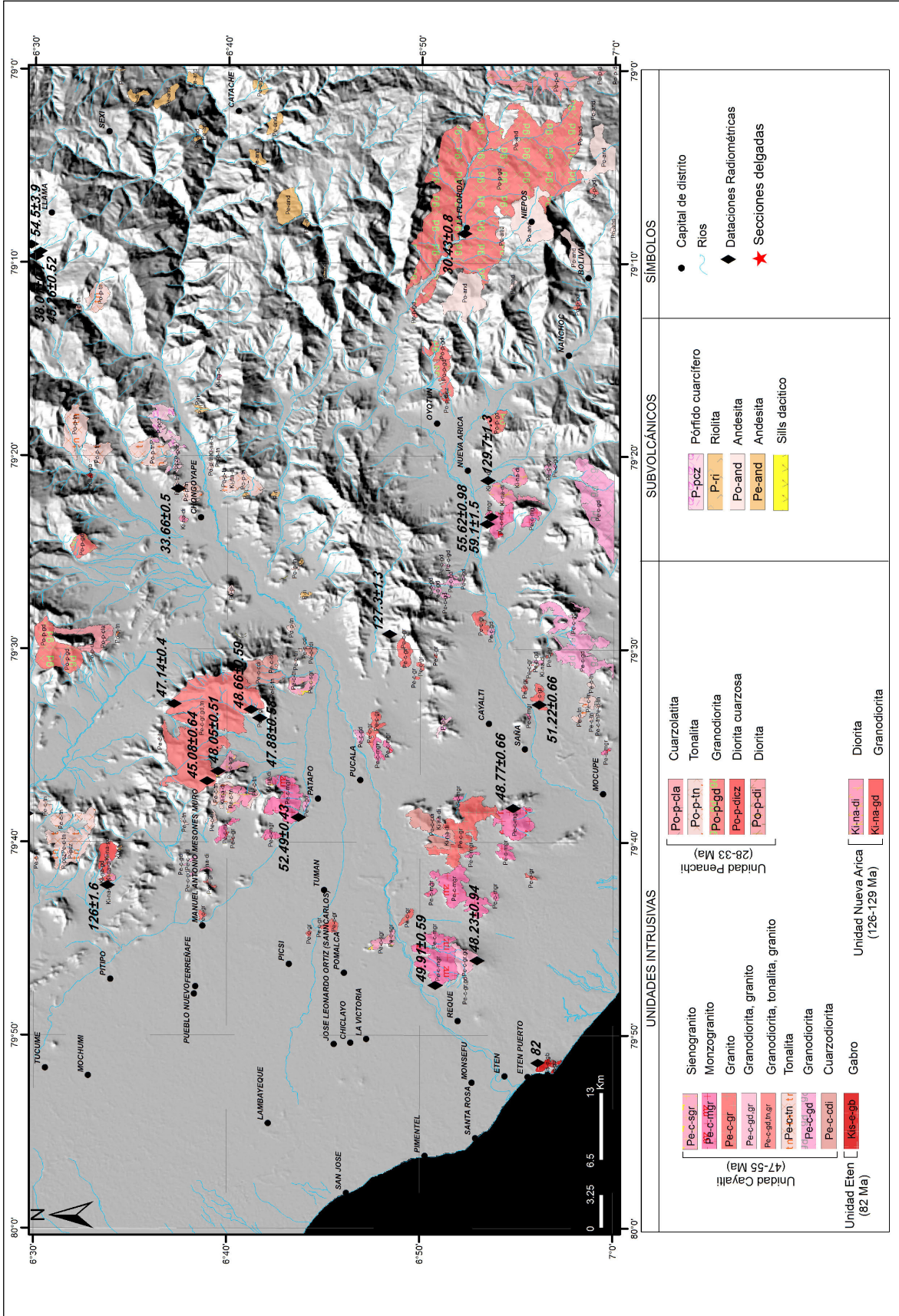


Figura 4.1 Mapa de unidades magmáticas de los cuadrángulos de Chichlayo 14d y Chongoyape 14e y principales dataciones radiométricas realizadas en el presente proyecto.

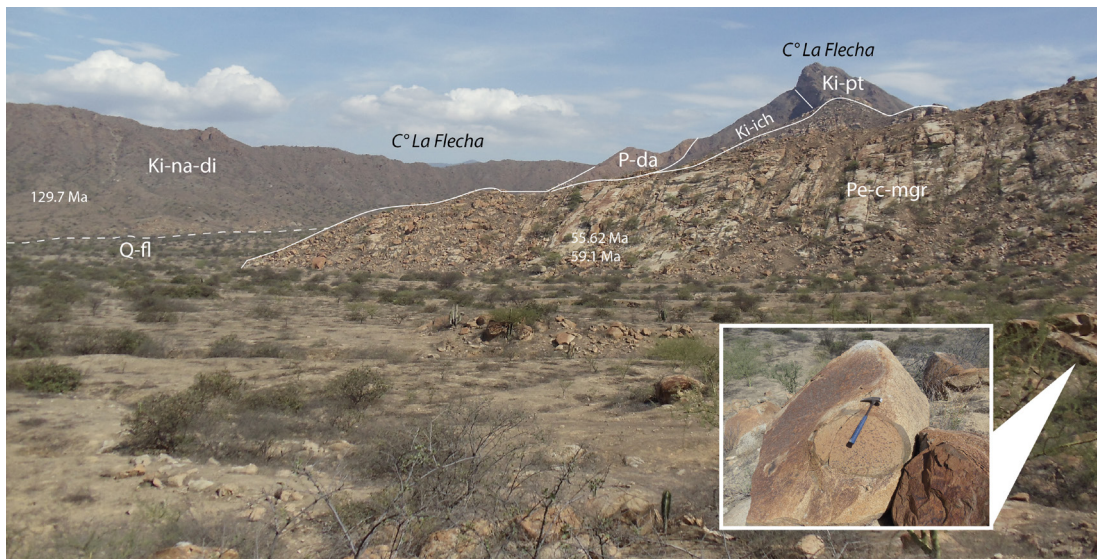


Figura 4.2 A la izquierda afloramiento de dioritas de la Unidad Nueva Arica, intruidas por monzogranitos de la Unidad Cayalti y dacitas de edad paleógena. Vista mirando al sur, tomada desde la hacienda Culpón (UTM 678332, 9238443).

4.2 Unidad Eten (Kis-e)

Los afloramientos de rocas gabraicas son muy escasos, y el más conocido se encuentra al sur del puerto de Etén, donde forma parte del cerro Morro de Eten (figura 4.3A) y abarca un área de 1.5 km². Otro pequeño cuerpo de forma irregular menor a 1 km² se registra a 4 km al norte de Palo Blanco.

Litología. La Unidad Etén es una intrusión principalmente de gabro, localmente con gabro cumulate, y presenta dos sectores bien definidos norte y sur:

Sector norte.- Consiste en un gabro foliado que a la distancia se observa con una pseudoestratificación (figura 4.3B). Presenta un nivel oscuro con predominio de piroxenos y otro con plagioclasas (figura 4.4). El tamaño de grano es de grueso a medio, donde se observa bandas de plagioclasas y anfíboles (figura 4.5), afectados por un conjunto de diques centimétricos de composición andesítica de una primera generación de dirección N70, cortado por otro dique de una segunda generación de dirección N55 (figura 4.6). Otra generación de diques son los félsicos constituidos principalmente por plagioclasas (figuras 4.7A y 7B).

Sector sur.- Se caracteriza por que los afloramientos son más masivos, donde el contenido de las plagioclasas se van incrementando en un 40%. Este cambio se puede notar cerca del faro, donde el cambio es progresivo. Sin embargo, en esta parte, el ancho de los diques se va incrementando, desde 40 cm hasta los 3 m (figura 4.8). Los diques más anchos están siendo remplazados por sílice oqueroso rellenos por óxidos (figura 4.9) y afectados por pequeños ventillas posteriores paralelas al dique mayor (figura 4.10). En general, estos diques afectan ligeramente al gabro. Además, se ha realizado el estudio petrográfico de las muestras GR911-63, GR9-11-91 y GR9-11-64, las que se detallan en los anexos 14, 15 y 16.

Edad. No se reportan la edad de estos afloramientos; sin embargo, Maluski en Mourier (1988) determina una edad de 82 Ma (K-Ar sobre roca total), el cual correspondería a un episodio de deformación, responsable de la foliación mineral que se observa a lo largo de todo el afloramiento del cerro Morro de Eten. Cabe destacar que las relaciones de contacto de los gabros de Eten no son visibles, debido a que este cuerpo aislado en gran parte está cubierto por material eólico. Asimismo, el gabro de Palo Blanco aparentemente está cortando rocas de la Formación Oyotún; por lo tanto, la edad atribuida a esta unidad correspondería del Cretácico inferior a superior.

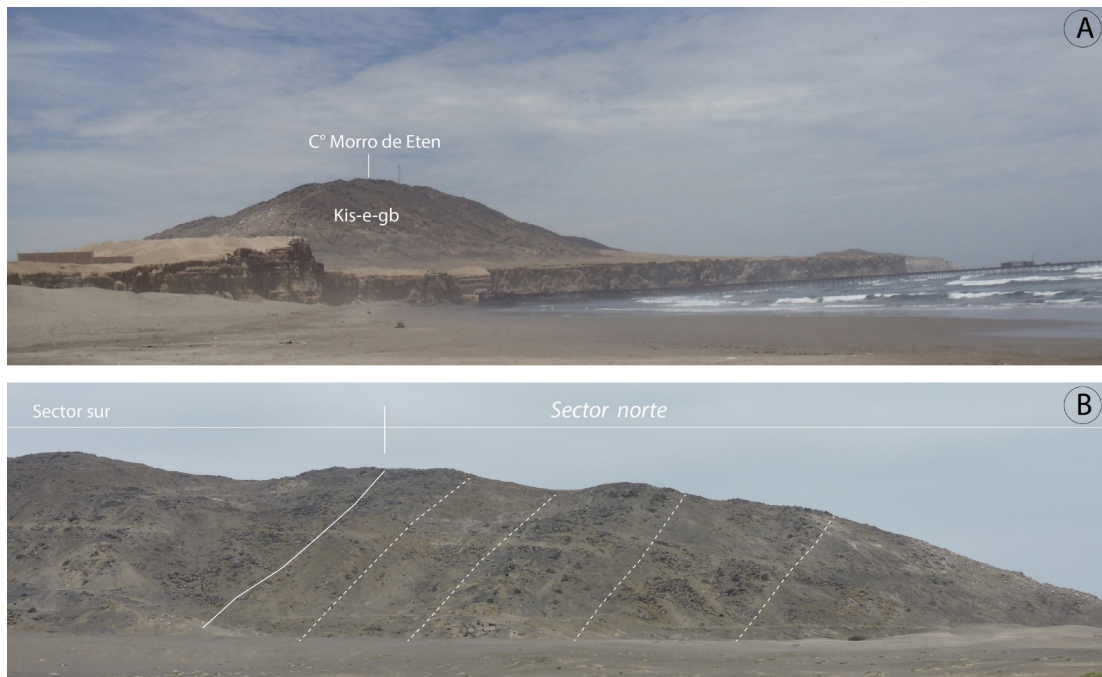


Figura 4.3 A) Cerro Morro de Eten (UTM 625579, 9233161), en el límite de la margen continental, que muestra el afloramiento de gabro, con flancos cubiertos por material aluvial y eólico, donde no se observa las relaciones de contacto. Vista tomada mirando al sur desde el pueblo de Eten. B) Sector norte con pseudoestratificación y Sector sur (masivo)



Figura 4.4 Detalle del macizo donde muestra niveles oscuros, con predominio de piroxenos sobre plagioclasas. En los niveles claros, el predominio es de plagioclasas sobre piroxenos. (Izquierda)

Figura 4.5 Mostrando en detalle la foliación con bandeamiento del gabro. (Derecha)



Figura 4.6 Diques andesíticos de dos generaciones, N70 y N55, donde el dique N70 corta al dique N55.

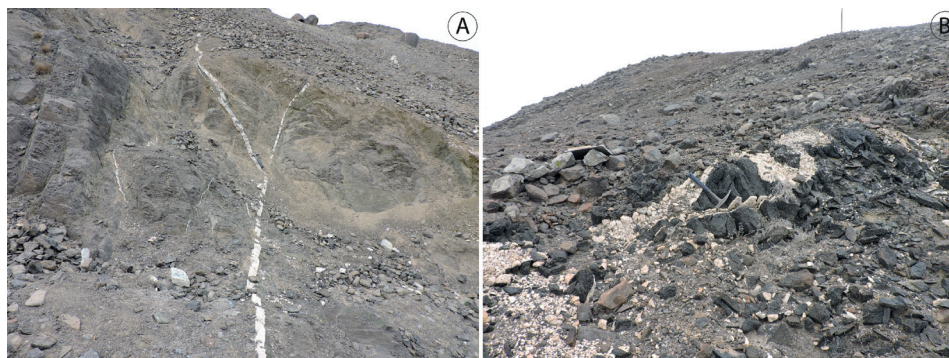


Figura 4.7 A) Delgadas vetillas de ancho centimétrico de plagioclasas. B) Vetas más anchas de plagioclasas > a 30 cm.



Figura 4.8 Dique andesítico de 40 cm de ancho que afecta al cuerpo gabroico y a los diques félsicos. (izquierda)

Figura 4.9 Dique de 3 m de ancho cortando el gabro, donde se aprecia el remplazamiento por sílice y óxidos. (derecha)



Figura 4.10 Dique andesítico que corta la foliación del gabro, afectado por un vetilleo de plagioclasas, dispuestas en paralelo al dique mayor.

4.3 UNIDAD CAYALTÍ (PE-C)

La Unidad Cayaltí se encuentra mejor expuesta en los alrededores de esta localidad y al O y SO del área de estudio. Se trata de varios cuerpos irregulares de cuarzodiorita, granodiorita, tonalita, granito, monzogranito y sienogranito. Los granitos y monzogranitos anteriormente eran denominados como adamelitas (Wilson, 1984); sin embargo, últimas dataciones y estudios petrográficos de estos cuerpos intrusivos, permiten asignarle a estos intrusivos su verdadero nombre petrográfico.

La cuarzodiorita aflora en el cuadrángulo de Chiclayo 14d. Se trata de una roca plutónica color gris blanquecino con textura fanerítica, grano medio, dureza y densidad media. La cuarzodiorita aflora en los cerros Guitarra y León (figura 4.11), al sur de la localidad de Salfur con un área de 8.3 km², afecta a rocas de la Formación Oyotún y sedimentarias de la Formación Pariatambo y está en contacto con monzogranitos contemporáneos. Los afloramientos del cerro "CH", abarcan un área de 9.88 km² e intruyen a rocas de la Formación La Leche y al complejo intrusivo granito, granodiorita, tonalita.

La granodiorita se encuentra distribuida de forma dispersa. El afloramiento más extenso está en el cerro Minar, que intruye rocas volcánicas de la Formación Oyotún y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. Otro afloramiento granodiorítico de regular extensión aflora en el cerro Cantagallo e intruye rocas sedimentarias de las formaciones Inca-Chúlec, Pariatambo y el Grupo Pulluicana-Quilquiñan. También se observan *stocks* de pequeñas dimensiones, como los que muestra en el flanco sur del cerro Leque Leque donde intruyen a rocas de la Formación Oyotún. Asimismo se muestran afloramientos en la margen derecha del río Zaña, donde se observa el contacto con un

cuerpo granítico y en el cerro Songoy, donde intruyen a rocas de la Formación Oyotún. Todo el conjunto granodiorítico abarca un área de 34 km².

En la parte central norte del área de estudio se observa un complejo intrusivo semicircular de composición granítica, granodiorítica y tonalítica que abarca un área de 61.54 km² y afecta principalmente a rocas volcánicas de la Formación Oyotún y a calizas de la Formación La Leche, que en su extremo sur está rodeada de varios cuerpos intrusivos de diferente composición.

Las tonalitas se distribuyen en tres sectores dentro del cuadrángulo de Chiclayo: 1) En el sector sur, lugar de Pampa de Mata Indio, aflora un conjunto de seis pequeños *stocks* que abarcan un área de 2.8 km², distribuidos en dirección NO-SE. Sus márgenes afectan a rocas sedimentarias cretácicas y gran parte se encuentran cubiertas por depósitos eólicos. 2) En el sector central, en los alrededores de cerro Azul, afloran siete pequeños *stocks*, que abarcan un área de 5.26 km² e intruyen a rocas de la Formación Oyotún. 3) El sector norte, compuesto de otro conjunto intrusivo de tonalitas, abarca 20.37 km² y forma parte de los cerros Barranco Colorado, Cabeza de León y el cerro Blanco.

En el área de estudio, los granitos se encuentran muy dispersos y de manera desordenada en pequeños *stocks*, principalmente en el cuadrángulo de Chiclayo 14d, que en conjunto abarcan un área de 35.96 km²; sin embargo, la mayor concentración de estos cuerpos se encuentra entre los cerros Cabeza de Mono (figura 4.11) y San Juanito, que cubren un área de 15.55 km². Los granitos tienen una característica peculiar de presentar un aspecto de oquedades dejados por los moldes de xenolitos intemperizados (figuras 4.12 y 4.13).

El monzogranito generalmente se encuentra en contacto con los granitos, que a veces se confunden entre estas dos unidades. La mayor concentración de estos intrusivos se encuentra en los cerros San Nicolás, Negro y Reque, abarcan un área de 207.35 km², y afecta a rocas del Grupo Pulluicana-Quilquiñan y está en contacto con granitos, granodioritas de la misma unidad, que, sin embargo, están cubiertas por depósitos aluviales y fluviales. El afloramiento de los cerros Patapo y Las Canteras conforma tres cuerpos irregulares, que afectan a rocas volcánicas de la Formación Oyotún. Estos tres cuerpos abarcan un área de 12.9 km². Al sureste de estos intrusivos, se alinean pequeños stocks que intruyen a rocas volcánicas de la Formación Oyotún y están en contacto con granitos, que abarcan un área de 1.92 km².

Son escasos los afloramientos de sienogranitos. En el área de estudio, solo aflora en el cuadrángulo de Chiclayo 14d, como tres pequeños stocks dispersos, dos de los cuales se encuentran casi contiguos, se trata de los afloramientos al este y noreste de Patapo, que abarcan un área de 6.6 km², ambos intruyendo a rocas de la Formación La Leche. En el cerro Ventarrón aflora un pequeño cuerpo aislado de 2 km², el cual se encuentra de forma aislada y cubierto por depósitos aluviales y fluviales.

Litología. Está constituida principalmente por cuarzodioritas, granodioritas, tonalitas, granito, monzogranito y sienogranito.

La cuarzodiorita presenta un color gris blanquecino con textura fanerítica de grano medio, conformada por cristales de plagioclasas, cuarzo y minerales ferromagnesianos, presentan una densidad y dureza media.

La granodiorita-tonalita presenta una coloración gris verdosa claro con textura fanerítica de grano medio y cristales de plagioclasas, feldespatos potásicos y cuarzo. También se observa minerales ferromagnesianos y anfíboles, con magnetismo moderado y densidad media.

El sienogranito presenta un color marrón claro con textura fanerítica de grano medio, en la que se observa cristales de feldespatos potásicos, cuarzo y plagioclasas. Además, se tiene minerales ferromagnesianos, que presentan un magnetismo leve y densidad media.

El monzogranito es de color gris naranja, algo rosado, de textura fanerítica, grano medio, con presencia de grandes xenolitos félsicos de naturaleza plutónica. Los cristales son de feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo y minerales ferromagnesianos conformados por anfíboles y biotita con magnetismo moderado y densidad media.

Muestras de estos intrusivos fueron analizadas petrográficamente como se describe a continuación:

Granodiorita GR9-11-57 (ver anexo 08), con textura hipidiomórfica inequigranular, constituida por plagioclasas, feldespatos

potásicos que se encuentran alterados por arcillas, cuarzo y ferromagnesianos, donde también se observa microvenillas rellenas con micas. Granodiorita GR9-11-61 (ver anexo 09), roca plutónica de textura granular hipidiomórfica con xenolitos de naturaleza plutónica que ocupa un 20% de la sección, constituida por cristales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos potásicos, anfíboles, biotita, minerales opacos y alteraciones a arcillas, epidotas y cloritas. Monzogranito GR-11-72 (ver anexo 11), con textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo, biotita, anfíboles y diseminados de minerales opacos. También se observa xenolito con 25% de la sección con cristales de plagioclasas y cuarzo. Monzogranito GR9-11-77 (ver anexo 12), de textura granular hipidiomórfica, formada por cristales de plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo, anfíboles, biotita, esfena y minerales opacos diseminados. Como producto de alteración, se tienen carbonatos, arcillas, cloritas y sericita. Sienogranito del GR9-11-66 (ver anexo 10), textura granular hipidiomórfica, que se encuentra constituida por cristales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos potásicos en intercrecimiento gráfico. Además, se tienen cristales de biotita en menor proporción, que se encuentran alterados a óxidos de hierro. Los minerales opacos se encuentran ocupando microfracturas y diseminados en la roca. Cuarzodiorita GR9-11-55 (ver anexo 13), textura granular hipidiomórfica, que se encuentra conformada por cristales de plagioclasas en mayor proporción, cuarzo y feldespatos potásicos, anfíboles, apatito y minerales opacos diseminados.

Edad. Se tiene antecedente de dataciones en monzogranitos de la localidad de Nueva Arica por el método K-Ar en biotita de 59.1±1.5 Ma (Montano, 2010) y recientemente se han datado varias muestras por el método U-Pb en zircón en diferentes lugares de esta unidad. Así tenemos, en granitos del cerro Culpón que datan de 55.62±0.98 Ma. En el monzogranito del cerro Patapo, se obtuvo una edad de 52.49±0.43 Ma. En los granitos de la localidad de Tres Compuertas se obtuvo una datación de 51.22±0.66 Ma. Edades más recientes se obtuvieron de monzogranitos y granito del cerro Reque que datan en 49.91±0.59 y 48.23±0.94 Ma respectivamente. Luego, en monzogranitos del cerro San Nicolás, se obtuvo dos dataciones de 48.77±0.66 y 48.17±0.61 Ma. Igualmente, entre los cerros Pico de Gallo y Chumillan, se obtuvo dataciones de este complejo en granitos que datan en 48.66±0.59, 48.05±0.51 y 47.88±0.58, Ma. Dentro de este mismo complejo, las granodioritas datan de 47.14±0.4 Ma, las tonalitas datan de 45.08±0.64 Ma. Todas estas dataciones fueron realizadas por el Convenio CGS & INGEMMET, 2017. Por lo tanto, sobre la base de estas dataciones, se ha agrupado estos intrusivos dentro de la Unidad Cayaltí, al cual se le ha asignado una edad que comprende el intervalo Eoceno.



Figura 4.11 Granitos en contacto con cuarzodioritas, ambos pertenecientes a la Unidad Cayalti. Vista tomada mirando al norte, de los cerros Cabeza de Mono y Guitarra (UTM 647319, 9242895).



Figura 4.12 Afloramiento en detalle de los monzogranitos, forma típica de presentar oquedades por procesos de intemperismo. (izquierda)

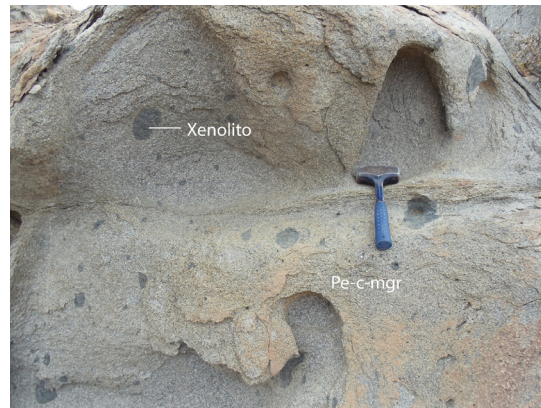


Figura 4.13 Monzogranito con xenolitos de formas redondeadas de rocas básicas. Vista en detalle del monzogranito del cerro Cabeza de Mono. (derecha)

4.4 Unidad Penachi (Po-p)

Es definida como localidad de referencia la localidad de Penachi del cuadrángulo de Incahuasi 13e (Jaimes et al., 2013), y está conformada por dioritas, dioritas cuarzosas, granodioritas, tonalitas y cuarzolalitas.

La diorita se encuentra al SE de la Florida, que se localiza en el cuadrángulo de Chongoyape 14e. Se trata de un afloramiento de forma elongada de dirección N-S, cubierto por productos del centro volcánico Anchipan-Mutis y San Pedro, y abarca un área de 12.73 km². La diorita cuarzosa es muy escasa y apenas aflora como un pequeño stock al este del poblado de Oyotún, donde está en contacto con granodioritas de la misma unidad.

El afloramiento más extenso de esta unidad se encuentra entre Hualango y La Florida, y abarca un área de 153.80 km². El cuerpo intrusivo tiene una forma irregular ligeramente elongada de dirección NO-SE de composición granodiorítica. Este Plutón está cubierto por productos de los centros volcánicos del Grupo Calipuy, que no permite ver la relación de intrusión con rocas más antiguas.

Afloramientos con las mismas características se encuentran al este de Chongoyape, donde presentan una forma elongada de dirección E-O y abarcan un área de 3.71 km². En este sector intruye a rocas de la Formación Oyotún, Grupo Goyllarisquiza, formaciones Inca-Chúlec, Pariatambo y a rocas volcánicas de

la Formación Llama. Al sur de campamento Yaypón, se observa un cuerpo aislado granodiorítico que intruye principalmente a la Formación Tinajones y ligeramente a rocas de la Formación Oyotún. Este cuerpo presenta un área de 3.61 km². En el límite este del cuadrángulo de Chongoyape 14e2, aflora un conjunto diorítico, el cual presenta una ligera alteración superficial en la localidad de Succhapampa. En conjunto, abarca un área de 13.19 km², cubierto por productos del centro volcánico Anchipán Mutis. Afloramientos de estas granodioritas se encuentran dispersos como pequeños stocks que rodean al Plutón entre las localidades de Oyotún y Nanchoc, que presentan formas irregulares y abarcan en conjunto un área de 7.74 km², e intruyen a rocas de la Formación Oyotún y sedimentarias de unidades cretácicas. En proyección al NO, afloran dos stocks granodioríticos, uno de los cuales se encuentra al sur de Campamento Yaypón, que intruye a rocas de las formaciones Oyotún y Tinajones. Al oeste de este *stock*, se encuentra otro afloramiento que afecta a rocas del Grupo Goyllarisquizga y está en contacto con cuarzo latitas paleógenas.

Los afloramientos de tonalitas se encuentran dispersos en dirección NE-SO, a lo largo de las márgenes del río Chancay y las quebradas y cerros paralelos a este. Se trata de varios *stocks* de formas irregulares. Al noroeste de Chongoyape, se trata de *stocks* tonalíticos, dispersos que abarcan las localidades de Garraspiña, el cerro Mal Paso (figura 4.14) Potrerillo, Majín y Chiriquipe, todos estos con características similares, que presentan formas irregulares. El área total de estos cuatro cuerpos es de 21.81 km² e intruye a rocas de la Formación Oyotún y la Formación Tinajones, a excepción del *stock* de la localidad de Magín, donde la intrusión afecta a rocas volcánicas de la Formación Llama. En la margen izquierda del río Chancay, entre las localidades de Zapallal y Los Libertadores, afloran cuatro pequeños *stocks* irregulares, que abarcan un área de 5.63 km² y afectan a rocas de la Formación Oyotún y a rocas sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga, formaciones Inca-Chúlec y Pariatambo. Otros cuerpos de la misma composición se encuentran al NE de Chongoyape.

La cuarzolatita aflora como una franja alargada de dirección N-S, ubicada al norte de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e, entre las faldas del cerro Chaparri (figura 4.15), donde intruye a rocas de la Formación Tinajones, areniscas del Grupo Goyllarisquizga y a granodioritas de la Unidad Penachi. Abarca un área de 6 km².

Litología. Está constituida principalmente de diorita, diorita cuarzosa, granodiorita, tonalita, y cuarzo latita. Macroscópicamente,

la diorita se caracteriza por ser holocristalina, inequigranular de color gris verdoso con cristales de plagioclasas y anfíboles. La diorita cuarzosa, presenta un color gris oscuro con tonalita verdosa y textura fanerítica de grano medio, donde se observa cristales de plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos y minerales ferromagnesianos con leve magnetismo. La roca tiene una densidad media y efervescencia al ácido clorhídrico. La Granodiorita-tonalita presenta una coloración amarillo verdoso pálido con textura fanerítica de grano medio, donde se observa cristales de plagioclasas y en menor cantidad de cuarzo y feldespatos potásicos. Como minerales máficos, se aprecia anfíboles y epidotas que se encuentran con las plagioclasas. La diorita del sector de Succhapampa se caracteriza por ser holocristalina, equigranular, color gris verdoso con cristales de plagioclasas y anfíboles

Se ha realizado el estudio petrográfico de dos muestras de esta unidad.

La muestra GR9-11-50 (ver anexo 04) corresponde a una diorita cuarzosa holocristalina con textura hipidiomórfica inequigranular, conformada principalmente por cristales de plagioclasas y cuarzo. Como accesorios, se tiene a los anfíboles y como productos de alteración están las cloritas, carbonatos, epidota, sericita y arcillas. La muestra GR9-11-87 (ver anexo 05) corresponde a una granodiorita, con textura porfírica, principalmente conformada por plagioclasas muy macladas y zonadas, anfíboles (algunos maclados), así como esfena dispuestos en una matriz compuesta de cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas.

Edad. Nuevas dataciones radiométricas por el método U-Pb en zircón de granodiorita del Plutón del sector de Hualango (cuadrángulo de Chongoyape 14e) datan de 30.43±0.80 Ma (Convenio CGS & INGEMMET, 2017). En esta misma unidad en el cuadrángulo de Incahuasi 13e, se reporta tres dataciones U-Pb en zircones que arrojan edades de 28.87±0.59 Ma en granito, 32.41±0.97 Ma en tonalita y 29.77±0.67 Ma en granodiorita (Convenio CGS & INGEMMET, 2017). Sin embargo, también se tiene antecedentes de dataciones efectuadas al sur, en el cuadrángulo de Chapén 15e, de rocas similares en este caso tonalitas. El primero datado por el método K-Ar en hornblenda en 39±6 Ma (Stewart et al., 1984). Otra muestra de la misma roca por el método K-Ar en biotita data de 43.5±1.5 Ma (Stewart et al., 1984). Por lo tanto, en base a estas dataciones se le atribuye al intervalo de edad Eoceno.



Figura 4.14 Tonalita en contacto con andesita porfírica en el cerro Mal Paso. Vista tomada mirando al NE (UTM 671293, 9262137).

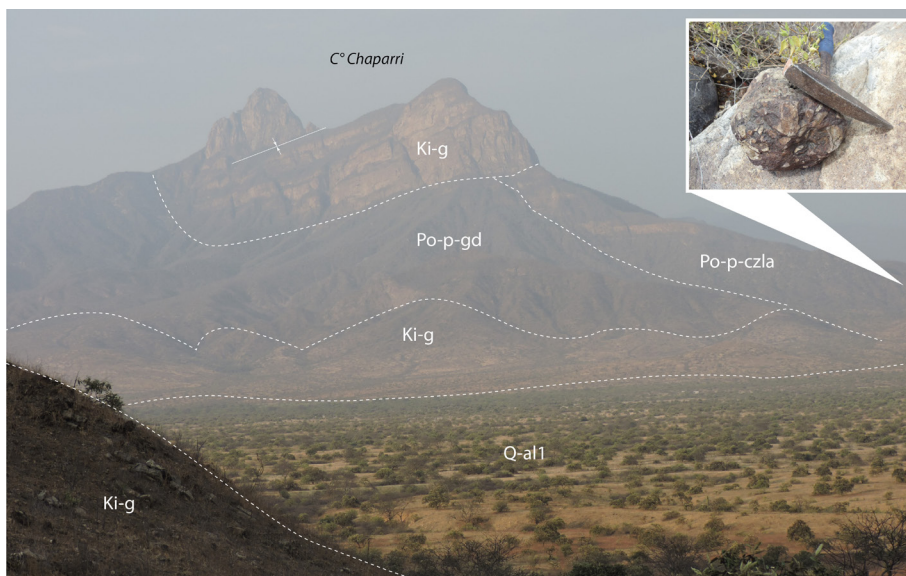


Figura 4.15 Granodiorita en contacto con una cuarzo-latita y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. En detalle, se muestra fragmento intrusivo alterado de la zona de contacto. Vista tomada mirando al NE (UTM 665008, 9277090).

4.5 Geoquímica de las unidades Cayaltí y Penachi

El magmatismo de las unidades Cayaltí y Penachi en el área de estudio corresponde a cuarzodioritas, granodioritas, tonalitas, granitos, monzogranitos, sienogranitos, dioritas, dioritas cuarzosas y cuarzolalitas, algunos de los cuales se han muestreado para el análisis geoquímico (tablas 03, 04 y 05). Geoquímicamente en el diagrama KO_2 (wt%) vs SiO_2 (wt%), los intrusivos de las unidades Cayaltí y Penachi evolucionan de dioritas a granitos (figura 4.16A). Los cuerpos intrusivos de estas dos unidades intruyen además a rocas volcánicas de la Formación Oyotún (Hauteriviano-Barremiano) y a rocas sedimentarias de las formaciones Inca-Chúlec (Albiano inferior-medio) y Pariatambo (Albiano medio).

En el diagrama FeO total vs SiO_2 (wt%), se presenta mayores concentraciones de FeO total en la Unidad Penachi, respecto a los intrusivos de la Unidad Cayaltí. Por lo tanto, es posible que estos magmas hayan sido la fuente de alimentación de fluidos altamente oxidados para la formación de vetas y mantos de hierro, correspondiendo a valores de FeO total (figuras 4.16B y 4.16C), los cuales serán descritos con mayor detalle en el capítulo de Geología Económica.

Las muestras ploteadas en el diagrama AFM (Irvine & Bargar 1971), correspondientes a la Unidad Penachi, muestran un carácter calcoalcalino que llega incluso a los límites de transición de calcoalcalino a toleítico, mientras que las rocas de la Unidad Cayaltí muestran un carácter eminentemente calcoalcalino (figura 4.16C).

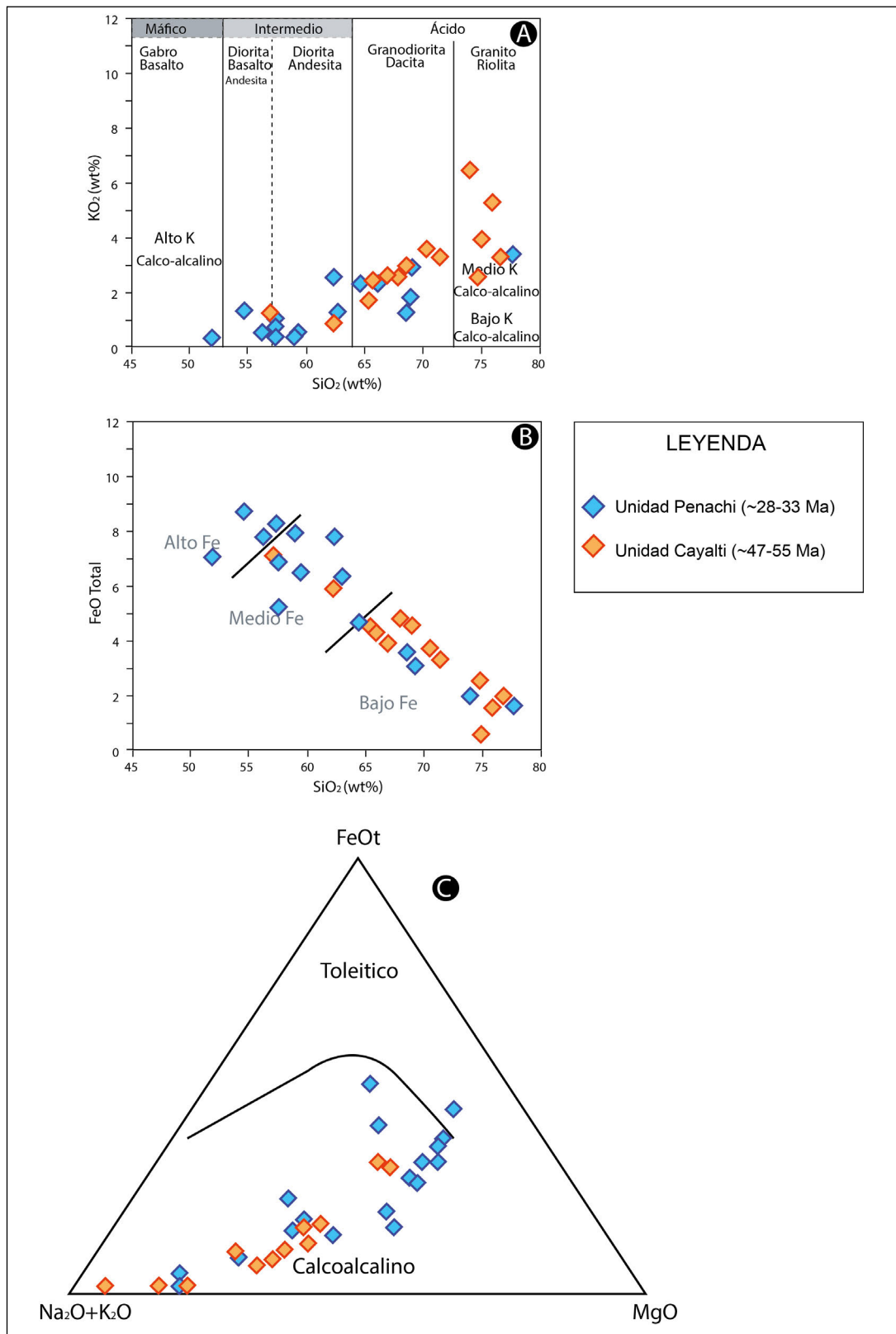


Figura 4.16 A y B) Diagramas que distinguen tipos de roca ígnea, serie magmática y contenido de FeO total. C) Diagrama AFM (Irvine y Bargar 1971) en el cual se proyectan parte de las rocas de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, que denotan un carácter calcoalcalino a toleitico, correspondientes a las unidades Cayalti y Penachi.

Tabla 4.1
Análisis geoquímico de rocas de las unidades intrusivas Penachi, Nueva Arica y Eten

Unidad	Penachi				Nueva Arica				Eten	
Muestra	GR9-10-148	GR9-11-01	GR9-11-82	GR9-11-92	GR9-11-06	GR9-11-07	GR9-11-16	GR9-11-16	GR9-11-71	GR9-11-91
X_Geo	-79.361	-79.299	-79.337	-79.344	-79.355	-79.359	-79.368	-79.376	-79.550	-79.349
Y_Geo	-6.643	-6.892	-6.591	-6.540	-6.904	-6.904	-6.893	-6.916	-6.904	-6.548
Litología	tonalita	granodiorita	tonalita	tonalita	diorita	diorita	diorita	diorita	Gabro	Gabro
Elementos mayores (wt%)										
SiO ₂	77.61	66.09	69	57.27	57.54	58.83	68.48	54.61	56.73	62.71
TiO ₂	0.12	0.54	0.52	0.84	0.9	0.86	0.48	1.11	0.66	0.72
Al ₂ O ₃	11.19	14.25	14.55	16.07	14.14	14.37	14.38	16.87	18.5	15.35
Fe ₂ O ₃	1.83	4.83	3.45	7.91	5.77	8.85	3.92	9.64	7.35	7.02
MnO	0.03	0.07	0.08	0.16	0.12	0.15	0.06	0.18	0.15	0.13
MgO	0.18	2.26	1.06	4.25	9.03	5.17	1.62	4.7	3.9	2.68
CaO	1.35	4.98	2.82	9.04	7.87	7.59	4.86	7.78	8.79	6.32
Na ₂ O	4.47	4.53	5.5	3.53	4.25	3.74	4.81	3.52	3.17	3.58
K ₂ O	3.19	2.33	2.89	0.76	0.27	0.32	1.28	1.32	0.62	1.31
P ₂ O ₅	0.02	0.1	0.13	0.18	0.11	0.11	0.11	0.28	0.12	0.18
FeO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos traza (ppm)										
Li	22	33	<10	<10	<10	<10	<10	18	10	13
Sc	<5	13.5	9.3	21	33.6	37.2	11.4	25	25.9	23.2
V	6	93	45	212	158	256	86	215	191	166
Co	1.4	11.1	5.1	20.7	33.4	27.2	8.2	25	27.3	18
Ni	<5	7	<5	24	153	38	<5	26	15	6
Cr	15	18	12	26	323	73	17	102	32	12
Cu	<5	12	15	24	22	79	8	88	39	41
Zn	24	45	59	63	60	101	32	75	83	68
Rb	113.3	65.2	60	18.1	5	8.7	32.8	22.84	14.3	47.3
Sr	71.2	276.9	235.3	481.8	273.4	254.1	369.1	394	437.9	316.5
Y	15.8	18.8	28.8	18.1	18	23.2	13.8	28.78	14.1	25.8
Nb	6	8	16	3	4	2	6	15.48	3	5
Zr	97.7	115.2	222.5	61.8	83.9	59	103.9	142	50.4	90.3
Mo	6	3	4	<2	<2	4	4	7	3	6
Cs	4	1.4	0.8	1.2	0.2	1.3	0.6	0.63	0.5	2.7
Cd	<0.2	0.6	0.4	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	-1	0.2	<0.2
Ba	712	622	781	394	82	131	551	407	222	359
La	17.8	16.4	26.5	9.5	3.6	4.3	15.9	18	6.5	15.2
Ce	35	35.2	58.6	21.5	10	10.8	32.6	34.52	14.9	35.9
Pr	3.93	4.34	7.18	2.95	1.57	1.64	3.83	4.56	2.07	4.86
Nd	13.8	17.1	27.9	13.5	8.3	8.3	14.7	19.47	10	20.6
Sm	2.9	3.5	5.7	3.3	2.4	2.7	2.7	4.49	2.3	4.7
Eu	0.77	1.06	1.43	1.06	0.76	0.74	1	1.24	0.89	1.13
Gd	2.78	3.61	5.61	3.46	3	3.37	2.67	4.61	2.78	4.96
Tb	0.42	0.54	0.82	0.55	0.53	0.61	0.36	0.74	0.43	0.74
Dy	2.5	3.13	4.84	3.15	3.15	3.78	2.25	4.47	2.55	4.49
Ho	0.51	0.64	0.95	0.63	0.63	0.82	0.45	0.92	0.52	0.87
Er	1.55	2.02	3.04	1.98	1.97	2.55	1.41	2.69	1.57	2.65
Tm	0.27	0.31	0.47	0.3	0.28	0.38	0.24	0.38	0.24	0.43
Yb	1.7	2	3	1.9	1.8	2.5	1.4	2.47	1.5	2.7

Continuación...

Unidad	Penachi				Nueva Arica				Eten	
Lu	0.3	0.31	0.43	0.3	0.25	0.35	0.24	0.4	0.22	0.42
Hf	1	2	2	3	4	3	1	3.69	2	2
Ta	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	0.73	<0.5	<0.5
W	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0.86	<1	1
Pb	10	12	15	<5	<5	7	<5	-5	6	6
Th	11.9	10.1	7.9	2.9	0.4	1.2	5.5	5	1.5	7.1
U	2.91	2.93	1.25	0.74	0.17	0.7	0.85	1.4	0.42	1.58

Tabla 4.2
Análisis geoquímico de rocas de la unidad intrusiva Cayalti

Unidad	Cayalti						
Muestra	GR9-11-12	GR9-11-13	GR9-11-14	GR9-11-19	GR9-11-22	GR9-11-25	GR9-11-53
X_Geo	-79.345	-79.351	-79.353	-79.460	-79.487	-79.513	-79.626
Y_Geo	-6.949	-6.966	-6.966	-6.967	-6.896	-6.815	-6.867
Litología	Granodiorita	Granodiorita	Granodiorita	Granodiorita	Granodiorita	Granito	Monzogranito
Elementos mayores (wt%)							
SiO ₂	68.84	57.28	56.16	74.94	67.89	71.43	75.98
TiO ₂	0.38	0.87	0.89	0.08	0.59	0.45	0.1
Al ₂ O ₃	14.26	13.92	15.24	13.28	13.39	13.32	12.32
Fe ₂ O ₃	4.87	9.17	8.62	0.62	5.21	3.66	1.71
MnO	0.08	0.19	0.13	0.04	0.08	0.07	0.05
MgO	1.58	5.16	6.01	0.12	2.13	0.84	0.17
CaO	4.38	9.85	9.91	1.23	4.23	2.89	0.75
Na ₂ O	3.73	3.12	2.26	5.78	3.85	3.91	3.65
K ₂ O	1.82	0.32	0.55	3.89	2.53	3.3	5.24
P ₂ O ₅	0.07	0.11	0.22	0.02	0.11	0.12	0.02
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0
Elementos traza (ppm)							
Li	20	<10	<10	<10	13	23	25
Sc	11.1	37.4	33.6	<5	14.6	8.2	<5
V	77	251	267	<5	101	44	<5
Co	8.5	29.2	30.4	1	12.9	6.6	1
Ni	<5	47	48	<5	9	<5	<5
Cr	16	79	76	<10	19	13	19
Cu	8	85	72	5	61	13	<5
Zn	58	105	86	43	62	45	79
Rb	61.2	10.8	18	63.3	107.9	121.1	145.2
Sr	230.9	276.5	478.5	62.4	331.8	259.2	49.9
Y	20.3	23	20.9	8	25	23.7	12.4
Nb	5	2	3	9	8	20	13
Zr	109.9	54.5	58.3	70.5	156	210.8	91.4

Continuación...

Unidad	Cayalti								
	Elementos traza (ppm)								
Li	13	26	22	<10	17	19	23	18	<10
Sc	22.8	6.7	14.7	13.1	9	<5	<5	10.8	23.3
V	176	87	97	82	62	22	5	72	187
Co	23.8	11.3	12.3	10.5	7.7	4	1.3	8	23.1
Ni	20	5	12	<5	6	<5	6	<5	25
Cr	33	12	31	10	25	18	23	15	48
Cu	11	24	25	40	23	8	7	6	39
Zn	43	71	68	61	53	40	24	36	84
Rb	30	31.7	79.2	95.9	123.8	82.2	118.2	76.1	19.5
Sr	391.3	853.6	280.2	276.7	239	328.6	66.4	248.3	607.6
Y	15.1	9.2	21.9	21.6	21	8	16	21.5	20.6
Nb	4	6	10	5	14	10	6	11	4
Zr	82.7	90.1	179	160.4	133.6	82.2	90.2	169.6	76
Mo	2	3	6	4	13	4	4	3	2
Cs	1.1	0.7	2.7	0.7	3.2	1.5	3.9	1.3	2.3
Cd	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.3
Ba	186	885	639	893	928	866	722	698	550
La	7.4	16.9	18.4	20.2	31.5	22.7	18.7	23.4	15.2
Ce	17.3	33.7	40.8	43.3	63.2	41.4	36.5	51.9	33.9
Pr	2.32	3.97	5.02	5.79	7.18	4.3	4	6.29	4.55
Nd	10.4	15	19.7	23.2	26.1	14.4	14.2	23.7	19.6
Sm	2.6	2.8	4.2	4.9	4.7	2.1	3	4.7	4.4
Eu	0.75	1.24	1.22	1.41	1.4	0.96	0.8	1.17	1.33
Gd	2.86	2.37	4.13	4.63	4.42	1.77	2.85	4.16	4.28
Tb	0.47	0.3	0.61	0.68	0.62	0.23	0.44	0.62	0.6
Dy	2.64	1.55	3.71	3.76	3.64	1.3	2.4	3.68	3.65
Ho	0.5	0.29	0.74	0.76	0.73	0.25	0.56	0.7	0.71
Er	1.45	0.9	2.34	2.34	2.26	0.77	1.73	2.18	2.25
Tm	0.24	0.14	0.36	0.35	0.34	0.14	0.23	0.35	0.32
Yb	1.4	0.9	2.4	2.2	2.1	0.9	1.8	2.4	2
Lu	0.21	0.14	0.35	0.32	0.3	0.14	0.27	0.36	0.28
Hf	2	3	2	3	2	3	2	2	3
Ta	<0.5	1.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W	<1	<1	1	2	1	1	<1	<1	<1
Pb	6	9	13	7	17	18	10	11	8
Th	2.9	3.6	9.5	11.6	16.1	13.3	11	15	5.5
U	0.69	1.05	2.14	2.4	2.96	4.18	1.85	3.05	1.51

Cuerpos subvolcánicos (P-ap, P-da, P-pc)

Existen numerosos cuerpos subvolcánicos de composición andesítica, dacítica, riolítica, los que se encuentran distribuidos en ambos cuadrángulos; sin embargo, el cuadrángulo de Chongoyape es el que alberga la mayor cantidad de cuerpos subvolcánicos, algunos de los cuales vienen a formar parte de los centros volcánicos, sobre todo los andesíticos. En la hoja 14e, están distribuidos indistintamente, mucho de los cuales forman parte de centros volcánicos. Los principales afloramientos se encuentran al sur de la hoja 14e, que comprende los cerros Loma Blanca, Chacala, Marapampa, Las Pizarras, Fila Blanco, Suyundo, Mala Muerte, Los Bravos y Sombrerito. También forman parte de las localidades de Peña Blanca y Marailoma, Retama, Niepos, El Batán, Yurac Allpa, La Pampa, Cruz del Gallo y Membrillar.

Los cuerpos subvolcánicos más félsicos presentan afloramientos cerca de la transición de la Cordillera Occidental hacia la planicie costera, conformada por dacitas, tal como se presenta en el cerro La Flecha (figura 4.17), ubicado al SO de Nueva Arica. Similares afloramientos se registran en el cuadrángulo de Chiclayo 14d, entre los cerros La Puntilla y Cóndor, donde intruyen a rocas volcánicas de la Formación Oyotún y gran parte cubierta por depósitos aluviales (figura 4.18) y junto a estos pequeños cuerpos riolíticos y pórfidos cuarcíferos.

La dacita del cerro La Flecha presenta un color ligeramente anaranjado a pálido con textura porfirítica y constituido por fenocristales de plagioclasas, cuarzo y ferromagnesianos alterados por óxidos de hierro, dentro de una matriz de grano fino. Estudio petrográfico (ver anexo 17). Al no tener dataciones radiométricas de estos cuerpos subvolcánicos, se le asigna a todos los afloramientos similares una edad paleógena.



Figura 4.17 Cuerpo dacítico que intruye secuencias de las formaciones Inca-Chúlec y Pariatambo (UTM 679558, 9235176)

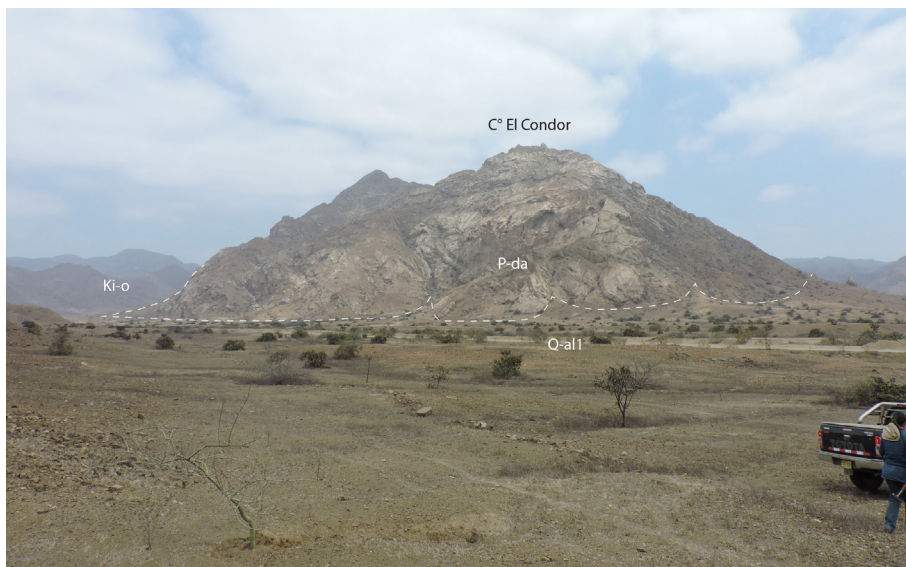


Figura 4.18 Granodiorita en contacto con una cuarzo-latita y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. En detalle, se muestra fragmento intrusivo alterado de la zona de contacto. Vista tomada mirando al NE (UTM 665008, 9277090).

CAPÍTULO V

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio regionalmente se encuentra dentro de los dominios Olmos-Loja y Yanacocha-Oyotún. Este último dominio es introducido en este informe, el que ha sido modificado del Mapa de Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú (Carlotto et al., 2009), modificación realizada sobre la base de datos estructurales E-O cerca a la Deflexión de Cajamarca (figura 5.1) y N-S, paralelo al Sistema de fallas del Marañón. Además, esta modificación ha sido complementada por dataciones radiométricas involucradas dentro de este dominio (figura 5.1).

En este apartado, se presentan las unidades morfoestructurales del cuadrángulo de Chiclayo y Chongoyape, donde se realiza una descripción de las principales estructuras. Luego, se describen 7 secciones estructurales que acompañan los mapas 1:100 000, correspondientes a cada cuadrángulo, para finalmente presentar una síntesis geodinámica de los principales eventos tectónicos que afectaron esta región.

Los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape vienen a formar parte de la Cordillera Occidental del noroeste del Perú, que se encuentra dentro de la Deflexión de Cajamarca (figura 5.1).

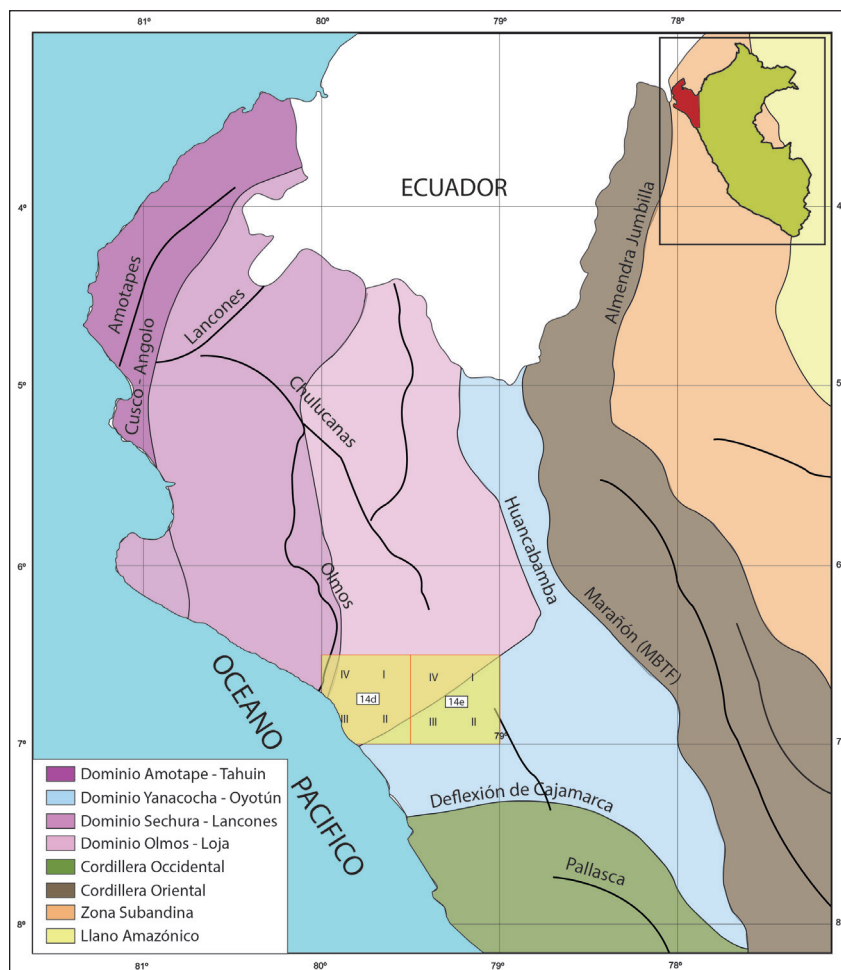


Figura 5.1 Mapa de dominios geotectónicos del noroeste del Perú, que muestra el área de estudio (Modificado de Carlotto et al., 2009).

5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

El área de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape ha sido dividida en dos sectores denominados así: 1) Estructuras de la Cordillera Occidental, 2) Estructuras de la Llanura Costanera. Cada uno se caracteriza por un estilo tectónico propio (figuras 5.2 y 5.3) y se describen a continuación.

5.1.1 Estructuras de la Cordillera Occidental

Corresponde a una zona donde las estructuras antiguas como fallas y pliegues afectan a rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas del área de estudio. El conjunto de fallas en este sector presenta dos sistemas de fallas (figuras 5.2 y 5.3). 1) El sistema de fallas NNO-SSE, que pasa por las localidades de

Niepos y La Florada, afecta principalmente a rocas intrusivas y volcánicas de edad paleógena. Se trata de dos fallas principales paralelas entre sí, las que son interrumpidas por secuencias volcánicas y pequeños cuerpos subvolcánicos y 2) El sistema de fallas NO-SE, que afecta a rocas sedimentarias cretácicas y volcánicas de edad paleógena. Estas estructuras se prolongan hacia el cuadrángulo de Incahuasi 13e. Presenta anticlinales y sinclinales simétricos de corta longitud, principalmente de dirección NO-SE y pequeños pliegues transversales al sistema.

5.1.2 Estructuras de la Llanura Costanera

Presentan sistemas de fallas NO-SE, los cuales afectan a rocas intrusivas paleógenas de la Unidad Cayaltí, cuya prolongación no se observa, debido a que gran parte de estas estructuras están cubiertas por depósitos aluviales y eólicos (figuras 5.2 y 5.3).

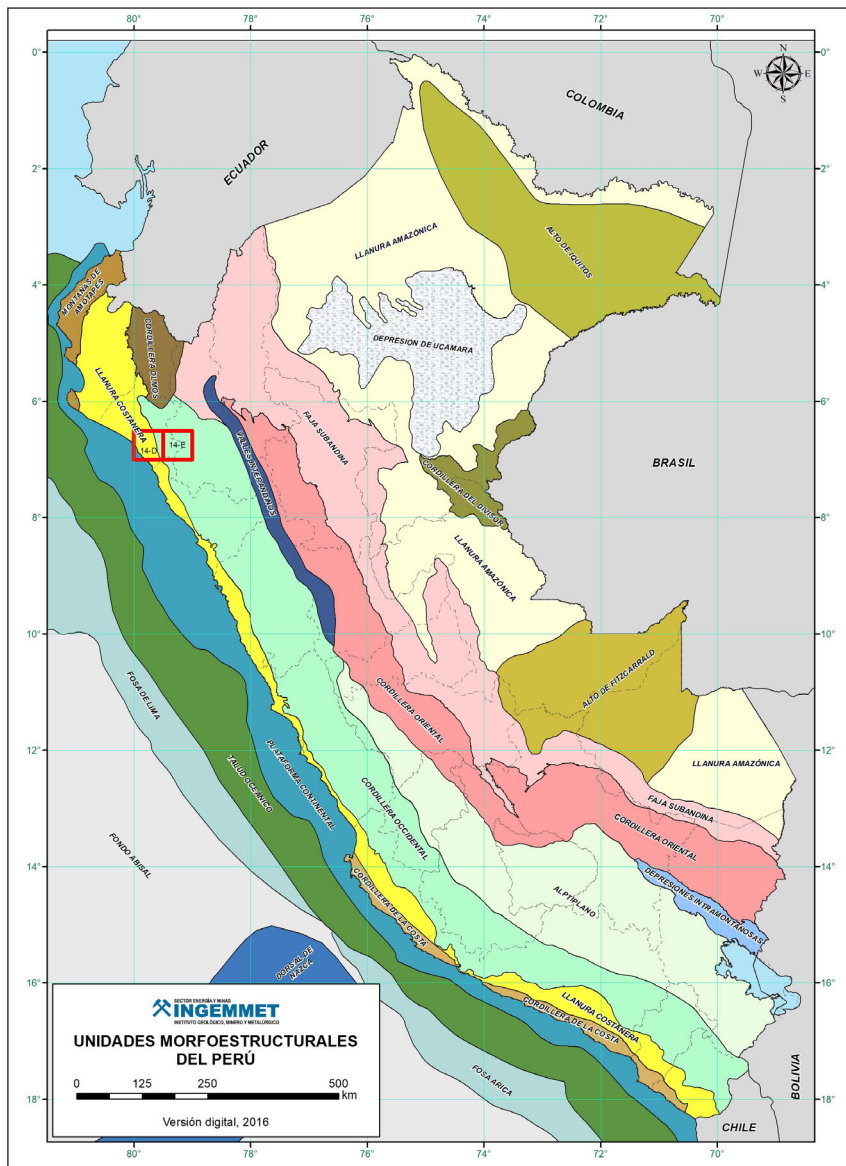


Figura 5.2 Mapa morfoestructural del Perú (Medina, 2016), donde muestra la ubicación del área de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape.

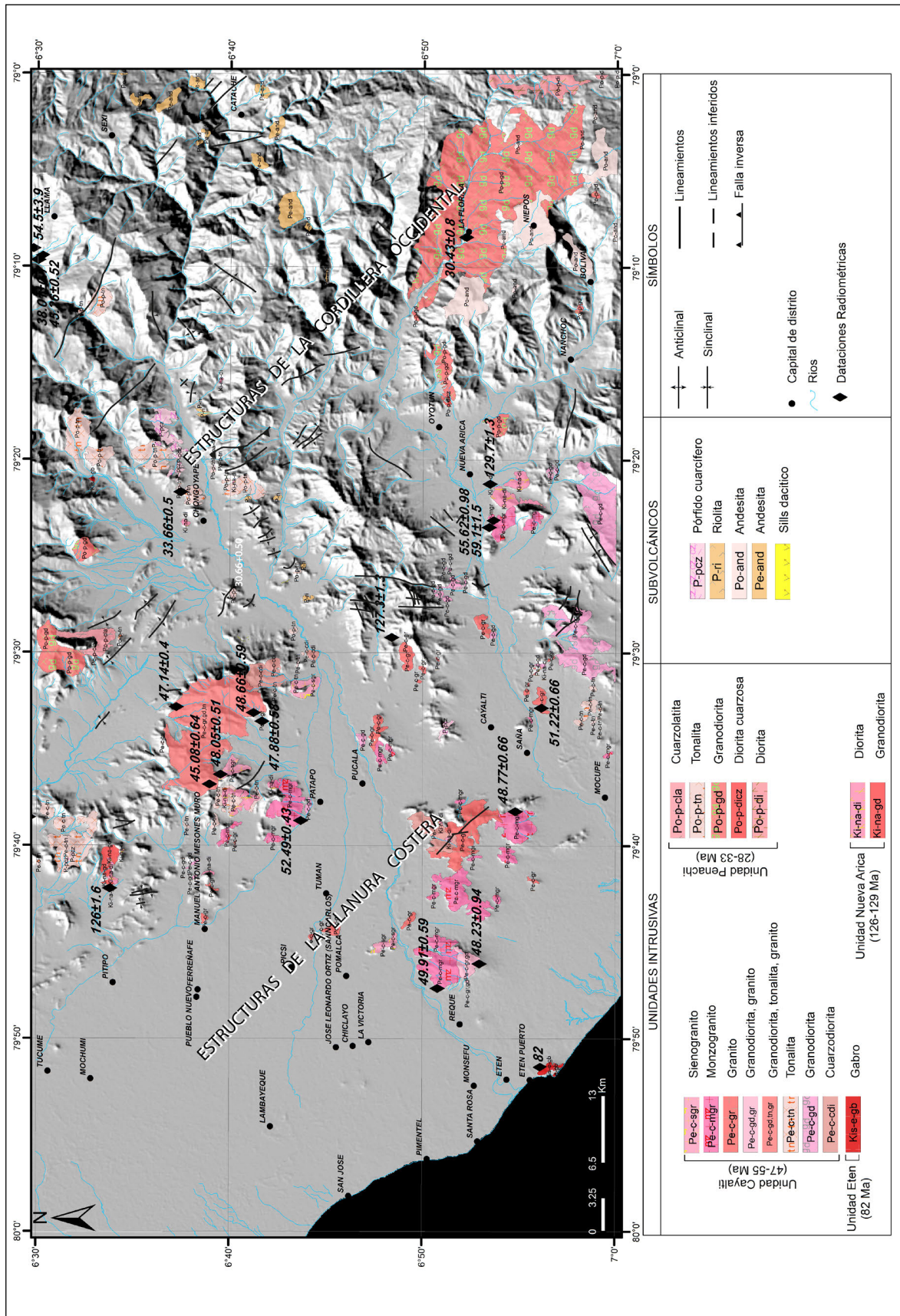


Figura 5.3 Mapa de las unidades morfoestructurales del cuadrángulo de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.

5.2 SECCIONES ESTRUCTURALES

Se han preparado seis secciones estructurales una por cada cuadrante, las que son descritas a continuación.

5.2.1 Sección Hoja 14d1

Ubicada en la hoja 14d1, tiene una orientación NE-SO, con una longitud de 30 km.

La sección se caracteriza por cortar rocas de la Formación Oyotún, Formación Tinajones, Grupo Goyllarisquizga e intrusivos granodioríticos de la Unidad Penachi. En la parte central de la sección, se observa una estructura dómica de la Formación Oyotún, con flancos cubiertos por rocas de la Formación Tinajones y el Grupo Goyllarisquizga. El límite NE está siendo afectado por un intrusivo granodiorítico de la Unidad Penachi, que corta en superficie a rocas del Grupo Goyllarisquizga (figura 5.4).

5.2.2 Sección Hoja 14d2

La ubicación de la sección en la hoja 14d2 tiene una orientación NO-SE, con una longitud de 28 km. El sector este se caracteriza por la presencia de rocas intrusivas de granitos, monzogranitos, cuarzodioritas de la Unidad Cayaltí y dioritas de Unidad Nueva Arica. En la parte central la cuarzodiorita de la Unidad Cayaltí, intruye a la diorita de la Unidad Nueva Arica y a secuencias de calizas de la Formación Pariatambo; sin embargo, gran parte de los afloramientos se encuentra cubierto por depósitos aluviales y eólicos.

El sector oeste presenta afloramientos de rocas sedimentarias del Grupo Pulluicana-Quilquiñan, afectados por dos fallas paralelas normales y cubiertas por tobas piroclásticas de la Formación Llama e intruidos por andesitas porfíricas. En el límite oeste de la sección, aflora un gran cuerpo de andesita porfírica que intruye a rocas de la Formación Oyotún. (figura 5.5).

5.2.3 Sección Hoja 14d3

Ubicada en la hoja 14d3, tiene una longitud de 32 km y presenta una dirección NE-SO.

Gran parte de esta sección corta a depósitos aluviales, eólicos y a la Formación Puerto Eten, que se encuentra cubriendo a secuencias del Grupo Goyllarisquizga, tal como se ha evidenciado en los afloramientos encontrados en Nuevo Reque. En el extremo oeste de la sección, aflora un cuerpo intrusivo de composición gabroica, correspondiente a la Unidad Eten. En el límite este, se puede observar dos cuerpos intrusivos cubiertos por depósitos aluviales: se trata de un monzogranito y un sienogranito de la Unidad Cayaltí. (figura 5.6).

5.2.4 Sección Hoja 14e1

Ubicada en la hoja 14e1, presenta una dirección NO-SE, con una longitud de 26.7 km.

Esta sección se caracteriza por cortar secuencias de la Formación Tinajones y cubriendo en discordancia tiene secuencias de la Formación Llama, y las subdivisiones de esta, Llama 1 y Llama

2. Luego esta va evolucionando a las secuencias de la Formación Huambos, con sus subunidades Huambos1 y Huambos 2, para que finalmente estas aparezcan cubiertas por secuencias de la Formación San Pedro, como se observa en los cerros Loma Blanca y Lacchu. Estructuralmente, se observa una ligera deformación en las unidades volcánicas. Todas estas secuencias son intruidas por un cuerpo subvolcánico andesítico (figura 5.7).

Sección Hoja 14e2

Ubicada en la hoja 14e2, presenta una dirección NO-SE, con una longitud de 30.76 km.

La orientación oeste de la sección aflora rocas cretácicas. Se trata de la Formación Pariatambo, la que se encuentra cubierta por secuencias volcánicas de la Formación Llama 1 y Llama 2 e interrumpida por un intrusivo granodiorítico y cuerpos andesíticos. Al oeste de Tunazan, las secuencias del Centro Volcánico Niepos también están afectadas por intrusivos y cuerpos subvolcánicos. El límite este de la sección se caracteriza por presentar afloramientos de la secuencia volcánica Anchipan - Mutis, cortados por otro cuerpo andesítico. En esta parte, también se observa una zona de alteración que afecta a los intrusivos granodioríticos y a las andesitas del cerro Cinegal (figura 5.8).

5.2.5 Sección Hoja 14e3

Ubicada en la hoja 14e3, presenta una dirección NE-SO, con una longitud de 31.5 km.

Esta sección se caracteriza por presentar afloramientos de intrusivos granodioríticos de la Unidad Cayaltí en el sector oeste, donde se aprecia que superficialmente afecta a rocas volcánicas de la Formación Llama. En la parte central, se observa un intrusivo monzogranítico de la Unidad Cayaltí, cubierto en sus flancos por depósitos aluviales. El sector este muestra una estructura dómica de la Formación Oyotún, cubierta por secuencias del Grupo Goyllarisquizga y la Formación Inca-Chúlec (figura 5.9).

5.2.6 Sección Hoja 14e4

Ubicada en la hoja 14e4, presenta una dirección NE-SO, con una longitud de 25 km.

La parte central de la sección presenta un cuerpo intrusivo tonalítico de la Unidad Penachi que divide al oeste rocas jurásicas y al este cretácicas. El sector oeste está caracterizado por presentar afloramientos de la Formación Oyotún y muy escasos afloramientos de la Formación Inca-Chúlec y del Grupo Goyllarisquizga, en el que se observa fallas inversas de bajo ángulo. Todas estas unidades están afectadas por cuerpos subvolcánicos de composición riolítica. En el sector oeste, resalta el predominio de rocas cretácicas de la Formación Inca-Chúlec, Pariatambo y el Grupo Pulluicana-Quilquiñan, cubiertos ligeramente por flujos piroclásticos de la secuencia volcánica del evento 1 de la Formación Llama (figura 5.10).

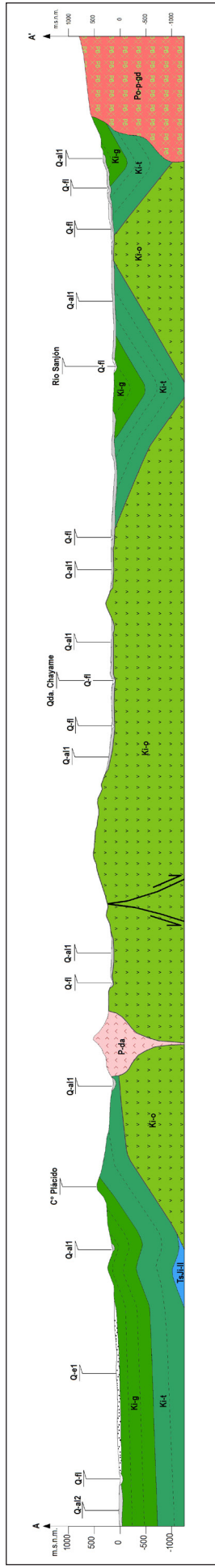


Figura 5.4 Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14d1.

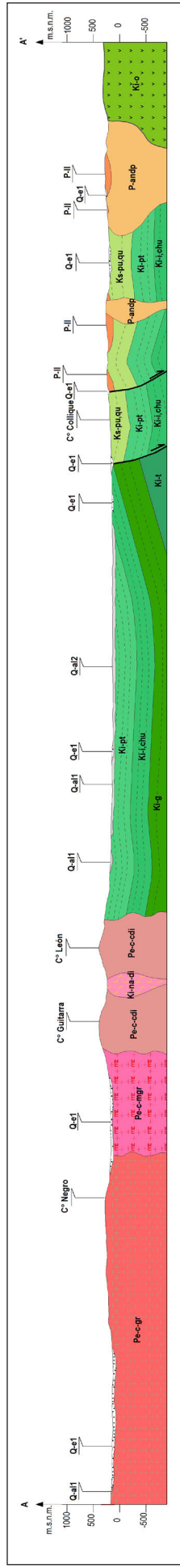


Figura 5.5 Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14d2.

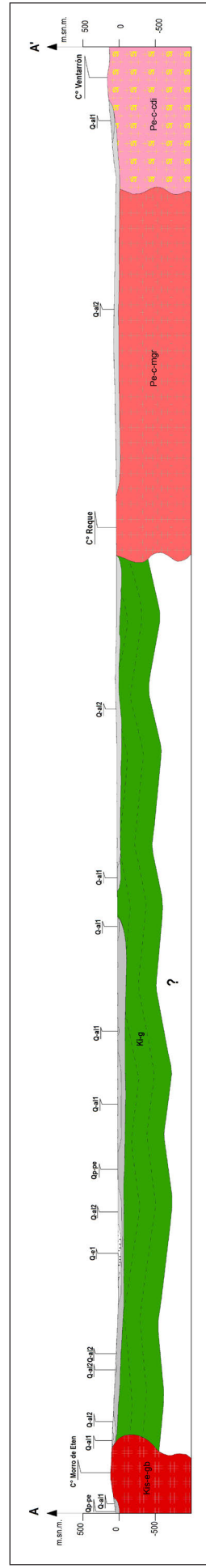


Figura 5.6 Sección estructural NE-SO, correspondiente a la hoja 14d3

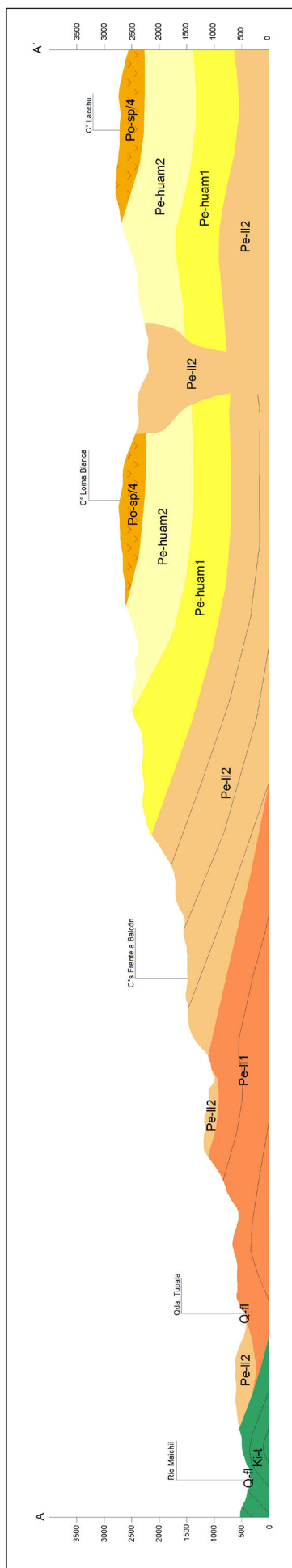


Figura 5.7 Sección estructural NE-SO, correspondiente a la hoja 14e1.

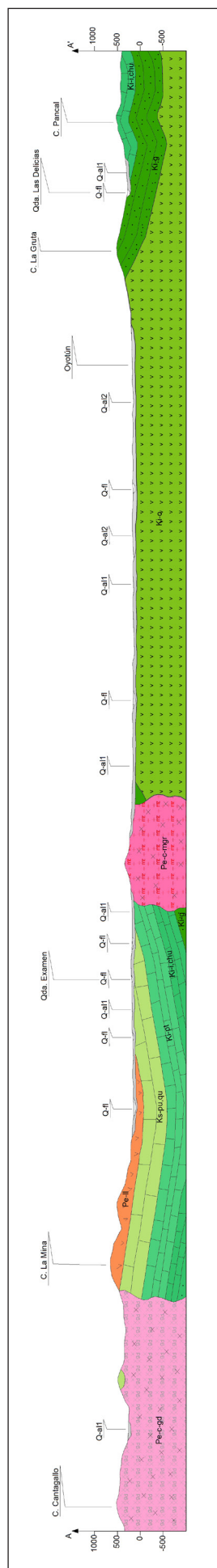


Figura 5.8 Sección estructural NE-SO, correspondiente a la hoja 14e2.

5.3 EVOLUCIÓN TECTÓNICA SEDIMENTARIA

5.3.1 Intervalo Berriasiano-Barremiano

El intervalo Berriasiano-Barremiano.-Termina el ciclo sedimentario del Triásico-Jurásico; y con este, el retroceso del mar. Aparecen las primeras manifestaciones volcánicas que causan impactos ambientales importantes para la época, cuyas evidencias son los troncos de árboles sepultados por un grueso paquete de tobas y se inicia la sedimentación volcánica detrítica (Formación Tinajones - Berriasiano). A la vez, se inicia el levantamiento, erosión y la sedimentación de una secuencia clástica de areniscas cuarzosas de ambiente eólico del Grupo Goyllarisquizga (Valanginiano). Se reactiva el magmatismo y la generación de un conjunto de domos subvolcánicos de la Formación Oyatún (Hauteriviano-Barremiano). Similares afloramientos se reportan en Ecuador en la base de la cuenca Celica (Aptiano?).

Se inicia el levantamiento, erosión y la sedimentación de una secuencia clástica de areniscas cuarzosas de ambiente eólico del Grupo Goyllarisquizga (Valanginiano), que se deposita en aparente concordancia sobre las secuencias volcanoclásticas de la Formación Tinajones (Cretácico Berriasiano), y se inicia así una fuerte subsidencia, levantamiento y depositación de una potente secuencia de areniscas cuarzosas blancas, que en los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, representada por afloramientos de más de 500 m de espesor, ubicados en el actual borde oeste de la Cordillera Occidental y de 50 a 100 m en el borde este, lo que hace suponer que en el Valanginiano la cuenca estaba dividida por un alto de relativa altura de dirección NO-SE (Complejo de Olmos).

Se inicia un importante magmatismo (Formación Oyatún – Hauteriviano-Barremiano) y la generación de un conjunto de domos que provoca el levantamiento de unidades más antiguas (Formación La Leche, Formación Tinajones y Grupo Goyllarisquizga), el que se evidencia en las márgenes de este gran conjunto de domos y los remanentes de cuerpos colgados y la recristalización de los mismos.

5.3.2 Intervalo Albiano-Turoniano

Este periodo fue marcado por una larga transgresión marina y una importante actividad magmática a lo largo de la margen peruana, así como por el inicio de la deformación compresional de la fase Mochica del Albiano superior (Megard, 1984; Jaillard et al., 2000; 105 a 100 Ma). En esta época, en el noroeste del Perú, actualmente ocupado por la Cordillera Occidental, se comportó como una cuenca extensa donde se depositaron potentes secuencias marinas carbonatadas de plataforma, determinadas por las variaciones eustáticas del nivel del mar; no obstante, los efectos de los eventos geodinámicos y tectónicos también afectaron la margen.

En los Andes de Huancabamba, la transgresión del Aptiano superior, marca el inicio de la sedimentación marina sobre la plataforma peruana. Las evidencias de los máximos transgresivos

se dan con la sedimentación de la Formación Chúlec en el Albiano (Jaillard, 1990), periodo en el que se depositan facies bituminosas de la Formación Pariatambo, contemporáneo al evento anóxico mundial y la abertura de la cuenca marginal al oeste del Perú.

Jaillard pone en evidencia un periodo transgresivo entre el Albiano superior y el Cenomaniano inferior, que está asociado a los eventos compresivos de la costa norte del Perú central. El máximo transgresivo se evidencia entre el límite Cenomaniano inferior-medio, con los aportes terrígenos deltaicos de proveniencia oriental y localmente por las huellas de emersión. Este periodo que también es marcado por la tectónica sinsedimentaria se considera como el cierre de la cuenca Huarmey de la costa del Perú central (Myers, 1975; Pitcher, 1978; Cobbing et al., 1981; Cobbing, 1982; Megard, 1984). La sedimentación es, entonces, al mismo tiempo, controlada por las características paleogeográficas paralelas y oblicuas relativas a la margen (Jaillard, 1997).

5.3.3 Intervalo Paleógeno- Neógeno

Los eventos del Paleoceno superior, inicialmente descritos por Cobbing et al. (1981); Bussel (1983) y Pitcher et al. (1985), quizá son uno de los eventos mayores en la historia de los Andes (Marocco et al., 1987; Noble et al., 1990; Sempere et al., 1997; Jaillard, 1997; Jaillard et al., 2000). Este evento es contemporáneo con una importante reorganización de la cinemática de placas, datado de 56 a 58 Ma, que resultó en el cambio de la dirección de convergencia de la placa Farallón, de N o NNE a NE (Pilger, 1984; Pardo-Casas & Molnar, 1987). Al evento del Paleoceno superior le sigue la depositación en discordancia de secuencias sedimentarias o volcánicas del Eoceno inferior-superior.

En el norte del Perú, se evidencia una potente serie volcánica subaérea, datada entre 40 a 55 Ma (Cobbing et al., 1981; Noble et al., 1990). La signatura química no cambia con respecto al magmatismo del Paleoceno y la actividad magmática del Eoceno es marcada por un leve desplazamiento hacia el este de la zona occidental del frente magmático.

La discordancia angular en la base de los volcánicos paleógenos refleja la deformación durante el Cretácico superior (fase tectónica peruana, Noble et al., 1990) y/o Paleoceno (fase Inca I). La fase de deformación Inca II podría corresponder al intervalo de edad de 44,2+/-1,2 Ma, datado en riolitas de la Formación Llama (Wilson, 1984; Noble et al., 1990) y la edad de alrededor de 39 Ma se ha datado en flujos de ceniza de la Formación Huambos (Wilson, 1984; Noble et al., 1990), que actualmente es comprendida dentro de la parte inferior del centro volcánico La Granja.

La tectónica Inca II, en el norte y centro del Perú, sugiere que la deformación cesó al menos hace 41 Ma y el tectonismo fue corto pero intenso, y alcanzó su pico máximo hace 43 Ma (Noble et al., 1990). El evento inca II es coetáneo con el periodo de rápida convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica y, por lo tanto, puede reflejar un cambio importante en los patrones de los movimientos litosféricos.

CAPÍTULO VI

GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1 METÁLICOS

La abundante actividad magmática producida a finales del Cretácico y durante el Paleógeno-Neógeno a lo largo de la Cordillera Occidental ocasionó el emplazamiento de numerosos centros de emisión, algunos de los cuales con importantes indicios de yacimientos metálicos de valor económico. Durante la década de los sesenta e inicios de los setenta, el Servicio Geológico y Minero de entonces, hoy Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, en cooperación con el Institute of Geological Sciences del Reino Unido (Baldock, 1977) inició un programa de prospección geoquímica en el norte del Perú que correspondía a la Cordillera Occidental, entre 78° a 80° O y 4°30' a 7° S y abarcaba un área de 25 000 km². El programa realizado en ese entonces consistió en el muestreo de sedimentos y en un cartografiado geológico a escala 1:100 000. Los resultados de la interpretación de datos geoquímicos detectaron áreas anómalas mayores y menores.

Las características geológicas de las ocurrencias de yacimientos en el área de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape nos permiten definir una importante franja metalogenética (figura 6.1): La Franja de Vetas y Mantos de Hierro del Eoceno, cuya área abarca parte de los dos cuadrángulos en mención y continúan hacia los cuadrángulos de Jayanca y Olmos. Además, se delimita la Franja de pórfidos de Cu-Mo relacionados con intrusiones del Oligoceno. 2) Franja de epitermales de Au-Ag y polimetálicos con superposición epitermal del Eoceno. También

se han reconocido vetas de cuarzo con probables potenciales de mineralización.

El hierro se halla en vetas, que presentan como rocas hospedantes a pizarras y filitas del Complejo de Olmos (Neoproterozoico) del cuadrángulo de Jayanca y Olmos y en mantos donde las rocas hospedantes corresponden a calizas y lutitas de la Formación Inca-Chúlec de edad Albiano medio (cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape). La génesis de estas vetas y mantos de hierro podrían estar relacionados a la existencia en esta parte de una corteza muy delgada, que habría permitido el emplazamiento de rocas básicas y como consecuencia la concentración de hierro masivo.

Las vetas de hierro abarcan gran parte del cuadrángulo de Olmos 12d y los mantos ferríferos se ubican en los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e, y llega a constituir la Franja de Hierro del Norte del Perú.

La actividad magmática del Cretácico y Paleógeno, en el límite Cordillera Occidental-Llanura Costanera, (cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape) ocasionó el emplazamiento de mineralización tipo mantos de hierro (Jaimes, 2012). Los depósitos conocidos son: Vista Alegre 2001, Rómulo 7 y Andrelu 1, también se puede mencionar a los que se encuentran fuera del área de estudio, pero que conforman parte de la Franja de Hierro. De estos tenemos a San Emilio, Ferruginosa, Luz Divina en el cuadrángulo de Olmos (figura 6.2).

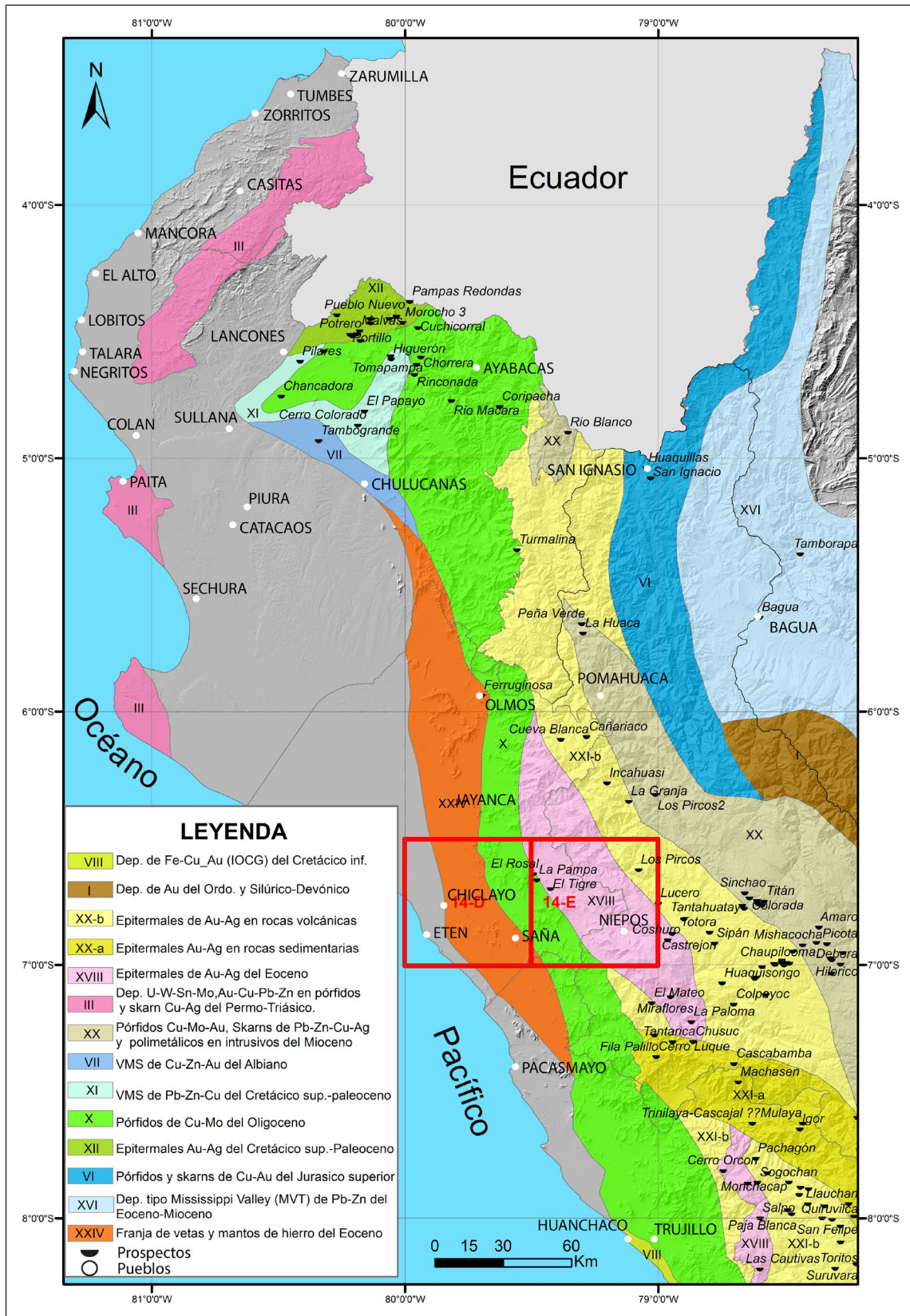


Figura 6.1 Mapa metalogénico del NO del Perú que muestra la nueva franja de vetas y mantos de hierro del Eoceno que abarca el área de estudio (Modificado de: Quispe et al., 2008; Acosta et al., 2009).

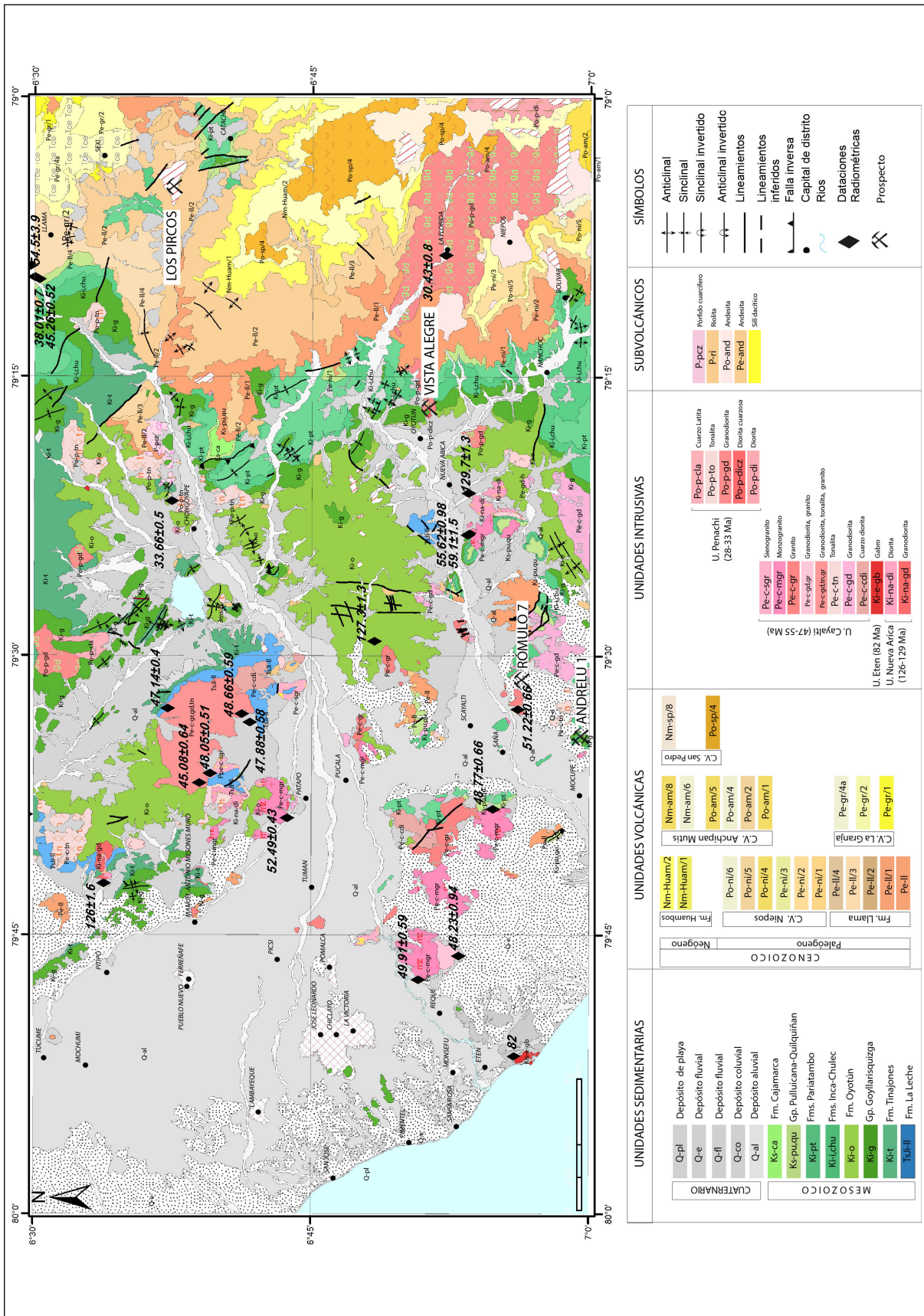


Figura 6.2 Mapa geológico que muestra la ubicación de los prospectos del área de estudio.

6.1.1 Vista Alegre 2001

Este prospecto se encuentra ubicado aproximadamente a 5 km al este del poblado de Oyotún (cuadrángulo de Chongoyape), en el cerro denominado como cerro Oyón, accesible por una trocha carrozable, que sale del mismo pueblo de Oyotún en dirección al relleno sanitario.

Marco Geológico y estructural.

En los alrededores del prospecto afloran rocas volcanosedimentarias de la Formación Oyotún (Hauteriviano-Barremiano), areniscas

cuarzosas del Grupo Goyllarisquiza (Neocomiano), calizas y lutitas de la Formación Inca-Chúlec (Albiano inferior-medio) y calizas negras de la Formación Pariatambo (Albiano medio), todas estas unidades intruidas por granodioritas y dioritas cuarzosas de edad paleógena (figura 6.3).

La mineralización de hierro en esta zona se presenta a manera de mantos alargados de dirección ENE-ONO, constituidos principalmente por hematita. (figuras 6.4A, 6.4B y 6.4C).

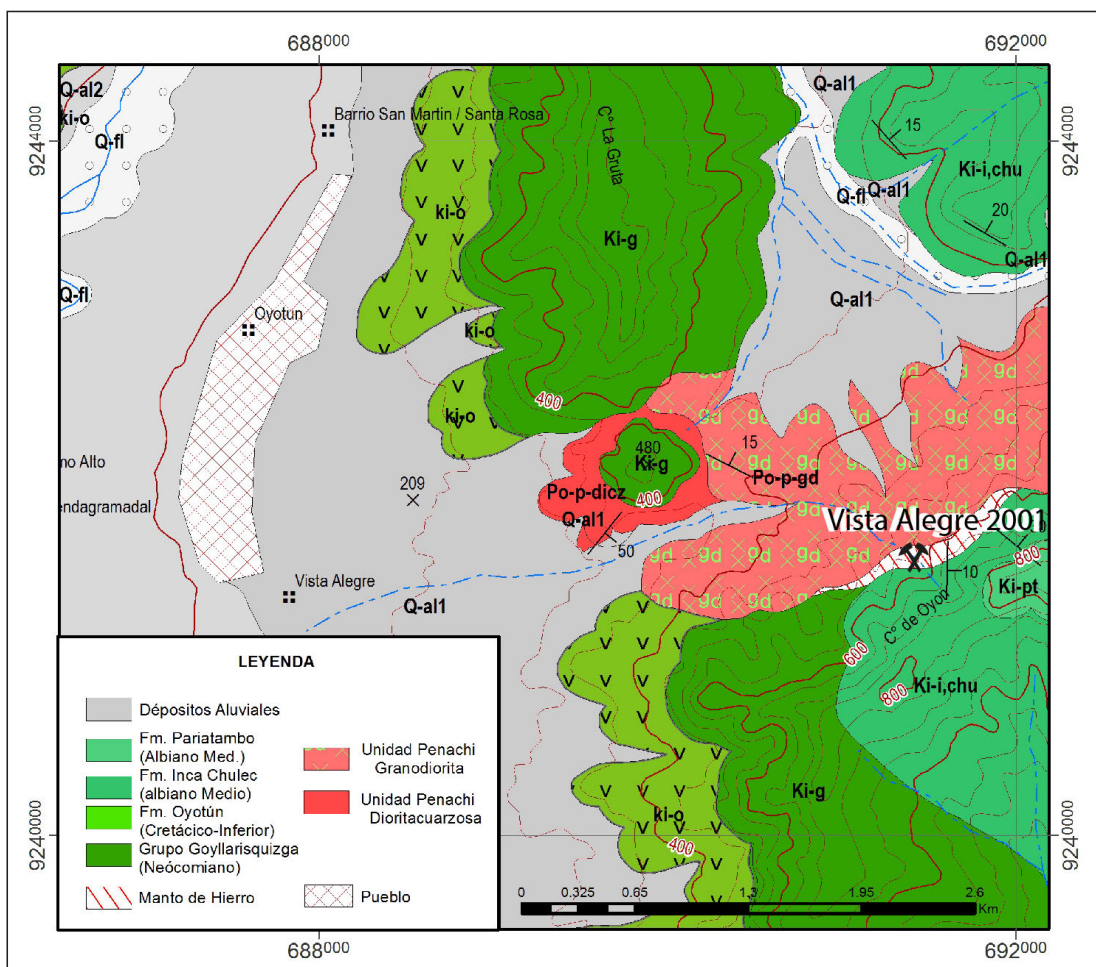


Figura 6.3 Mapa geológico detallado del prospecto Vista Alegre 2001.



Figura 6.4 A y B) Manto ferrífero. C) Muestra de mano con alto contenido de hematita (UTM 691514, 9241656).

6.1.2 Rómulo 7

Este prospecto se encuentra ubicado aproximadamente a 4 km en línea recta, al SE del poblado de Cayaltí y a 7 km al oeste de Zaña (cuadrángulo de Chiclayo). La mineralización se encuentra al pie del cerro Humedad (figura 6.5), accesible por diferentes trochas que salen de Cayaltí y de Zaña (figura 1.1).

Marco geológico y estructural.

En los alrededores del Prospecto Rómulo 7, afloran rocas principalmente constituidas por calizas y lutitas de la Formación Inca-Chúlec (Albiano inferior-medio), las que están siendo intruidas por monzogranitos de edad Paleógena (figura 6.5).

La mineralización de hierro en esta zona se presenta a manera de mantos alargados en el contacto intrusivo calizas (figuras 6.6A y 6.6B), de direcciones NNO-SSE.

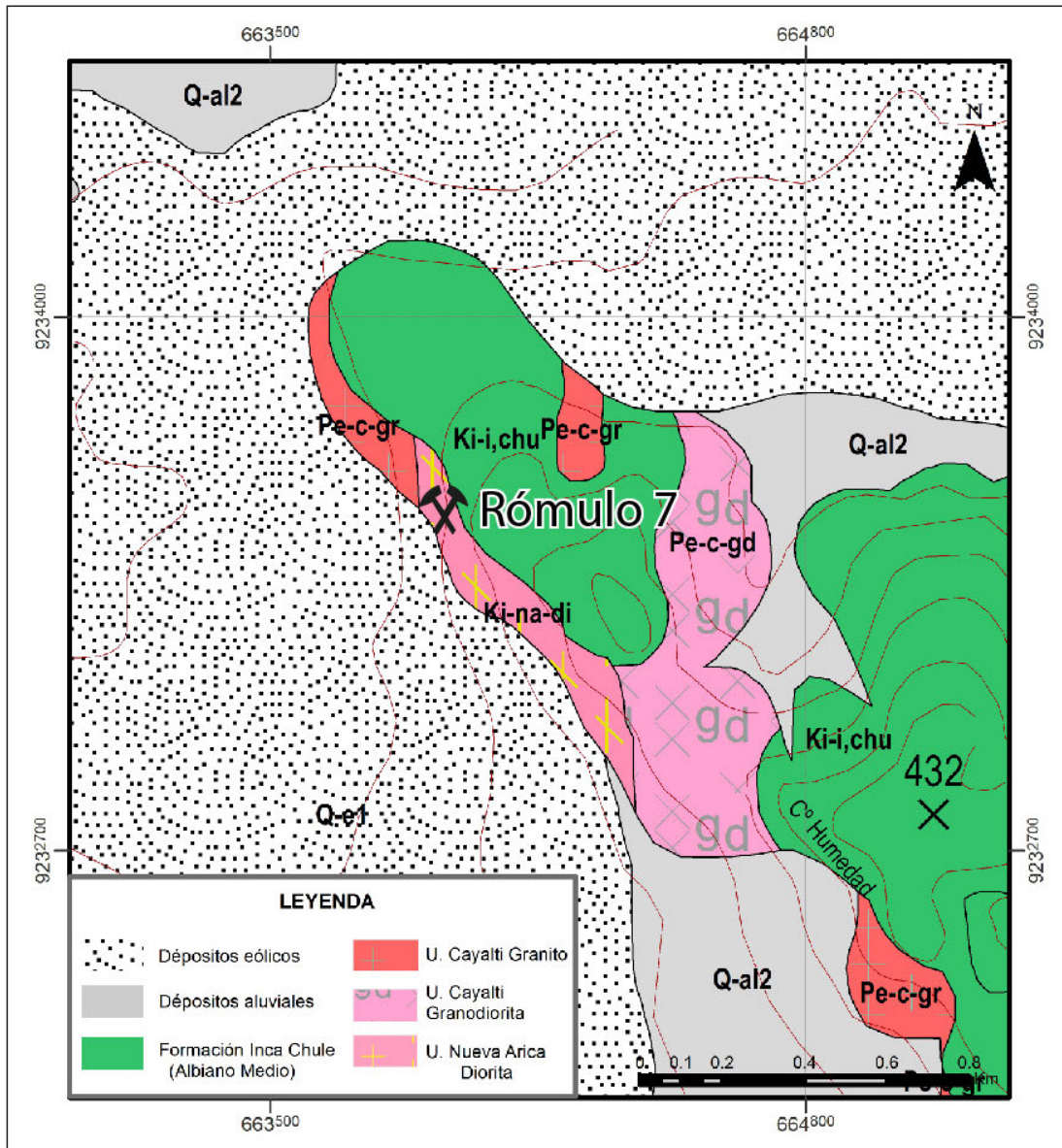


Figura 6.5 Mapa de geológico detallado del Prospecto Rómulo 7.



Figura 6.6 A y B) Vista tomada mirando al SE del Cerro Humedad, donde se muestra el contacto intrusivo-calizas y la zona de alteración (UTM 663905, 9233624).

6.1.3 Andrelu 1

El prospecto Andrelu 1 se encuentra ubicado aproximadamente a 5 km al este de Mocupe, (cuadrángulo de Chiclayo), y se accede a este lugar por una trocha en dirección hacia el cerro Linderos, que llega hasta el mismo lugar del prospecto, donde se encuentra la mineralización (figura 6.7).

Marco Geológico y estructural.

El área cercana al prospecto presenta afloramientos de calizas y lutitas de la Formación Inca-Chúlec (Albiano inferior-medio),

areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga y un afloramiento aislado de monzogranito (Paleógeno), que probablemente esté intruyendo a las unidades sedimentarias. No se ha observado esta relación de contacto, debido a que gran parte del área está cubierta por material eólico que cubre unidades más antiguas (figura 6.7).

La mineralización de hierro en esta zona se presenta a manera de mantos en secuencias de la Formación Inca-Chúlec. El cuerpo tiene una dirección de emplazamiento NO-SE.

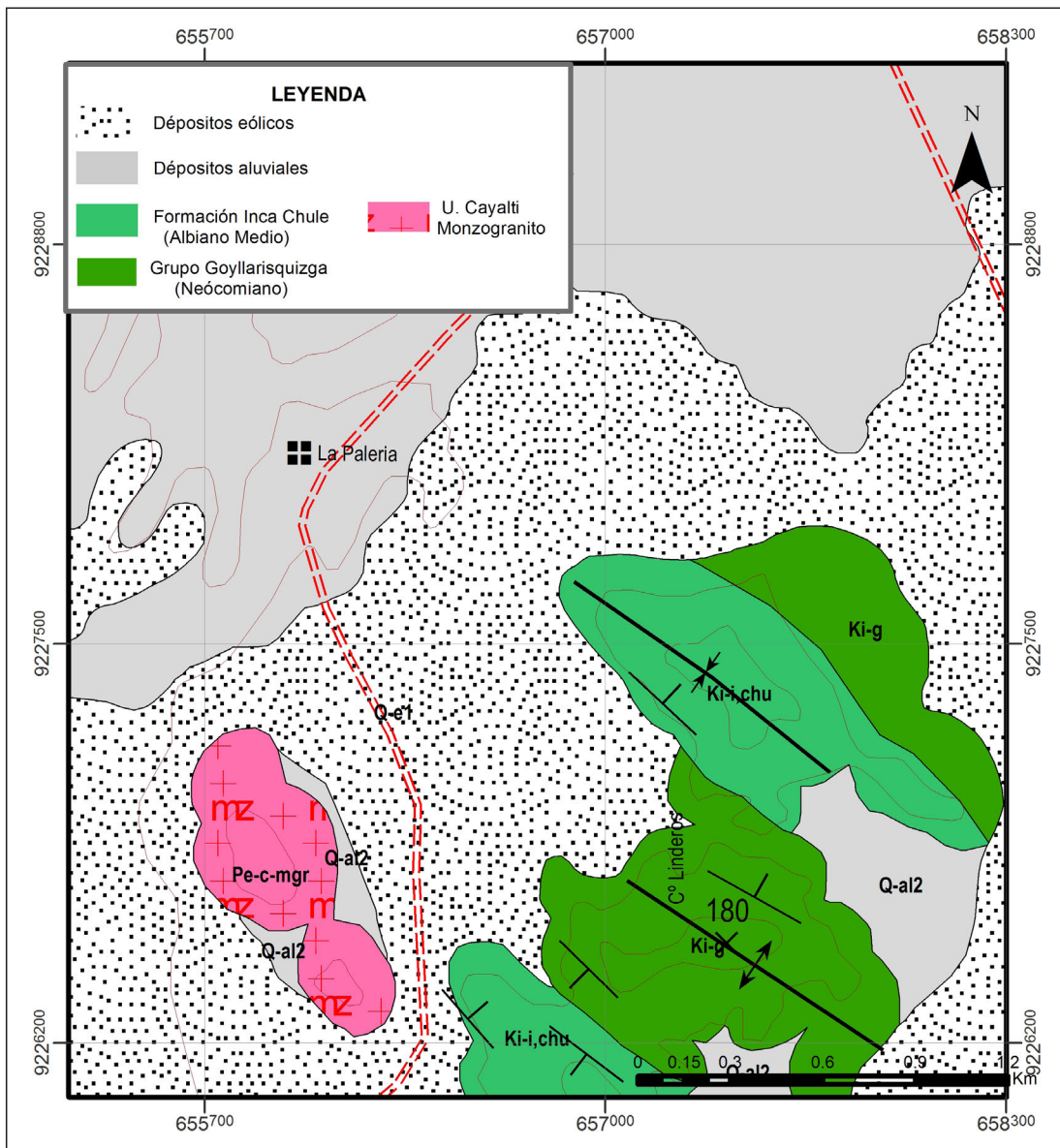


Figura 6.7 Mapa de geológico detallado del prospecto Andreu I.

6.1.4 Proyecto Los Pircos

El proyecto Los Pircos se ubica en el departamento de Cajamarca, provincia de Santa Cruz, distrito de Sexi entre 1800 a 2300 ms.n.m., perteneciente a la provincia de Santa Cruz – Cajamarca. El acceso es por la carretera desde Chiclayo siguiendo la ruta Chiclayo – Llama – Sexi, 167 km por carretera afirmada.

Marco geológico

El prospecto se encuentra en rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Se trata de una zona de alteración que afecta rocas de

la Formación Llama y está rodeada por rocas sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga, formaciones Inca-Chúlec, Pariatambo y el Grupo Pullucana-Quilquiñan. Se trata de un sistema de vetas epitermales de baja sulfuración con contenido de oro y plata. Se han definido cinco vetas, de las cuales la veta Diana es la principal, con una sección de 380 m y un ancho promedio de 2.1 m y contenido promedio de 0.23 oz/TCS de oro y 8.75 oz/TCS de plata. Recurso indicado de 224,516 TCS con ley promedio de 0.53 oz/TCS de oro y 0.50 oz/TCS de plata sobre un ancho de 2 m.

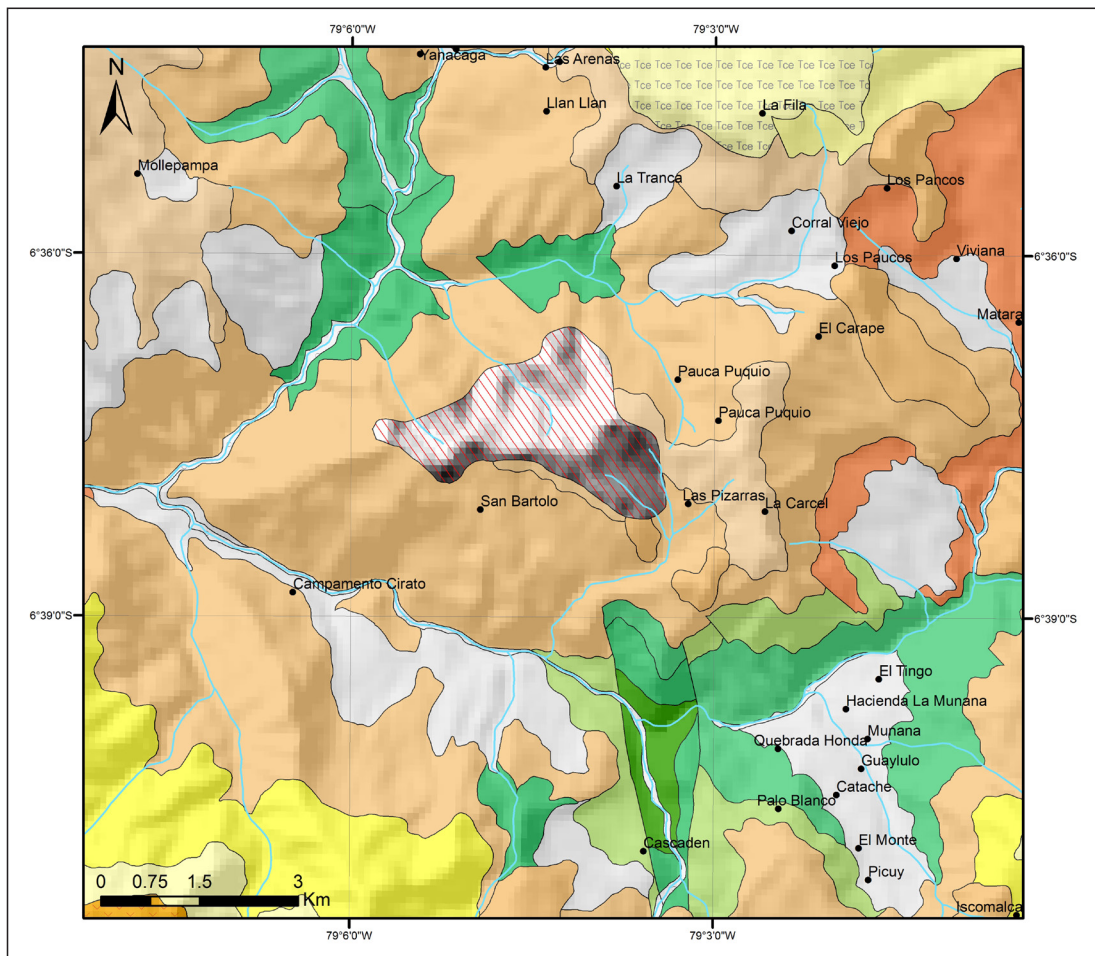


Figura 6.8 Mapa de geológico detallado del prospecto Los Pircos.

6.1.5 Vetas mineralizadas de Baritina

Esta ocurrencia se encuentra ubicada a 15 kilómetros del poblado más cercano, que en este caso es Oyotún. Se accede por una trocha que apenas es perceptible a través de la quebrada el Hualtactal, hasta llegar a la quebrada del Higerón.

Marco Geológico Geológico y Estructural

En esta zona, principalmente afloran rocas de la Formación Oyotún, las cuales están siendo intruidas por cuerpos subvolcánicos de composición andesita porfírica, que

probablemente sean los responsables del emplazamiento de este tipo de vetas. Se trata de vetas muy anchas que pueden llegar a tener hasta más de 5 m de espesor y una longitud que no ha podido ser determinada por la abundante vegetación propia de la zona. La baritina generalmente se presenta algo brechada con incrustaciones de óxidos y carbonatos de Cu (figura 6.9). Petrográficamente GR11-11-23 (ver anexo 18), presentan cristales de piroxenos, cuarzo, limolitas, hematita y fragmentos líticos. Como minerales principales, se encuentran la baritina y piroxenos, minerales secundarios cuarzo limonitas y hematita.

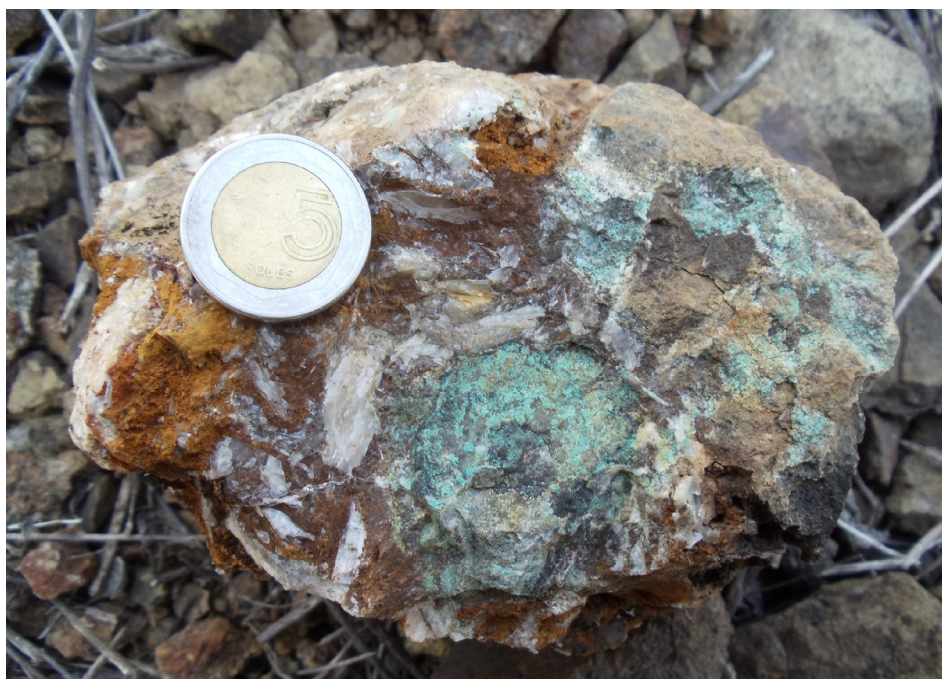


Figura 6.9 Muestra de baritina con óxidos de Cu, donde se observa el aspecto brechoso (UTM 684316, 9253478).

6.2 NO METÁLICOS

El cuadrángulo de Chiclayo y Chongoyape, particularmente los valles del río Chancay y Zaña, se caracteriza por presentar rocas y minerales industriales como arenas, gravas, arcillas, bloques de rocas volcánicas y calizas, algunos de los cuales se explotan actualmente como material de construcción y rocas ornamentales. Por lo tanto, la descripción de rocas y minerales industriales estará en función de la unidad geológica de la cual procede cada material.

6.2.1 Rocas volcánicas

Las principales canteras corresponden a los afloramientos de la Formación Oyotún (Cretácico inferior) del área del cuadrángulo de Chongoyape 14e4. Se trata de flujos piroclásticos, andesitas y dacitas cuyos afloramientos se ubican a lo largo de la carretera Chongoyape – Campamento, en ambas márgenes del río Yaipon. Aquí se extrae material para el afirmado de carreteras.

La amplia distribución de afloramientos correspondientes a estas dos formaciones permite tener potenciales canteras de extracción de material para el ripeado de las carreteras, sobre todo aquellas que se encuentran cerca de las poblaciones de alta densidad.

6.2.2 Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas, potencialmente, constituyen una buena fuente de rocas y minerales industriales. En los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, los afloramientos se encuentran distribuidos de manera dispersa, constituidos principalmente por tonalitas, granodioritas, dioritas y granitos. No obstante, solo la tonalita y el granito se preservan frescos, por lo que se puede extraer material en grandes bloques que sirvan principalmente en la construcción de muros de contención, canales de regadío, etc. Asimismo, se pueden considerar como potenciales canteras los lugares de los cerros Minar, Canta Gallo, Songoy y las tonalitas que se encuentran entre los cerros Culpon y La Flecha. Estos mismos intrusivos, por su dureza y un fuerte fracturamiento, permiten extraer grandes bloques que pueden ser aprovechables en la fabricación de lajas a veces pulidas y en el revestido de paredes y pisos.

6.2.3 Calizas

Por el poco fracturamiento que presentan las calizas de la Formación La Leche, pueden ser extraídas en grandes bloques (figura 6.10A) y utilizadas como material para la fabricación de rocas ornamentales, elaboración de lajas para pisos y paredes. Estos afloramientos principalmente se encuentran entre el límite de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, cerca de la carretera asfaltada Chiclayo-Chongoyape, en el cerro La Cal,

localizado en la localidad de Cuculí Viejo, en el cerro La Cal, que además tiene como valor agregado el estar cerca de la pista Chiclayo – Chongoyape. Existen también otros lugares con las mismas características, pero con poco acceso.

Por otro lado, las calizas de la Formación Inca-Chúlec (figura 6.10B), también por sus buenas características, son utilizadas en la elaboración de cal. Una de las canteras más representativas se encuentra al este de Zaña en el cerro Corbacho, donde los afloramientos predominantes de la Formación Inca-Chúlec son estratos medianos de calizas, los cuales presentan una buena estratificación y ligeramente fracturados, lo que permite extraer el material con mucha facilidad.

La Formación Pariatambo también viene a constituir una cantera de rocas ornamentales, como las que se extraen en la Pampa Cantarilla (figura 6.10C).

6.2.4 Agregados

Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo de los principales valles y las quebradas adyacentes. En el cuadrángulo de Chiclayo, actualmente existe una gran cantera de material aluvial que es extraída fácilmente por no estar muy compacta (inclusive se puede extraer a mano de hombre con picos y palas). La cantera de agregados se encuentra ubicada al pie del cerro Pan de Azúcar, que también se puede tomar como referencia a la margen derecha del río Taimy (figura 6.11).

Este material es extraído como gravas y arenas, que luego se usan como agregados en la preparación de mezcla con cemento en la construcción de viviendas y diversas obras civiles de Chiclayo y alrededores.



Figura 6.10 A) (UTM 667781, 9258309). Grandes bloques de calizas extraídas de la Formación La Leche. Vista tomada en el sector de Barrio Nuevo (C. de Chongoyape). B) (UTM 652166, 9238315). Afloramiento de calizas de la Formación Pariatambo, donde se extrae lasaj para rocas ornamentales. Vista tomada en el sector de Pampa Cantarilla. C) (UTM 658256, 9234788). Planta de elaboración de cal, con calizas de la Formación Inca-Chúlec. Vista tomada al pie del cerro Corbacho, este de Zaña (cuadrángulo de Chiclayo).

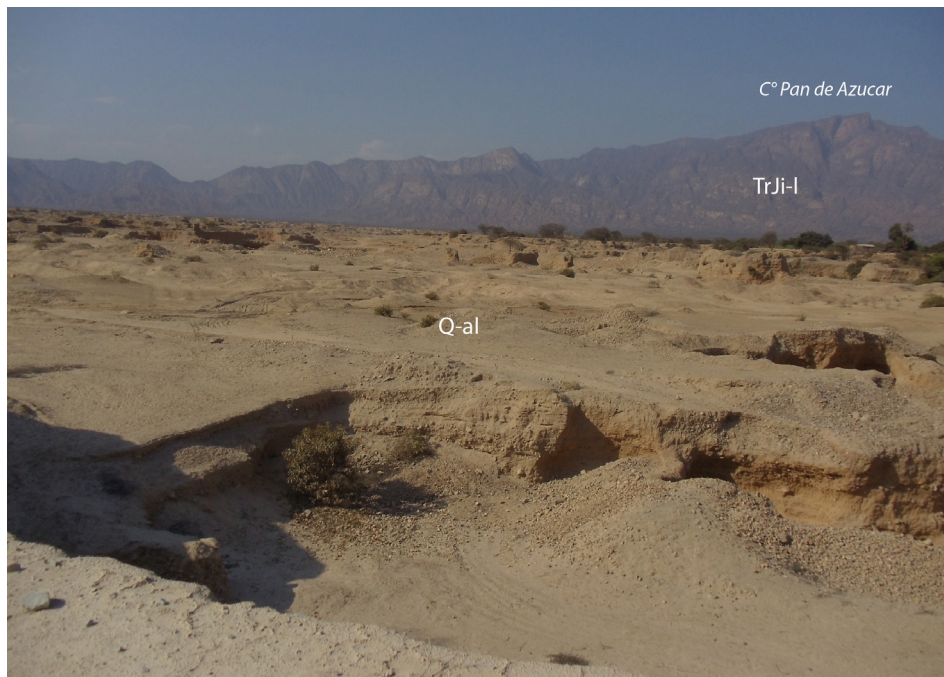


Figura 6.11 (UTM 654703, 9259402). Vista tomada mirando al norte, donde se aprecia material aluvial de gran espesor, el cual se extrae para el ripeado de carreteras y para la mezcla con cemento.

CONCLUSIONES

- Con referencia a los anteriores trabajos de la Carta Geológica Nacional, en el presente boletín se resalta los cambios realizados al cartografiado de unidades sedimentarias, volcánicas, volcanosedimentarias e intrusivas.
- La Formación la Leche (Triásico superior-Cretácico inferior), ha sido diferenciada hasta en cinco miembros, sobre la base de la elaboración de tres columnas estratigráficas en los sectores de Pampa del Chaparri, Garraspiña y Barrio Nuevo. A partir de estas columnas, se presentó un esquema de correlación estratigráfica, donde se observa que las rocas de edad Triásico superior – Jurásico inferior no presentan uniformidad en cuanto a su espesor, y que probablemente sea a consecuencia de la asimilación de gran parte de estos sedimentos por el intenso vulcanismo generado en el Cretácico inferior (Formación Oyotún).
- Se evidencia la presencia de restos de troncos de árboles petrificados en cenizas volcánicas, que serían parte de las primeras manifestaciones volcánicas evidenciadas en el Berriasiano (Formación Tinajones) y que probablemente generaron un gran impacto ambiental a nivel regional y quizá global para la época.
- Las nuevas dataciones radiométricas realizadas a los volcánicos del área de estudio permiten replantear la estratigrafía del área de estudio, definiendo al vulcanismo que influyó en la Formación Oyotún de edad Hauteriviano-Barremiano (132-127 Ma). En tal sentido, se propone que en adelante esta secuencia volcánica sea llamada como Formación Oyotún de edad Hauteriviano-Barremiano. Este estudio además está reforzado por estudios geoquímicos, estratigráficos y relaciones de contacto, los cuales afirman que el vulcanismo se inició en el Cretácico inferior. Las nuevas dataciones y relaciones estratigráficas de campo permiten interpretar a la Formación Oyotún como un complejo volcánico de domos, donde se observa que las rocas antiguas han sido levantadas por este conjunto de domos. Estas evidencias se pueden apreciar en los márgenes de la Formación Oyotún y en la parte central aún persiste algunos afloramientos sedimentarios sobre estos domos volcánicos a manera de cuerpos colgantes.
- Sobre la base de estas nuevas dataciones U-Pb en circón, se define la edad de la Formación Oyotún, que oscila entre 132 y 127 Ma y se cambia la posición estratigráfica de la Formación Tinajones, y se le asigna una edad Berriasiano y sobre esta al Grupo Goyllarisquiza, al que se le asigna una edad Valanginiana.
- Las dataciones radiométricas realizadas a las unidades intrusivas del área de estudio han permitido definir cuatro grandes unidades: Eten, Llacaden, Hualango y Cayaltí, todo esto reforzado con con estudios petrográficos y relaciones de contacto, replanteando así las edades asignadas anteriormente.
- En el cuadrángulo de Chongoyape 14e, las rocas volcánicas cenozoicas han sido cartografiados como productos de centros volcánicos, y se ha diferenciado cuatro centros volcánicos y dos secuencias volcánicas, tales como el Centro Volcánico la Granja, el Centro Volcánico Niepos, el Centro Volcánico San Pedro y el Centro Volcánico Anchipan Mutis, cuyos centros de emisión se encuentran fuera del área de estudio. Sin embargo, se concluye que estas secuencias volcánicas merecen ser estudiadas a más detalle sobre la base de dataciones radiométricas y estudios geoquímicos.
- Se ha definido una nueva unidad litoestratigráfica de edad del Cuaternario denominada como Formación Puerto Eten, la cual se compara con la Formación Cañete del sur del Perú de edad Pliocena.
- Toda esta nueva información permitirá realizar estudios similares en zonas con características parecidas y relacionarlos a posibles blancos de exploración minera, tal como se muestra en el capítulo de Rocas ígneas intrusivas y plutónicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

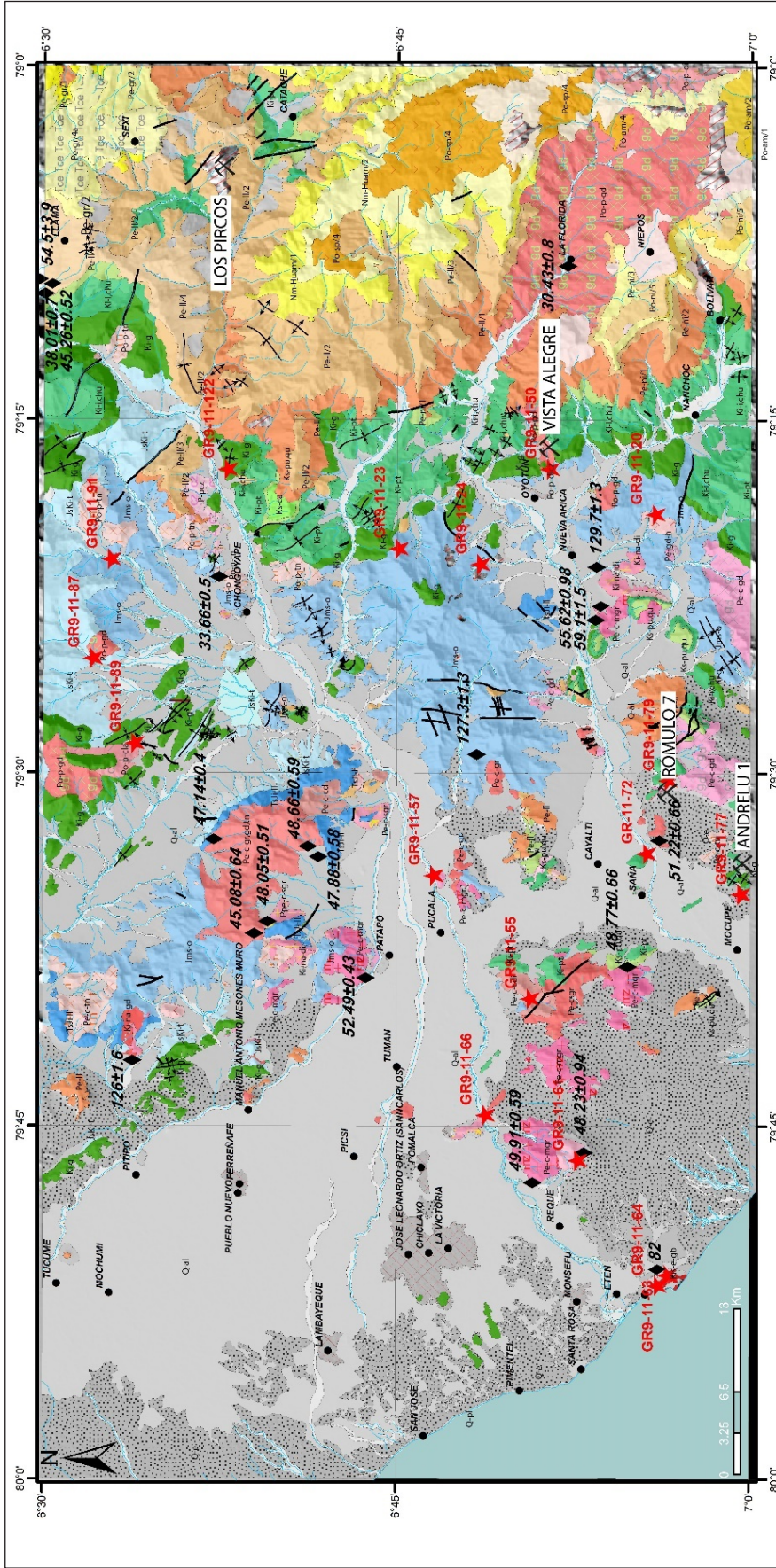
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D. & Santisteban, A. (2009) – *Mapa metalogénico del Perú 2009: memoria*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 17 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1957>
- Baldock, J.W. (1977) - Low-density geochemical reconnaissance in Perú to delineate individual mineral deposits. *Institution of Mining and Metallurgy. Transactions. Section B: Applied Earth Sciences*, 86(1): B63-B72.
- Bellido, E. (1969) – Sinopsis de la geología del Perú. *Servicio de Geología y Minería, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 22, 54 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/140>
- Benavides, V. (1956) - Cretaceous system in northern Peru (Doctoral Thesis, Faculty of Pure Science, Columbia University). *Bulletin American Museum of Natural History*, 108(4): 353-494. <http://hdl.handle.net/2246/1023>
- Bussell, M.A. (1983) - Timing of tectonic and magmatic events in the Central Andes of Peru. *Journal of the Geological Society London*, 140(2): 279-286. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.140.2.0279>
- Carlotto V.; Quispe, J.; Acosta, H.; Rodríguez, R.; Romero, D.; Cerpa, L.; Mamani, M.; Díaz-Martínez, E.; Navarro, P.; Jaimes, F.; Velarde, K.; Lu, S. & Cueva, E. (2009) - Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (103): 1-89.
- China Geological Survey & Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2017) - *Dataciones U-Pb*. Ingemmet. Disponible en <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/>
- Cobbing, E.J. (1982) - The segmented coastal batholith of Peru: its relationship to volcanicity and metallogenesis. *Earth Science Reviews*, 18(3-4): 241-251. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(82\)90039-3](https://doi.org/10.1016/0012-8252(82)90039-3)
- Cobbing, E.J.; Pitcher, W.S.; Wilson, J.J.; Baldock, J.W.; Taylor, W.P., et al. (1981). - *The geology of the Western Cordillera of northern Peru*. London: Institute of Geological Sciences, Overseas Memoir 5, 143 p.
- Cossio, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa (Hojas 17-g y 18-g). *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 8*, 69 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/158>
- Fischer, A.G. (1956) - Desarrollo geológico del noroeste peruano durante el Mesozoico. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (30): 177-190.
- Jaillard, E. (1990) - Evolución de la margen andina en el norte del Perú desde el Aptiano superior hasta el Senoniano. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (81): 3-13.
- Jaillard, E. (1996) - *Síntesis estratigráfica y sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la cuenca oriental del Ecuador. Informe final del convenio ORSTOM – Petroproducción*. Quito: [s.e.], 164 p.
- Jaillard, E.; Hérail, G.; Monfret, T.; Díaz-Martínez, E.; Baby, P.; Lavenu, A. & Dumont, J. (2000) - Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. En: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A. & Campos, D.A., eds. *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, p. 481-559.
- Jaimes, F. (2012) - Evidencias de una franja ferrífera en el límite Cordillera Occidental y la faja costanera: noroeste del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Jaimes, F.; Navarro, J.; Russe, E.; Santos, A. & Bellido, F. (2011) - Geología del cuadrángulo de Olmos, hoja 12-d, escala 1:50,000. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 140, 76 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/102>
- Jaimes, F.; Navarro, J. & Santos, A. (2013) - Geología del cuadrángulo de Incahuasi, hoja 13-e, escala 1:50,000. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 148, 114 p., 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/110>

- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971) - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5): 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
- McLaughlin, D.H. (1924) - Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, departments of Junin and Lima. *Geological Society of America Bulletin*, 35(3): 591-632. <https://doi.org/10.1130/GSAB-35-591>
- Mégard, F. (1984) - The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. *Journal of the Geological Society*, 141(5): 893-900. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.141.5.0893>
- Montano, H. (2010) - *Caracterización petroquímica de magmas y su relación con la formación de yacimientos en el norte del Perú*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/8975>
- Moore, R.C.; Lalicker, C.G. & Fisher, A.G. (1952) - *Invertebrate fossils*. New York: McGraw-Hill, 766 p.
- Mourier, T. (1988) - *La transition entre Andes marginales et Andes cordilleraïnes a ophiolites: évolution sédimentaire, magmatique et structurale du relais de Huancabamba: 3° à 8° Lat. S; Nord Pérou-Sud Equateur*. Thèse Docteur, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 301 p.
- Myers, J.S. (1975) - Vertical crustal movements of the Andes in Peru. *Nature*, 254(5502): 672-674. <https://doi.org/10.1038/254672a0>
- Navarro, P. & Monge, R. (2008) - Periodos eruptivos del volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en la Cordillera Occidental del norte del Perú: segmento Cajamarca. En: Congreso Peruano de Geología, 14; Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Noble, D.C.; Mckee, E.H.; Mourier, T. & Mégard, F. (1990) - Cenozoic stratigraphy, magmatic activity compressive deformation, and uplift in northern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 102(8): 1105-1113. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1990\)102<1105:CSMA CD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1990)102<1105:CSMA CD>2.3.CO;2)
- Pardo, A. & Sanz, V. (1979) - Estratigrafía el curso medio del río La Leche, departamento de Lambayeque. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (60): 251-266.
- Pardo-Casas, F. & Molnar, P. (1987) - Relative motion of the Nazca (Farallón) and South American plates since Late Cretaceous time. *Tectonics*, 6(3): 233-248. <https://doi.org/10.1029/TC006i003p00233>
- Pilger, R.H. (1984) - Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: South American Andes. *Journal of the Geological Society London*, 141(5): 793-802. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.141.5.0793>
- Pitcher, W.S. (1978) - The anatomy of a batholith. *Journal of the Geological Society London*, 135(2): 157-182. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.135.2.0157>
- Pitcher, W.S.; Atherton, M.P.; Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D., eds. (1985) - *Magmatism at a plate edge: the Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie, 329 p.
- Quispe, J.; Carlotto, V.; Acosta, J.; Macharé, J.; Chirif, H.; Rivera, R.; Romero, D.; Huanacuni, D. & Rodríguez, R. (2008) - Mapa metalogénico del Perú 2008. En: Congreso Peruano de Geología, 14; Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Reyes, L. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15f, 15g, y 16g. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 31, 75 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987) - Geología de los cuadrángulos de: Las Playas 9-c, La Tina 9-d, Las Lomas 10-c, Ayabaca 10-d, San Antonio 10-e, Chulucanas 11-c, Morropón 11-d, Huancabamba 11-e, Olmos 12-d, Pomahuanca 12-e. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 39, 83 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/159>
- Romeuf, N. (1994). - *Volcanisme jurassique et métamorphisme en Équateur et au Pérou: caractéristiques pétrographiques, minéralogiques et géochimiques - implications géodynamiques*. Thèse Docteur, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Aix en Provence, 487 p.
- Romeuf, N.; Aguirre, L.; Soler, P.; Féraud, G.; Jaillard, E. & Ruffet, G. (1995) - Middle Jurassic volcanism in the Northern and Central Andes. *Revista Geológica de Chile*, 22(2): 245-259. <http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV22n2-a08>
- Romeuf, N.; Munch, P.; Soler, P.; Jaillard, E.; Pik, R. & Aguirre, L. (1997) - Mise en évidence de 2 lignées magmatiques dans le volcanisme du Jurassique inférieur de la zone Subandine Equatorienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2a : Sciences de la Terre et des Planètes*, 324(5): 361-368.

- Sempere, T.; Butler, R.F.; Richards, D.R.; Marshall, L.G.; Sharp, W. & Swisher, C.C. (1997) - Stratigraphy and chronology of upper Cretaceous-lower Paleogene strata in Bolivia and northwest Argentina. *Geological Society of America Bulletin*, 109(6): 709-727. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1997\)109<0709:SACO UC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1997)109<0709:SACO UC>2.3.CO;2)
- Stappenbeck, R. (1929) - Geologie des Chicamatales in Nordperu und seiner Anthrazitlagerstätten. *Geologische und Palaeontologische Abhandlungen*, 16(4): 305-355.
- Steinmann, G.; Stappenbeck, R.; Sieberg, F. & Lisson, C.I. (1930) - *Geología del Perú. Con contribuciones de R. Stappenbeck sobre yacimientos de minerales útiles; de F. Sieberg sobre los terremotos en el Perú y de C.I. Lisson en el Mapa Geológico*. Heidelberg: Carl Winters Universitätsbuchhandlung, 448 p.
- Tafur, I. (1950) - *Nota preliminar de la geología del valle de Cajamarca, Perú (una contribución a la geología peruana)*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 56 p.
- Wilson, J.J. (1984) - Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e). *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 38, 104 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/157>

ANEXOS

- Anexo I. Mapa geológico con ubicación de secciones delgadas.
- Anexo II. Dacita GR9-11-20 (UTM 559336, 9477146).
- Anexo III. Roca volcánica alterada GR9-11-24 (UTM 587075, 9474750).
- Anexo IV. Diorita cuarzosa GR9-11-50 (UTM 9464740, 606183).
- Anexo V. Granodiorita GR9-11-87 (UTM 9467560, 593144).
- Anexo VI. Gabro? GR9-11-79 del Cerro Humedad (UTM 9477168, 591352).
- Anexo VII. Latita con cuarzo GR9-11-89 (UTM 9477804, 558792).
- Anexo VIII. Granodiorita GR9-11-57 (UTM 591647, 9486658).
- Anexo IX. Granodiorita GR9-11-61 (UTM 591647, 9486658).
- Anexo X. Sieno granito GR9-11-66 (UTM 9477168, 591352).
- Anexo XI. Monzogranito GR9-11-72 (UTM 606183, 9464740).
- Anexo XII. Monzogranito GR9-11-77 (UTM 603269, 9476880).
- Anexo XIII. Cuarzodiorita GR9-11-55 (UTM 587075, 9474750).
- Anexo XIV. Gabro GR9-11-63 (UTM 578952, 9486316).
- Anexo XV. Gabro GR9-11-91 (9466562, 562034).
- Anexo XVI. Dique de metagranito GR9-11-64 (UTM 9451030, 587016).
- Anexo XVII. Dacita GR9-11-122 (UTM 578952, 9486316).
- Anexo XVIII. GR9-11-23 (UTM 9469372, 590323).



UNIDADES SEDIMENTARIAS	UNIDADES VOLCÁNICAS	UNIDADES INTRUSIVAS	SUBVOLCÁNICOS	SÍMBOLOS
<p>CUATERNARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> Q-pl Depósito de playa Q-e Depósito fluvial Q-f Depósito fluvial Q-co Depósito coluvial Q-al Depósito aluvial Ks-ca Fm. Cajamarca Ks-puqu Gp. Pullucana-Quilquitan Ki-pt Fms. Pariatambo Ki-dhu Fms. Inca-Chulec Ki-g Gp. Goyllarisquizga <p>MESOZOICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Jsk-t Fm. Tinajones Jms-o Fm. Oyotún Ts-l Fm. La Leche <p>CENOZOICO</p> <p>Neógeno</p>	<p>Nm-Huam/2</p> <ul style="list-style-type: none"> Nm-am/8 Nm-am/6 Po-am/5 Po-am/4 Po-am/2 Po-am/1 <p>Nm-Huam/1</p> <ul style="list-style-type: none"> Po-ni/6 Po-ni/5 Po-ni/4 Po-ni/3 Po-ni/2 Po-ni/1 Po-ll/4 Po-ll/3 Po-ll/2 Po-ll/1 Po-ll <p>Fm. Huambos</p> <ul style="list-style-type: none"> Fm. Huambos <p>C.V. Anchipan Mutis</p> <ul style="list-style-type: none"> C.V. Anchipan Mutis <p>C.V. La Grana</p> <ul style="list-style-type: none"> Pe-gr/4a Pe-gr/2 Pe-gr/1 	<p>U. Cayalti (47-55 Ma)</p> <ul style="list-style-type: none"> Pe-c-sgr Sengranito Pe-c-mgr Monogranito Pe-c-gr Granito Pe-c-pgr Granodiorita, granito Pe-c-pdgr Granodiorita, granito Pe-c-th Granodiorita, tonalita, granito Pe-c-gd Granodiorita Pe-c-dh Cuarzo, diorita Pe-c-gb Gabro Pe-c-dl Diorita Pe-c-gd Granodiorita <p>U. Eten (82 Ma)</p> <ul style="list-style-type: none"> Ki-egb <p>U. Nueva Arica (126-129 Ma)</p> <ul style="list-style-type: none"> Ki-na-dl Ki-na-gd 	<p>U. Penachi (28-33 Ma)</p> <ul style="list-style-type: none"> Po-p-da Cuarzo, Jujua Po-p-to Tonalita Po-p-gd Granodiorita Po-p-dlc Diorita, cuarcasas Po-p-dl Diorita <p>Pe-pz Pelido cuarzarro</p> <p>P-ri Riota</p> <p>Pe-and Andesita</p> <p>Pe-and Andesita</p> <p>Si-lab Silábico</p>	<ul style="list-style-type: none"> Anticlinal Sinclinal Sinclinal invertido Anticlinal invertido Lineamientos Lineamientos inferidos Falla inversa Capital de distrito Ríos Dataciones Radiométricas Prospecto Secciones Delgadas

Anexo N° 01 Mapa geológico con ubicación de secciones delgadas

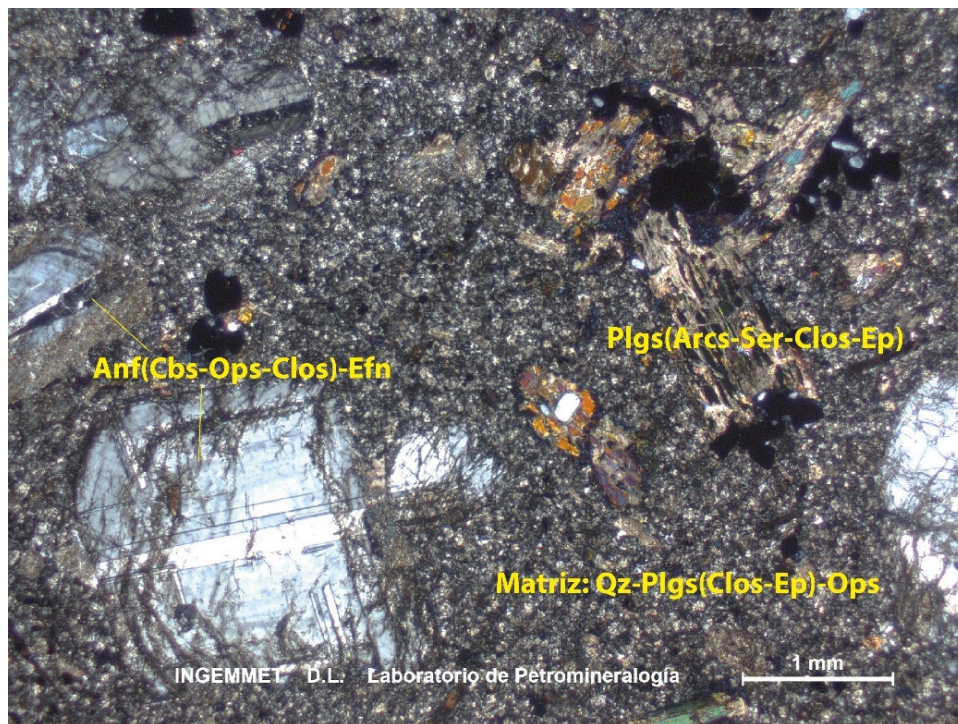
Anexo N° 02 Dacita GR9-11-20 (UTM 559336, 9477146). Textura porfirítica, constituida por cristales de plagioclasas de formas subhedrales, que se encuentran maclados a veces zonados y microfracturados, y que son alterados por arcillas y generalmente en los bordes por sericita clorita y epidota. El cuarzo ocurre en cristales anhedrales, que presentan extinción ondulante y oquedades rellenas por cuarzo, carbonatos y matriz, además de presentar microfracturas rellenas por micas, lo mismo que bordes de reabsorción. Los minerales opacos se encuentran de formas subhedrales diseminados y de formas anhedrales alterando a los anfíboles. El apatito se presenta en cristales subhedrales prismáticos y como inclusiones en plagioclasas y anfíboles. La esfena corresponde a cristales anhedrales se presenta asociada a minerales opacos y anfíboles. Las arcillas ocurren en agregados criptocristalinos provenientes de la alteración de las plagioclasas y conformando la matriz. Los carbonatos se encuentran alterando a los anfíboles. La sericita en agregados se presenta como producto de alteración de las plagioclasas. Las cloritas en agregados microfibrosos radiados se presentan como producto de alteración de los anfíboles y las plagioclasas. La epidota en agregados subhedrales proviene de la alteración de los anfíboles y plagioclasas. El cuarzo en la matriz se presenta en cristales anhedrales. Las plagioclasas de la matriz ocurren en cristales subhedrales, maclados y como constituyente principal de la matriz, donde se alteran a arcillas, sericitas y cloritas.

Minerales esenciales: plagioclasas (25%), cuarzo (8%).

Minerales accesorios: minerales opacos (5%), anfíboles (3%).

Trazas: apatito, esfena.

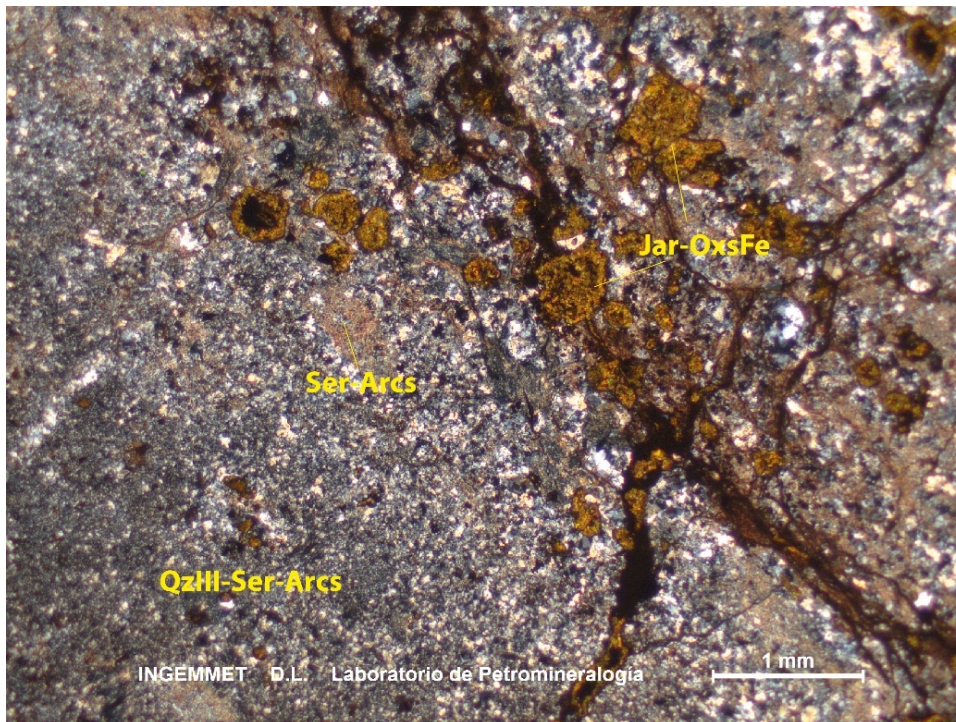
Alteraciones: argilización, carbonatación, sericitización, cloritización débil, epidotización muy débil.



GR9-11-20 (UTM 559336, 9477146). Dacita NXs Cristales de plagioclasas alteradas a arcillas, sericita, cloritas y epidota: Plg(Arcs-Ser-Clos-Ep); anfíboles alterados por carbonatos, minerales opacos y cloritas asociados a esfena: Anfs(Cbs-Ops-Clos)-Efn. La matriz está constituida por cuarzo, plagioclasas alteradas por cloritas, epidota y con minerales opacos diseminados: Plgs-Qz(Clos-Ep)-Ops. Roca volcánica alterada.

Anexo N° 03 Roca volcánica alterada GR9-11-24 (UTM 587075, 9474750). Textura de relleno y remplazamiento, constituida por cristales de cuarzo, los que se presentan en dos eventos: Cuarzo IV, que presenta cristales de formas anhedrales, que se encuentran en microvenillas cortas formando agregados. El cuarzo III, en agregados anhedrales y conformando la matriz. La jarosita se presenta en cristales anhedrales microcristalinos, constituyendo amígdalas, relleno de venillas y fracturas, también asociados con óxidos de hierro en los bordes. La sericita en agregados microescamosos se encuentran alterando a los componentes de la roca así como formando agregados. Las arcillas en agregados criptocristalinos se encuentran como impregnaciones, asociadas a la sericita. La hematita ocurre en cristales anhedrales a subhedrales, y se encuentra principalmente diseminados en la roca como pseudomorfos de magnetita. Las limonitas se presentan asociadas con jarosita y en fragmentos líticos. Los fragmentos líticos tienen formas subangulosas de posible naturaleza volcánica, silicificados con relictos de cuarzo y sericita intersticial e impregnaciones (Figura 3.10B).

Alteraciones: silicificación fuerte, alunitización, sericitización moderada, argilización débil, oxidación de incipiente a muy débil.



GR9-11-24 NXs Agregados microcristalinos de cuarzo III intercrecido con sericita y arcillas: cz III-ser-ARCs. Se encuentran microfracturas y agregados rellenos por cuarzo IV: cz IV. Además, presenta agregados microcristalinos de jarosita asociada con óxidos de hierro que se encuentran en las venillas y microfracturas: Jar-OxsFe.

Anexo N° 04 Diorita cuarzosa GR9-11-50 (UTM 9464740, 606183). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de plagioclasas de tamaño menor o igual a 4.20 mm, y que presenta formas subhedrales prismáticas que se encuentran macladas, zonadas y microfracturadas, algunos rellenas por carbonatos y cloritas. Se presentan alteradas, generalmente desde el centro hacia los bordes a sericita, arcillas, cloritas, epidotas y carbonatos. El cuarzo se presenta en tamaños de 1.20 mm como cristales de formas anhedrales que se encuentran relleno de espacios intergranulares con algunos cristales microfracturados. Los anfíboles de tamaño 4.30 mm son cristales de formas subhedrales prismáticos y anhedrales. Algunos se encuentran maclados, se alteran a cloritas, carbonatos, epidotas y con remplazamiento de minerales opacos, algunos alterados a óxidos de hierro. La esfena se encuentra asociada a los anfíboles y minerales opacos. El apatito se encuentra como cristales subhedrales prismáticos y como inclusiones en anfíboles. Los minerales opacos son agregados 0.20 mm de formas anhedrales. Se presentan como remplazamiento de los minerales ferromagnesianos y de formas subhedrales como disseminados en la roca. Como minerales de alteración, se presentan las cloritas que encuentran como producto de la alteración de plagioclasas y anfíboles. Las arcillas, las epidotas y la sericita microescamosa se presentan como producto de alteración de plagioclasas. Los anfíboles se alteran a carbonatos.

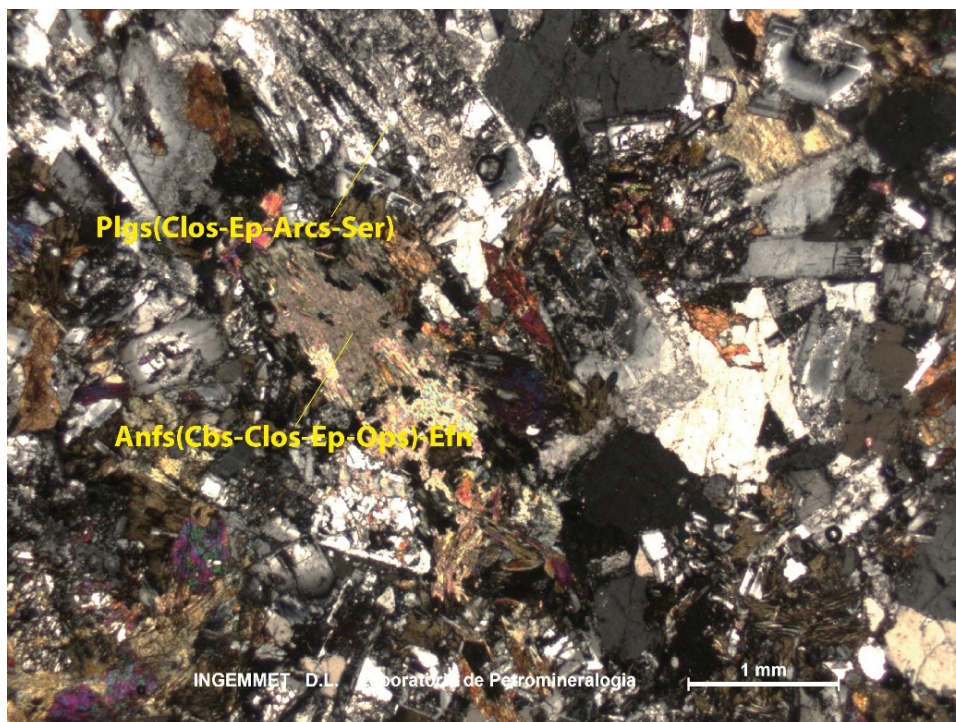
Minerales esenciales: Plagioclasas 20%, Cuarzo 55%

Minerales accesorios: Anfíboles 10%, esfena, 1%

Minerales secundarios: Cloritas (8%), arcillas (7%), epidota 5%, carbonatos 2% sericita (1%), epidota (1%).

Trazas: Apatito.

Alteraciones: argilización, cloritización, y epidotización débil, carbonatación y sericitización muy débil.



GR9-11-50 Diorita cuarzosa. NXs Cristales de plagioclasas alterados por cloritas, epidota, arcillas y sericita: Plgs(Clos-Ep-Arcs-Ser); anfíboles alterados por carbonatos, cloritas, epidota y minerales opacos, además de esfena disseminada: Anfs(Cbs-Clos-Ep-Ops)-Efn; y cuarzo intersticial.

Anexo N° 05 Granodiorita GR9-11-87 (UTM 9467560, 593144). Textura porfirítica constituida por cristales de plagioclasas con formas subhedrales prismáticas de 1 a 5.40 mm, que se encuentran macladas, zonadas y microfracturadas. Los anfíboles presentan formas anhedrales a subhedrales prismáticas con algunos cristales maclados. Los piroxenos tienen formas subhedrales prismáticas, se encuentran como remanentes alterados por anfíboles. Las esfenas se presentan en cristales de formas anhedrales asociadas con minerales opacos y algunas epidotas y cloritas. El apatito tiene formas subhedrales y bordes subredondeados, y se encuentran como inclusión en las plagioclasas y anfíboles. Los minerales opacos se encuentran diseminados y alterados por óxidos de hierro. Las arcillas alteran a feldespatos potásicos y plagioclasas. La actinolita se encuentra como alteración de los anfíboles y piroxenos. Las cloritas alteran a los anfíboles. Las sericitas ocurren como agregados microescamosos como consecuencia de la alteración de las plagioclasas. La epidota altera a los anfíboles, algunos asociados con esfena. Los óxidos de hierro se dan por la alteración de los minerales opacos. La matriz está constituida por cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos, anfíboles.

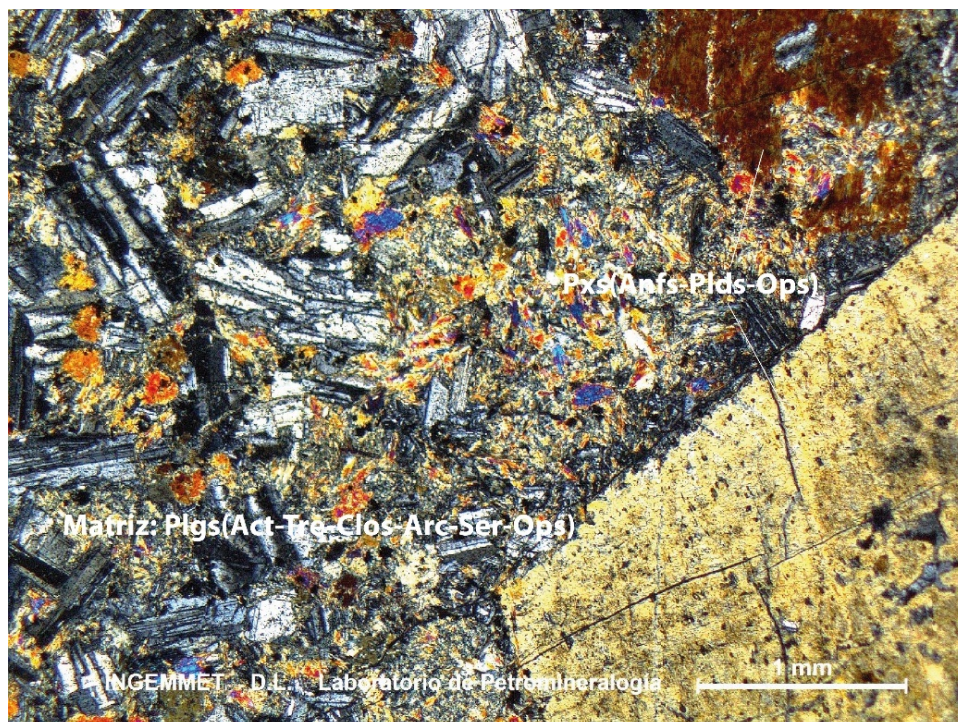
Minerales esenciales: Plagioclasas 20%

Minerales accesorios: Anfíboles 6%, piroxenos 1%, minerales opacos 3%.

Minerales secundarios: Arcillas (10%), actinolita (3%), cloritas (3%), sericita (1%), epidota (1%).

Trazas: Esfena, apatito, óxidos de hierro.

Alteraciones: argilización débil a moderada, cloritización, actinolitización, sericitización epidotización muy débil, oxidación incipiente.



GR9-11-87 Granodiorita. NXs Fenocristales de plagioclasas alterados por arcillas, sericita y minerales opacos diseminados: Plgs(Arcs-Ser)Ops. La matriz se encuentra constituida por cristales de cuarzo; plagioclasas alteradas a arcillas, cloritas y sericita; feldespatos potásicos alterados por arcillas; y anfíboles alterados por cloritas y epidota: Qz-Plds(Arcs-Clos-Ser)-Fks(Arcs)-Anfs(Clos-Ep).

Anexo N° 06 Gabro? GR9-11-79 del Cerro Humedad (UTM 9477168, 591352). Textura porfírica, constituida por cristales de piroxenos con textura poiquilitica al tener inclusiones de plagioclasas, alteradas por actinolita-tremolita, epidota y minerales opacos que a veces se presentan microfracturados. La esfena presenta cristales anhedrales, que se encuentran dispersos en la matriz asociado a los anfíboles. Los minerales opacos corresponden a cristales anhedrales que se presentan como diseminados, que resultan de la alteración de los piroxenos. La actinolita-tremolita se encuentra como producto de la alteración de los piroxenos de la matriz. Las arcillas, cloritas y sericita en agregados microfibrosos alteran a las plagioclasas y moldes de ferromagnesianos. Las plagioclasas se presentan en cristales subhedrales a anhedrales maclados con microfracturas rellenas por actinolita-tremolita, alteradas también por sericita y arcillas. Los moldes de ferromagnesianos que probablemente correspondan a piroxenos se encuentran remplazados por actinolita-tremolita y clorita, y algunos cristales anhedrales a subhedrales prismáticas ocurren entre los espacios intergranulares de la matriz asociado a minerales opacos.

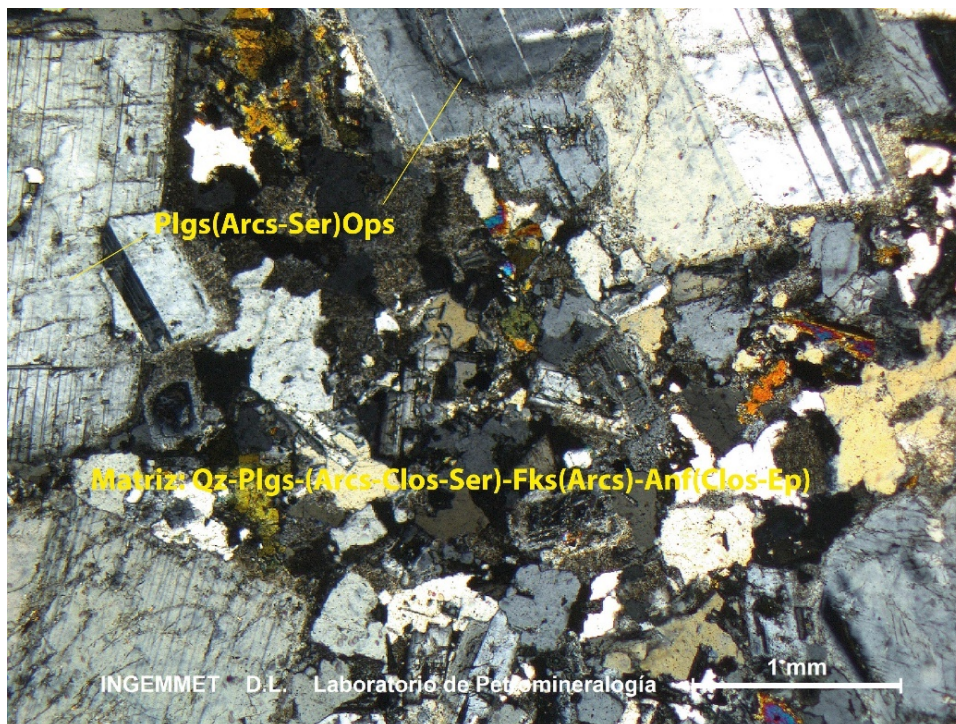
Minerales esenciales: no presenta.

Minerales accesorios: piroxenos (20%), minerales opacos (4%).

Minerales secundarios: actinolita-tremolita (44%), arcillas (4%), cloritas (2%), sericita (1%), plagioclasas (25%).

Trazas: esfena

Alteraciones: anfibolitización moderada, argilización, cloritización, argilización muy débil.



GR9-11-79 Gabro. NXs Cristales de piroxenos alterados por anfíboles con inclusiones de plagioclasas y minerales opacos diseminados: Pxs(Anfs)-Plgs-Ops. La matriz está constituida por plagioclasas y moldes de ferromagnesianos que han sido alterados por actinolita-tremolita y cloritas; asimismo, se presenta alteración por sericita, arcillas y minerales opacos diseminados: Plgs(Act-Tre-Clos-Arc-Ser-Ops).

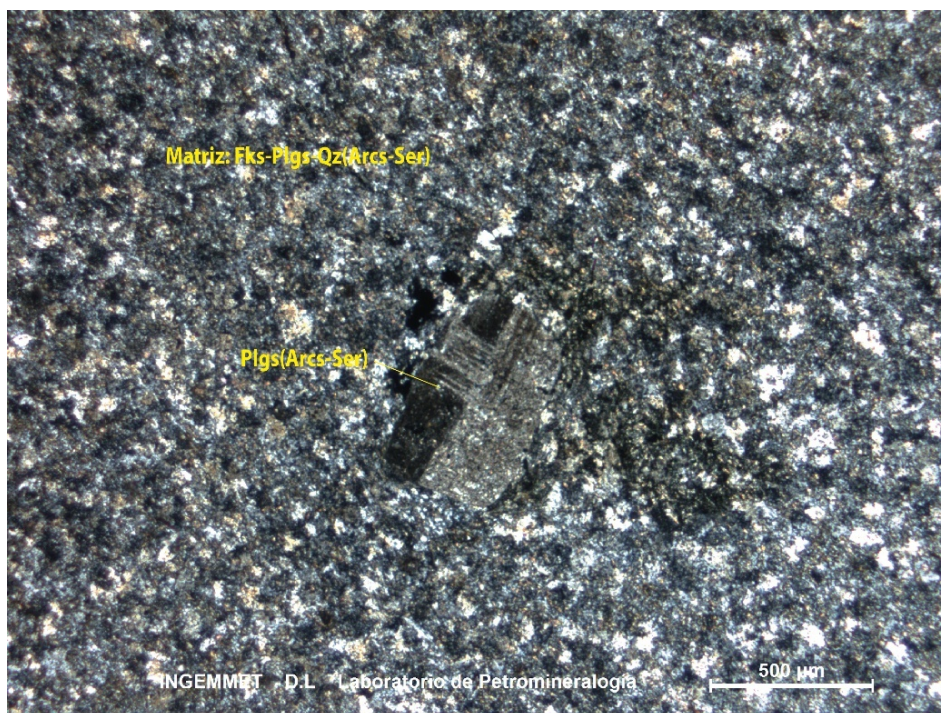
Anexo N° 07 Latita con cuarzo GR9-11-89 (UTM 9477804, 558792). Textura porfírica, constituida por cristales de plagioclasas de formas subhedrales a euhedrales prismáticas, macladas, a veces microfracturadas, alteradas por arcillas, sericita con diseminación de opacos y alteradas a óxidos de hierro que también se encuentran como impregnaciones. El cuarzo presenta cristales anhedrales con bordes redondeados y de resorción, algunos microfracturados. Los minerales opacos ocurren como cristales subhedrales a anhedrales diseminados, alterándose a óxidos de hierro. Los moldes de ferromagnesianos se encuentran remplazados por sericita, clorita y minerales opacos alterados a óxidos de hierro, los que se impregnan a las micas. Las arcillas se presentan en agregados criptocristalinos alterando a las plagioclasas y a los feldespatos potásicos. La sericita se encuentra en agregados microescamosos como producto de la alteración de las plagioclasas y feldespatos potásicos. Asimismo, se encuentra dispersa en la matriz por alteración de la misma. Los óxidos de hierro presentan agregados criptocristalinos, como consecuencia de la alteración de los minerales opacos y se encuentran impregnados en las plagioclasas y la matriz. Los feldespatos potásicos ocurren en cristales anhedrales alterados por arcillas, sericita e intercrecen con cuarzo. Las plagioclasas de la matriz corresponden a microcristales subhedrales a anhedrales, macladas, alteradas por arcillas y sericita. El cuarzo de la matriz tiene formas anhedrales que se encuentran entre los intersticios de los microcristales de la matriz (Figura 4.3C).

Minerales esenciales: plagioclasas (8%), cuarzo (4%).

Minerales accesorios: minerales opacos (1%).

Minerales de la matriz: feldespato potásico (47%), plagioclasas (20%).

Alteraciones: argilización débil a moderada, sericitización débil, oxidación muy débil.



GR9-11-89 Latita con cuarzo. NXs Cristales de plagioclasas alterados a arcillas y sericita: Plgs(Arcs-Ser) dispuestos en una matriz conformada por feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo, donde la matriz se encuentra alterada a arcillas y sericita: Fks-Plgs-Qz(Arcs-Ser).

Anexo N° 08 Granodiorita GR9-11-57 (UTM 591647, 9486658). Textura granular hipidiomórfica, conformada por cristales de plagioclasas de formas subhedrales y anhedrales prismáticas menores a 5.95 mm. El cuarzo tiene formas anhedrales que se presentan en espacios intergranulares, algunos cristales se encuentran con textura de intercrecimiento tipo gráfica con inclusiones fluidas y de apatito. El feldespato potásico se presenta en cristales anhedrales, alterados por arcillas, sericita, epidota y diseminados de minerales opacos. Los anfíboles son cristales de formas anhedrales que se encuentran alterados por actinolita, cloritas, minerales opacos, epidota y algunos remplazados por biotita. Los minerales opacos tienen formas anhedrales que se encuentran diseminados en la roca como consecuencia de la alteración de los minerales ferromagnesianos. Los piroxenos conforman cristales subhedrales a anhedrales alterados a epidota, cloritas y actinolita. La esfena presenta formas subhedrales tabulares alargadas asociadas con anfíboles. El apatito se presenta como cristales subhedrales tabulares alargados como inclusión en el cuarzo. Los cristales alterados presentan arcillas, actinolita, clorita, sericita, epidota, biotita, óxidos de hierro.

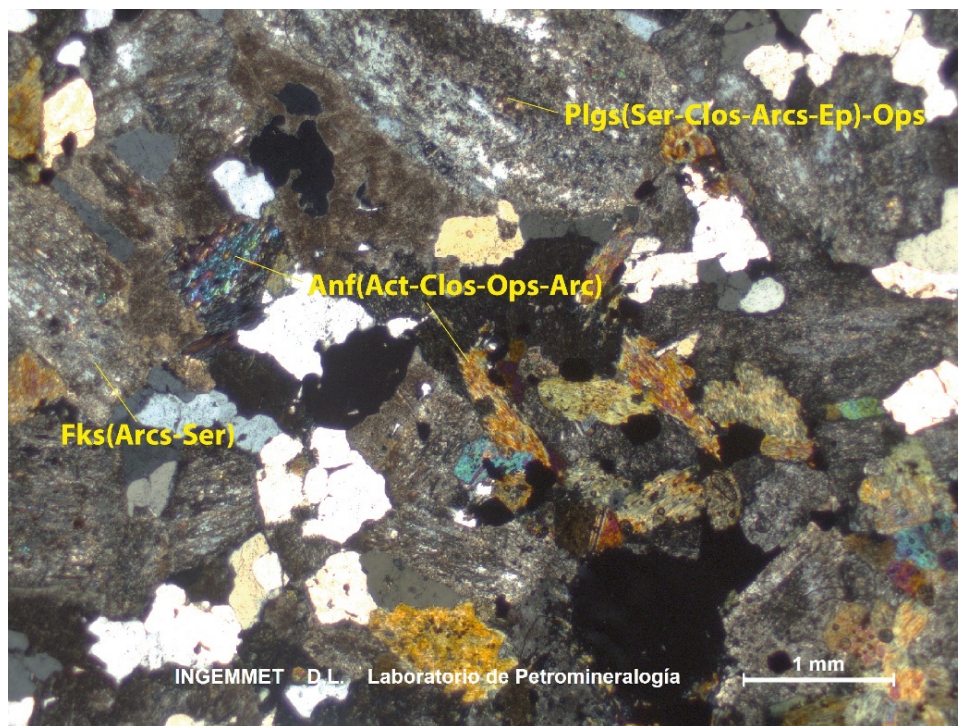
Minerales esenciales: plagioclasas (41%), cuarzo (17%), feldespatos potásicos (10%).

Minerales accesorios: anfíboles (5%), minerales opacos (3%), piroxenos (1%).

Minerales secundarios: arcillas (8%), actinolita (7%), cloritas (5%), sericita (2%), epidota (1%).

Trazas: esfena, apatito, biotita y óxido de hierro.

Alteraciones: Cloritización, sericitización, argilización débil, epidotización muy débil, oxidación incipiente.



GR9-11-57 NXs Cristales de plagioclasas alteradas a sericita, loritas, arcillas, epidota y minerales opacos diseminados: Plgs (Ser-Clos-Arcs-Ep)-Ops; cristales de cuarzo intersticial: Oz; feldespatos potásicos alterados por arcillas y sericita: Fks (Arcs-Ser); y anfíboles alterados por actinolita, cloritas, minerales opacos y arcillas: Anfs (Act-Clos-Ops-Arcs).

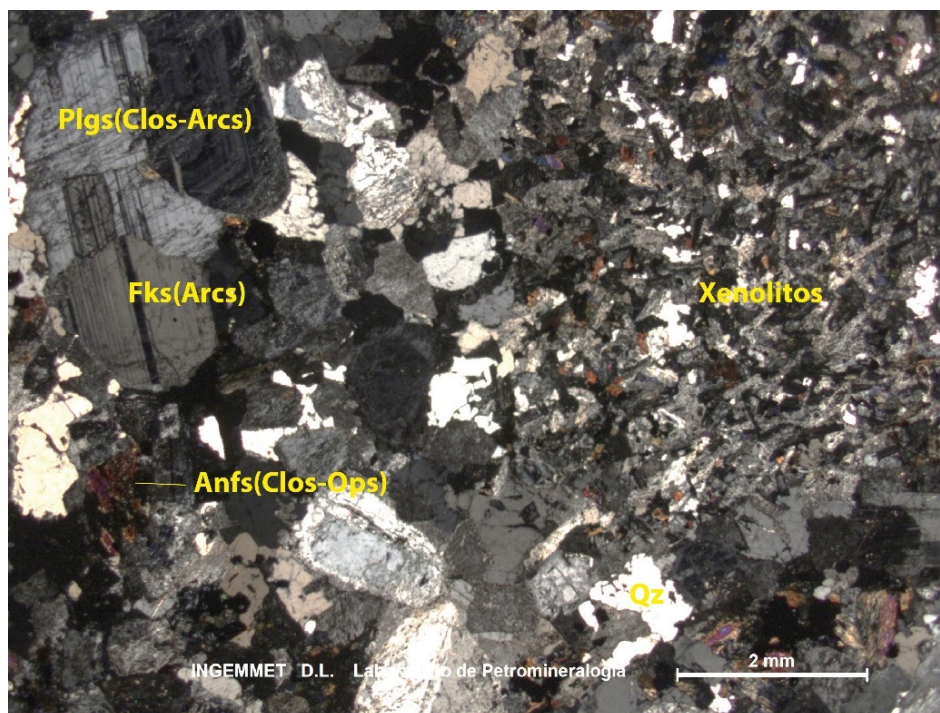
Anexo N° 09 Granodiorita GR9-11-61 (UTM 591647, 9486658). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de plagioclasas, que se presentan en cristales subhedrales prismáticos y anhedrales, maclados, zonados y microfracturados, se encuentran alterados por arcillas, sericita, clorita, epidota, carbonatos y minerales opacos diseminados, además se observa inclusiones de apatito. El cuarzo corresponde a cristales anhedrales microfracturados, algunos cristales presentan textura gráfica y en ocasiones rellenan espacios intergranulares. El feldespato potásico aparece en cristales anhedrales alterados por arcillas y en menor proporción por sericita. Los anfíboles definen cristales anhedrales y subhedrales, que se encuentran alterados a actinolitas, cloritas, minerales opacos y epidota. Los minerales opacos son cristales anhedrales y se presentan como productos de alteración de los ferromagnesianos y están diseminados en la roca. La biotita corresponde a cristales anhedrales y subhedrales prismáticos que se encuentran alterados por cloritas. El apatito en cristales subhedrales prismáticos se presenta como inclusiones en las plagioclasas. La esfena corresponde a cristales anhedrales, asociados a anfíboles. Dentro de la roca se observa xenolitos que contienen fragmentos subredondeados de composición cuarzo diorítica con textura granular hipidiomórfica. El xenolito está constituido por cristales de plagioclasas, feldespato potásico, cuarzo intersticial y en menor proporción anfíboles y esfena. Se observa también minerales opacos diseminados, feldespatos alterados por arcillas, epidotas y cloritas; asimismo, los anfíboles se encuentran alterados parcialmente a cloritas.

Minerales esenciales: Plagioclasas (32%), cuarzo (26%), feldespato potásico (12%).

Minerales accesorios: anfíboles (6%), minerales opacos (3%), biotita (1%).

Trazas: apatito, esfena.

Alteraciones: argilización, actinolitización débil, cloritización, sericitización, epidotización muy débil, carbonatación incipiente.



GR9-11-61 NXs Cristales de plagioclasas alterados por cloritas y arcillas: Plgs (Clos-Arcs); cuarzo intersticial: Qz; feldespatos potásicos alterados por arcillas: Fks (Arcs); anfíboles alterados por minerales opacos y cloritas: Anfs(Clos-Ops). El xenolito de naturaleza plutónica.

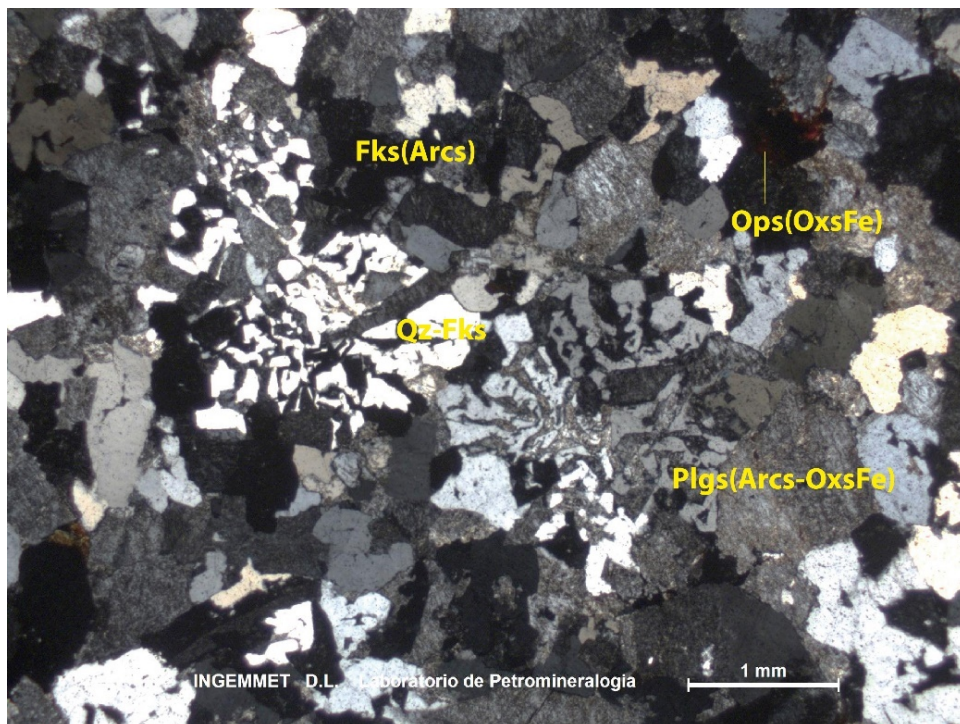
Anexo N° 10 Sieno granito GR9-11-66 (UTM 9477168, 591352). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de cuarzo de formas anhedrales que se encuentran en intersticios. En general, se presenta intercrecimiento simplectítico con feldespatos potásicos, algunos cristales presentan extinción ondulante, se observa también inclusiones fluidas y microfracturas que se encuentran rellenas con óxidos de hierro. El feldespato potásico se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, microfracturados, rellenos por micas impregnadas por óxidos de hierro, con textura de intercrecimiento gráfico y algunos cristales de textura perfitica. Por lo general, se encuentran alterados por arcillas y sericita. Las plagioclasas tienen formas subhedrales y anhedrales que se encuentran macladas y zonadas, son alteradas por arcillas, sericita, epidota, y algunas presentan microfracturas que están rellenas por óxidos de hierro. La biotita tiene formas subhedrales y se encuentra alterada por minerales opacos, cloritas e impregnados por óxidos de hierro. Los minerales opacos ocurren como diseminados relleno microfracturas. La esfena corresponde a cristales anhedrales que se encuentran asociados por minerales opacos e impregnados por óxidos de hierro. El apatito en cristales subhedrales prismáticos se encuentra como inclusiones en las plagioclasas.

Minerales esenciales: Cuarzo (45%), feldespatos potásicos (36%), plagioclasas (5%).

Minerales accesorios: Biotita (2%), Minerales opacos (1%).

Trazas: esfena, apatito.

Alteraciones: argilización moderada, oxidación muy débil, epidotización y cloritización incipiente.



GR9-11-66 NXs Cristales de feldespatos potásicos alterados por arcillas: Fks(Arcs); cuarzo en intercrecimiento con feldespatos potásicos: cz-Fks; plagioclasas alteradas a arcillas e impregnación de óxidos de hierro: Plgs(Arcs-OxsFe); además presenta minerales opacos diseminados, alterados por óxidos de hierro: Ops(OxsFe).

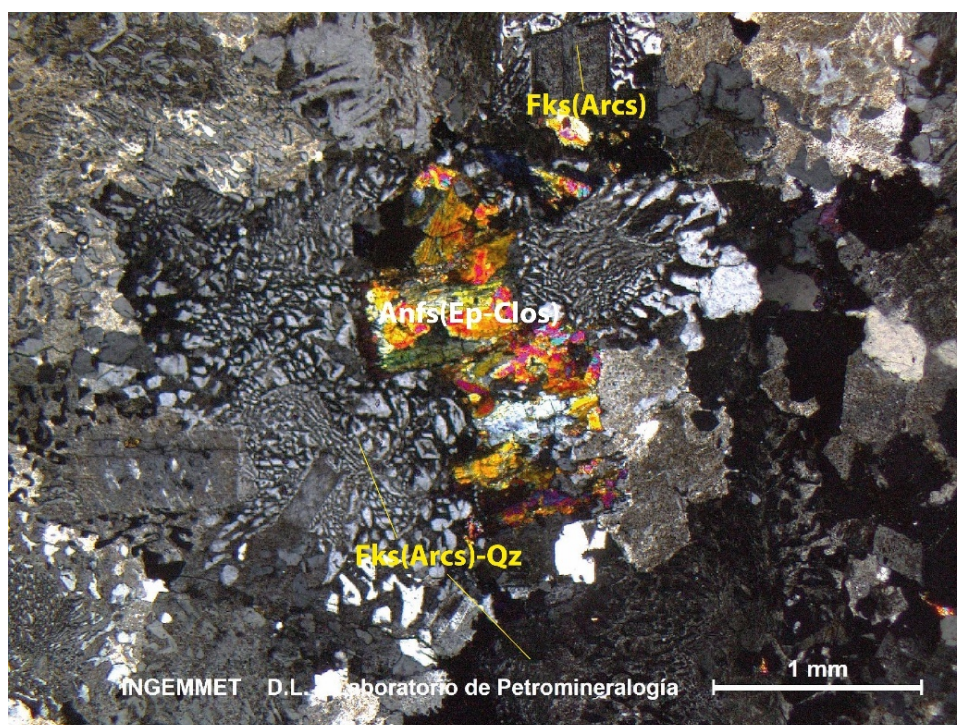
Anexo N° 11 Monzogranito GR9-11-72 (UTM 606183, 9464740). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de feldespatos potásicos, anhedrales. Entre los intersticios de los cristales, presenta textura gráfica con cuarzo y textura simplectítica con cuarzo y plagioclasas, alterados por arcillas y sericita, además presenta inclusiones de apatito. El cuarzo se presenta en cristales anhedrales y rellenando espacios intergranulares, a veces con inclusiones de apatito. Las plagioclasas constituyen cristales subhedrales prismáticos, maclados, zonados, con inclusiones de apatito y zircón a veces microfracturados, que se alteran a sericita, arcillas y epidotas. La biotita se presenta en formas subhedrales prismáticas alteradas por cloritas y minerales opacos. Los minerales opacos se encuentran diseminados y provienen de la alteración de los ferromagnesianos. El apatito corresponde a cristales tabulares con formas subhedrales prismáticas que ocurre como inclusiones dentro de las plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos y anfíboles. El zircón se presenta en cristales euhedrales a subhedrales que ocurren como inclusión en algunas plagioclasas. La esfena presenta cristales subhedrales y anhedrales en espacios intersticiales y asociados a anfíboles. Los xenolitos son rocas de naturaleza plutónica con textura granular hipidiomórfica de posible composición cuarzo-monzodiorita que presentan cristales tabulares de plagioclasas de < 2.55 mm, alterados por arcillas, sericita, cloritas y minerales opacos. Los feldespatos potásicos se presentan en cristales anhedrales y con leve alteración a arcillas. El cuarzo tiene formas anhedrales con microfracturas. Los anfíboles se encuentran maclados (Figura 4.5D).

Minerales esenciales: (38%), cuarzo (20%), plagioclasas (18%).

Minerales accesorios: biotita (2%), anfíboles (1%), minerales opacos (2%), esfena (1%).

Trazas: apatito, zircón, carbonatos.

Alteraciones: argilización débil, cloritización, sericitización, epidotización muy débil, carbonatación incipiente.



GR9-11-72 NXs Cristales de feldespatos potásicos alterados por arcillas e intercrecido con cuarzo: Fks (Arcs-Qz; cuarzo: Qz; plagioclasas alteradas a arcillas: Plgs (Arcs); y anfíboles alterados por epidota y cloritas: Anfs (Ep-Clos).

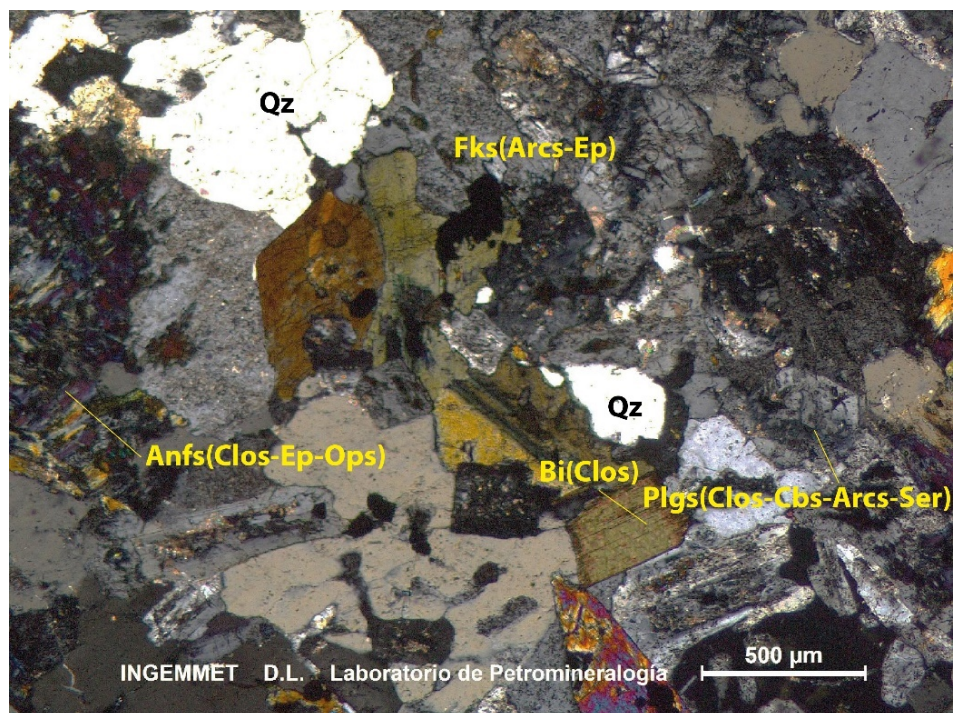
Anexo N° 12 Monzogranito GR9-11-77 (UTM 603269, 9476880). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de plagioclasas subhedrales prismáticas, macladas, zonadas y microfracturadas, que se alteran a sericitas, arcillas, cloritas, carbonatos y minerales opacos diseminados. El cuarzo se presenta en cristales anhedrales con inclusiones de apatito, también se les encuentra entre los intersticios, a veces microfracturados. Los feldespatos potásicos ocurren en cristales anhedrales en intersticios con inclusiones de apatito, alterados por arcillas, sericita, epidota y minerales opacos diseminados. Los anfíboles se presentan en cristales subhedrales a anhedrales, maclados, alterándose a cloritas, epidotas, carbonatos y minerales opacos con impregnaciones de óxidos de hierro. La biotita ocurre en cristales subhedrales que se encuentran conjuntamente con algunos anfíboles, y se alteran a cloritas y minerales opacos a través de los bordes en general impregnados por óxidos de hierro. Los minerales opacos se encuentran diseminados y como alteración de biotita, anfíboles y plagioclasas, alterados por óxido de hierro. La esfena ocurre en cristales subhedrales, asociados a ferromagnesianos.

Minerales esenciales: plagioclasas (32%), cuarzo (20%), feldespatos potásicos (18%).

Minerales accesorios: anfíboles (8%), biotita (3%), minerales opacos (3%), esfena (1%).

Trazas: sericita, óxidos de hierro.

Alteraciones: cloritización, argilización débil, carbonatación y epidotización muy débil, sericitización y oxidación incipiente.



GR9-11-77 NXs Cristales de plagioclasas alterados por cloritas, arcillas, carbonatos, sericita y epidota: Plgs (Clos-Cbs-Arcs-Ser); feldespatos potásicos alterados por arcillas y epidota: Fks (Arcs-Ep); cuarzo: Qz; anfíboles alterados por cloritas, epidota y minerales opacos: Anfs (Clos-Ep-Ops); y biotita alterada a cloritas: Bi (Clos).

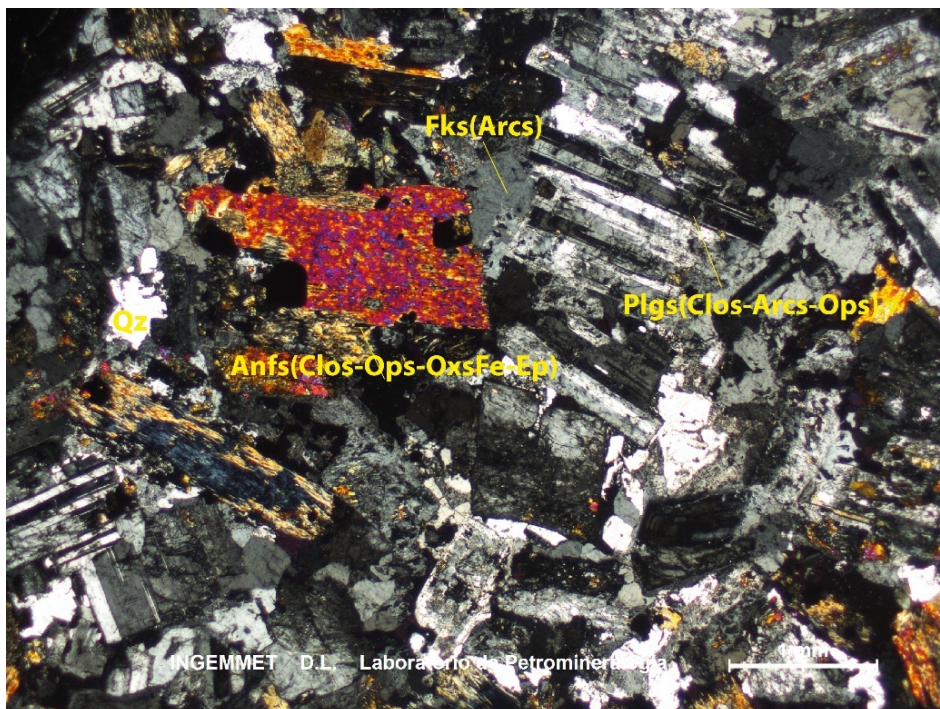
Anexo N° 13 Cuarzodiorita GR9-11-55 (UTM 587075, 9474750). Textura granular hipidiomórfica, constituida por cristales de plagioclasas subhedrales, microfracturadas, macladas y zonadas, alteradas por epidotas, cloritas, arcillas, diseminación de minerales opacos e inclusiones de apatito. El cuarzo ocurre en cristales anhedral, microfracturados, que ocupan espacios intergranulares y a veces presentan textura de intercrecimiento con plagioclasas. Los feldespatos potásicos corresponden a cristales que se encuentran entre los intersticios, presentan un intercrecimiento con cuarzo, dando una textura gráfica. Los anfíboles ocurren en cristales subhedrales y anhedral con inclusiones de apatito, algunos cristales maclados, alterados por cloritas, epidotas y minerales opacos. Los minerales opacos tienen formas anhedral que se presentan diseminados y como producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos. El apatito ocurre en cristales subhedrales y como inclusión en las plagioclasas y anfíboles. Las cloritas, las arcillas en agregados microfibrosos y criptocristalinos respectivamente y la epidota, alteran a los anfíboles y plagioclasas. Los óxidos de hierro aparecen como alteración de los anfíboles y minerales opacos.

Minerales esenciales: plagioclasas (58%), cuarzo (10%), feldespatos potásicos (4%).

Minerales accesorios: anfíboles (8%), minerales opacos (4%).

Trazas: apatito.

Alteraciones: cloritización, argilización débil, epidotización muy débil, oxidación incipiente.



GR9-11-55 NXs Cristales de plagioclasas alteradas a cloritas, arcillas y con minerales opacos diseminados: Plgs (Clos-Arcs) Ops; feldespatos potásicos alterados a arcillas: Fks (Arcs); cuarzo: Qz; y anfíboles alterados por cloritas, minerales opacos, óxidos de hierro y epidota: Anfs (Clos-Ops-OxsFe-Ep).

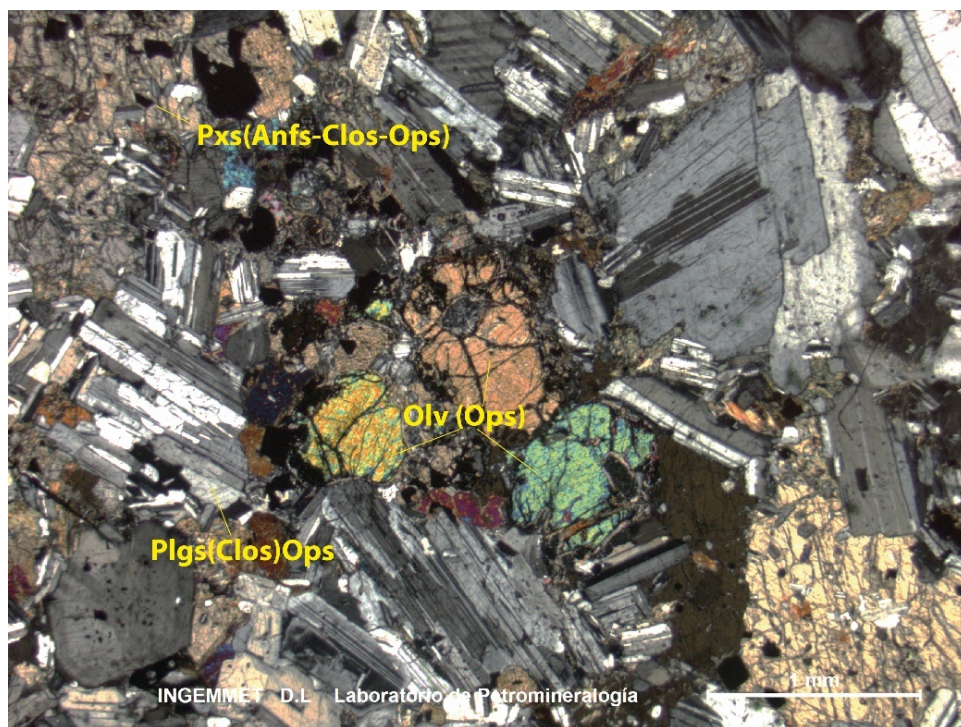
Anexo N° 14 Gabro GR9-11-63 (UTM 578952,9486316). Textura granular halotriomórfica, constituida por cristales de plagioclasas de formas anhedrales y subhedrales (Figura 4.8A y 4.8B), maclados y flexionados debido a posibles deformaciones mecánicas, que se alteran a arcillas, y algunos cristales microfracturados. Los piroxenos son cristales de formas subhedrales a anhedrales prismáticos, maclados y microfracturados, alterados por minerales opacos. El olivino se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, microfracturados y remplazados por piroxenos, y se alteran a serpentinas y minerales opacos a través de sus microfracturas. La biotita se encuentra en cristales anhedrales, asociados a minerales opacos y entre los intersticios de las plagioclasas, alterados por óxidos de hierro. Los minerales opacos se presentan en cristales de formas anhedrales producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos y como relleno de intersticios asociados a la biotita. Las arcillas se encuentran alterando a las plagioclasas. La serpentina se presenta en agregados anhedrales como producto de la alteración del olivino. El óxido de hierro está asociado a los minerales ferromagnesianos.

Minerales esenciales: plagioclasas (67%).

Minerales accesorios: piroxenos (20%), olivino (8%), biotita (2%), minerales opacos (3%).

Trazas: arcillas, serpentina.

Alteraciones: argilización, serpentinización, oxidación incipiente.



GR9-11-63 (UTM 578952, 9486316) NXs Cristales de plagioclasas: Plgs; cristales de biotita: bt; cristales anhedrales de olivino: Olv; y piroxenos alterados por minerales opacos: Pxs (Ops). B) Muestra de mano del gabbro de Etén del cual se hizo la sección delgada.

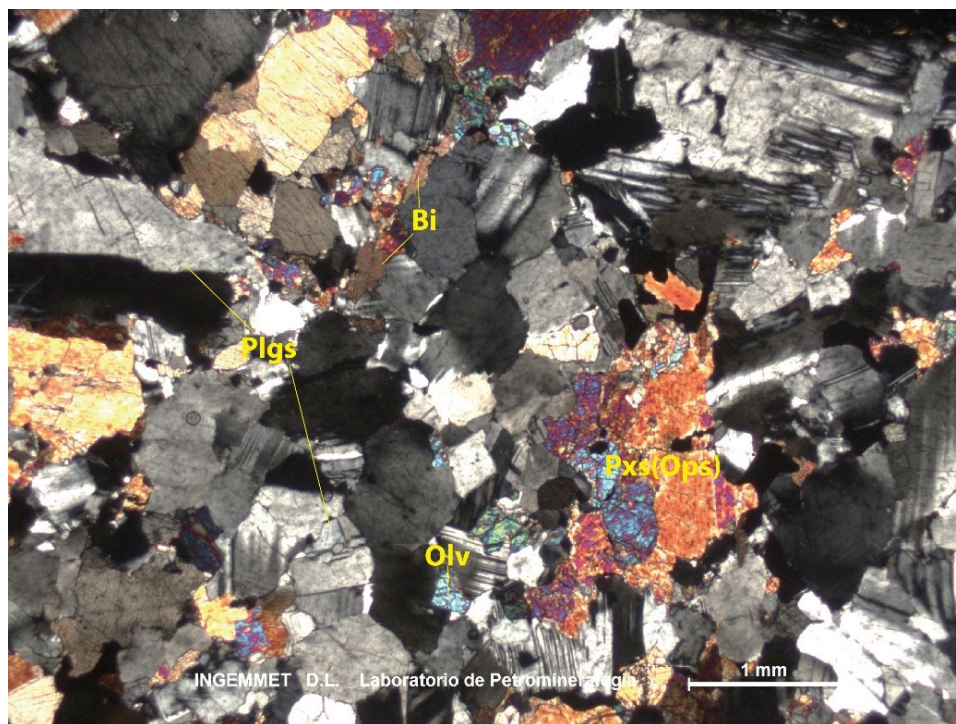
Anexo N° 15 Gabro GR9-11-91 (9466562, 562034). Textura granular hipidiomórfica, que presenta cristales de plagioclasas de formas subhedrales prismáticas, que se encuentran zonados, maclados y microfracturados. Los piroxenos presentan cristales anhedrales, con intercrecimiento de olivino, algunos cristales presentan textura poiquilitica debido a inclusiones de plagioclasas y clinopiroxenos y textura simplectítica con minerales opacos. El olivino tiene formas anhedrales, con microfracturas remplazadas por minerales opacos a través de sus microfracturas. La biotita presenta cristales de formas subhedrales a anhedrales, y se encuentra asociada a minerales opacos que se alteran a óxidos de hierro. Los minerales opacos son cristales subhedrales, euhedrales y anhedrales, y se encuentran alterados a óxidos de hierro y como remplazamiento de los minerales ferromagnesianos. Las cloritas se encuentran alterando a piroxenos y plagioclasas, a veces rellenando espacios intergranulares. Los anfíboles ocurren como agregados fibrosos como producto de la alteración de piroxenos. Las arcillas y las sericitas se encuentran como alteración de las plagioclasas. La epidota se encuentra alterando a los piroxenos. Los óxidos de hierro aparecen como consecuencia de la alteración de los minerales opacos y como impregnación de los piroxenos.

Minerales esenciales: plagioclasas (51%)

Minerales accesorios: piroxenos (15%), olivino (8%), minerales opacos (4%), biotita (2%), clorita (8%), anfíboles (5%), arcillas (4%), sericita (2%), epidota (1%).

Trazas: óxidos de hierro.

Alteraciones: cloritización, anfíbolitización débil, argilización sericitización y epidotización muy débil, oxidación incipiente.



GR9-11-91 (UTM 562034, 9466562) NXs Cristales de plagioclasas alteradas a cloritas y minerales opacos diseminados: Plgs (Clos) Ops; piroxenos alterados por anfíboles, cloritas y minerales opacos: Pxs (Anfs-Clos-Ops); y olivino alterados a minerales opacos a través de sus microfracturas: olv (OPs).

Anexo N° 16 Dique de metagranito GR9-11-64 (UTM 9451030, 587016). textura granoblástica, constituida por cristales anhedrales y bordes irregulares, que se observa con extinción ondulante y microfracturas. Las plagioclasas se presentan en cristales subhedrales a anhedrales, maclados, alterados por arcillas, cloritas y epidotas y minerales opacos disseminados. Los feldespatos potásicos se encuentran como cristales de formas anhedrales alterados por arcillas, donde se diferencia textura gráfica con cuarzo, así como se distingue mineral de microclina. La biotita ocurre como cristales subhedrales a anhedrales, y se encuentran alterados por cloritas y óxidos de hierro, y los cristales anhedrales se presentan en los intersticios. Los minerales opacos se presentan en cristales anhedrales disseminados en la muestra. Las arcillas se encuentran alterando a los feldespatos potásicos y la plagioclasa. Las cloritas ocurren en agregados microfibrosos alterando a las plagioclasas y biotita. Los óxidos de hierro se presentan como productos de alteración de las plagioclasas. La epidota se presenta en formas anhedrales como alteración de las plagioclasas.

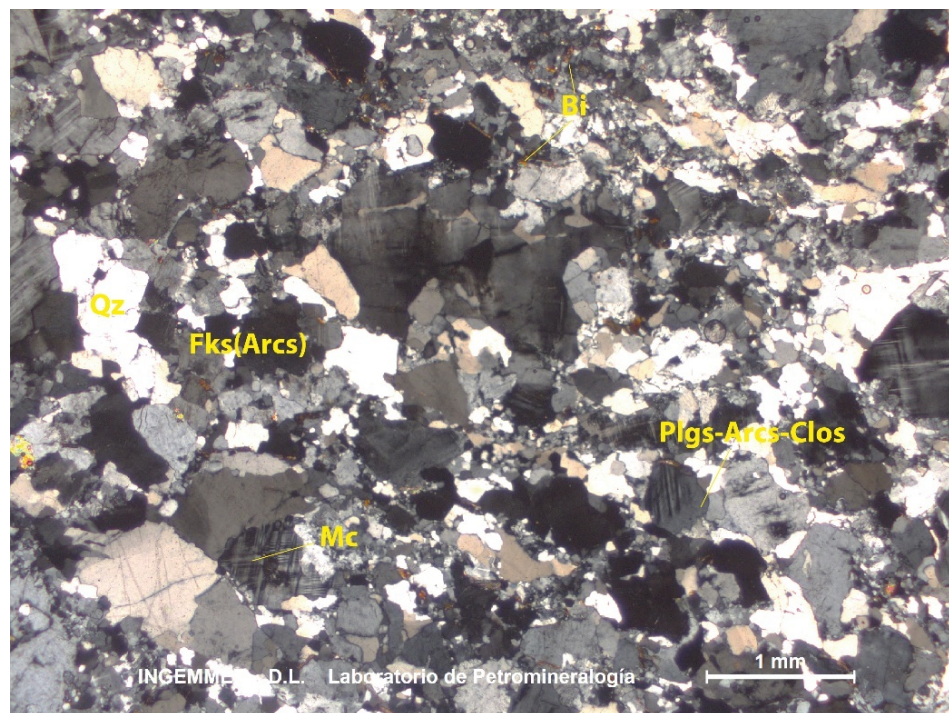
Minerales esenciales: cuarzo (47%), plagioclasas (25%), feldespatos potásicos (20%).

Minerales accesorios: biotita (1%), minerales opacos (1%).

Minerales secundarios: arcillas (6%)

Trazas: cloritas, óxidos de hierro, epidota.

Alteraciones: argilización moderada, cloritización, oxidación, sericitización y epidotización incipiente.



Dique GR9-11-64 (UTM 587016, 9451030) NXs. Cristales de cuarzo: Qz; plagioclasas alterados por arcillas y cloritas: Plgs(Arcs-Clos); feldespatos potásicos alterados por arcillas: Fks(Arc); microclina: Mc; además de presentar cristales de biotita (Bi).

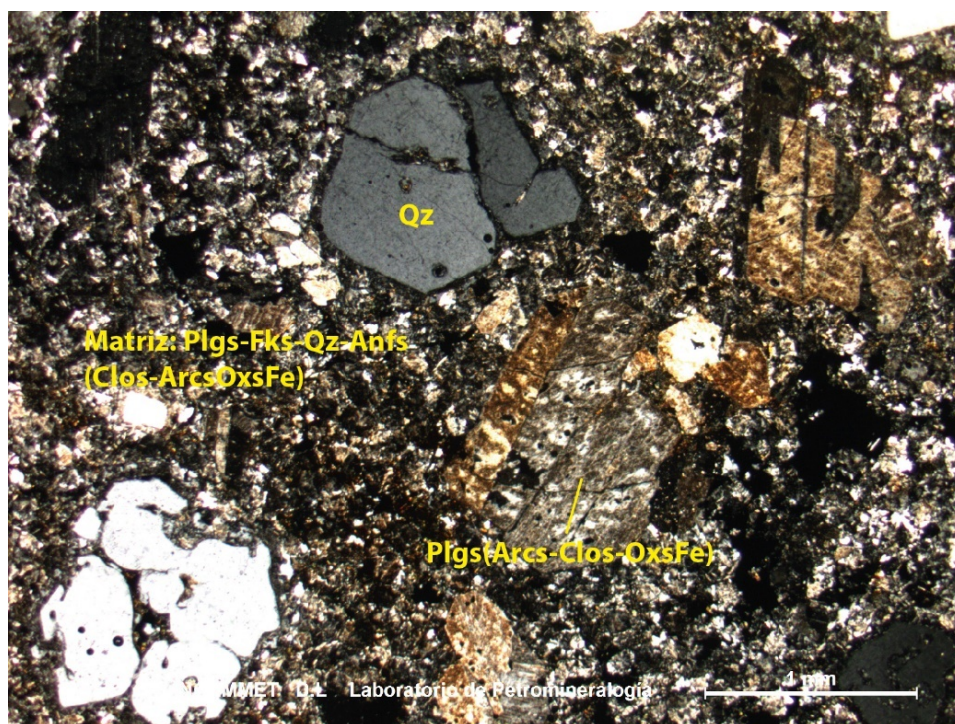
Anexo N° 17 Dacita GR9-11-122 (UTM 578952, 9486316). Textura porfírica, constituida principalmente por cristales de cuarzo anhedrales, con bordes redondeados y de reabsorción a veces microfracturados. Las plagioclasas presentan cristales subhedrales prismáticos, maclados, que se alteran a arcillas, sericita, cloritas e impregnación de óxidos de hierro. Los moldes de ferromagnesianos tienen formas subhedrales, remplazados por cloritas con impregnaciones de óxidos de hierro, así mismo remplazado por minerales opacos que han sido alterados por óxidos de hierro. La esfena presenta cristales anhedrales, microfracturados y con impregnaciones de óxidos de hierro que se alteran a cloritas en agregados microfibrosos. Los feldespatos potásicos y a las plagioclasas se alteran a arcillas. Las plagioclasas y anfíboles se alteran a cloritas en agregados microfibrosos. Los óxidos de hierro, en agregados anhedrales, se presentan como producto de alteración de los minerales opacos. La sericita, en agregados microfibrosos, se presenta en microfracturas de las plagioclasas alterándolos. En la matriz, se observa cristales de plagioclasas anhedrales a subhedrales, maclados y alterados a arcillas y cloritas. El feldespato potásico en agregados fibrosos y radiados se encuentra alterado parcialmente a arcillas e impregnados por óxidos de hierro. El cuarzo se presenta de forma anhídrica rellenando espacios intersticiales. Los anfíboles corresponden a microcristales subhedrales que se encuentran en espacios intergranulares, alterados por cloritas e impregnados por óxidos de hierro (Figura 4.10).

Minerales principales: cuarzo (20%), plagioclasas (15%).

Minerales accesorios: moldes de ferromagnesianos.

Trazas: apatito

Alteraciones: argilización débil, cloritización, oxidación, sericitización muy débil.



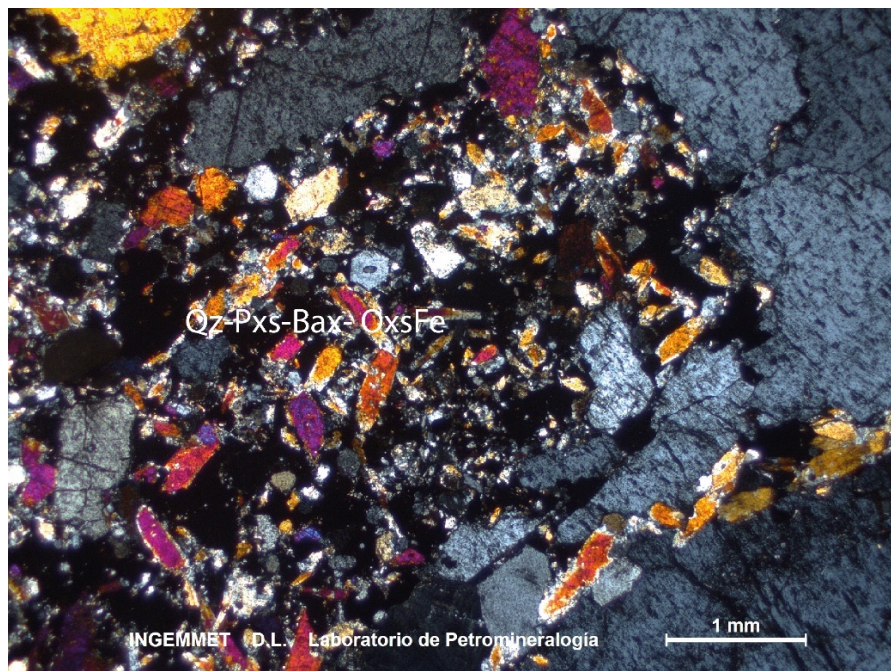
GR9-11-122 NXs Dacita con cristales de cuarzo (Qz); plagioclasas alteradas por arcillas, cloritas y óxidos de hierro: Plgs (Arcs-Clos-OxsFe). La matriz está compuesta por plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y anfíboles, alterados por cloritas, arcillas y óxidos de hierro: Plgs-Fks-Qz-Anfs-Clos-Arcs-OxsFe.

Anexo N° 18 GR9-11-23 (UTM 9469372, 590323). Presenta cristales de Baritina, alotriomorfos (Figs. 7.8A y 7.8B), agrupados en forma de prismas elongados con crecimiento radiado, microfracturados, las microfracturas rellenas por cuarzo, fragmentos de piroxenos y óxidos de hierro. Los piroxenos se presentan en cristales subhedrales como fragmentos dentro de las microfracturas de la baritina, asociados con cuarzo, fragmentos de baritina y óxidos de hierro. El cuarzo ocurre en forma euhedral a subhedral, cristalizadas entre las microfracturas de la baritina, asociado a fragmentos de piroxenos y óxidos de hierro, de tamaños < a 1.3 mm. Las limonitas se presentan en agregados criptocristalinos, en fracturas y microfracturas, asociadas a la hematita, y además rellenan intersticios. La hematita se manifiesta en cristales anhedrales y diseminados. Los fragmentos líticos presentan microcristales de cuarzo, alterados por arcillas y óxidos de hierro.

Minerales esenciales: baritina (78%), piroxenos (5%).

Minerales secundarios: cuarzo (9%), limonitas (5%), hematita (2%).

Alteraciones: silicificación y oxidación débil.



GR9-11-23 NXs Cristales de baritina presentan microfracturas llenadas por fragmentos de piroxenos y baritina, cuarzo y óxidos de hierro: bax-cz-PXs-OXsFe.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas

Mapa 1	Mapa geológico del cuadrángulo de Chongoyape- hoja 14e1
Mapa 2	Mapa geológico del cuadrángulo de Chongoyape- hoja 14e2
Mapa 3	Mapa geológico del cuadrángulo de Chongoyape- hoja 14e3
Mapa 4	Mapa geológico del cuadrángulo de Chongoyape- hoja 14e4
Mapa 5	Mapa geológico del cuadrángulo de Chiclayo- hoja 14d1
Mapa 6	Mapa geológico del cuadrángulo de Chiclayo- hoja 14d2
Mapa 7	Mapa geológico del cuadrángulo de Chiclayo- hoja 14d3
Mapa 8	Mapa geológico del cuadrángulo de Chiclayo- hoja 14d4

Figuras

Figura 2.1	Mapa geomorfológico de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.
Figura 2.2	Perfil de elevaciones, donde se muestra la variación de altitudes en los cuadrángulos de Chiclayo 14e y Chongoyape 14d (elaborado en el presente trabajo).
Figura 2.3	Al fondo, cerros empinados de la Cordillera Occidental. las planicies corresponden a terrazas de la margen derecha del río Chancay. Vista tomada desde los Higueros (UTM 691646, 9268816), mirando hacia el SE (altura de la cenral hidroeléctrica de Carhuaquero).
Figura 2.4	Amplio valle consecuente del río Zaña. Vista tomada mirando de este a oeste, en dirección hacia Oyotún, desde la localidad del Alumbra y cerca de un reservorio de agua (UTM 684516, 9242766) en dirección hacia Oyotún.
Figura 2.5	Pampas aluviales. Vista tomada mirando al oeste, desde el cerro León (UTM 647357, 9243075), (cuadrángulo de Chiclayo 14d)
Figura 2.6	Frente de una mega duna de 10 m de altura por 50 m de ancho, ubicada en las Pampas de Portachuelo (UTM 645549, 9242352), en la planicie costera (cuadrángulo de Chiclayo 14d)
Figura 2.7	Lomas sobresalientes, ubicadas en la llanura costera. Vista tomada en Pampa La Victoria (UTM 661415, 9269923) del cuadrángulo de Chiclayo 14d. El material resistente a la erosión corresponde a rocas volcánicas y areniscas cuarzosas
Figura 2.8	Mapa de drenajes de los cuadrángulos de Chiclayo 14e y Chongoyape 14d.
Figura 3.1	Cuadro de de correlaciones de las unidades litoestratigráficas de los cuadrángulos de Chiclayo 14d Chongoyape 14e.
Figura 3.2	Columna estratigráfica de la Formación La Leche, levantada en la margen derecha del río La Leche (UTM 664392, 9291717), modificada y reinterpretada de (Pardo & Sanz, 1979).
Figura 3.3	Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche en el sector de Pampa del Chaparri, cuadrángulo de Chiclayo 14d (UTM 661865, 9268024).
Figura 3.4	A) Afloramientos de la Formación La Leche, localizada entre el cerro Chumillan y Pampa del Chaparri, que muestra cinco secuencias. B) Calizas masivas estratos delgados de de la secuencia A. C) Areniscas feldespáticas de la secuencia B. D) Fósiles de gasteropodo. E y F) Fósiles: Weyla cf. W. Prodoanus VERN & COL (UTM 661406, 9269997).

- Figura 3.5** Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche, levantada en la localidad de Garraspiña del cuadrángulo de Chongoyape 14e (UTM 667565, 9268024).
- Figura 3.6** A) Vista tomada en la localidad de Garraspiña (UTM 667863, 9257890), donde se observa tres secuencias de la Fm. La Leche. B) Areniscas feldespáticas de naturaleza volcánica de la secuencia B. C) Calizas fosilíferas y concentración de lobulos de sílice de la secuencia E. D) Bloques de calizas que se extraen de los estratos más gruesos para la transformación en rocas hornamentales de la secuencia E.
- Figura 3.7** Columna litoestratigráfica de la Formación La Leche, levantada al este de Barrio Nuevo, cuadrángulo de Chongoyape 14e (UTM 677880, 9243009).
- Figura 3.8** A) Vista tomada en la margen derecha del río Zaña, mirando al SE, (UTM 678286, 9242569), donde se muestra tres secuencias, afectadas por una tectónica extensional sinsedimentaria. B) Calizas silicificadas de la secuencia A. C) Areniscas feldespáticas de naturaleza volcánica color pardo rojizo de la secuencia B. D) Detalle de calizas con concentraciones de sílice de la secuencia E. E) Calizas en estratos delgados de aspecto.
- Figura 3.9** Correlación de columnas estratigráficas de los sectores de Pampa de Chaparri, Garraspiña y Chumbenique - Barrio Nuevo.
- Figura 3.10** Toma panorámica, donde se muestra a la Formación Tinajones en paso progresivo hacia El Grupo Goyllarisquizga. Vista tomada desde la quebrada Yaypon (UTM 676294, 9278985), mirando al NO, hacia el cerro Pavas.
- Figura 3.11** A y B) Secuencias de la Formación Tinajones en la quebrada Yaypón
- Figura 3.12** Toma Panorámica donde muestra areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-go), intruido por una granodiorita (P-gd). Vista tomada desde el punto (UTM 681999, 9229656) hacia la quebrada Examen.
- Figura 3.13** Secuencias de la Formación Oyotún, levantando a areniscas del Grupo Goyllarisquizga. Vista tomada al SE, desde la localidad de San Luis, (UTM 688974, 9245111).
- Figura 3.14** A y B) Arenisca cuarzosa masiva muy fracturada. Vista tomada en el punto (UTM 669057, 9266901), mirando al NO del reservorio de Tinajones, donde muestra secuencias masivas de areniscas cuarzosas.
- Figura 3.15** Columna estratigráfica del Grupo Goyllarisquizga, levantada en el cerro Culpón (UTM 676664, 9238738).
- Figura 3.16** Foto de afloramientos de la Formación Oyotún, que infrayacen a areniscas cuarzosa del Grupo Goyllarisquizga. Vista tomada desde (UTM 683169, 9248548), en la localidad de Santa María mirando al NO.
- Figura 3.17** Formación Oyotún en superficies irregulares sin una estratificación definida. Vista del Cerro el Cura, tomada desde (UTM 678048, 9242814).
- Figura 3.18** A) Detalle de tobas con líticos subangulosos en matriz de ceniza. B) Detalle de lava andesítica de más de 50 cm de diámetro, envuelta en una matriz tobácea.
- Figura 3.19** Posición de las muestras datadas en la columna estratigráfica de la Formación Oyotún en los sectores de Tapo (UTM 740208, 9304065) y Putapan.
- Figura 3.20** A) Diagrama TAS de rocas de la Formación Oyotún. B) SiO₂ versus K₂O. C) A/CNL versus A/Nk y D) FeOt-Na₂O-MgO.
- Figura 3.21** Diagramas Harker de rocas de la Formación Oyotún del Mesozoico.
- Figura 3.22** a) Diagrama Spider con elementos traza del Manto primitivo normalizado. b) Modelo de Condrito normalizado para la Formación Oyotún.
- Figura 3.23** Afloramientos de las formaciones Inca-Chúlec y Pariatambo. Vista tomada hacia el cerro Culpón (UTM 676402, 9238414).
- Figura 3.24** A) Columna estratigráfica de la Formación Inca Chulec, levantada en el cerro Culpón (UTM 676664, 9238738).
- Figura 3.25** A) Estratos delgados de areniscas cuarzosas ferruginosas. Vista en detalle. B) Lutitas negras interestratificadas con calizas. C) Calizas en estratos gruesos.
- Figura 3.26** Afloramientos de la Formación Inca Chulec. Vista tomada en la localidad de Hacienda Vieja, (UTM 691678, 9232768).

- Figura 3.27** A) Foto panorámica donde la Formación Pariatambo (Ki-pt) suprayace a la Formación Inca-Chúlec (Ki-i,ch). Vista tomada mirando al oeste hacia el cerro La Flecha (UTM 679308, 9232993).
- Figura 3.28** Afloramientos discontinuos de la Formación Pariatambo (Ki-pt). Vista tomada en el sector de Pampa Cantarilla (UTM 652154, 9239003).
- Figura 3.29** A y B) Detalle de afloramientos de calizas negras bituminosas (UTM 652086, 9238546).
- Figura 3.30** Foto panorámica donde se aprecia al Grupo Pulluicana – Quilquiñan, encima de la Formación Pariatambo y debajo de la Formación Cajamarca. Vista tomada desde Camiche Bajo mirando al este (UTM 682073, 9266663).
- Figura 3.31** Secuencia de calizas nodulosas del Grupo Pulluicana-Quilquiñan. Vista tomada en el sector de la parte baja del cerro San Lorenzo, carretera Chongoyape-Llama (UTM 696405, 9274948).
- Figura 3.32** A) Detalle de las calizas nodulosas. B) Detalle de un nivel coquinífero.
- Figura 3.33** Contacto de la Formación Pariatambo con el Grupo Pulluicana-Quilquiñan. Vista tomada al SE del cerro San Nicolás (UTM 651781, 9233611).
- Figura 3.34** A) Nódulos calcáreos característicos del Grupo Pulluicana-Quilquiñan. B) Calizas en estratos delgados de aspecto masivo del Grupo Pulluicana-Quilquiñan.
- Figura 3.35** Denominaciones del Volcanismo Cenozoico en el norte del Perú.
- Figura 3.36** Mapa geológico que muestra las principales unidades volcánicas de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, donde se exhibe los principales productos de los centros volcánicos.
- Figura 3.37** Foto panorámica de las secuencias volcánicas y volcanoclásticas de la Fm. Llama, las cuales presentan una inclinación de 30° al sur. Vista al norte desde el cerro Lanchigonga.
- Figura 3.38** A) Intercalación de volcanoclásticos, limolitas y depósitos de flujos piroclásticos de cenizas pertenecientes al primer evento de la Formación Llama. B) Afloramiento de la toba de color verde con presencia de líticos. Hacia el techo, los líticos tienen diámetros mayores a 6 cm (P-II1).
- Figura 3.39** Foto panorámica de secuencias piroclásticas y volcanoclásticas (Pe-huam1) en discordancia progresiva con secuencias piroclásticas (Peo-huam2) de la Formación. Huambos, los mismos que se encuentran cubiertos por el evento Po-sp4 del centro volcánico San Pedro.
- Figura 3.40** A) Afloramiento de la secuencia volcanoclástica conformada por una intercalación de capas centimétricas de depósitos de caída, limonitas y depósitos de flujos piroclásticos de líticos, de color gris medio, perteneciente al primer evento de la Fm. Huambos (Pe-huam1). B) Detalle de la toba de pómez y líticos: Nótese algunas fiamas de 10 cm de largo (Pe-huam2).
- Figura 3.41** A) Detalle del depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza del evento Pe-gr/2. B) Afloramiento del depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza del evento Pe-gr/4a.
- Figura 3.42** Foto panorámica de las discordancias entre los eventos volcánicos del centro volcánico Niepos y la Formación Llama (Pe-II2). Vista al noreste desde las cercanías de la localidad de Naranjito, al sur de la hoja 14e2.
- Figura 3.43** A) Detalle del depósito de flujo piroclástico de ceniza rico en líticos del evento Po-ni/2. B) Afloramiento de limolitas y areniscas tobáceas del evento Po-ni/4.
- Figura 3.44** A) Afloramiento del depósito de flujo piroclástico de ceniza del evento Nm-sp/8, afectado por una falla la cual genera una zona de panizo. B) Detalle del depósito de flujo piroclástico rico en cristales y líticos.
- Figura 3.45** Ordenamiento de los minerales en una dirección (textura fluidal), una característica de los domos.
- Figura 3.46** Vetillas de pirita y cuarzo.
- Figura 3.47** Presencia de estructuras de *stokwork* con relleno de cuarzo.
- Figura 3.48** Brecha hidrotermal con fragmentos angulosos, rellenos con cristales de turmalina y arcillas, emplazada en una granodorita.
- Figura 3.49** Columna estratigráfica levantada en el Puerto de Eten (UTM 625263, 9233459).

- Figura 3.50** Al frente escarpa, mostrando afloramientos de la Formación Puerto Eten (Qp-pe) y al fondo el gabro de Eten (Kis-gb-e). Vista tomada desde la playa en el punto (UTM 625213, 9233549).
- Figura 3.51** Afloramiento de arcillitas, limolitas y conglomerados de la Formación Puerto Eten. Vista mirando al norte en el corte de carretera, entrada hacia el puerto Eten (UTM 625306, 9233508).
- Figura 3.52** A) Afloramiento de arcillitas, limolitas y lentes conglomerádicos. Vista tomada al oeste de el macizo de Eten (UTM 625416, 9232462). B) Limolitas con delgados niveles lenticulares de yeso. Vista tomada en la playa de Eten (UTM 625141, 9233705)
- Figura 3.53** Bloques arenas, limos de depósitos aluviales. Vista tomada mirando al norte desde la parte alta del cerro Guitarra.
- Figura 3.54** Gravas y arenas acumuladas a lo largo del cauce del río zaña. Vista tomada mirando al SO, desde el punto (UTM 689363, 9268530).
- Figura 3.55** Arenas eólicas, acumulado en las pampas de Portachuelo. Vista tomada mirando al norte, las pampas de Portachuelo desde el punto (UTM 647319, 9242895).
- Figura 4.1** Mapa de unidades magmáticas de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e y principales dataciones radiométricas realizadas en el presente proyecto.
- Figura 4.2** A la izquierda afloramiento de dioritas de la Unidad Nueva Arica, intruidas por monzogranitos de la Unidad Cayaltí y dacitas de edad paleógena. Vista mirando al sur, tomada desde la hacienda Culpón (UTM 678332, 9238443).
- Figura 4.3** A) Cerro Morro de Etén (UTM 625579, 9233161), en el límite de la margen continental, que muestra el afloramiento de gabro, con flancos cubiertos por material aluvial y eólico, donde no se observa las relaciones de contacto. Vista tomada mirando al sur desde el pueblo de Eten. B) Sectores norte (masivo).
- Figura 4.4** Detalle del macizo donde muestra niveles oscuros, con predominio de piroxenos sobre plagioclasas. En los niveles claros, el predominio es de plagioclasas sobre piroxenos.
- Figura 4.5** Mostrando en detalle la foliación con bandeamiento del gabro.
- Figura 4.6** Diques andesíticos de dos generaciones, N70 y N55, donde el dique N70 corta al dique N55.
- Figura 4.7** A) Delgadas vetillas de ancho centimétrico de plagioclasas. B) Vetas más anchas de plagioclasas > a 30 cm.
- Figura 4.8** Dique andesítico de 40 cm de ancho que afectan al cuerpo grabroico y a los diques félsicos.
- Figura 4.9** Dique de 3 m de ancho cortando el gabro, donde se aprecia el remplazamiento por sílice y óxidos.
- Figura 4.10** Dique andesítico que corta la foliación del gabro, afectado por un vetilleo de plagioclasas, dispuestos paralelo al dique mayor.
- Figura 4.11** Granitos en contacto con cuarzo dioritas, ambos pertenecientes a la Unidad Cayaltí. Vista tomada mirando al norte, de los cerros Cabeza de Mono y Guitarra (UTM 647319, 9242895).
- Figura 4.12** Afloramiento en detalle de los monzogranitos: forma típica de presentar oquedades por procesos de intemperismo.
- Figura 4.13** Monzogranito con xenolitos de formas redondeadas de rocas básicas. Vista en detalle del monzogranito del cerro Cabeza de Mono.
- Figura 4.14** Tonalita en contacto con andesita porfírica en el cerro Mal Paso. Vista tomada mirando al NE (UTM 671293, 9262137).
- Figura 4.15** Granodiorita en contacto con una cuarzo-latita y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga. En detalle, se muestra fragmento intrusivo alterado de la zona de contacto. Vsita tomada mirando al NE UTM (665008, 9277090).
- Figura 4.16** (A y B) Diagramas que distinguen tipos de roca ígnea, serie magmática y contenido de FeO total. C) Diagrama AFM (Irvine y Bargar 1971) en el cual se proyectan parte de las rocas de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape, que denotan un carácter calcoalcalino a toleítico, correspondientes a las unidades Cayaltí y Penachi.

- Figura 4.17** Cuerpo dacítico que intruye secuencias de las formaciones Inca-Chúlec y Pariatambo.
- Figura 4.18** Domo dacítico sobresaliente del cerro El Cóndor, que intruye rocas volcánicas de la Formación Oyotún (UTM 646557, 9271348).
- Figura 5.1** Mapa de dominios geotectónicos del noroeste del Perú, que muestra el área de estudio (Modificado de Carlotto et al., 2009).
- Figura 5.2** Mapa morfoestructural del Perú (Medina, 2016), donde muestra la ubicación del área de los cuadrángulos de Chiclayo y Chongoyape.
- Figura 5.3** Mapa de las unidades morfoestructurales del cuadrángulo de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.
- Figura 3.4** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14d1.
- Figura 3.5** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14d2.
- Figura 3.6** Sección estructural NE-SO, correspondiente a la hoja 14d3.
- Figura 3.7** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14e1.
- Figura 3.8** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14e2.
- Figura 3.9** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14e3.
- Figura 5.10** Sección estructural NE-SO, correspondiente la hoja 14e4.
- Figura 6.1** Mapa metalogenético del NO del Perú que muestra la nueva franja de vetas y mantos de hierro del Eoceno que abarca el área de estudio (Modificado de: Quispe et al., 2008; Acosta et al., 2009).
- Figura 6.2** Mapa geológico que muestra la ubicación de los prospectos del área de estudio.
- Figura 6.3** Mapa geológico detallado del prospecto Vista Alegre 2001.
- Figura 6.4** A y B) Manto ferrífero. C) Muestra de mano con alto contenido de hematita.
- Figura 6.5** A) Mapa de geológico detallado del prospecto Rómulo 7.
- Figura 6.6** A y B) Vista tomada mirando al SE del Cerro Humedad, donde se muestra el contacto intrusivo-calizas y la zona de alteración
- Figura 6.7** Mapa de geológico detallado del prospecto Andrelu I
- Figura 6.8** Mapa de geológico detallado del prospecto Los Pircos
- Figura 6.9** Muestra de baritina con oxidos de Cu, donde se observa el aspecto brechoso.
- Figura 6.10** A) UTM (667781, 9258309). Grandes bloques de calizas extraídas de la Formación La Leche. Vista tomada en el sector de Barrio Nuevo (C. de Chongoyape). B) UTM (652166, 9238315). Afloramiento de calizas de la Formación Pariatambo, donde se extrae lajas para rocas ornamentales. Vista tomada en el sector de Pampa Cantarilla. C) UTM (658256, 9234788). Planta de elaboración de cal, con calizas de la Formación Inca-Chúlec. Vista tomada al pie del cerro Corbacho, este de Zaña (C. de Chiclayo).
- Figura 6.11** UTM (654703, 9259402). Vista tomada mirando al norte, donde se aprecia material aluvial de gran espesor, el cual se extrae para el ripeado de carreteras y para la mezcla con cemento.

Tablas

- Tabla 3.1** Análisis geoquímico en rocas volcánicas cretácicas de la Formación Oyotún.
- Tabla 3.2** Cuadro de dataciones radiométricas de los cuadrángulos de Chiclayo 14d y Chongoyape 14e.
- Tabla 4.1** Análisis geoquímico de rocas de las unidades intrusivas Penachi, Nueva Arica y Eten.
- Tabla 4.2** Análisis geoquímico de rocas de la unidad intrusiva CayaltíCayaltí.
- Tabla 4.3** Análisis geoquímico de rocas de la unidad intrusiva CayaltíCayaltí.



Av. Canadá 1470 - San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono: 051 - 1- 618 9800

Fax: 051-1-225-3063 | 051-1-225-4540

www.gob.pe/ingemmet

comunicacion@ingemmet.gob.pe