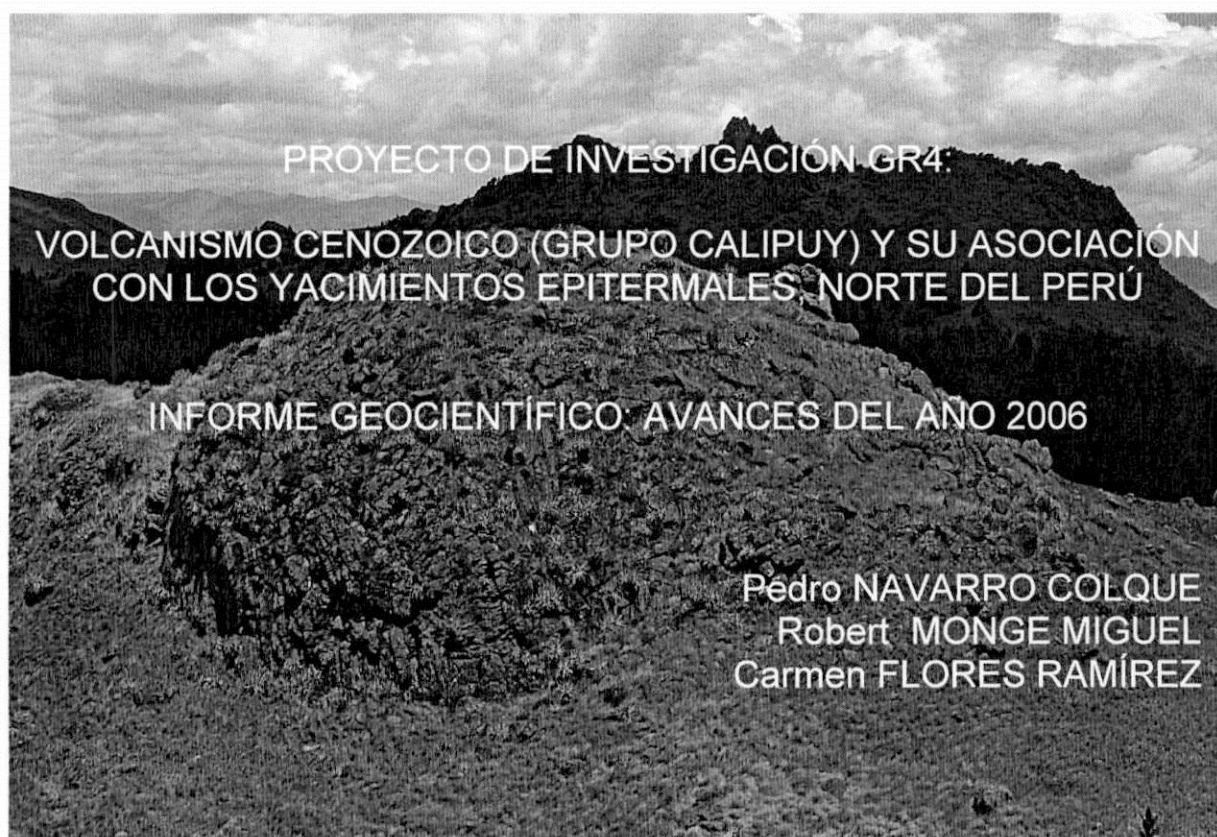


INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GR4:

VOLCANISMO CENOZOICO (GRUPO CALIPUY) Y SU ASOCIACIÓN
CON LOS YACIMIENTOS EPITERMALES NORTE DEL PERÚ

INFORME GEOCIENTÍFICO AVANCES DEL AÑO 2006

Pedro NAVARRO COLQUE
Robert MONGE MIGUEL
Carmen FLORES RAMÍREZ

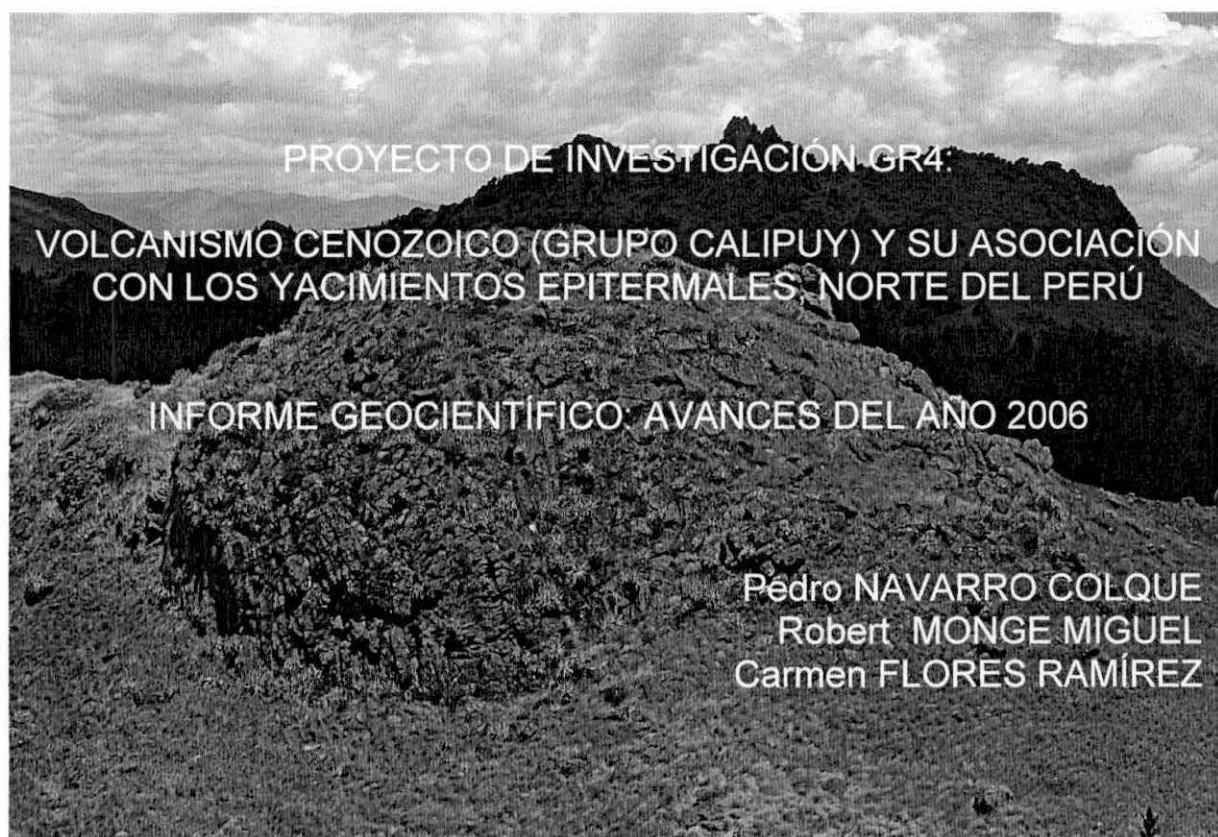
LIMA- PERÚ

2006

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL



LIMA- PERÚ

2006

RESUMEN

Los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy localizados en el departamento de Cajamarca entre las coordenadas 7°00'-7°30' S y 77°45'-79°00'O, fueron emitidos por varios centros eruptivos: centros volcánicos (estratovolcanes), calderas y complejos de domos. Estas estructuras eruptivas se encuentran erosionadas o cubiertas por diferentes depósitos volcánicos. Conformando parte de la Cordillera Occidental del Norte del Perú.

Este volcanismo fue emplazado durante una intensa e intermitente actividad explosiva, extrusiva y efusiva, originando: flujos piroclásticos, flujos de lavas y flujos de detritos (lahares); a partir de un arco magmático desarrollado en el periodo comprendido entre el Eoceno inferior al Mioceno superior (54.8 ± 1.8 - 8.2 ± 0.2 Ma). Interrumpido por algunos intervalos de tiempo, consistentes en discordancias angulares y hiatos eruptivos. El cartografiado geológico y los estudios estratigráficos efectuados han confirmado la existencia de al menos ocho centros volcánicos erosionados, una probable caldera de colapso gravitacional, dos complejos de domos y numerosas secuencias volcánicas. La gran mayoría de los depósitos representan actividades netamente explosivas.

Estos depósitos volcánicos, corresponden a cinco etapas de volcanismo: Eoceno inferior, Eoceno superior, Oligoceno, Mioceno inferior y Mioceno superior.

Los magmas involucrados han evolucionado a partir de procesos de cristalización fraccionada y mezcla magmática en cámaras magmáticas formadas en la corteza inferior a partir de magmas hidratados y sulfurosos. La cristalización fraccionada explica la evolución progresiva de las composiciones mineralógicas (andesitas basálticas a riolitas). La mezcla magmática se fundamenta en la existencia de fases mineralógicas en desequilibrio, representadas por las zonaciones en plagioclasas, presencia de xenocristales y anfíboles desestabilizados; por lo que este proceso está ligado quizás a realimentaciones sucesivas de magmas en las cámaras magmáticas.

CONTENIDO

RESUMEN

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. OBJETIVOS

1.3. METODOLOGÍA

1.4. BASE CARTOGRÁFICA

1.5. TRABAJOS ANTERIORES

1.6. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. BASAMENTO PRE-CALIPUY

2.2. PROBLEMÁTICA DE LA ESTRATIGRAFÍA VOLCÁNICA

2.3. MARCO TECTO-MAGMÁTICO DEL NORTE DEL PERÚ

3. VOLCANISMO CENOZOICO (GRUPO CALIPUY)

3.1. TERMINOLOGÍA EMPLEADA

3.2. FASES ERUPTIVAS

3.3. CENTROS ERUPTIVOS

EOCENO INFERIOR

Secuencia Talambo

Centro Volcánico Yatahual

Secuencia Facto

Secuencia Santa Clara

Secuencia Chilete – Ayambla

EOCENO SUPERIOR

Centro Volcánico San Lorenzo

Secuencia Chuquimango

Secuencia La Conga

Secuencia Miraflores

Centro Volcánico Catán

OLIGOCENO

Centro Volcánico Catán

Secuencia El Suro

Complejo de domos Cruz Grande

Complejo de domos Virontón

Secuencia San Pablo

Complejo Volcánico Anchipan – Mutis

Centro Volcánico Chicche

Centro Volcánico Huayquisongo

Centro Volcánico Chuño-Chinchin

Centro Volcánico Rumiorcco

MIOCENO INFERIOR

Complejo Volcánico Yanacocha

Secuencia Tual – Puruay

Secuencia Combayo

Secuencia Yanacocha

MIOCENO SUPERIOR

Complejo Volcánico Yanacocha

Secuencia San José

4. ROCAS INTRUSIVAS

4.1. BATOLITO DE LA COSTA

4.2. STOCKS Y SUBVOLCÁNICOS

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudios

Figura 2. Accesibilidad al área de estudios

Figura 3. Marco Estructural-Magmático en el norte del Perú

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Determinaciones Paleontológicas del Cretáceo inferior

Tabla 2. Cuadro comparativo del Cretáceo superior propuesto por Reyes (1980) y Wilson (1984)

Tabla 3. Cuadro del Cretáceo superior propuesto por Tafur (1950) y Benavides (1956)

Tabla 4. Determinaciones Paleontológicas del Cretáceo Superior

Tabla 5. Denominaciones del Grupo Calipuy en el Norte del Perú

Tabla 6. Eventos Compresivos en el Norte del Perú

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Contacto entre el Grupo Goyllarisquizga y la Formación Salas

Fotografía 2. Formación Punta Moreno del Grupo Chicama

Fotografía 3. Afloramientos de las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz

Fotografía 4. Anticlinal asimétrico de la Formación Farrat

Fotografía 5. Flanco de sinclinal invertido en el Cretáceo superior

Fotografía 6. Afloramiento de conglomerados de la Formación Huaylas

Fotografía 7. Discordancia angular entre el Cretáceo inferior y depósitos volcánicos del Eoceno inferior.

Fotografía 8. Discordancia angular entre el Eoceno inferior y el Eoceno superior

Fotografía 9. Discordancia angular entre los depósitos del Eoceno superior y el Oligoceno

Fotografía 10. Discordancia angular entre el Cretáceo y las secuencias piroclásticas del Mioceno

Fotografía 11. Flujo de cenizas de la secuencia Talambo.

Fotografía 12. Flujos de lava andesítica del centro volcánico Yatahual

Fotografía 13. Flujos de ceniza riolítica soldada de la secuencia Santa Clara

Fotografía 14. Afloramiento de los depósitos de la Secuencia Chilete – Ayambla

Fotografía 15. Discordancia angular entre las secuencias carbonatadas del Albiano y los depósitos piroclásticos de la secuencia Chilete-Ayambla

Fotografía 16. Flujos piroclásticos de cenizas del centro volcánico San Lorenzo

Fotografía 17. Flujos piroclásticos de bloques y cenizas de la secuencia Miraflores

Fotografía 18. Afloramiento de flujos piroclásticos del centro volcánico Catan de edad Eocénica

Fotografía 19. Flujos piroclásticos del centro volcánico Catan del Oligoceno

Fotografía 20. Afloramientos de la secuencia completa piroclástica completa del centro volcánico Catán.

Fotografía 21. Afloramientos subhorizontales de la Secuencia El Suro

Fotografía 22. Flujos piroclásticos andesíticos del complejo de domos Cruz Grande

Fotografía 23. Depósitos de la secuencia San Pablo

Fotografía 24. Flujos piroclásticos del Complejo volcánico Anchipan - Mutis

Fotografía 25. Detalle de flujo piroclástico de pómez y cenizas del centro volcánico Chicche

Fotografía 26. Detalle de flujo piroclástico del centro volcánico Huayquisongo

Fotografía 27. Domo andesítico en el centro volcánico Chuño – Chinchin

Fotografía 28. Domo andesítico en el centro volcánico Rumiorcco

Fotografía 29. Afloramiento de flujo piroclástico de la secuencia Tual – Puruay

Fotografía 30. Flujo piroclástico de bloques y cenizas (facie proximal) de la secuencia Yanacochoa.

Fotografía 31. Afloramiento de granodioritas del Batolito de la Costa

Fotografía 32. Afloramiento de intrusivo tonalítico probablemente del Eoceno

Fotografía 33. Afloramiento de subvolcánico andesítico.

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a partir del año 2003 hasta el año 2005 desarrolló la primera etapa del proyecto de investigación geológica regional "Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) y su asociación con los yacimientos epitermales, Norte del Perú". Para el periodo comprendido entre los años 2006 al 2007, se inició la segunda etapa de este proyecto. Durante el presente, se culminó la primera fase de esta etapa de estudios (figura 1). El área estuvo comprendida en la zona Sur del departamento de Cajamarca. Los depósitos del Grupo Calipuy consisten en espesas y extensas secuencias volcánicas y volcanoclásticas que conforman la Cordillera Occidental de los Andes, como resultado del emplazamiento de un arco magmático entre 54 - 8 Ma. (Wilson, 1975; Farrar & Noble, 1976; Noble et al., 1990; Turner, 1997; Davies, 2002; Longo, 2005), es decir durante el Eoceno inferior al Mioceno superior, generando varios centros eruptivos: centros volcánicos (estratovolcanes), calderas y domos; los cuales depositaron diversas secuencias generadas por intensas e intermitentes actividades efusivas, explosivas y extrusivas.

En el área de estudio se identificó una fase inicial del volcanismo Cenozoico denominada como Secuencia "Tembladera", equivalente a los Volcánicos Llama descritos por Wilson (1984) y datados en 54.8 ± 1.8 Ma (Noble et al., 1990). Esta secuencia se encuentra deformada, debido a la fase tectónica Eocénica Inca II (McKee & Noble, 1982; Noble et al., 1985; Noble et al., 1990). Los depósitos más jóvenes corresponden al complejo volcánico Yanacocha y consisten en depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, de composición dacítica y datados en 11.23 ± 0.08 Ma (Longo, 2005); los cuales se encuentran rellenando una paleodepresión existente entre Otuzco – Combayo.

En general los diversos depósitos volcánicos en el sector central y Este del área de estudio sobreyacen en discordancia angular a las secuencias sedimentarias del Mesozoico. Mientras que en el sector Oeste sobreyacen sobre a los afloramientos de rocas intrusivas del Batolito de la Costa, rellenando paleoquebradas y paleovalles labrados en una superficie de erosión Paleo-Eocénica.

El origen del arco magmático del Grupo Calipuy está íntimamente relacionado al proceso dinámico de subducción de la corteza oceánica (placa de Nazca) bajo la corteza continental (placa Sudamericana) con un ángulo de 30° a una tasa de convergencia de 110 ± 8 mm/año (Pardo-Casas & Molnar, 1987), con una dirección ortogonal al Este relacionada a la rotación horaria de la placa de Nazca (Pilger, 1984). Sin embargo, las variaciones en la dinámica de subducción ocasionó una migración magmática de Oeste a Este a lo largo del arco magmático; permitiendo la aparición de hiatos volcánicos, los cuales coinciden con velocidades menores de convergencia de placa, mientras que las fases de plegamientos y magmatismo ocurrieron durante fases con altas velocidades de convergencia (Frutos, 1981).

1.2. OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es:

- Estudiar el volcanismo Cenozoico que aflora en la zona Sur del departamento de Cajamarca ($7^\circ 00' - 7^\circ 30' S$ y $77^\circ 45' - 79^\circ 00' O$) y establecer su relación con los yacimientos minerales.

Para lo cual es necesario:

- Localizar y caracterizar los centros eruptivos en base al cartografiado, petromineralogía y geoquímica, con la finalidad de establecer la evolución volcánica del área.
- Establecer la estratigrafía volcánica del Cenozoico en el area de estudio.
- Interpretar el marco tectónico que favoreció el emplazamiento de los magmas del Grupo Calipuy y fluidos mineralizantes.

1.3. METODOLOGÍA

Se han efectuado trabajos de gabinete y campo, desarrollados alternadamente. La metodología empleada consistió en:

Trabajos de gabinete I

- Recopilación y síntesis de la información geológica existente para el área de estudios.
- Interpretación de imágenes de satélite Landsat TM, en combinación de las bandas 7,4,2 y banda 4; para determinar el tipo de estructuras tectónicas como fracturas, fallas y/o lineamientos presentes en esta región.
- Mapas preliminares a escala 1:25 000, en base a la fotointerpretación geológica de fotografías aéreas a escala 1:42,000 pertenecientes al IGN y correspondientes al año 1955.
- Preparación de los folios respectivos al área de estudio: drenaje, estructuras, geología antigua, dataciones radiométricas existentes y yacimientos minerales.

Trabajos de campo

Se programaron tres salidas de 24 días cada una, efectuadas en los meses de abril, julio y octubre; realizando:

- Cartografiado geológico de estructuras y depósitos volcánicos asignados al Grupo Calipuy.
- Muestreo geológico de los diversos depósitos volcánicos, con el objetivo de realizar estudios petrológicos, geoquímicos e isotópicos.
- Estudio estratigráfico de secuencias lávicas y piroclásticas, para establecer la estratigrafía volcánica del área de estudio.
- Cartografiado y muestreo de zonas de alteración.

Trabajo de gabinete II

- Revisión, evaluación e interpretación de toda la información geológica, petrológica, geoquímica obtenida durante las etapas de gabinete y campo.
- Análisis de estudios petrográficos de los productos volcánicos.

Es importante indicar que para la diferenciación y localización de los centros eruptivos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Disposición de los depósitos de flujos de lavas, cuya inclinación refleja parte del cono volcánico erosionado.
- Espesor de los depósitos de flujos piroclásticos y depósitos lávicos, cuyos espesores máximos se encuentran próximos a los centros de emisión.
- Reconocimiento de rocas extrusivas (domos), cráteres, calderas, que hacen parte de los centros volcánicos y/o a veces se hallan localizados en inmediaciones de los centros volcánicos.

1.4. BASE CARTOGRÁFICA

Para el desarrollo de los trabajos cartográficos se han empleado las hojas fotogramétricas a escala 1:100000 elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), correspondientes a las hojas de Chepén, Cajamarca y San Marcos. Así mismo, se utilizaron fotografías aéreas a escala 1:50000 (vuelos USAF), imágenes de satélite Landsat y Aster en las combinaciones de bandas (RGB) 7-4-2, 4 y 4-6-8; procesadas en el Gabinete de Imágenes Satelitales del INGEMMET.

1.5. TRABAJOS ANTERIORES

En el área de estudio se han desarrollado diversas investigaciones geológicas y petrológicas.

Cossío (1964), al realizar el levantamiento del cuadrángulo de Santiago de Chuco, define a una secuencia de rocas volcánicas como Formación Calipuy. Hollister y Sirvas (1978) establecen que los depósitos del Grupo Calipuy rellenaron una zona de subsidencia, producto de una actividad mayormente explosiva como consecuencia del desarrollo de volcanes andesíticos y basálticos, culminando la actividad eruptiva con el emplazamiento de domos dacíticos. Reyes (1980) y Wilson (1984) efectúan la geología de los cuadrángulos de Chepén, Cajamarca y San Marcos, a escala 1:100 000; dividiendo indistintamente a los depósitos volcánicos en secuencias litoestratigráficas. Cobbing (1981) realiza una revisión de los estudios regionales de la Cordillera occidental del Norte del Perú, desde el Norte de Lima hasta el límite con el Ecuador, centrándose principalmente en los afloramientos del Batolito de la Costa.

Posteriormente, en el año 1974, fueron realizados varios estudios geológicos por parte de empresas privadas para exploración minera. Estos estudios a escala local fueron efectuados por compañías mineras quienes efectuaron estudios de geología minera, algunos de los cuales fueron publicados, caso por ejemplo del centro minero de Quiruvilca. Estudios geoquímicos posteriores fueron efectuados por investigadores de universidades de Inglaterra, Estados Unidos, entre otros.

Posteriormente Atherton et al., (1985), efectuaron estudios geoquímicos en el área de Huarmey, dividiendo al Grupo Calipuy en dos formaciones: Calipuy Inferior constituido de tufos, aglomerados y lavas y Calipuy Superior con características más ácidas distinguida por la predominancia de depósitos de flujos de cenizas.

Actualmente la división litoestratigráfica del Grupo Calipuy en la zona norte (departamentos de Cajamarca y Piura) comprende unidades menores denominados

como volcánicos Llama, Porculla, Huambo y Shimbe que brindan una visión poco detallada de las litofacies volcánicas que se emplazaron durante el Cenozoico.

Investigaciones de postgrado realizadas por Turner (1997), Davies (2002), Loayza (2002) y Longo (2005) fueron focalizados para establecer la relación entre el magmatismo y la mineralización en la región de Cajamarca.

1.6. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio está situada en el Norte del Perú, abarca un área de aproximadamente 6000 km². Situada en los departamentos de Cajamarca (provincias de Contumazá, San Miguel, San Pablo y Cajamarca) y La Libertad (provincias de Chepén, Pacasmayo, Ascope y Gran Chimú). La altitud varía entre los 600 msnm (valle del río Jequetepeque) y 4250 msnm (Cerro Chuño, en el cuadrángulo Cajamarca).

Enmarcada en las siguientes coordenadas (figura 1):

Latitud : 7° 00' a 7° 30' Sur
Longitud : 77° 45' a 79° 00' Oeste

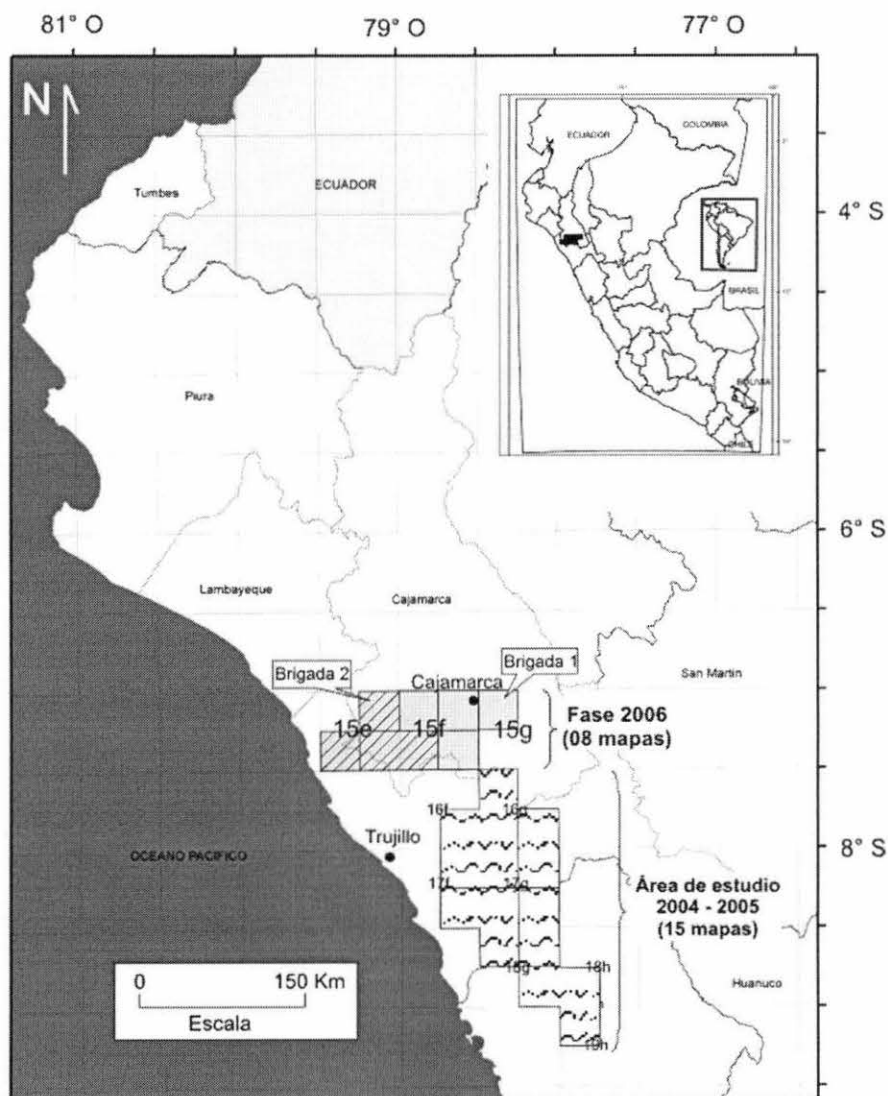


Figura 1. Ubicación del área de estudios

Para llegar al área de estudio existen varias vías de acceso, siendo las principales:

Carreteras asfaltadas: a) San Pedro de Lloc, Tembladera, Chilete, Cajamarca; b) Cajamarca, Huambocancha, Porcon, Minera Yanacocha. Carreteras afirmadas: a) Chilete, San Bernardino, San Pablo, San Miguel; b) San Miguel, El Prado, San Gregorio, Tembladera; c) Tembladera, Trinidad; d) Chilete, Contumazá, Cascas; e) Contumazá, Toledo, Catán; f) Contumazá, Cascabamba; g) Cascas, San Benito, Guzmango; h) Cajamarca, Otuzco, Combayo. Además existen diferentes trochas y caminos de herradura, que acceden desde diferentes caseríos y centros poblados en el departamento de Cajamarca.

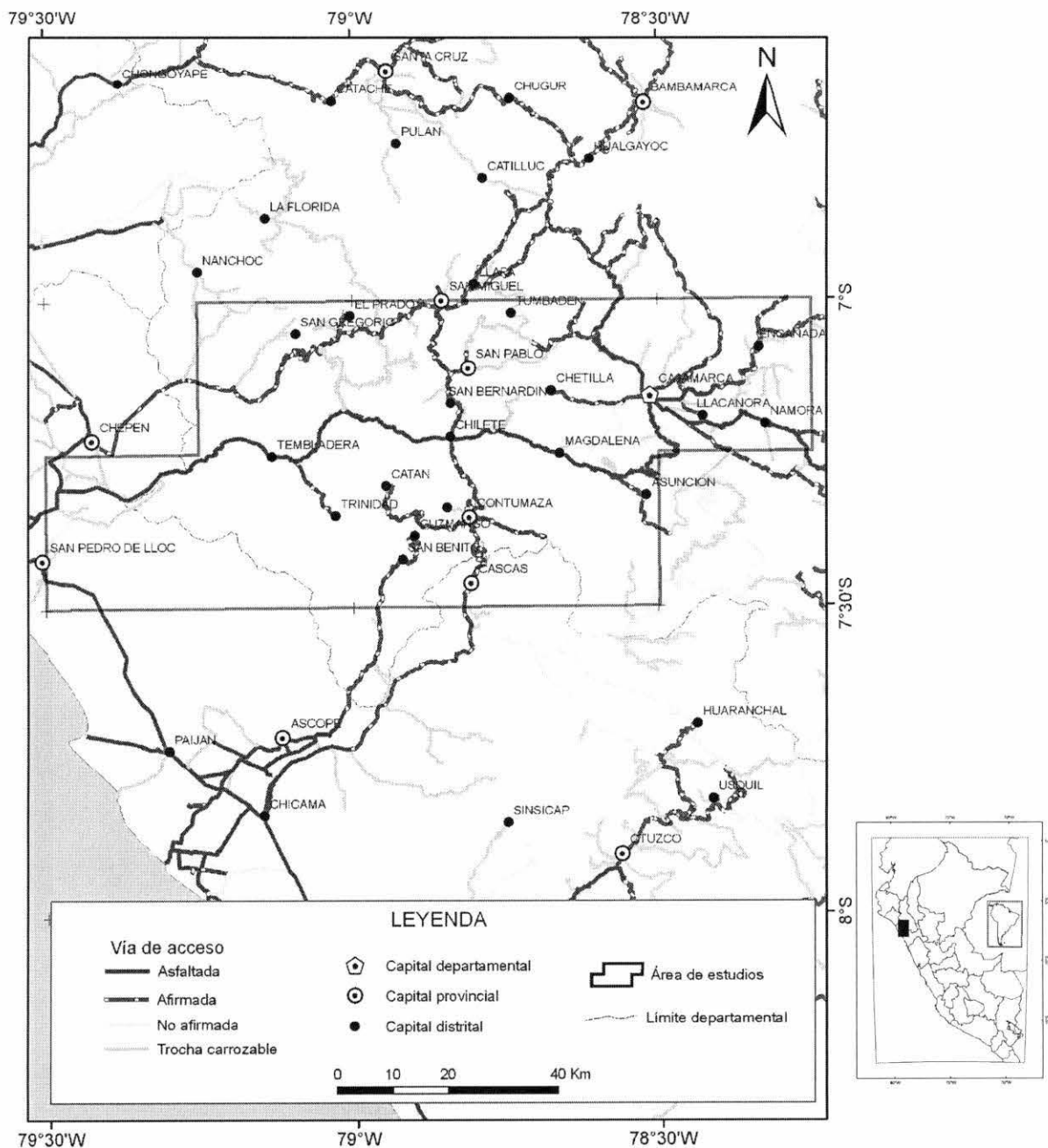


Figura 2. Accesibilidad al área de estudios.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. BASAMENTO PRE-CALIPUY

El basamento consiste en secuencias sedimentarias silicoclásticas y carbonatadas, comprendidas entre el Paleozoico inferior (Ordovícico) al Maastrichtiano. Está fuertemente erosionado, deformado probablemente por la fase tectónica Inca I del Paleoceno – Eoceno (Noble et al, 1990), e intruído por rocas ígneas del Cretáceo superior y del Paleogeno – Neogeno. Y finalmente cubiertas por los depósitos volcánicos del Eoceno al Mioceno superior.

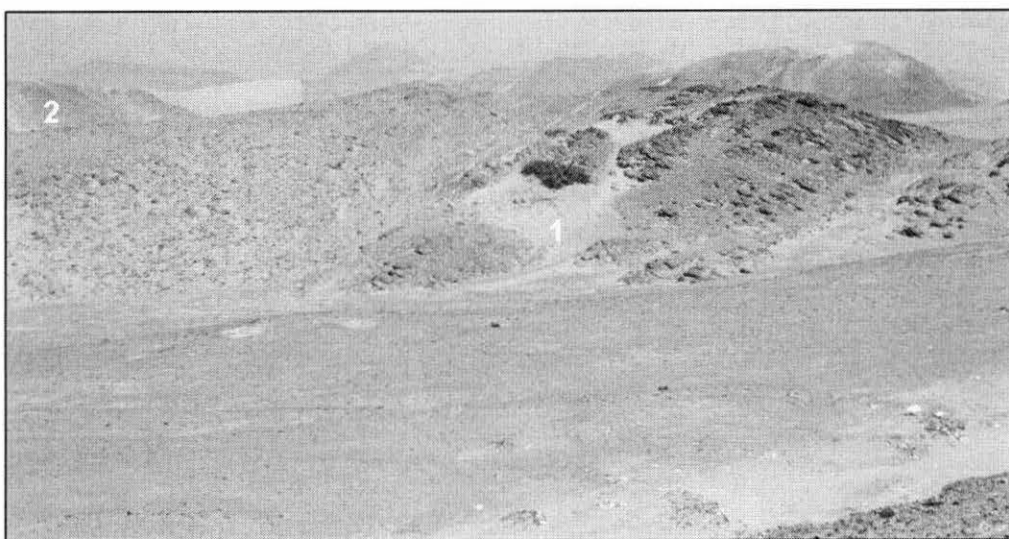
Podemos presumir la existencia de al menos cuatro cuencas sedimentarias: Chicama, Goyllarisquizga, Pongos y Cajamarca; las cuales conforman la denominada Cuenca sedimentaria del Oeste Peruano (Wilson, 2000) o también Plataforma Oeste Peruana (Jaillard, 1990). Inicialmente están rellenas por productos de una sedimentación silicoclástica de tipo deltaico (Valanginiano al Aptiano inferior). Para luego, ser marina y de aguas someras (Aptiano superior al Cenomaniano medio). Posteriormente, convertirse en una plataforma carbonatada al profundizarse la cuenca (Cenomaniano superior al Turoniano). Para finalmente, emerger y ser erosionada (Coniaciano al Campaniano).

Sin embargo, debido a que no se ha realizado un trabajo minucioso de la estratigrafía, se describirán los rasgos más relevantes de estas secuencias sedimentarias, las cuales fueron agrupadas litoestratigráficamente:

PALEOZOICO

Formación Salas

Se le reconoce a 15 km al Suoeste de Chepén, en el poblado de San José. Consiste de secuencias de filitas gris oscuras, intercaladas con esquistos gris verdosos, en capas delgadas, con moderada foliación e intruído por vetillas de cuarzo. Estos depósitos están cubiertos por secuencias de areniscas cuarzosas, aparentemente del Grupo Goyllarisquizga (fotografía 1). Su espesor observado es de 250 m aproximadamente.

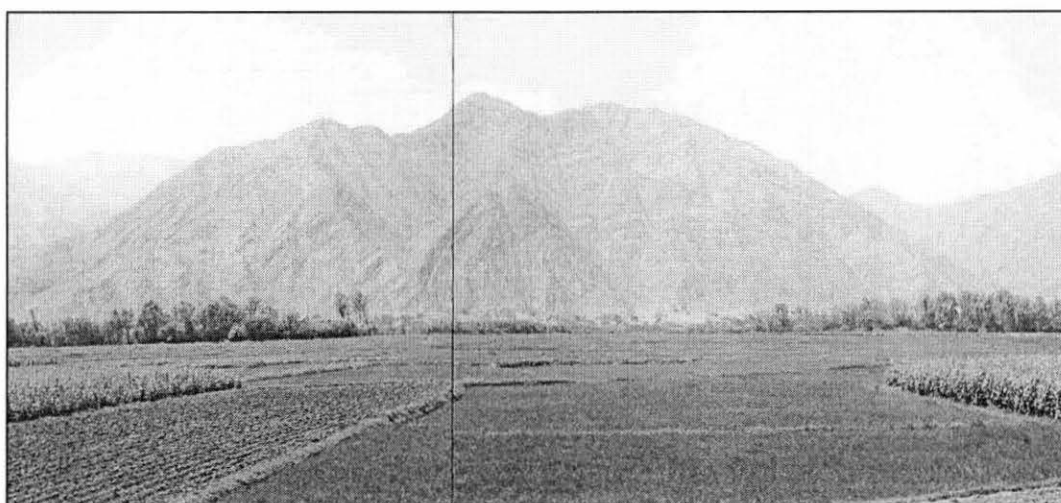


Fotografía 1. Contacto entre las secuencias metamórficas de la Formación Salas (1), que están cubiertas en discordancia angular por capas principalmente de areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga (2). Localizadas cerca al poblado de San José.

JURÁSICO

Grupo Chicama

Sus afloramientos se localizan al Sur - Suroeste de Contumazá, en la localidad de Cascas (fotografía 2). Litológicamente consisten de gruesas y monótonas series de lutitas estratificadas en finas capas foliadas y deleznales, de color gris oscuras a negras, algunas veces con diseminación de pirita diagenética. Se intercalan con pizarras, limolitas y areniscas grises a rojizas en bancos métricos. La parte lutácea presenta una topografía suave, mientras las areniscas forman crestas debido a su mayor resistencia a la erosión. Estos afloramientos corresponden a la formación Punta Moreno descrita por Jacay (1992). Tiene un espesor que varía entre 700 y 1000 m. Se le asigna una edad correspondiente al Titoniano, en base la fauna fósil constituida por: *Berriasella calisto*, *Streblites griesbachi* (Jacay, 1992).



Fotografía 2. Afloramiento de areniscas intercaladas con limoarcillitas, pizarras y niveles volcánicos, pertenecientes a la formación Punta Moreno. Ubicada en el valle del río Chicama.

CRETÁCEO INFERIOR

Grupo Goyllarisquizga

En el área de estudios, Reyes (1980) reporta las cuatro formaciones de este grupo: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Las cuales tienen una amplia distribución en la zona, principalmente hacia el sur de 7°15' S.

Formación Chimú

Sobreyace discordantemente a la secuencia pelítica del Titoniano. Consiste de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, gris blanquecinas, en estratos con grosores que varían entre 0.3 - 2 m., algunas capas de la muestran estratificación cruzada; intercaladas con lutitas pardo amarillentas. Se le estima un grosor máximo de 500 m (fotografía 3). No se reportan fósiles, por lo que su edad está determinada por relaciones estratigráficas, correspondiendo al Valanginiano inferior.

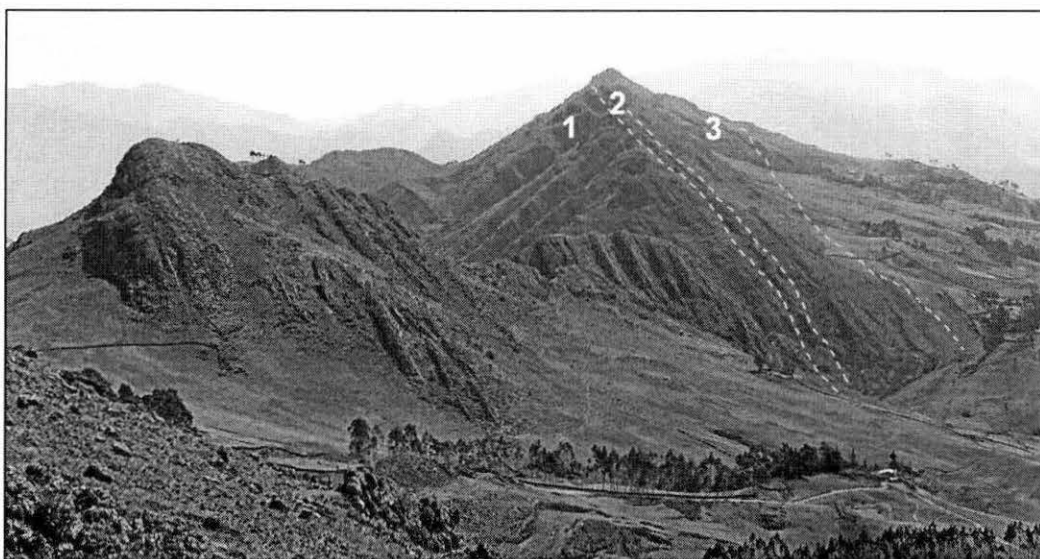
Formación Santa

Sus afloramientos consisten en intercalaciones de lutitas arenosas de color gris negruzco, areniscas grises de grano muy fino, estratificadas en capas delgadas de 30 a 40 cm de

espesor; así como intercalaciones de margas y limoarcillitas gris oscuras a beige en bancos de 5 a 30 cm de espesor y limolitas gris amarillentas. En conjunto alcanzan un espesor aproximado de 50 a 70 m (fotografía 3). Se le asigna una edad del Valanginiano superior por la fauna fósil consistente en *Dobrodgeiceras broggianum* LISSON descrita por Benavides (1955).

Formación Carhuaz

Se encuentra fuertemente plegada y fallada. Consistente en intercalaciones de areniscas de grano medio rojo violáceas y grises; capas de areniscas cuarzosas blanquecinas a amarillentas en estratos delgados; lutitas grises, gris amarillentas a violáceas. Tiene un espesor promedio de 350 m (fotografía 3). Se le asigna una edad Hauteriviana - Barremiana por sobreyacer al Valanginiano superior.



Fotografía 3. Afloramiento de areniscas cuarzosas de grano grueso, blanquecinas, correspondientes a la formación Chimú (1). Sobreyacen en concordancia las pelitas gris oscuras en capas muy delgadas de la formación Santa (2). Cubiertas concordantemente por la secuencia silicoclástica gris rojiza de la formación Carhuaz (3). Estas secuencias sedimentarias tienen una dirección de N 100° y un buzamiento de 45° E. Se localizan en el caserío de Cascabamba.

Formación Farrat

Está constituida esencialmente por intercalaciones de areniscas cuarzosas gris blanquecinas, de grano medio a grueso en capas de 3 a 4 m. con estratos de 20 a 30 cm. En algunas capas se observa una estratificación cruzada. Se intercalan capas de limolitas gris oscuras, areniscas blanquecinas con estratificación cruzada y limoarcillitas pardo amarillentas. Muestra una intensa deformación, conformando anticlinales y sinclinales (fotografía 4). Sobreyace en concordancia a la Formación Carhuaz, tiene un espesor máximo de 300 m. Se le asigna una edad correspondiente al Aptiano por correlaciones estratigráficas, además, se han reportado camino a Cajamarca, impresiones de *Weichselia peruviana* ZEILLER del Cretáceo inferior.

Formación Inca

Está constituida por limoarcillitas rojo amarillentas a pardas, con capas fisibles e intercaladas con areniscas de grano fino y estratos delgados de limolitas grises; hacia la parte media consiste en limolitas amarillentas; mientras que el tope consiste en calizas

lenticulares con restos fosilíferos (bivalvos y gasterópodos). Tiene estructuras de laminación interna paralela. Su espesor varía entre 70 y 100 m. Sobreyace a la formación Farrat concordantemente. Se ha reportado fósiles de *Parahoplites sp.* en la localidad de Calera, de *Glottoceras semicostatum SOMMERMEIER*, *Polyelliceras peruvianum SPATH* y de *Pterotrignia (P.) tocaimana LEA*, en el caserío de Colca (tabla 1). Asignándole por tanto una edad del Aptiano superior a Albiano inferior. Así mismo, ammonites similares fueron reportados por Benavides (1956).



Fotografía 4. Afloramiento de la cresta de un anticlinal asimétrico, consistente en areniscas cuarzosas de grano fino a medio de la formación Farrat, cuyas capas son de 30 a 45 cm de espesor. Tiene una dirección N 115° y sus flancos buzan 35° O y 20° E. Ubicadas en el camino hacia la mina Cascabamba.

Tabla 1. Determinaciones Paleontológicas del Cretáceo inferior

NORTE	ESTE	NOMBRE	AMBIENTE	BIOFACIE	EDAD
9172654	721260	Parahoplites sp.	Marino, nectónico	Ambiente poco profundo y clima cálido	Albiano inf.
9208994	771911	Glottoceras semicostatum SOMMERMEIER	Marino, nectónico	Ambiente poco profundo y de aguas cálidas	Albiano inf.
		Polyelliceras peruvianum SPATH			
9209286	771982	Pterotrignia (P.) tocaimana LEA	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y de aguas cálidas	Albiano
9185848	743623	Arca cf. A. Knechteli NECHTEL	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y aguas cálidas	Albiano medio
9186096	743789	Ludbrookia cf. L. subparalela GERHARDT	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y aguas cálidas	Albiano
		Neithea (Neitheops) texanus ROEMER			

Formación Chulec

Consiste en intercalaciones de calizas nodulares grises a pardas y lutitas calcáreas gris oscuras; margas calcáreas, gris blanquecinas a oscuras; calizas mudstone grisáceas en estratos delgados de 40 cm, con mucho contenido fosilífero. Sobreyace

concordantemente a la Formación Inca. Tiene un espesor promedio de 200 m. Se reportan fósiles de *Arca cf. A. Knechteli* NECHTEL, *Ludbrookia cf. L. subparalela* GERHARDT y *Neithea (Neitheops) texanus* ROEMER, en los alrededores de Contumazá (tabla 1), permitiendo asignar una edad del Albiano medio.

Formación Pariatambo

Está constituida por calizas negras de grano muy fino, grisáceas bituminosas; fétidas, en estratos de 20 a 40 cm, capas delgadas tabulares; intercaladas con lutitas negras calcáreas, y capas delgadas de margas grises; atravesadas por numerosas vetillas de calcita. Conforman un espesor promedio de 150 m. Cerca al pueblo de Chilete, se ha recolectado algunos fósiles de ammonites (en estudio) que deben ser similares a los reportados por Benavides (1955) y que permiten asignar una edad del Albiano medio.

CRETÁCEO SUPERIOR

Las divisiones realizadas por Reyes (1980) y Wilson (1984) en el levantamiento de la Carta Geológica Nacional (tabla 2) para el Albiano superior al Turoniano inferior, no guardan uniformidad con lo descrito y propuesto por Tafur (1950) y Benavides (1956) (tabla 3) para estas secuencias sedimentarias; por lo tanto es necesario, un posterior estudio para uniformizar e individualizar estas formaciones litoestratigráficas.

Tabla 2. Cuadro comparativo del Cretáceo superior propuesto por Reyes (1980) y Wilson (1984)

EDAD - HOJA	CHEPÉN	CAJAMARCA	SAN MARCOS	CHONGOYAPE	CHOTA	CELENDÍN
Turoniano	Fm. Cajamarca					
Cenomaniano	Gpo. Quilquiñán	Fms. Quilquiñan-Mujarrún	Fm. Quilquiñan-Mujarrún	Gpo. Quilquiñan-Pullucana	Gpo. Quilquiñán	Gpo. Quilquiñán
	Gpo. Pullucana	Fm. Yumagual	Fm. Yumagual		Gpo. Pullucana	Gpo. Pullucana
Albiano	Fm. Pariatambo					

Tabla 3. Cuadro del Cretáceo superior propuesto por Tafur (1950) y Benavides (1956)

EDAD	GRUPO	FORMACIÓN	REFERENCIA
Turoniano		Fm. Cajamarca	
	Quilquiñán	Coñor	Tafur (1950) Benavides (1956)
Romirón			
Cenomaniano	Pullucana	Mujarrún	Tafur (1950)
		Yumagual	
Albiano		Fm. Pariatambo	

Formación Yumagual (Grupo Pulluicana)

Estas rocas afloran en el sector de Cumbemayo, los Manantiales (fotografía 5) y en Yerba Buena y Callancas (San Pablo). Están constituidas por intercalaciones de calizas nodulares y arenosas, de grano medio, gris oscuras, en capas de 50 cm; lutitas negras con nódulos calcáreos en capas de 5 cm, también presentan vetillas de calcita; margas y calizas arcillosas fosilíferas. Tiene un espesor aproximado de 500 m. Se le asigna una edad Albiana superior a Cenomaniano inferior en base a los fósiles estudiados por Benavides (1956).

Formaciones Mujarrun - Quilquiñán (Grupo Quilquiñán)

Consisten en calizas arcillosas de grano fino a medio intercaladas con margas pardo amarillentas, areniscas carbonatadas, margas y arcillas fosilíferas, calizas arenosas, las calizas conforman capas de 70 cm hasta 2 m, hacia el tope se hacen arenosas con nodulos y vetillas de calcita, por esta razón no son muy resistentes a la erosión originando pequeñas lomadas o depresiones (fotografía 5). Conforman un espesor aproximado de 200 m. Se han reportado algunos fósiles (tabla 4) de *Neithea texanus* ROEMER, *Ceratostrion texanum* ROEMER, *Exogyra* alf. *E. mermeti* COQUANO, *Acanthoceratidae*, *Exogyra ponderosa* ROEMER y *Coilopoceras* cf. *C. newelli* BENAVIDES, por lo tanto se le asigna como correspondiente al Cenomaniano-Turoniano inferior.

Tabla 4. Determinaciones Paleontológicas del Cretáceo superior

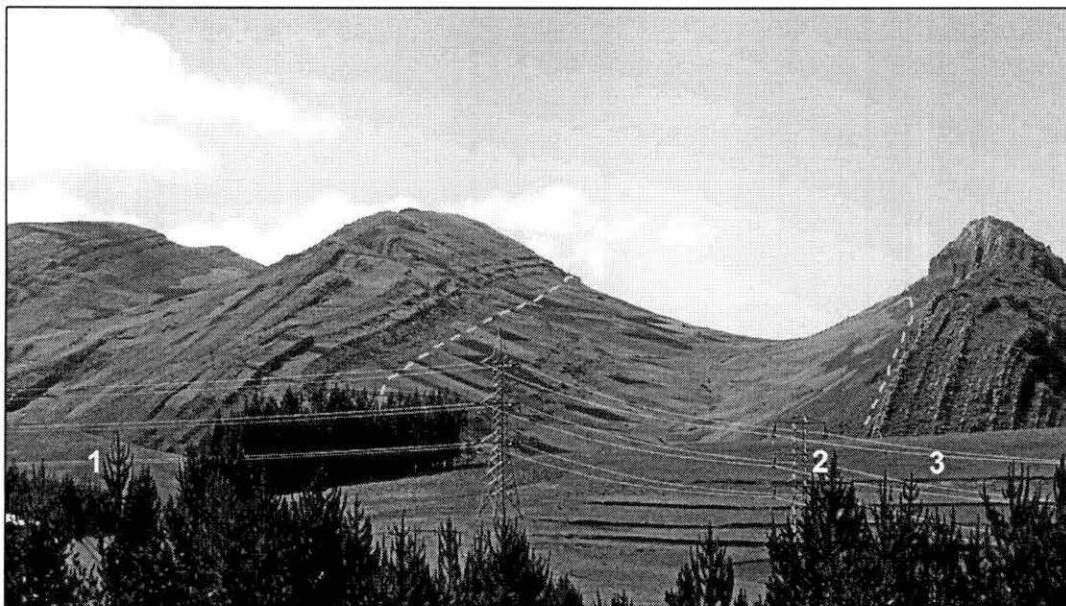
NORTE	ESTE	NOMBRE	AMBIENTE	BIOFACIE	EDAD
9172654	721260	<i>Neithea texanus</i> ROEMER	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y de aguas cálidas	Albiano-Cenomaniano
9201994	770291	<i>Ceratostrion texanum</i> ROEMER	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y de aguas cálidas	Albiano med. - Cenomaniano
9212506	745696	<i>Coilopoceras</i> cf. <i>C. newelli</i> BENAVIDES	Marino, nectónico	Ambiente poco profundo y clima cálido	Turoniano
9185844	743701	<i>Exogyra ponderosa</i> ROEMER	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y de aguas cálidas	Cenomaniano-Senoniano
9212686	746740	<i>Exogyra</i> alf. <i>E. mermeti</i> COQUANO	Marino, bentónico	Ambiente poco profundo y clima cálido	Cenomaniano
		<i>Acanthoceratidae</i>	Marino, nectónico		Cenomaniano-Turoniano

Formación Cajamarca

Está constituida por calizas macizas de grano fino gris oscuras a gris claras de grano fino, con concreciones de calcita bien cristalizada, intercaladas con margas nodulares. Conforman una topografía muy conspicua (fotografía 5), en capas que varían de 0.50 a 2 m. de espesor. Tiene un espesor de 220 m. Se le asigna una edad Turoniana media a superior, en base a los estudios realizados por Benavides (1956).

Formación Celendín

Sus afloramientos se les reconoce hacia el Oeste de Cajamarca, camino a las ventanillas de Combayo. Consisten en intercalaciones de margas a veces arenosas, muy fosilíferas; limoarcillitas y lutitas calcáreas intercaladas con calizas arcillosas, gris amarillentas a beige. Se ha reconocido abundante capas y venillas de yeso. Su espesor aproximado es de 140 m. Se le asigna como correspondiente al Coniaciano – Campaniano.



Fotografía 5. Flanco Este de un sinclinal invertido, con dirección N 110°, y buzamiento de 70°-80° al Este. Conformado por las secuencias carbonatadas del Cretáceo superior, consistentes en calizas y lutitas de la Formación Yumagual (1), calizas y areniscas carbonatadas de las formaciones Mujarrun – Quilquiñán (2); y las calizas gris claras de la Formación Cajamarca (3). Ubicadas en los cerros Hualaco y Llupiscaga, a 8 km al suroeste de Cajamarca.

Formación Huaylas

Estos afloramientos corresponden a las denominadas “capas rojas” que marcan el paso del Mesozoico al Cenozoico y representan grandes periodos de erosión. Se les reconoce a 12 km al Este de Contumazá. Consisten en intercalaciones de conglomerados con clastos de areniscas cuarzosas (fotografía 6) en capas de 2 a 3 m; areniscas de grano fino, gris rojizas y lodolitas, en capas de 0.8 a 1 m. Su espesor promedio es de 150 m.



Fotografía 6. Afloramiento de un depósito de conglomerado con clastos redondeados a subredondeados de arenisca cuarzosa, con tamaños de 2 a 3 cm como promedio; pertenecientes a la Formación Huaylas. Se les reconoce cerca a Cascabamba, al este de Contumazá.

2.2. PROBLEMÁTICA DE LA ESTRATIGRAFÍA VOLCÁNICA

Los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy fueron estudiados inicialmente en la zona de Cajamarca por Reyes (1980) y Wilson (1984).

Reyes (1980) en la zona del río Jequetepeque asumió una división litoestratigráfica conformada por cuatro secuencias, a las que denominó como: Volcánico Tembladera, conformado por flujos de lava moderadamente plegados; Volcánico Chilete, consistente en secuencias piroclásticas; Volcánico San Pablo, intercalaciones de flujos piroclásticos y depósitos volcanoclásticos que sobreyacen en aparente discordancia angular a las dos secuencias anteriores; y Volcánico Huambos, constituido por flujos piroclásticos (tabla 5).

Por su parte, Wilson (1984) divide al Grupo Calipuy en tres unidades volcánicas, basado en una discordancia erosional (a veces angular) observada en la Hacienda Livis, al norte del poblado de Tembladera. Estas unidades fueron denominadas como Volcánico Llama, conformado por un conglomerado basal e intercalaciones de flujos lávicos y piroclásticos; Volcánico Porculla, que consiste en flujos piroclásticos; y Volcánico Huambos, compuesto también por flujos piroclásticos (tabla 5). Es necesario indicar, que estas divisiones fueron realizadas a partir de observaciones y correlaciones de campo.

Los primeros reportes geocronológicos para la región, fueron hechos por Noble et al. (1990), reportando edades K/Ar de 54.8 ± 1.8 Ma (plagioclasa) y 44.2 ± 1.2 Ma (sanidina) para la parte superior del Volcánico Llama. Del mismo modo, hacia el Este, los depósitos pertenecientes a las capas rojas de la Formación Chota fueron datados por el método K/Ar en 50.2 ± 1.5 Ma y 49.1 ± 1.5 Ma en volcanoclásticos, por la similitud existente en la composición, zoneamiento, abundancia y morfología de las inclusiones de vidrio entre los cristales de plagioclasa que conforman tanto a los Volcánicos Llama como a las capas rojas de la Formación Chota. Por lo tanto, probablemente corresponde a las facies distales del Volcánico Llama. Así mismo, en base a correlaciones estratigráficas observadas en inmediaciones del pueblo de Llama, se determinó que el volcánico Porculla es una variación lateral del Volcánico Huambos. La edad K/Ar reportada es de 36.4 ± 1.0 Ma y Ar/Ar de 39.3 ± 1.0 Ma (ambas en sanidina), caracterizando un arco volcánico durante el Eoceno. Hay que señalar, que los depósitos piroclásticos localizados al Este de Cajamarca y asignados como Volcánico Huambos por Reyes (1980) reportan una edad de 11.4 ± 0.6 Ma. En el Mioceno Inferior se reporta una edad K/Ar de 23.2 ± 1.5 Ma para una secuencia piroclástica denominada Chala (tabla 5).

Tabla 5. Denominaciones del Grupo Calipuy en el Norte del Perú

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

Posteriormente Turner (1997), Candiotti & Guerrero (1999), Tanabe & Turner (2000), y Longo (2005), describen y relacionan las extensas secuencias volcánicas a centros volcánicos de emisión, como son: Caldera La Zanja; Volcánicos Tantahuatay, Complejo Volcánico Yanacocha, Cerro Chicche, entre otros.

Por esta razón, es necesario uniformizar la estratigrafía volcánica del denominado Grupo Calipuy, a partir de la reconstrucción de centros de emisión, para relacionar a cada uno de ellos, sus respectivos productos volcánicos.

2.3. MARCO ESTRUCTURAL-MAGMÁTICO DEL NORTE DEL PERÚ

El ciclo andino del Perú (Mégard, 1984) empieza con la subducción de la placa de Nazca a principios del Mesozoico, estando activo aproximadamente más de 200 Ma, desde del Triásico superior al Mioceno superior (Petford & Atherton, 1995). Durante este periodo, se han sucedido muchos periodos de compresión y levantamientos, seguidos por eventos magmáticos y fases de extensión; dando forma a los Andes del norte del Perú. Esta deformación que originó el desarrollo de la franja plegada del Mesozoico corresponde a la fase inicial del ciclo Andino, que comprende al menos cuatro eventos compresionales (tabla 6) sucedidos desde el Triásico, produciendo una intensa deformación pre-Cenozoica con plegamientos de direcciones predominantes O-NO a NO (Wilson, 1984; Mégard, 1984 y 1987). Para el Cenozoico se sugieren cuatro eventos compresivos entre 60 a 10 Ma aproximadamente (Noble et al., 1974, 1985 y 1990; Cobbing, 1981; McKee & Noble, 1982; Benavides, 1999).

Tabla 6. Eventos compresivos en el norte del Perú

SISTEMA	SERIE	EVENTO	EDAD (Ma)
Neogeno	Mioceno medio	Quechua II	12 - 11
	Mioceno inferior	Quechua I	23
Paleogeno	Eoceno	Inca II	43
	Paleoceno-Eoceno	Inca I	59 - 55
Cretáceo - Paleoceno		Peruana	90 - 60
Cretáceo		Mochica	100 - 95
Jurásico medio			150 aprox.
Triásico			200 aprox.

De modo tal, que en la zona de los Andes del norte del Perú, se pueden definir las siguientes estructuras (figura 3):

1) Al sur de Cajamarca se observa un cambio en las direcciones NO de los secuencias Mesozoicas, conformando una estructura denominada como Deflexión de Cajamarca, cuyos pliegues tienen direcciones O y ONO, y fallas que se prolongan debajo de los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy. El origen de esta deflexión es atribuido a la Fase tectónica Inca I del Cenozoico inferior (Benavides, 1999). La cordillera andina toma nuevamente la dirección NO aproximadamente a partir de 6°30' S, al sur de Cutervo.

2) Se han observado varios lineamientos estructurales perpendiculares a la línea de costa, los cuales tienen direcciones NE-SO. Delimitan una zona de ~ 120 km, comprendida entre Cutervo-Cajamarca, y Puerto de Malabrigo-Eten. Estos lineamientos son: Eten-Cutervo, Cherrepe-Chugur, Pacasmayo-Hualgayoc, y Malabrigo-Cajamarca.

Con el trabajo realizado durante el año 2006, reconocemos varios cuerpos intrusivos y subvolcánicos emplazados a lo largo de algunos de estos lineamientos. Además parecen controlar de algún modo la sedimentación Jurásica. En esta área se alojan importantes depósitos minerales como Yanacocha. Estos lineamientos están comprendidos entre Chiclayo -conocidos como La Zanja – Tantauhatay y Sipán – Hualgayoc, y el corredor estructural Chicama – Yanacocha se localizan en esta región (Quiroz, 1997; Turner, 1999; Longo, 2005). Quizás correspondan a estructuras heredadas de la paleocorteza Pacífica (Schaltegger, 2006).

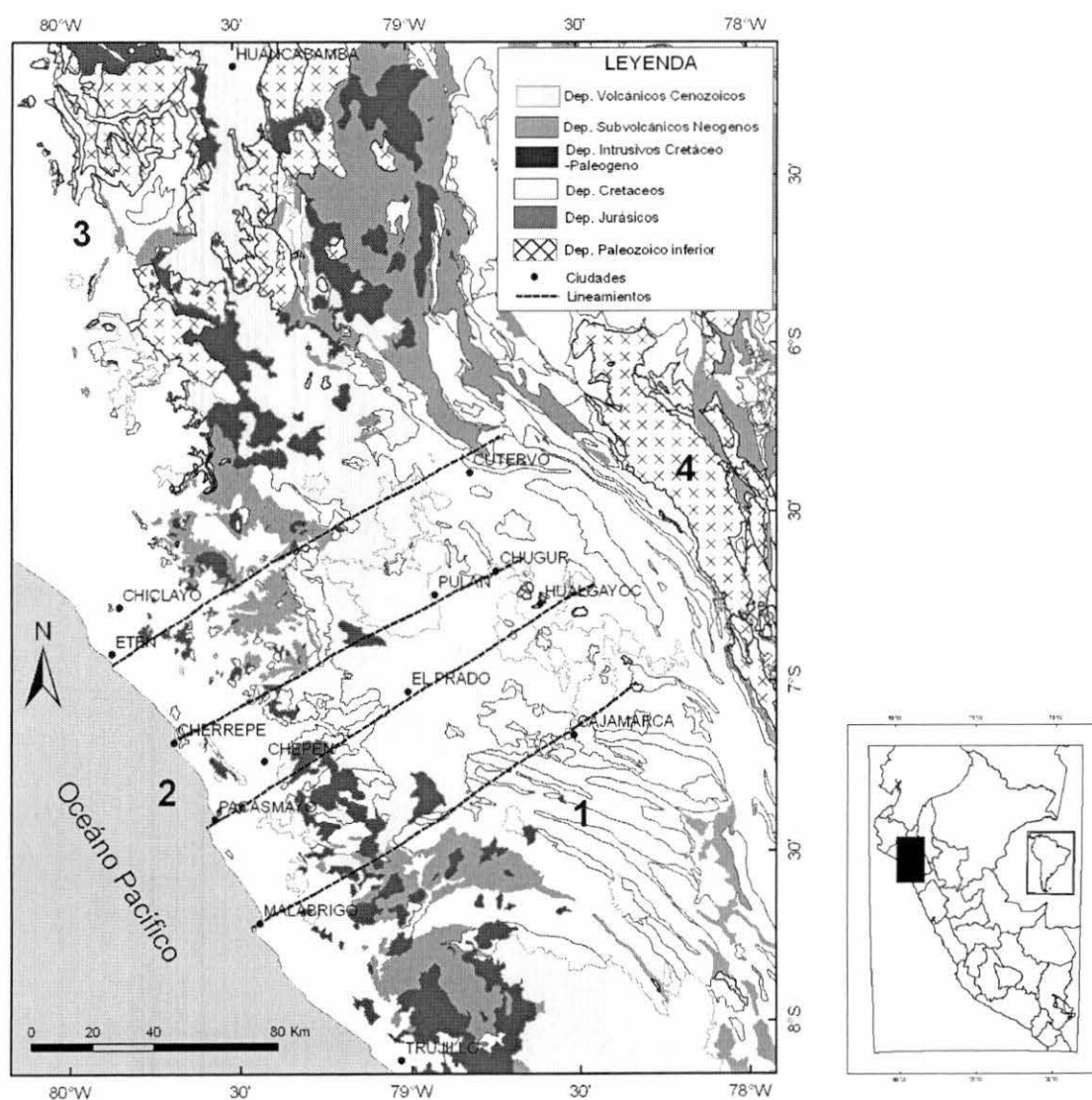


Figura 3. Marco Estructural-Magmático en el norte del Perú: 1: Deflexión de Cajamarca, 2: Zona Estructural Cutervo-Cajamarca, 3: Deflexión de Huancabamba, 4: Complejo del Marañón.

3) Aproximadamente a 200 km al norte de Cajamarca, se observa un cambio de orientación muy evidente en los Andes, conocido como la Deflexión de Huancabamba, situada a partir de los 4° S (Mitouard et al., 1990). Al norte de Cutervo la dirección de los Andes varía de N 140° a N 20°.

4) Localizado a 60 Km al NE de Cajamarca, se encuentra el complejo del Marañón, consistente en rocas metamórficas datadas en 442.4 ± 1.4 y 445.9 ± 2.5 Ma (Schaltegger, 2006). El cual representa el margen continental convergente de una subducción en el Devónico superior.

3. VOLCANISMO CENOZOICO (GRUPO CALIPUY)

3.1. TERMINOLOGÍA EMPLEADA

Para una mejor comprensión del estudio realizado se ha visto por conveniente presentar una concisa descripción previa de los términos volcanológicos empleados.

CENTRO ERUPTIVO

Término empleado para definir una estructura volcánica que ha emitido y generado diferentes depósitos volcánicos, según el tipo de dinámica o mecanismo eruptivo. Formando un estratovolcan, caldera o un complejo de domos. En algunos casos, no ha sido posible identificar la fuente de origen por diversos motivos, por lo cual se ha optado por agrupar a los depósitos y denominarlos como secuencias volcánicas.

FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE CENIZAS

Depositos constituidos predominantemente por ceniza volcánica y cristales fragmentados, de tamaño milimétrico. A veces se reconocen ocasionales fragmentos líticos submilimétricos. Constituyen las facies distales de los depósitos de calderas, las facies intracaldera o de explosiones laterales.

FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE PÓMEZ Y CENIZAS

Sus principales constituyentes son pómez, cristales y fragmentos líticos. A veces están soldados, dependiendo de la temperatura de enfriamiento, siendo la textura eutaxítica con la presencia de *fiammes* sus elementos diagnósticos. Son el resultado del colapso gravitacional de columnas eruptivas de estratovolcanes o por la formación de calderas. Es importante señalar que estos dos tipos de flujos piroclásticos son de muy alta energía, pudiendo superar grandes barreras topográficas, por lo que no es raro reconocerlos en partes altas de laderas o flancos de quebradas y en el fondo de valle.

FLUJOS PIROCLÁSTICOS DE BLOQUES Y CENIZAS

Se caracterizan por presentar abundantes fragmentos líticos, generalmente porfiríticos, y de la misma composición que la matriz que los sostiene. Son producto del colapso gravitacional o de la explosión de domos volcánicos, debido a su crecimiento convectivo interno, el cual es atestiguado por la estructura tipo *flow banding*, la cual es una de sus características distintivas. Algunos domos son muy fluidos, originando domos lava.

OLEADAS PIROCLÁSTICAS

Depósitos piroclásticos constituidos esencialmente por cristales muy finos, fracturados y rotos; su característica principal es su laminación ondulada, a modo de dunas y antidunas, que atestiguan su régimen de alta energía. Generalmente son originados por explosiones lateralmente dirigidas, asociados al colapso gravitacional de columnas eruptivas o representan las facies laterales de flujos piroclásticos.

DEPÓSITOS VOLCANOCLÁSTICOS

Son secuencias volcanosedimentarias, consistentes en capas constituidas principalmente por clastos volcánicos y fragmentos de cristales subredondeados a redondeados. Muestran estratificación laminar paralela en algunos casos, debido a que se depositaron en ambientes lagunares.

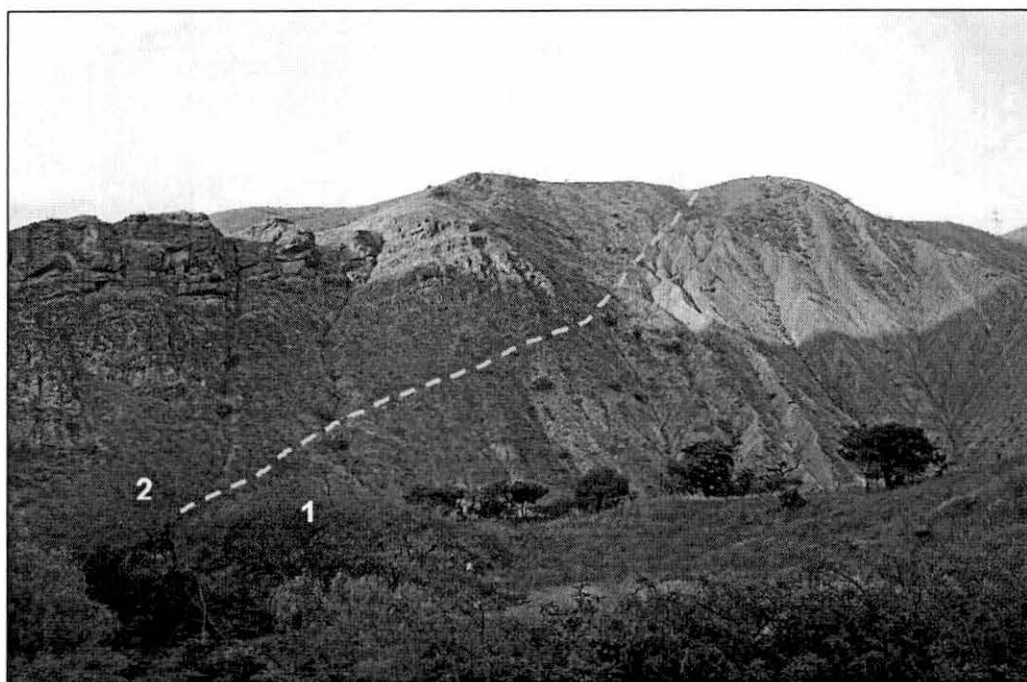
Estos depósitos son muy importantes para establecer la historia eruptiva de una región, debido a que representan generalmente la ausencia de actividad volcánica con la consiguiente erosión de la región. En algunas ocasiones, se intercalan capas de sínite silíceo, las cuales representan fuentes geotermales extintas.

3.2. ETAPAS ERUPTIVAS

En base al cartografiado geológico, levantamiento de columnas estratigráficas y a la recopilación de dataciones radiométricas se plantea la existencia de por lo menos cinco fases de volcanismo, que han desarrollado un campo volcánico que tiene una amplitud máxima de ~ 90 km comprendida entre Tembladera (al Este de Pacasmayo) y Combayo (al noreste de Cajamarca). Dichas fases ocurrieron durante un periodo de ~ 47 Ma, a partir del Eoceno inferior (~ 54 Ma) al Mioceno superior (~ 8 Ma). El volcanismo Eocénico se localiza hacia en la zona Oeste del área de estudios, mientras que el Miocénico en el sector Este, atestiguando una migración del arco volcánico de Oeste a Este, similar a lo observado en la región de La Libertad (Rivera et al., 2005).

EOCENO INFERIOR

Constituida por cuatro secuencias volcánicas y un centro eruptivo, ubicados entre las localidades de Tembladera y Chilete, zona Oeste del área de estudios (figura 1). Sus depósitos tienen direcciones comprendidas entre N 40° y N 60°, con inclinaciones promedio de 50° al NO y SE. No se tiene aún la certeza si se encuentran rellenando una superficie de erosión o una depresión tectónica desarrollada en las capas deformadas del Cretáceo, las cuales tienen una dirección predominante de N 100° a 120° e inclinaciones de 65° a 80° al NE y SO. Por lo tanto su contacto es una marcada discordancia angular (fotografía 7).

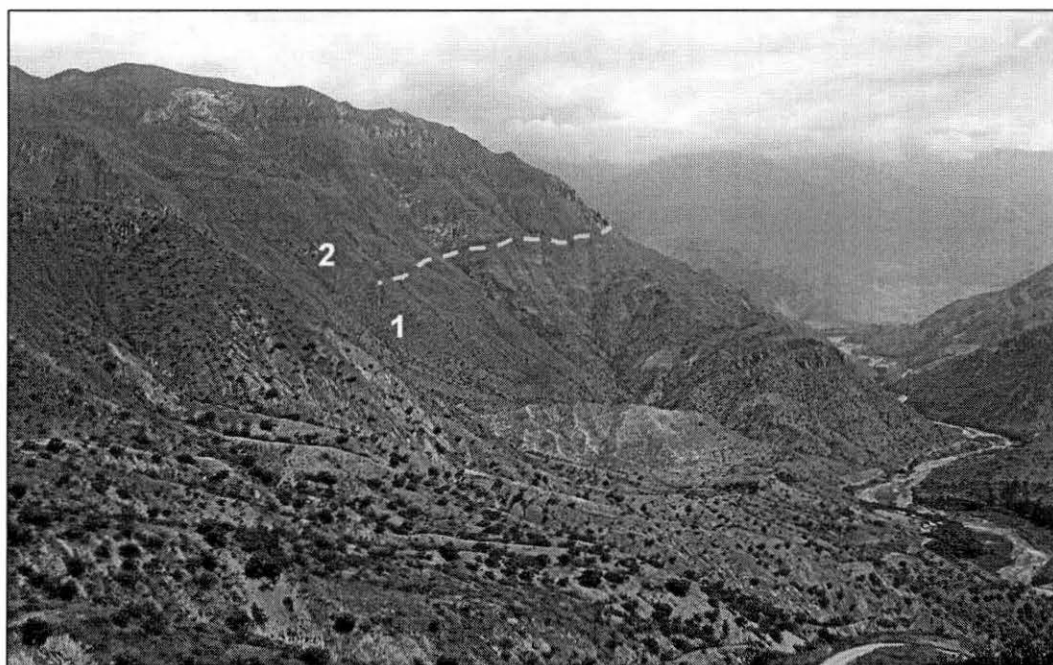


Fotografía 7. Discordancia angular entre las capas Cretácicas de edad Albiana (1), que están cubiertas por depósitos volcánicos del Eoceno inferior (2). Localizada en el camino de Chilete a Contumazá, cerca al caserío de Huertas.

Se asume que la deformación que presentan los depósitos volcánicos fue generada por la fase tectónica Inca II (~ 43 Ma), debido a que reportan edades de 54 a 44 Ma (Noble et al. 1990).

EOCENO SUPERIOR

Conformada por cuatro secuencias volcánicas y dos centros eruptivos. Sus depósitos tienen direcciones comprendidas entre N 130° y N 140°, con inclinaciones promedio de 35° al SO y NE. Sobreyacen en discordancia angular a los depósitos del Eoceno inferior (fotografía 8).



Fotografía 8. Discordancia angular entre los depósitos del Eoceno inferior (1), que están cubiertas por secuencias piroclásticas del Eoceno superior (2). Localizada en el flanco NO del Cerro Pilloccay, río San Miguel.

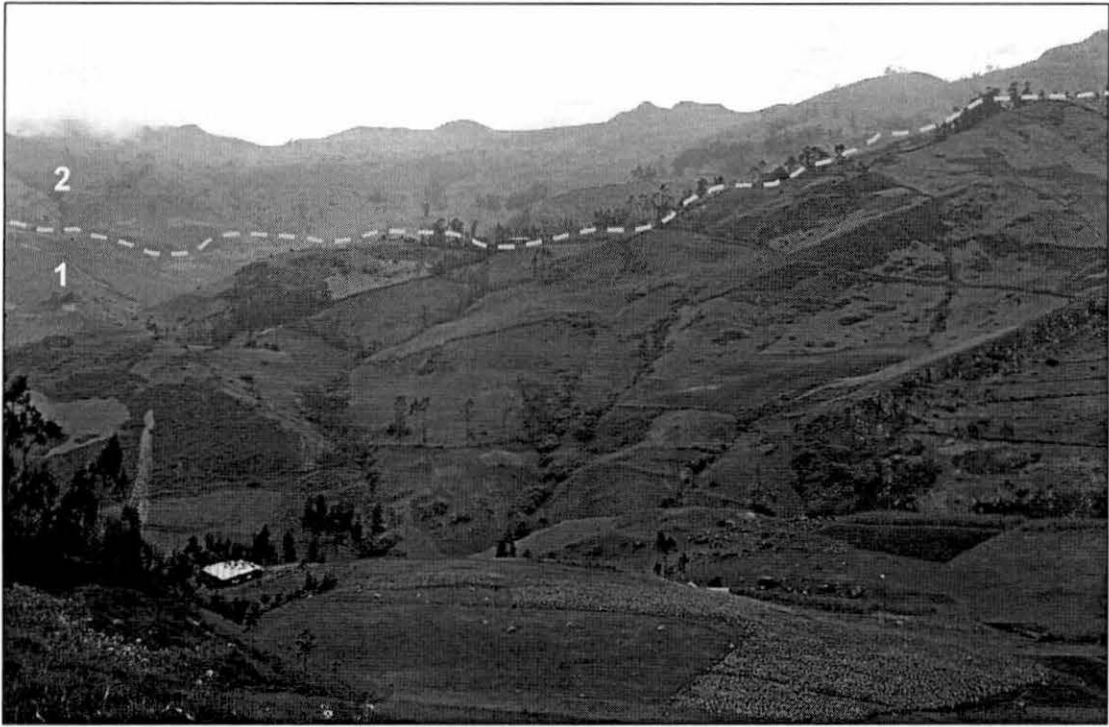
OLIGOCENO

Fase volcánica durante la cual se han formado y emplazado gran parte del volcanismo. Está constituida por dos secuencias, seis centros eruptivos y dos complejos de domos. Los depósitos tienen direcciones de N 110° y N 120°, con inclinaciones promedio de 25° al SO y NE, llegando algunos a ser subhorizontales. Sobreyacen en ligera discordancia angular a los depósitos del Eoceno superior (fotografía 9).

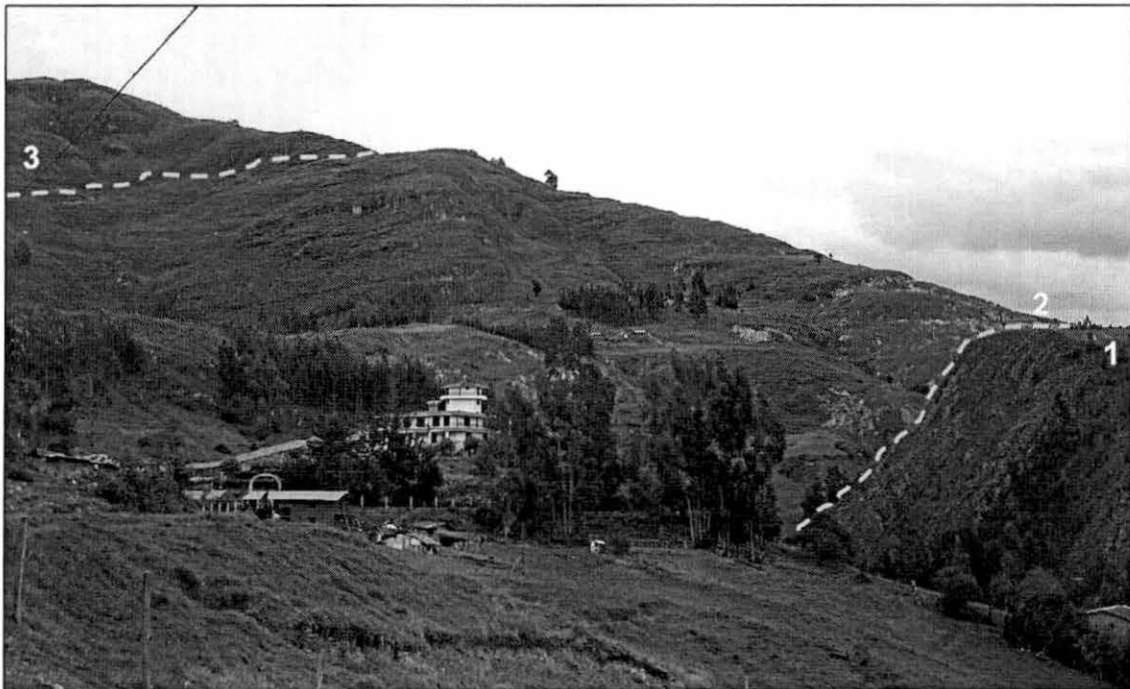
Se ha reportado una edad de ~ 33 Ma (Noble et al., 2004), para este volcanismo, el cual se prolonga a través de todo el Oligoceno.

MIOCENO INFERIOR

Esta representada por los depósitos basales del Complejo volcánico Yanacocha, los cuales muestran un débil plegamiento, las direcciones de las capas son N 120° y sus inclinaciones oscilan entre los 10° a 8° al NE y SO (fotografía 10). Las edades reportadas para esta fase volcánica oscilan entre los 19.5 – 12 Ma. (Longo, 2005)



Fotografía 9. Discordancia angular entre los depósitos del Eoceno superior (1), que están cubiertas por secuencias piroclásticas del Oligoceno (2). Localizada en el flanco NE del Cerro Camandela, caserío de El Triunfo.



Fotografía 10. Discordancia angular entre las secuencias silico-clásticas del Cretáceo inferior (1), que están cubiertas por secuencias piroclásticas del Mioceno inferior (2), a su vez cubiertas por depósitos del Mioceno superior (3) en discordancia erosiva. Localizada en la hacienda Puruay, 4 km al norte de Cajamarca.

MIOCENO SUPERIOR

Constituida por los depósitos piroclásticos y extrusivos del Complejo volcánico Yanacocha, representando la última actividad eruptiva en la región. Se localizan en la zona Este del área de estudios (figura 1). Estos depósitos están rellenando una depresión formada probablemente por erosión entre Cajamarca y Combayo. Son subhorizontales. Sobreyacen en discordancia erosiva a las capas del Mioceno inferior (fotografía 10). Las edades reportadas para esta etapa volcánica oscilan entre los 11.5 – 8.5 Ma. (Noble et al, 1990; Longo, 2005).

3.3. CENTROS ERUPTIVOS

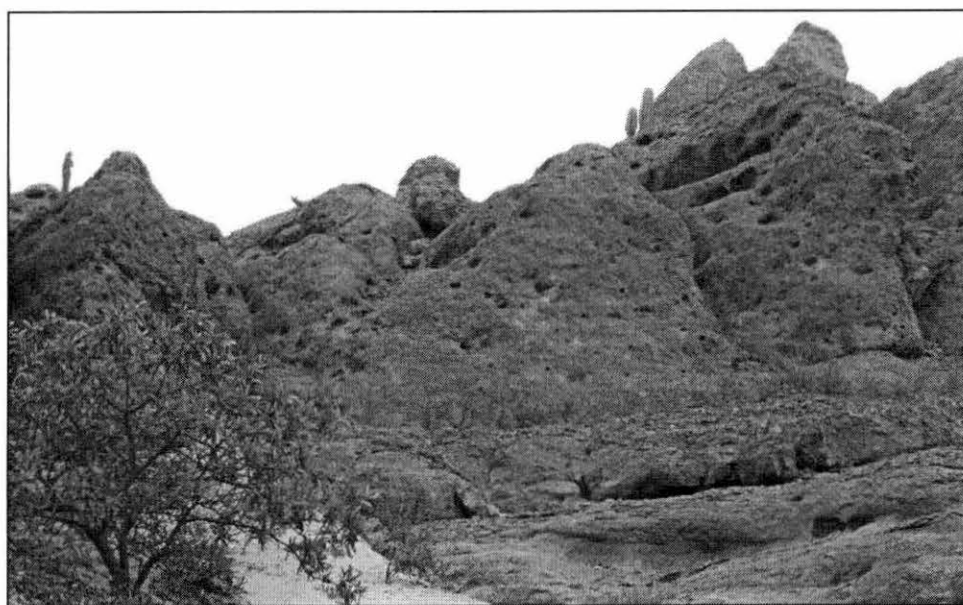
EOCENO INFERIOR

Secuencia Talambo

Ubicada en el cuadrángulo de Chépén (15e) – cuadrante III. Sus afloramientos se localizan hacia la costa, en los cerros Talambo, El Yugo, entre otros. Conformando los depósitos más antiguos del volcanismo Calipuy en la zona, sin embargo no ha sido posible determinar su fuente de procedencia.

Se distinguen dos unidades:

- 1) Consiste predominantemente de lavas andesíticas en capas gruesas de aspecto masivo, con presencia de fenocristales de plagioclasa y anfíbol. También se observa algunos niveles de flujos de cenizas. Sobreyace en discordancia angular a la secuencia sedimentaria del mesozoico y a depósitos intrusivos del Batolito de la Costa; en otras áreas está intruido por plutones del Eoceno superior. Su espesor es de 500 m.
- 2) Conformada por flujos de cenizas andesíticos (fotografía 11), en capas gruesas, aspecto masivo, con cristales de plagioclasa milimétricos y líticos centimétricos, intercalándose con flujos de lavas andesíticas. En el sector de Talambo se observa una deformación bien marcada y un fuerte intemperismo. Tiene un espesor de 400 m.



Fotografía 11. Depósitos de flujo de cenizas andesítica con líticos. Ubicado en el Cerro Talambo.

Se le correlaciona con los depósitos basales que afloran en la localidad de Llama, los cuales reportan una edad de 54.8 ± 1.8 Ma (Noble et al., 1990).

Centro volcánico Yatahual

Ubicado a 12 km al Noreste de Tembladera. Cuadrángulo de Chepén (15e) – cuadrante II. Coordenadas geográficas: 7° 10' S, 79° 02' O.

Sus afloramientos se localizan en el valle del río Jequetepeque, entre las quebradas Higueron, La Bomba y el poblado de Quindén. Se encuentra muy erosionado. Sus depósitos consisten en gruesas secuencias de flujos de lava andesítica (fotografía 12), de aspecto masivo, de textura afanítica a porfiritica, con fenocristales de plagioclasas, anfíboles; lavas andesíticas con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno; se intercalan algunos niveles delgados de flujos de cenizas andesíticas con líticos centimétricos, en capas medianas. Están afectados por cuerpos subvolcánicos andesíticos y stocks granodioríticos. En su conjunto esta unidad alcanza un espesor superior a 1000 m.



Fotografía 12. Depósitos de flujos de lava andesítica, en capas gruesas, de aspecto masivo, localizadas en la quebrada La Bomba.

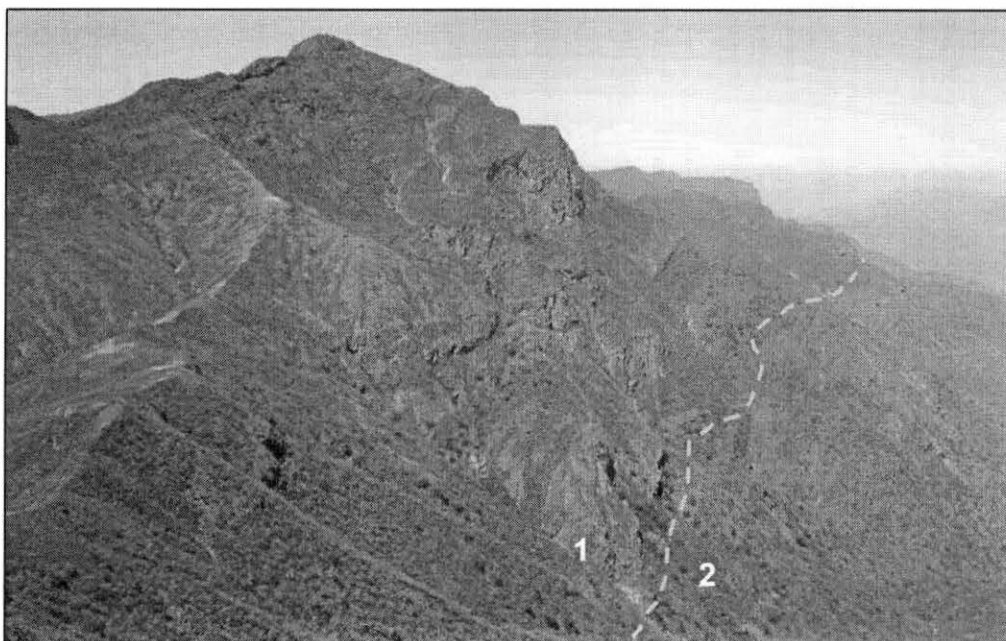
Secuencia Facto

Ubicada en el cuadrángulo de Chepén (15e) – cuadrante III. Sus afloramientos se localizan al sur de Guadalupe, en el cruce de la carretera Cajamarca – Chiclayo. Corresponden a una secuencia de flujos de cenizas, con líticos centimétricos, de composición riolítica, rico en cristales de cuarzo y plagioclasas, se presenta en capas gruesas de aspecto masivo. Se intercalan con flujos de pómez y cenizas en capas medianas. Presenta una moderada deformación, con una inclinación de 15 a 25° al oeste. El grosor estimado es de 300 m.

Secuencia Santa Clara

Ubicada a en el cuadrángulo de Chepén (15e) – cuadrante II. Sus depósitos son reconocidos en la quebrada Higuerón y Cerro El Sapo. Se componen de dos unidades:

1) Corresponde a una secuencia piroclástica de flujos de cenizas, soldado, de composición riolítica, rico en fenocristales de plagioclasa cuarzo, biotita; y fragmentos líticos centimétricos; en capas gruesas, de aspecto masivo, morfológicamente presenta escarpas muy pronunciadas. En algunos sectores sobreyace en discordancia angular a los flujos de lava del Centro volcánico Yatahual y a los depósitos carbonatados del Cretáceo inferior (fotografía 13). Su espesor máximo es de 250 m.



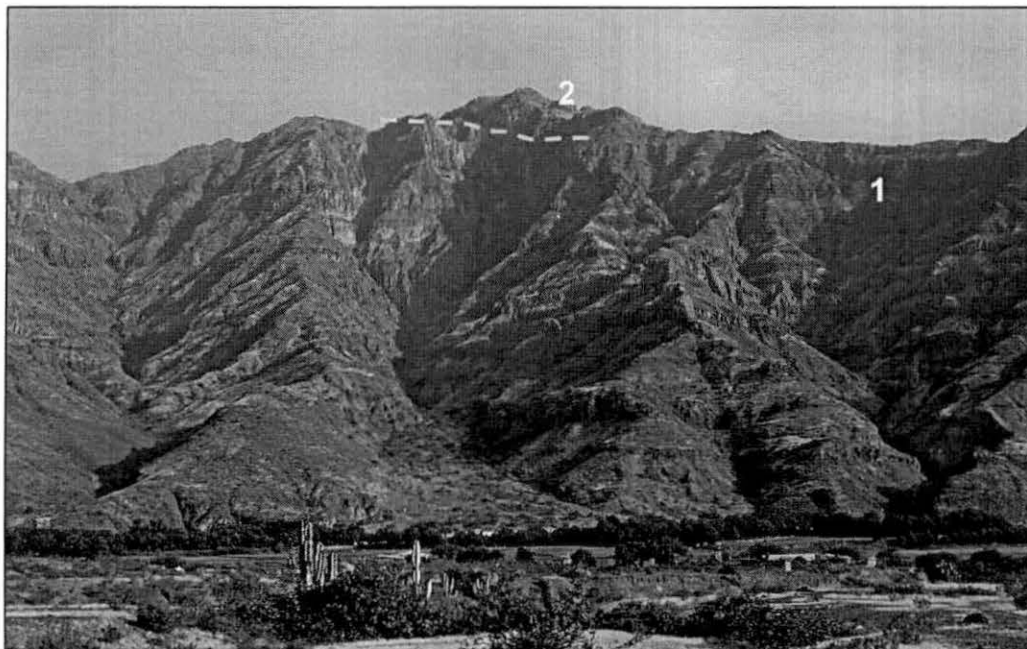
Fotografía 13. Afloramiento de los flujos de ceniza riolítica, soldada, rica en cristales (1) que sobreyace en discordancia angular a una secuencia carbonatada del Albiano (2). Localizada al sur del Cerro El Sapo.

2) Depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, con fragmentos líticos de composición andesítica, en capas medianas; se intercalan flujos de bloques y cenizas en capas gruesas, de aspecto masivo, con fragmentos líticos centimétricos, porfiríticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol. Tiene un espesor promedio de 250 m.

Secuencia Chilete – Ayambla

Localizada en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante IV. Secuencia volcánica de gran espesor, que aflora desde la localidad de Chilete hasta Quindén. No ha sido posible determinar su centro de emisión, sin embargo podemos agrupar sus diferentes depósitos en seis eventos eruptivos:

1) Consiste en flujos de lava andesítica, matriz afanítica y cristales de plagioclasa y piroxeno, gris verdosa, de aspecto masivo; intercalados con depósitos volcanoclásticos probablemente proveniente de la erosión de depósitos piroclásticos; y flujos de cenizas, gris verdosos, dacíticos, con cristales de cuarzo y plagioclasa, fragmentos líticos milimétricos y abundante lapilli acrecional de 1 cm de promedio. Hacia la parte superior se observan depósitos de flujo de pómez y cenizas, andesíticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol, de coloración gris violácea que se intercalan con flujos de bloques y cenizas andesíticos, de aspecto masivo. En Chilete tiene una dirección predominante de N 40° y una inclinación de 30° al NO, mientras en Monte Nazario son subhorizontales con una dirección N-S (fotografía 14). Tiene un espesor promedio de 600 m.



Fotografía 14. Afloramiento de los depósitos de la Secuencia Chilete – Ayambla, en capas subhorizontales (1), las cuales están cubiertas concordantemente por los depósitos de la Secuencia Chuquimango (2). Localizados en el poblado de Monte Nazario (río Jequetepeque).

2) Conformada hacia la base por secuencias de flujos piroclásticos de cenizas, de color gris violáceo intercalados con lahares, oleadas piroclásticas y flujos de bloques y cenizas en capas de 1 m. El tope consiste en un flujo piroclástico de pómez y cenizas rico en fragmentos líticos, de composición riolítica, con cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita; conforman un espesor de 300 m. En el sector de La Mónica tiene una dirección predominante de N 65° y una inclinación de 55° SE. Mientras en el sector de Santa Cruz de Toledo la dirección es N 30° con 30° al NO. Su espesor es de 600 m.

3) La base está caracterizada por depósitos volcanoclásticos, andesíticos, de grano medio, constituida por clastos heterométricos: volcánicos afaníticos; flujos de cenizas y material sedimentario; conformando un espesor de 85 m y marcando una discontinuidad en la actividad eruptiva de la región; además se encuentran cubriendo en discordancia angular a las secuencias del Cretáceo inferior (fotografía 15). Hacia la parte media se observan flujos piroclásticos de pómez y cenizas, de aspecto masivo, de coloración verdosa, intercalado con niveles de flujo de ceniza de aspecto laminar y color violáceo, de composición andesítica. El tope lo constituyen depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas andesíticos, intercalados con flujos de pómez y cenizas andesíticos, soldados; y lahares. Sus afloramientos se reconocen hacia el SO de la localidad de Chilete y en Contumazá. Muestran una deformación consistente en plegamientos, con inclinaciones de 35° a 40° al Este y Oeste. Su espesor promedio es 400 m.

4) Esta secuencia hacia su base presenta intercalaciones de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas con niveles pelíticos de origen lacustrino y algunas capas de sínter. Hacia la parte media, se reconocen flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris verdosos, soldado, con cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita. En el tope se distinguen intercalaciones de depósitos de flujos de pómez y cenizas, gris blanquecinos, cristales de plagioclasa, cuarzo, anfíboles y biotita; se intercalan niveles de flujos de bloques y cenizas andesíticos y flujos de cenizas dacíticos con cristales de plagioclasa y cuarzo, así como algunos restos de carbón. Aflora en Santa Cruz de Toledo y Ayambla. Conformando un espesor promedio de 250 m.



Fotografía 15. Discordancia angular entre las secuencias carbonatadas (1) del Albiano (Cretáceo inferior) que infrayacen a los depósitos piroclásticos de la secuencia Chilete-Ayambla (2). Ubicada en el camino de Contumazá a Chilete, cerca al poblado de Huertas.

5) Consiste en depósitos de flujos de pómez y cenizas, ricos en cristales, soldado, compuesto por cristales de plagioclasa, cuarzo (0.5 cm), anfíboles y biotitas alteradas; pómez blancas, fibrosas, alargadas, de 4 cm; fragmentos líticos de hasta 3 cm de tamaño (lávicos porfiríticos); y cristales de epidota como mineral de alteración. Cortados por varios diques y cuerpos subvolcánicos de composición andesítica. Sus afloramientos se localizan en inmediaciones del Cerro Rotambodón. Conforman un espesor de 85 m.

6) Hacia la base se distinguen depósitos de flujos de cenizas, grises, con dirección N 60° e inclinadas 12° al Oeste; en algunos sectores se alternan con niveles volcanoclásticos y lacustrinos en capas estratificadas, de colores rojo violáceos a gris verdosos, los cuales tienen una dirección N 5° y N 35° inclinadas 25° al SO, las cuales representarían un nuevo periodo de ausencia de volcanismo. En la parte media se observan flujos de cenizas de aspecto masivo intercalados con niveles lacustrinos y algunos niveles de sínter. El tope de la secuencia lo constituyen depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas de composición andesítica, intercalados con depósitos de flujos de pómez y cenizas, y niveles de flujos de ceniza andesíticos. Sus afloramientos se localizan entre el Cerro Rotambodón y el poblado de Chusuc. Tiene un espesor promedio de 250 m.

Aunque no se tienen dataciones radiométricas en el área de estudio, se le asigna una edad del Eoceno inferior por encontrarse sus depósitos deformados y rellenando una gran depresión generada probablemente por procesos erosivos en las secuencias Cretáceas. Afectados por lo tanto por la fase tectónica Inca II (tabla 6). Del mismo modo, se les puede correlacionar con los depósitos reconocidos en el poblado de Llama, los cuales reportan edades de 54.8 ± 1.8 y 44.2 ± 1.2 Ma (Noble et al., 1990).

EOCENO SUPERIOR

Centro volcánico San Lorenzo

Ubicado a 20 km al Sureste de Tembladera. Cuadrángulo de Chapén (15e) – cuadrante II. Coordenadas geográficas: 7° 25' S, 79° 01' O.

Sus afloramientos se localizan en el sector de San Lorenzo. Sobreyace a las rocas sedimentarias del Cretáceo inferior y está cortada por algunos cuerpos intrusivos Eocénicos. Se encuentra muy erosionado, habiendo sido edificado luego de tres eventos:

1) Su base se encuentra constituida por flujos de lava, de composición andesítica, porfiríticas, matriz afanítica con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y óxidos de Fe, en capas tabulares de 20 a 80 cm. Alcanzan un espesor promedio de 50 m.

2) Flujos piroclásticos de cenizas, gris verdosos, andesíticos, con líticos centimétricos, y fenocristales de plagioclasa, cuarzo y óxidos. También se observan niveles esporádicos de flujos de bloques y cenizas, porfiríticos con cristales de plagioclasa y anfíbol, con fragmentos líticos de hasta 10 cm, porfiríticos; los cuales tienen una inclinación de 20 al NE (fotografía 16). Están intruidos por cuerpos subvolcánicos andesíticos. Esta unidad muestra una ligera deformación. Tiene 600 m de espesor.



Fotografía 16. Depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, andesíticos, en capas medianas. Se observa una ligera inclinación de 20 a 25 al NE. Localizados en la quebrada San Lorenzo.

3) Depósitos de flujos de lavas, gris azulinas, andesíticas, con matriz afanítica y fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxenos, en capas medianas tabulares de 50 cm a 1 m de espesor. Tienen un espesor aproximado de 200 m.

En el sector central y hacia el este de la estructura volcánica se reconoce una zona de alteración hidrotermal silico-argílica, así como en el Cerro Lloque.

Secuencia Chuquimango

Ubicada en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante III. No ha sido posible establecer su fuente de procedencia, pero por los depósitos reconocidos parece corresponder a un centro volcánico localizado hacia el oeste de Contumazá. Sus depósitos hacia su base consisten en una secuencia volcanoclástica de 75 m, que evidencia una discontinuidad eruptiva en la región. Sobreyace en concordancia un flujo de lava andesítica aspecto tabular, muy alterado, cloritizado; el cual marca el inicio de la actividad efusiva del centro volcánico. Cubierto por depósitos de flujos piroclásticos de

pómez y cenizas, andesíticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol; pómez blancas, densas de hasta 3 cm de tamaño promedio. El tope está constituido por flujos piroclásticos de bloques y cenizas, andesíticos, fragmentos líticos porfíricos, monomícticos; y un flujo de lava andesítica. Sobreyace en ligera discordancia angular a los depósitos Chilete-Ayambla. Tiene un espesor de 450 m.

Secuencia La Conga

Ubicada en el cuadrángulo de Chepén (15e) – cuadrante I. Sus afloramientos se localizan al este del poblado de Carahuasi. Corresponden a una secuencia volcánica conformada por tres unidades:

1) La base corresponde a flujos de lava andesítica, porfírica, con fenocristales de plagioclasa, piroxeno y óxidos, dispuesta en capas tabulares medianas a gruesa, de aspecto masivo. Sobreyace en discordancia angular a la secuencia sedimentaria de las formaciones Inca y Chulec. Presenta una moderada deformación, con capas que tienen una inclinación de 15 a 20° al SE. Alcanza un espesor aproximado de 150 m.

2) Depósitos piroclásticos de bloques y cenizas, con una evidente alteración (silicificación); intercalado con flujos de ceniza, dacíticos, con fenocristales de plagioclasas, cuarzo y óxidos, en capas medianas de 1 a 10 m de espesor. Esta unidad está cortada por cuerpos subvolcánicos andesíticos. Su espesor promedio es 300 m.

3) La secuencia superior corresponde a depósitos piroclásticos de flujos de ceniza, dacíticas, de aspecto masivo, color gris blanquecino con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y fragmentos líticos centimétricos lávicos. Tiene un espesor de 150 m.

Secuencia Miraflores

Ubicada en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante IV. Se le reconoce hacia el Noreste de Quinden, extendiéndose cerca a San Miguel de Pallaques. Está formada por dos eventos eruptivos:

1) La base está constituida por flujos piroclásticos de cenizas, intercalados con depósitos volcanoclásticos, gris violáceos, los cuales están atravesados por muchas venillas de yeso, lo cual supondría que estaban depositados en una laguna de aguas muy someras; cubiertos por flujos piroclásticos de bloques y cenizas andesíticos, porfíricos, con cristales de plagioclasa y anfíbol, fragmentos líticos monomícticos; atravesados por diques andesíticos afaníticos y algunas venillas de cuarzo; hacia el tope se observan flujos de cenizas de composición dacítica, con cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo. Su espesor promedio es de 650 m.

2) Consiste en flujos piroclásticos de bloques y cenizas andesíticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol; cubiertos por flujos de cenizas con algunos fragmentos líticos oxidados, de tamaño milimétrico. Hacia la parte media se reconoce un flujo de lava andesítica, matriz afanítica y algunos cristales de plagioclasa y piroxeno; sobreyace un flujo de bloques y cenizas porfírico, andesítico. El tope consiste de una intercalación de flujos piroclásticos de cenizas, dacíticos, ricos en cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol; y flujos de bloques y cenizas gris violáceos. Tiene una dirección de N 140° y una inclinación de 35° al SO (fotografía 17). Su espesor promedio es de 300 m.

Se le asigna una probable edad del Eoceno superior, por sobreyacer en discordancia angular a las capas deformadas por la fase tectónica Inca II (tabla 6) e infrayacer a un secuencia piroclástica de 33.16 ± 0.21 Ma (Noble & Loayza, 2004).



Fotografía 17. Flujos piroclásticos de bloques y cenizas de la secuencia miraflores, que tienen una inclinación de 35° al SO (1). Sobreyacen en discordancia angular unos flujos de bloques y cenizas del centro volcánico Anchipan-Mutis (2). Localizados en qda. Honda, 8 km al SO de San Miguel.

Centro volcánico Catán

Ubicado a 12 km al Este de Contumazá. Cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante III. Coordenadas geográficas: 7° 17 ' S, 78° 57' O.

Este centro eruptivo comprende dos dinámicas eruptivas: Una inferior (Eoceno superior), la cual inicialmente representa una discontinuidad en la actividad eruptiva, para luego convertirse en efusiva; y una superior (Oligoceno), netamente explosiva, quizás y de acuerdo al volumen emitido corresponda a la formación de una caldera volcánica. De tal modo, que está constituido por cinco eventos, dos de edad Eocénica y tres del Oligoceno:

1) Consiste en depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas rico en fragmentos líticos. A la base presenta concentraciones de fragmentos líticos lávicos, de 3 cm de tamaño promedio, cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíboles; pómez blancas fibrosas que alcanzan hasta 16 cm de promedio; la parte media está constituida por depósitos piroclásticos de cenizas, de composición dacítica, con cristales fragmentados de plagioclasa y cuarzo, de tamaño milimétrico. La parte superior se intercala con niveles delgados de flujos de cenizas dacíticos, de color blanquecino. Su espesor es de 255 m.

2) Consiste en flujos de lava andesítica, afanítica, dispuesta en capas de 10 a 20 m, subhorizontales (fotografía 18). Algunos flujos están cloritizadas. Tienen matriz afanítica, con cristales de plagioclasa y anfíbol. Presenta un espesor promedio de 75 m.

OLIGOCENO

Centro volcánico Catán

La dinámica del centro volcánico es netamente explosiva durante el Oligoceno. Los depósitos de flujos de cenizas y pómez y cenizas conforman un volumen de 100 km³. Probablemente esta dinámica eruptiva corresponda a la formación de una caldera de

colapso gravitacional en el centro volcánico Catán. A continuación describiremos las tres unidades superiores restantes:



Fotografía 18. Afloramiento de flujos piroclásticos correspondientes al centro volcánico Catan. Consistentes en intercalaciones de flujos piroclásticos (1); cubiertos por flujos de lava andesítica porfirítica (2). Localizada en la quebrada Toma Nueva.

3) Afloran hacia su piedemonte norte, canalizándose en el paleorío Chilete, sobreyaciendo en discordancia erosional antiguos cauces labrados en la secuencia Chilete-Ayambla del Eoceno inferior (fotografía 19) y conformando elevaciones como los cerros El Sapo (El Salitre) y Pilloca (Llallán). Está constituido por depósitos de flujos piroclásticos de composición dácitica, color blanquecino. A la base se reconocen depósitos de flujos de pómez y cenizas con cristales pequeños de cuarzo, plagioclasa, anfíbol y en menor cantidad biotita; se presentan en capas masivas de 5 m de espesor promedio. Hacia la parte media los flujos piroclásticos de pómez y cenizas están soldados, *fiammes* y textura eutaxítica, tienen un aspecto laminar, con cristales de cuarzo, plagioclasa y anfíbol; con tamaños promedios de 0.8 cm. Hacia el tope se reconocen niveles laminares de flujos de ceniza de composición dácitica conteniendo cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíboles; además de pómez milimétricas soldadas. Conforman un espesor de 650 m.

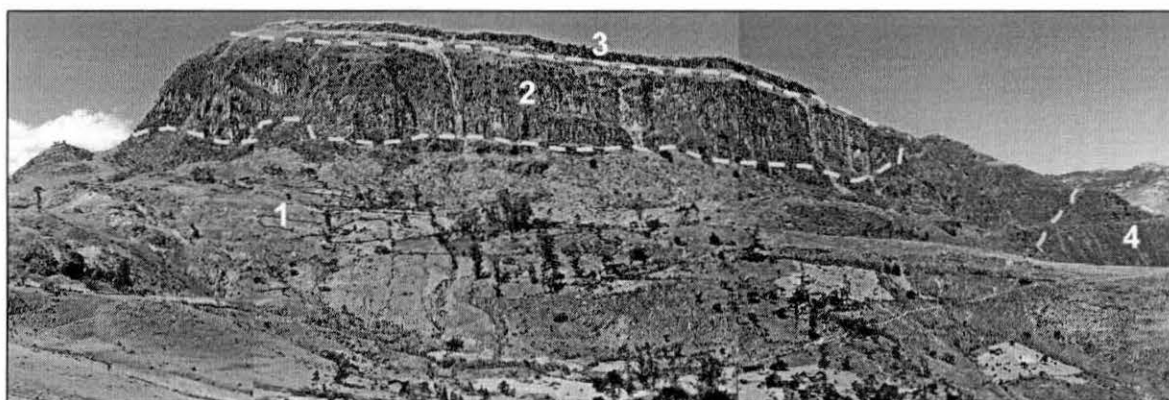
4) Consiste en depósitos de flujos piroclásticos, cuyos afloramientos localizados al Oeste, Este y Sur de la localidad de Catán sobreyacen en discordancia angular a la secuencia Chilete-Ayambla. La base de la secuencia está conformada por capas gruesas de 30 a 50 m de espesor, de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, riolíticos, soldados, con textura eutaxítica, y cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita. Las pómez son en promedio 3 cm a la base mientras que al tope alcanzan hasta 15 cm. El tamaño de los fragmentos líticos muestra una gradación inversa. Estos depósitos están en capas gruesas, masivas. El tope corresponde a flujos de pómez y cenizas, pardo rojizo, dicha coloración se debe a la liberación de calor del flujo de la base; poseen fragmentos líticos dentro de una matriz con cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita. Tiene un espesor de 340 m.

5) Consiste en flujos piroclásticos de pómez y cenizas, riolíticos, con cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y anfíbol; su tamaño promedio oscila entre 0.6 a 0.8 cm. Pómez blancas, densas, que en promedio miden 8 cm, alcanzando algunas hasta 15 cm.

Fragmentos líticos sub-angulosos, 15 cm en promedio, se han observado hasta de 25 cm. La secuencia tiene un espesor mínimo de 180 m (fotografía 20).



Fotografía 19. Afloramiento de flujos piroclásticos del centro volcánico Catan. Consisten en intercalaciones de flujos piroclásticos (1) conformando el Cerro Huajchen; sobreyacen a las secuencias Chilete-Ayambra del Eoceno inferior (2); las cuales están cubiertas por los depósitos piroclásticos de las secuencias Miraflores (3) y El Suro. Localizada en la quebrada Monte Alegre.



Fotografía 20. Afloramientos de los flujos piroclásticos de pómez y cenizas que representan los tres eventos explosivos (1 a 3) del centro volcánico Catán. Sobreyacen en discordancia angular a los depósitos Chilete - Ayambra (4). Localizados en Canusán (Cerro Lima Pampa).

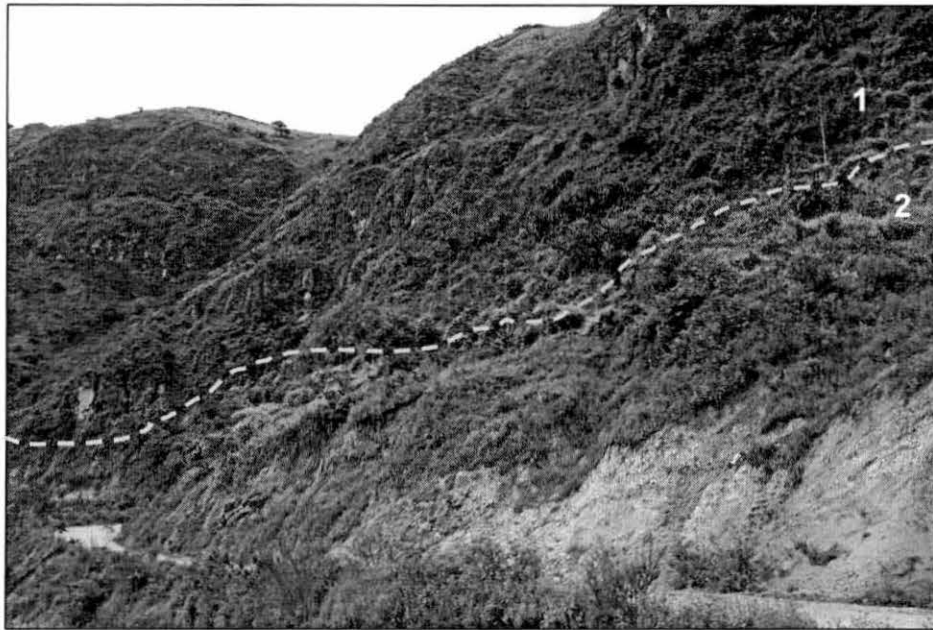
En algunos sectores, cubriendo a los flujos piroclásticos se reconocen algunos depósitos volcanoclásticos, los cuales sugieren un periodo de inactividad volcánica en la zona.

Secuencia El Suro

Se localiza en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante IV. Consisten esencialmente en depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris amarillentos, de composición riolítica, ricos en cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol; algunos de los cuales están soldados, muestran esferulitos y lapilli acrecional,

evidenciando interacción con un medio acuoso. Tiene poco contenido de fragmentos líticos lávicos. Presenta una leve deformación con una ligera inclinación de 5 a 10° al NE. En la quebrada el Tunel sobreyace a la secuencia Miraflores, mientras que al oeste sobreyace a la secuencia La Conga. Tienen un espesor de 350 m.

Noble & Loayza (2004) reportan una edad de 33.16 ± 0.21 Ma para estos depósitos localizados en el camino que conduce a San Miguel, cerca al poblado de Sangal (fotografía 21). Por esta razón se le asigna una edad del Oligoceno inferior.



Fotografía 21. Afloramientos subhorizontales de la Secuencia El Suro (1) que sobreyacen en discordancia angular a los depósitos Chilete-Ayambra (2), los cuales tienen una dirección N 150° y una inclinación de 50° al NE.

Complejo de domos Cruz Grande

Se localiza en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante III. Conformado por domos porfíricos, de composición andesítica, con cristales de plagioclasa y anfíbol. Cortan toda la secuencia piroclástica del centro volcánico Catán y representan el estadio culminante de la actividad eruptiva. Quizás estén relacionados a la resurgencia de la probable caldera mencionada anteriormente debido a que existe un flujo de lava asociado con su emplazamiento. Estos domos han sufrido explosiones debido a su crecimiento, depositando varios flujos piroclásticos, los cuales han rellenado las paleoquebradas formadas en los depósitos Catán. De modo tal que está conformado por dos eventos:

1) Consiste en depósitos de flujos piroclásticos de cenizas (fotografía 22), gris amarillento; matriz fina en la cual sobresalen cristales rotos de plagioclasas y anfíboles, de tamaños milimétricos; y fragmentos líticos. Hacia el tope de esta secuencia se observa un depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas, de composición andesítica, con bloques de hasta 50 cm de tamaño. Conforman un espesor de 85 m.

2) Conformado por flujos de lavas andesítica, matriz afanítica, con cristales de plagioclasa y piroxenos, y clorita como mineral de alteración. Están dispuestas en capas de 10 a 15 m, subhorizontales. Su espesor promedio es de 350 m. Estos flujos de lava estarían asociados quizás con una probable resurgencia de la probable caldera Catán.



Fotografía 22. Afloramientos subhorizontales del complejo de domos Cruz Grande flujos piroclásticos andesíticos (1) sobreyace concordante un nivel de flujo de la va de la misma secuencia (2) toda esta secuencia descanza en concordancia sobre la secuencia Catán.

Complejo de domos Virontón

Ubicado en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante III. Secuencia que aflora entre las localidades de Virontón, al SO del centro volcánico Catán. Al igual que Cruz Grande, se encuentra involucrado con la formación y posterior resurgencia de la probable caldera Catán. Sus depósitos los constituyen domos volcánicos andesíticos, porfíricos, con cristales de plagioclasa y anfíbol, y flujos piroclásticos de bloques y cenizas, ocasionados por la explosión y/o colapso gravitacional de dichos domos. Sus depósitos sobreyacen en discordancia angular a las unidades sedimentarias Cretácicas y en discordancia erosional, rellenando paleoquebradas, a la secuencias Chilete Ayambra.

Estos flujos de bloques y cenizas, son gris violáceos, con fragmentos líticos porfíricos, monomícticos, algunos miden hasta 20 cm. Hacia el tope, se encuentra cubierto por un flujo de cenizas andesítico, gris violáceo, matriz fina, con capas de 10 a 20 cm de grosor. Conforman un espesor máximo de 205 m.

Secuencia San Pablo

Se localiza en el cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante IV. Constituida por intercalaciones de depósitos volcanoclásticos, gris violáceos, lahares, con fragmentos volcánicos subredondeados a subangulosos; capas de calizas (fotografía 23) de grano medio; se intercala un flujo piroclástico de cenizas andesítico, con cristales de plagioclasa principalmente. Tienen una dirección N 120° y una inclinación de 25° al NE. Esta secuencia representa una discontinuidad en la actividad eruptiva. Su espesor es 170 m. Se le asigna una edad Oligocénica, por sobreyacer concordantemente a los depósitos de la Secuencia El Suro.

Complejo volcánico Anchipan – Mutis

Ubicado a 14 km al Oeste de San Miguel de Pallaques. Cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante IV. Coordenadas geográficas: 7° 00' S, 78° 56' O. Corresponde a un centro volcánico erosionado, que ha originado diferentes productos volcánicos, culminando su

actividad con el emplazamiento de un complejo de domos andesíticos. Sus depósitos sobreyacen hacia su piedemonte sur a las secuencias piroclásticas del El Suro y Miraflores. Hacia el norte aún no se ha realizado el estudio, sin embargo es probable que infrayacen a los depósitos de la caldera La Zanja y del centro volcánico Chicche.



Fotografía 23. Depósitos de la secuencia San Pablo, consistentes en volcanoclásticos gris violáceos, se intercala una capa de caliza (martillo) de grano medio. Reconocidos en Cuñish.

Se han establecido tres eventos eruptivos que han formado este complejo volcánico:

1) A la base se reconoce un flujo piroclástico de cenizas, gris blanquecino, con cristales de plagioclasa y poco cuarzo, y pocos fragmentos líticos andesíticos. Cubiertos por flujos de cenizas andesíticos, gris violáceos, con cristales de plagioclasas. Sobreyacen depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas; gris claros; con cristales de plagioclasa y poco cuarzo; pómez densas y alargadas; y fragmentos líticos lávicos: porfiríticos y afaníticos. Conforman un espesor de 150 m (fotografía 24).

2) Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris amarillentos y gris violáceos; cristales de plagioclasa y cuarzo (algunos tienen tamaños de 0.6 cm); pómez fibrosas, densas, blanquecinas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos y afaníticos, y oxidados. En capas de 5 a 8 m. Tienen un espesor de 220 m.

3) Intercalaciones de flujos de bloques y cenizas, debido a la explosión y colapso gravitacional de domos volcánicos, que probablemente corresponden a la última actividad del complejo eruptivo. Son de coloraciones gris claras a verdosas, porfiríticos; muchos cristales de plagioclasa, anfíbol y poco cuarzo; los fragmentos líticos varían su tamaño y su abundancia, de acuerdo a su proximidad o alejamiento de su fuente de origen. En algunos lugares, se intercalan unas oleadas piroclásticas, con cristales muy finos de plagioclasa, anfíbol y cuarzo; y unas probables caídas plinianas. Así mismo, están cortados por cuerpos intrusivos dioríticos, equigranulares, los mismos que están alineados de SO a NE. Conforman un espesor de 250 m.



Fotografía 24. Flujos piroclásticos del Complejo volcánico Anchipan-Mutis (1) que sobreyacen rellenando una paleoquebrada labrada en la secuencia El Suro (2). Localizados en el río Pencayo.

Centro volcánico Chicche

Localizado a 20 km al Noreste de San Miguel de Pallaques. Cuadrángulo de Chota (14f) – cuadrante III. Coordenadas geográficas: 6° 55' S, 78° 50' O. Sus afloramientos corresponden a un centro volcánico asociado con la mineralización de Sipán (Candiotti & Guerrero, 1999). Los afloramientos reconocidos y cartografiados en el área de estudios, consisten en flujos piroclásticos de pómez y cenizas, de composición riolítica; cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez blancas, densas y fibrosas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos y afaníticos (fotografía 25). Sobreyace una intercalación de flujos piroclásticos dacíticos, gris claros, con cristales de plagioclasa y cuarzo, pómez densas y ausencia de fragmentos líticos.

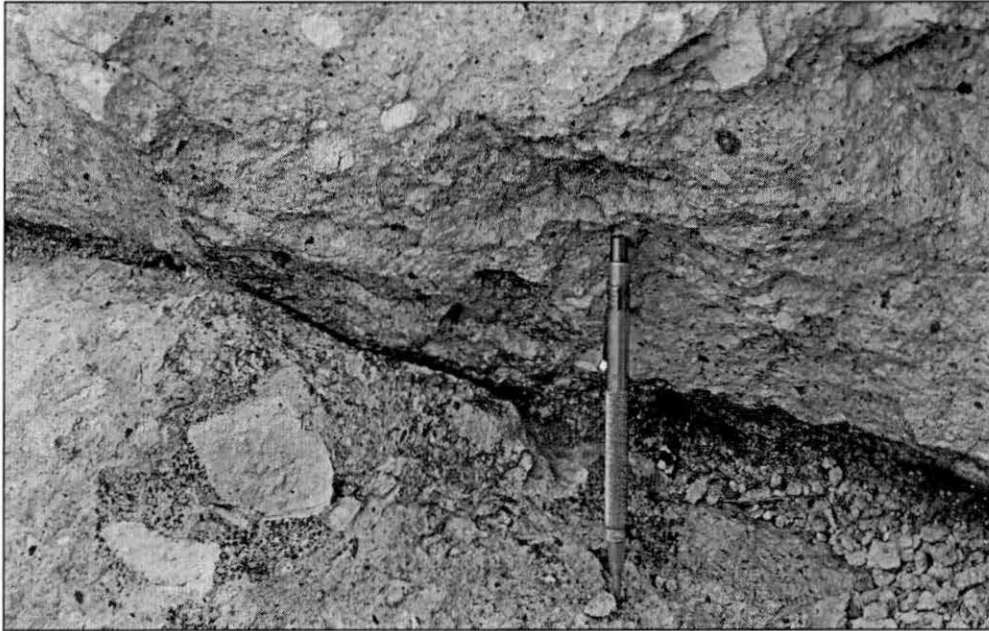
Centro volcánico Huayquisongo

Se localiza a 12 km al Noreste de San Pablo. Cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrantes I y IV. Coordenadas geográficas: 7° 04' S, 78° 45' O. Sus afloramientos consisten en intercalaciones de flujos piroclásticos y flujos de lava, según los cuales se ha podido establecer siete eventos eruptivos:

1) Intercalaciones de flujos piroclásticos de cenizas gris verdosos, con cristales de plagioclasa y cuarzo. Flujos de bloques y cenizas, gris violáceos, con plagioclasa y poco cuarzo y mucha clorita como alteración, fragmentos líticos lávicos: afaníticos y porfiríticos. Flujos de lava andesítica, gris verdosa, cristales de plagioclasa y piroxeno, mucho óxido en fracturas. Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris verdosos, andesíticos, cristales de plagioclasa y anfíbol, fragmentos líticos porfiríticos. Al tope un flujo de cenizas, gris verdoso; con cristales de plagioclasa, anfíbol y poco cuarzo; y fragmentos líticos lávicos: afaníticos y porfiríticos. Conforman un espesor de 375 m.

2) A la base se consiste en flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecino, soldado, con textura eutaxítica (fotografía 26), de composición riolítica, rico en cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez blancas, densas y alargadas (fiammes); fragmentos líticos, lávicos: afaníticos y porfiríticos. El tope está constituido por un flujo

piroclástico de pómez y cenizas, gris verdoso; de composición riolítica, rico en cristales; pómez densas; fragmentos líticos lávicos. Su espesor es de 350 m.



Fotografía 25. Detalle de flujo piroclástico de pómez y cenizas, gris blanquecino, de composición riolítica. Pómez densas, blancas, de 3.5 cm de tamaño promedio, con cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita. Fragmentos líticos porfíricos, de 2 cm. Localizado en el Cerro La Cruz, camino al caserío de Chaupiloma.



Fotografía 26. Detalle de flujo piroclástico de pómez y cenizas, gris blanquecino, de composición riolítica, donde se aprecian la textura eutaxítica, que define a un flujo soldado. Las pómez son fibrosas y alargadas, de 3.5 cm de tamaño promedio. Localizado en San Francisco del Monte, al norte de San Pablo.

3) Flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecino, de composición dacítica, con cristales de plagioclasa y poco cuarzo; pómez blancas y densas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos. Tienen un espesor de 340 m.

4) A la base consiste en un depósito de flujos de bloques y cenizas, porfiríticos, gris verdoso; fragmentos líticos monomícíticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol, algunos fragmentos son afaníticos. Este evento sugiere la explosión de algún domo volcánico originado en el cuello volcánico. Sobreyace un flujo de lava, porfirítico, gris azulino, con cristales de plagioclasa y piroxeno, tiene mucha pirita diseminada; este evento atestiguaría un nuevo ciclo eruptivo, producido luego de la apertura del cráter tras la explosión del domo anterior. Conforman un espesor de 190 m.

5) Intercalaciones de flujos piroclásticos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecino, de composición riolítica, mucho contenido de cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez densas; fragmentos líticos lávicos: afaníticos. Sobreyace un flujo de pómez y cenizas, soldado, con textura eutaxítica, de composición dacítica, cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez fibrosas, alargadas; fragmentos líticos lávicos: afaníticos y oxidados. Al tope, se reconocen flujos de lava andesítica, gris azulina, afanítica, con cristales de plagioclasa y piroxeno. Su espesor promedio es de 205 m.

6) Evento caracterizado por la depositación de flujos piroclásticos de cenizas, gris violáceos, de composición andesítica, cristales de plagioclasa y anfíbol. Hacia la base el depósito tiene pocos fragmentos líticos lávicos: afaníticos; así como algunas pómez densas. Tienen un espesor de 150 m.

7) La actividad en el centro volcánico culmina con el emplazamiento y destrucción de domos de composición andesítica, porfiríticos, de coloración gris verdosa; con fragmentos líticos porfiríticos, monomícíticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol. Conforman un espesor de 125 m.

Centro volcánico Chuño - Chinchin

Se localiza a 14 km al Sureste de Contumazá. Cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante II. Coordenadas geográficas: 7° 25' S, 78° 42' O. Sus depósitos sobreyacen en discordancia angular a las capas silicoclásticas del Cretáceo inferior. Reyes (1980) consideró como parte del volcanismo Calipuy a unos depósitos que corresponden a las capas rojas del Cretáceo superior – Paleogeno. Estos depósitos continentales se encuentran cortados por varios cuerpos subvolcánicos e intrusivos. Los afloramientos del centro volcánico consisten en intercalaciones de flujos piroclásticos y flujos de lava, estableciendo seis eventos eruptivos:

1) Intercalaciones de flujos de lava, de coloraciones gris verdosa, matriz afanítica, cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. Se encuentran en capas tabulares. Los niveles que están intruidos por un cuerpo intrusivo, diorítico, tienen venillas de pirita. Conforman un espesor de 200 m.

2) Afloramientos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris blanquecino a gris verdoso, porfiríticos, con cristales de plagioclasa y anfíbol; fragmentos líticos porfiríticos, monomícíticos. Se encuentran rellenando una paleoquebrada labrada en las lavas anteriores. Su espesor es de 100 m.

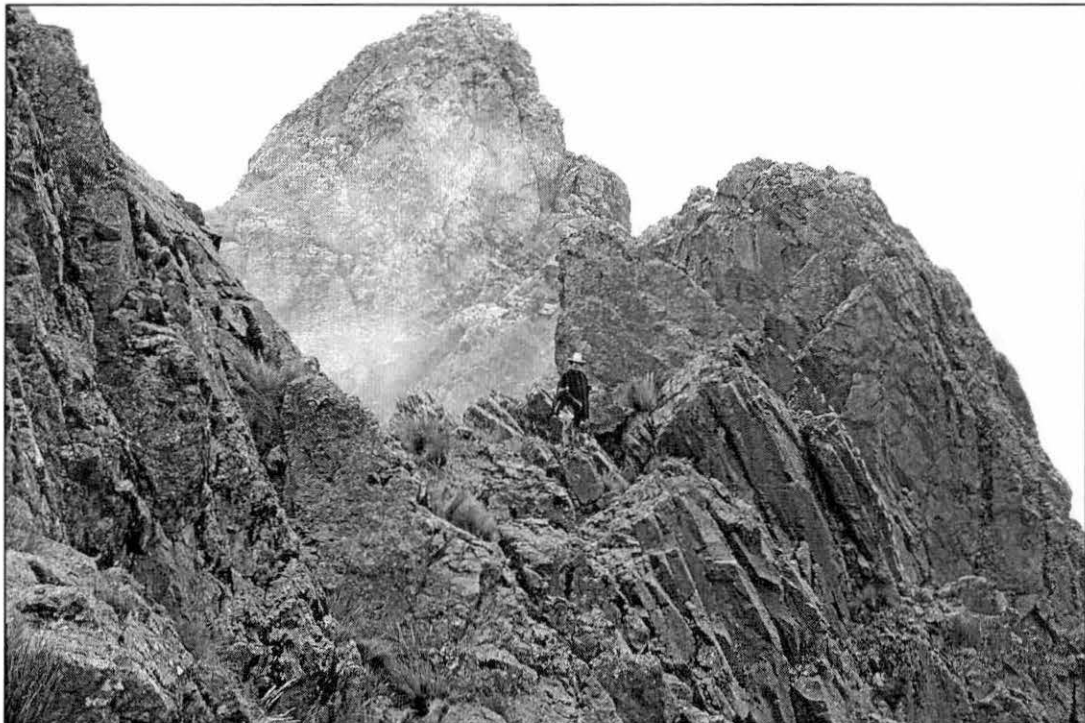
3) Flujos piroclásticos de pómez y cenizas, de coloración gris azulina, de composición dacítica, con cristales de plagioclasa, poco cuarzo y biotita; pómez escasas, densas y alargadas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos. Hacia la base se hace más ricos en

cristales de cuarzo y disminuye la presencia de fragmentos líticos. Tienen un espesor de 360 m.

4) La dinámica eruptiva anterior culmina con el emplazamiento de domos en la cumbre, los cuales al explotar depositan flujos piroclásticos de bloques y cenizas, de coloraciones gris verdosas, porfiríticas; con fragmentos líticos monomícticos, cristales de plagioclasa, anfíbol y un poco de cuarzo; algunos de los cuales son afaníticos. Conforman un espesor de 160 m.

5) Consisten en la emisión de flujos de lava andesítica, de coloración gris verdosa, porfirítica, con cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. En capas tabulares de 15 a 20 m. Su espesor es de 90 m.

6) La actividad del centro volcánico culmina con el emplazamiento y destrucción de domos andesíticos (fotografía 27). Estos han generado flujos piroclásticos de bloques y cenizas porfiríticos, con fragmentos líticos monomícticos, cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. Tienen un espesor de 120 m.



Fotografía 27. Afloramiento de domo andesítico, localizado en la cumbre del centro volcánico Chuño – Chinchin. Se puede observar la textura *flow banding* característica de estos depósitos. Se ubica en el cerro Chinchin.

Centro volcánico Rumiorcco

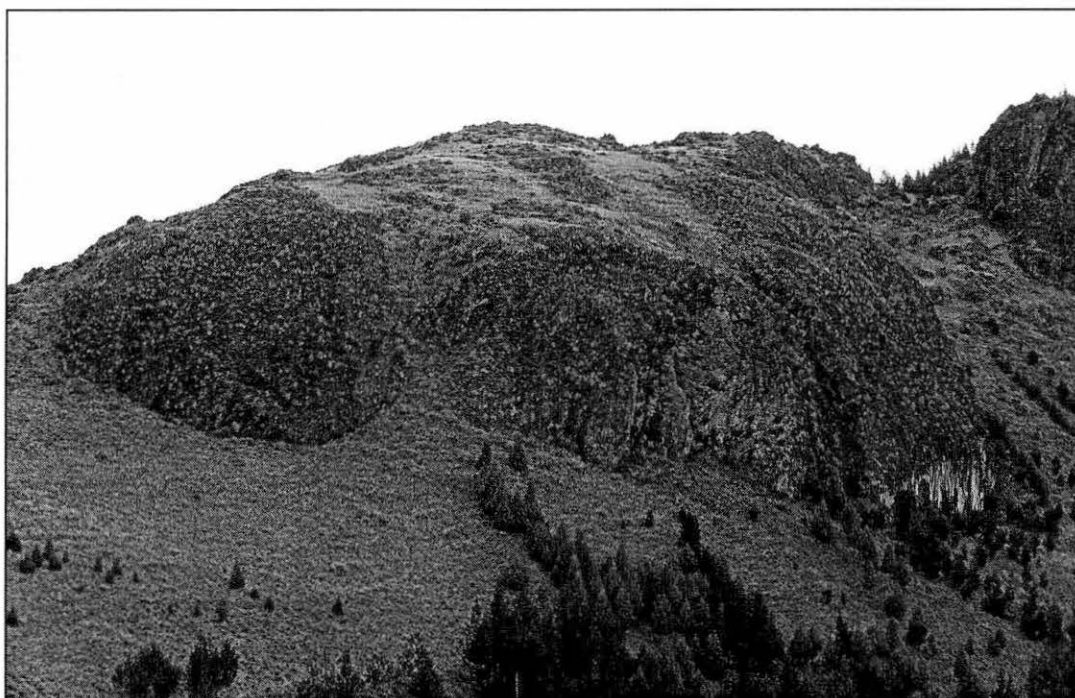
Se localiza a 11 km al Suroeste de Cajamarca. Cuadrángulo de Cajamarca (15f) – cuadrante I. Coordenadas geográficas: 7° 12' S, 78° 37' O. Se encuentra muy erosionado y al parecer fue destruido por las explosiones de los domos de la cumbre que afloran. Sus depósitos sobreyacen en discordancia angular a las capas carbonatadas del Cretáceo superior. Sus afloramientos del centro volcánico han sido depositados luego de cuatro eventos eruptivos:

1) A la base se reconoce un flujo de lava, de composición andesítica, gris verdosa a azulina, con matriz afanítica y cristales de plagioclasa y piroxeno; conformando capas de 5 a 15 m. Sobreyace un flujo piroclásticos de bloques y cenizas, gris oscuro, porfirítico, con cristales de plagioclasa y anfíbol; los fragmentos líticos son monomícticos y porfiríticos, en capas de 40 a 50 m. Conforman un espesor de 270 m.

2) Sobreyacen dos flujos piroclásticos de pómez y cenizas. El inferior es gris amarillento, de composición riolítica; rico en cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y ocasionales anfíboles; pómez densas y fragmentos líticos lávicos: porfiríticos y afaníticos oxidados. Sobreyace un flujo de pómez y cenizas gris blanquecino, riolítico, con mucho cristal de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez densas y algunas fibrosas, no tiene fragmentos líticos. Se localizan hacia el flanco oeste del centro volcánico. Su espesor es de 230 m.

3) Conformada por flujos piroclásticos de pómez y cenizas de composición riolítica. A la base son de coloración blanquecina amarillenta, ricos en cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y anfíbol; pómez densas, y fragmentos líticos lávicos porfiríticos. Hacia el medio, son gris amarillentos, ricos en cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez en menor cantidad y ausencia de fragmentos líticos. El tope consiste es de coloración gris blanquecina, rico en cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol; pómez densas y fragmentos líticos lávicos: afaníticos y oxidados; esta unidad corresponde al denominado "Bosque de Piedras" de Cumbemayo. Conforman un espesor de 400 m. Se les localiza hacia el flanco Noreste del centro volcánico.

4) La actividad eruptiva finaliza con el emplazamiento y destrucción de domos volcánicos (fotografía 28), los cuales parecen haber destrozado el centro volcánico, no se descarta el colapso gravitacional de un flanco del edificio generando una avalancha de escombros. Sin embargo los depósitos reconocidos en los alrededores corresponden a flujos de bloques y cenizas, gris violáceo, con fragmentos líticos andesíticos, monomícticos y porfiríticos; cristales de plagioclasa y anfíbol. Conforman un espesor de 150 m.



Fotografía 28. Afloramiento de domo andesítico, localizado en la cumbre del centro volcánico Rumiorcco. Se puede observar la textura *flow banding* hacia el lado derecho.

MIOCENO INFERIOR

Complejo volcánico Yanacocha

Se localiza a 20 km al Norte de Cajamarca. Cuadrángulo de Chota (14f) – cuadrante II. Coordenadas geográficas: 6° 56' S, 78° 30' O. Está conformado por al menos cuatro centros volcánicos en diferentes períodos eruptivos a través del Mioceno. Por esta razón, se han agrupado los diferentes depósitos en secuencias volcánicas asociadas a dichos centros de emisión:

Secuencia Tual – Puruay

Se localiza hacia el suroeste del complejo volcánico, está conformada por tres depósitos:

1) Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris blanquecinos, porfiríticos, con cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol; fragmentos líticos porfiríticos y monomícticos, con similar mineralogía. Se intercalan algunas secuencias volcanoclásticas gris violáceas y ocasionales flujos de lava andesítica porfirítica, con cristales de plagioclasa y piroxeno. Sobreyacen en discordancia angular a las capas silico-clásticas del Cretáceo inferior y presentan una inclinación hacia el SO. Tienen un espesor de 145 m.

2) Flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecino a rosáceos, de composición riolítica, ricos en cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez densas y fibrosas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos (fotografía 29). Se intercalan flujos de bloques y cenizas gris verdosos, con fragmentos líticos andesíticos, cristales de plagioclasa y anfíbol. Su espesor promedio es de 250 m. Tiene una edad de 19.53 ± 0.13 Ma (Longo, 2005).



Fotografía 29. Detalle del afloramiento de un flujo piroclástico de pómez y cenizas, rico en cristales, pómez densas y fibrosas (~3 cm), y fragmentos líticos porfiríticos (~4 cm). Localizado en el río Puruay, al norte de Cajamarca.

3) Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris verdosos, de composición dacítica; fragmentos líticos, monomícticos y porfiríticos, con cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol; algunos fragmentos tienen tamaños de 50 cm. Tienen un espesor de 240 m.

Secuencia Combayo

Sus depósitos se localizan hacia el Noreste del complejo volcánico. Sin embargo, en el poblado se Combayo, se ha reconocido unos flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris verdosos, de composición dacítica, con cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; fragmentos líticos porfiríticos, monomícticos. Se encuentran cubiertos por los depósitos piroclásticos de la Secuencia San José. Conforman un espesor de 110 m. Tienen una edad de 15.50 ± 0.06 Ma (Longo, 2005).

Secuencia Yanacochoa

Corresponde a la segunda etapa eruptiva, que origino un nuevo centro eruptivo. Sus depósitos se localizan hacia el flanco SO del complejo volcánico. Esta conformada por tres depósitos:

1) Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, de coloración gris blanquecina y verdosa, de composición dacítica; con cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol; fragmentos líticos monomícticos, lávicos: porfiríticos (fotografía 30). Su espesor aproximado es de 160 m. Tiene una edad de 15.41 ± 0.36 Ma (Longo, 2005).



Fotografía 30. Flujo piroclástico de bloques y cenizas, en su facie proximal. Se observa un fragmento lítico que tiene un tamaño de 1.8 m de diámetro, que muestra aristas y fractura prismática concava. Ubicado en el río Grande, al norte de Cajamarca.

2) Flujos de lava andesítica, gris azulina a verdosa, matriz afanítica, con cristales de plagioclasa y piroxeno y mucha clorita en la matriz. Se deposita en capas de 20 a 25 m. Conforman un espesor de 90 m. Tiene una edad de 14.52 ± 0.13 Ma (Longo, 2005).

3) La actividad culmina con el emplazamiento de varios domos volcánicos localizados al Oeste del complejo, conformando los cerros Atazaico y Buenos Días. Los cuales al colapsar y explosionar, han generado depósitos de flujos piroclásticos de bloques y

cenizas, gris verdosos, andesíticos hacia la base (cristales de plagioclasa y anfíbol) y dacíticos al tope (plagioclasa, cuarzo, anfíbol); con fragmentos líticos porfiríticos, monomícticos. Su espesor es aproximadamente de 210 m. Tienen una edad de 14.21 ± 0.16 Ma (Longo, 2005).

MIOCENO SUPERIOR

Complejo volcánico Yanacocha

Secuencia San José

Corresponden a secuencias de un dinamismo explosivo, propio del emplazamiento de una probable caldera. Se encuentran rellenando una depresión ubicada hacia el Noreste de Cajamarca, limitada al sur por las secuencias carbonatadas del Cretáceo superior, y al Noroeste por los depósitos volcánicos de la secuencia Yanacocha; ocasionando un apilamiento de flujos piroclásticos de 800 m de espesor. De esta manera, se han distinguido cuatro depósitos volcánicos:

1) Flujo piroclástico de pómez y cenizas, gris blanquecino amarillento, de composición riolítica, rico en cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita; pómez blancas, densas; fragmentos líticos lávicos: afaníticos y porfiríticos. Su espesor es de 250 m. Tiene una edad de 11.4 ± 0.6 Ma (Noble et al., 1990).

2) Flujo piroclástico de pómez y cenizas, gris blanquecino, riolítico, rico en cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita; pómez blancas, densas, con la misma mineralogía, fragmentos líticos lávicos: porfiríticos. Tiene un espesor aproximado de 350 m.

3) Flujo piroclástico de pómez y cenizas, gris claro a gris rosáceo, riolítico, rico en cristales de plagioclasa, biotita, cuarzo y anfíbol; pómez grises, densas, algo alargadas; fragmentos líticos lávicos: porfiríticos y afaníticos. Su espesor es de 240 m. Tiene una edad de 11.29 ± 0.15 Ma (Longo, 2005).

4) Intercalaciones de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, dacíticos, gris verdosos, porfiríticos, con cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo; fragmentos líticos porfiríticos y monomícticos. Hacia el tope se reconocen algunos niveles de flujos de cenizas, riolíticos, con cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita. Conforman un espesor aproximado de 190 m. Su edad oscilan entre 11.25 ± 0.07 y 11.22 ± 0.08 Ma (Longo, 2005).

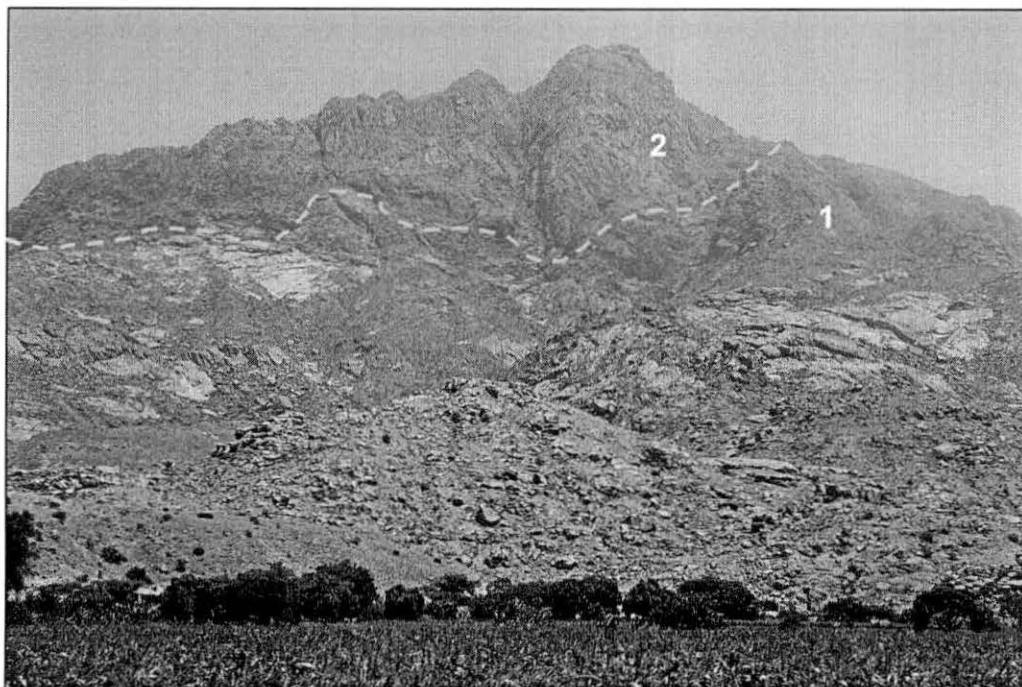
En la región de Cajamarca, estos depósitos marcan la conclusión de la actividad eruptiva, sin embargo se conoce que hacia el Noreste, afloran complejos de domos dacíticos son sus respectivos flujos piroclásticos asociados, cuyas edades están comprendidas entre los 10.78 ± 0.05 y 8.43 ± 0.04 Ma (Longo, 2005).

4. ROCAS INTRUSIVAS

4.1. BATOLITO DE LA COSTA

Rocas intrusivas del Batolito de la Costa afloran en el Sector Oeste del área de estudio y forman parte del basamento del volcanismo Cenozoico. Estas rocas corresponden a dioritas, monzonitas, granodioritas, tonalitas y adamelitas (Wilson, 1984), emplazadas probablemente a partir de los 101 Ma (Pitcher, 1985). Estas rocas cortan secuencias sedimentarias del Jurásico y Cretácico. Los magmas del batolito de la Costa provinieron probablemente del manto (Atherton & Sanderson, 1985).

En el cuadrángulo de Chepén, formando cuerpos aislados y alargados de 10 a 20 km de largo y de 5 a 10 km de ancho se han reconocido granodioritas y tonalitas holocristalinas, de grano euhedral medio a grueso, que se encuentran cubiertos por los depósitos piroclásticos de la secuencia Talambo.



Fotografía 31. Afloramiento de granodioritas pertenecientes al Batolito de la Costa (1), las cuales presentan una superficie de erosión, siendo cubiertas por depósitos de un flujo piroclástico de cenizas perteneciente a la secuencia Talambo (2). Localizado en el caserío de Ventanillas, al suroeste de Tembladera.

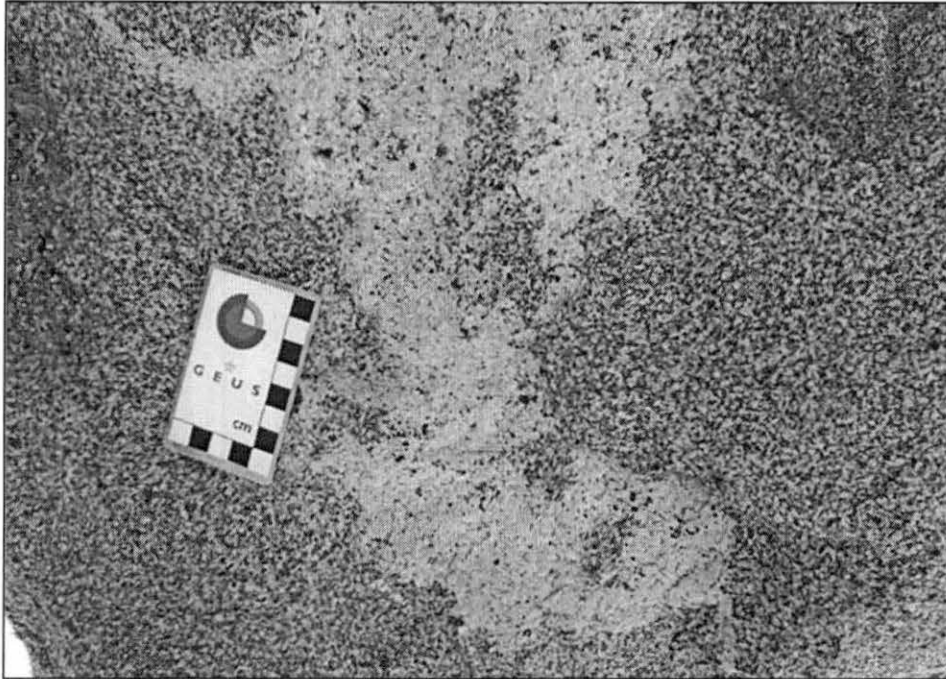
4.2. STOCKS Y SUBVOLCÁNICOS

En diversos sectores del área de estudio afloran cuerpos intrusivos menores, que cortan a las secuencias volcánicas. Son de composiciones dioríticas, holocristalinos y de grano medio a fino. Sus dimensiones oscilan entre 0.5 a 7 km de diámetro.

En la zona comprendida entre El Prado y San Miguel de Pallaques se reconocen afloramientos de dioritas, mesocratas, holocristalinas, de grano medio. Estos depósitos se muestran alineados de SO a NE.

En la zona comprendida entre Chuquimango y Culleros, aflora un cuerpo diorítico, con dimensiones de 7 km de diámetro. Hacia la zona interna parece que hay una cristalización fraccionada, debido al paso gradual de tonalita hasta granodiorita en la parte central. Del mismo modo en ciertas zonas se observa una mezcla de magmas (fotografía 32). Es importante mencionar que el cuerpo intrusivo está cortado por muchos diques andesíticos y dacíticos; también ha sido intruído por varios cuerpos subvolcánicos, de diferentes tamaños que van desde 300 metros a más 1 km.

Hacia la zona Este del área de estudios, entre Encañada y Michiquillay se reconocen dioritas, equigranulares, holocristalinas; las cuales tienen edades de 20.6 ± 0.14 y 21.3 ± 0.8 Ma (Davies, 2002).



Fotografía 32. Afloramiento de cuerpo intrusivo tonalítico en el cual se observa la mezcla de magmas. Localizado camino al cerro Tantarica, al noroeste de Contumazá.

En el área de estudio afloran varios cuerpos subvolcánicos de naturaleza andesítica, los cuales intruyen a las rocas sedimentarias mesozoicas y volcánicas del Cenozoico. En general afloran a lo largo de lineamientos. Las dimensiones de los cuerpos son variables, tienen diámetros de 0.1 a 3 km. Tienen textura porfírica, con cristales de plagioclasa, anfíbol y ocasionalmente cuarzo.

En la zona de Guzman, al oeste de Contumazá, aflora un cuerpo subvolcánico de composición andesítica (fotografía 33) que corta a secuencias volcánicas.



Fotografía 33. Afloramiento de subvolcánico andesítico (1) que corta a los depósitos piroclásticos del centro volcánico Catán (2). Ubicado en el cerro Orcón, al noroeste de Contumazá.

Del mismo modo, en la zona del Complejo volcánico Yanacocha, se reconocen varios cuerpos subvolcánicos, los cuales al parecer están relacionados con las diferentes etapas de magmatismo que originó el volcanismo en esta región.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El campo volcánico del volcanismo Cenozoico tiene mayor amplitud, en comparación con la zona de Cajamarca y Ancash. Esto además no sólo es una representación de extensión, sino también en edad, debido a que sus depósitos marcan un periodo intermitente de actividad entre el Eoceno inferior al Mioceno superior.

Se han establecido por lo menos cinco etapas de volcanismo, en base a dataciones radiométricas recopiladas y a discordancias angulares y erosivas: Eoceno inferior (54 – 43 Ma), Eoceno superior (43 – 33 Ma), Oligoceno (33 – 24 Ma), Mioceno inferior (24 – 12 Ma) y Mioceno superior (12 – 8 Ma). Los hiatos volcánicos han servido para diferenciar una actividad eruptiva, independiente para cada centro de emisión.

Estas etapas de volcanismo han permitido la formación de diez centros volcánicos, y numerosas secuencias volcánicas, de las cuales no se ha podido establecer su fuente de emisión, debido a que se encuentran cubiertos por los depósitos más jóvenes.

Macroscópicamente se pone en evidencia que la composición de los diferentes productos volcánicos varían desde un polo básico a ácido, no existiendo variaciones significativas, sugiriendo la sucesión de ciclos magmáticos totalmente independientes.

Se está llevando a cabo el estudio petrográfico, mineralógico y geoquímico de las muestras recolectadas, para determinar los procesos petrogenéticos responsables de la evolución química de lavas y piroclastos del Volcanismo Cenozoico en la zona de Cajamarca.

Del mismo, se concluirá el estudio y se establecerá la relación con la mineralización aurífera reconocida en la región de Cajamarca, luego de los trabajos a realizar en el año 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- Atherton, M., Sanderson, L. (1985). The chemical variation and evolution of the superunits of the segmented Coastal Batholith. *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*, Glasgow, 208 - 227
- Benavides, V. (1999). Orogenic evolution of the Peruvian Andes: The Andean cycle. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 7, 61 – 107
- Candiotti, H., Guerrero, T. (1999). Yacimiento Sipán: exploración, características geológicas, mineralógicas y geoquímicas. *I Pro Explo, Conferences*, 27 – 36
- Cobbing, E. (1981). Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte del Perú. *INGEMMET, Boletín* 10, serie D, 260 p.
- Cossio N.A., (1964). Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *INGEMMET, Boletín* N° 8, serie A, 69 p.
- Davies, C. (2002). Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, Northern Peru. *Ph. D. Thesis*, James Cook University, Australia, 323 p.
- Farrar, E.; Noble, D. (1976). Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 1247 - 1250.
- Frutos J. (1981). Andean tectonics as a consequence of seafloor spreading. *Tectonophysics*, 72, 21 – 32
- Hollister, V., Sirvas, E. (1978). The Calipuy Formation of northern Peru and its relation to volcanism in the northern Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 4, 89 – 98
- 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
- Loayza, C. (2002). Geologic Study of Cerro Yanacocha Gold-Silver Deposit, Yanacocha District, Northern Peru. *Ms. Sc. Thesis*, University of Nevada, Reno, U.S.A., 94 p.
- Longo, A. (2005). Evolution of volcanism and hydrothermal activity in the Yanacocha mining district, Northern Perú. *Ph.D. Thesis*, Oregon State University, U.S.A., 469 p.
- Llosa, F., Georgel, J., Veliz, J. (1999). Los pórfidos Au-Cu de Minas Conga. *I Pro Explo, Conferences*, 177 - 196
- McKee, E., Noble, D. (1982). Miocene volcanism and deformation in the Western Cordillera and High plateaus of south-central Perú. *Geological Society of America Bulletin*, 93, 657 – 662
- Mégard, F. (1984). The Andean orogenic period and its major structures in central northern Peru. *Journal of the Geological Society London*, 141 (5), 893 – 900
- Mégard F. (1987). Structure and evolution of the Peruvian Andes. *The Anatomy of Mountain Ranges*, Princeton University Press, p. 179 - 210
- Mitouard, P., Kissel, C., Laj C. (1990). Post-Oligocene rotations in southern Ecuador and northern Peru and the formation of the Huancabamba deflection in the Andean Cordillera. *Earth and Planetary Science Letters*, 98, 329 – 339
- Noble, D., Loayza, C. (2004). Field trip: Volcanic rocks and paleogene geological history in the vicinity of Chilette. *Guía de campo, Sociedad Geológica del Perú, XII Congreso Peruano de Geología*, Lima, 12 p.
- Noble, D., McKee, E., Farrar, E., Petersen, U. (1974). Episod Cenozoic Volcanism and Tectonism in the Andes of Peru. *Earth Planetary Science Letters*, 21 (2), 213 – 220

- Noble, D., McKee, E., Mourier, T., Mégard, F. (1990). Cenozoic stratigraphy, magmatic activity compressive deformation, and uplift in Northern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 102, 1105 – 1113.
- Noble, D., Sébrier, M., Mégard, F., McKee, E. (1985). Demonstration of two pulses of Paleogene deformation in the Andes of Peru. *Earth Planetary Science Letters*, 73(2-4), 345 - 349
- Pardo-Casas, F., Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallon and South American plates since Late Cretaceous time. *Tectonics*, 68(3), 233 – 248
- Petford, N., Atherton, M. (1995). Cretaceous-Tertiary volcanism and syn-subducción crustal extensión in northern central Peru. *Geological Society Special Publication*, 81, 233 - 248
- Pilger, R. (1984). Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: South American Andes. *Journal of the Geological Society of London*, 141, 793 - 802
- Pitcher, W. (1985). A múltiple and composite batholith. *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*, Glasgow, 93 - 101
- Quiroz, A. (1997). El corredor estructural Chicama-Yanacocha y su importancia en la metalogena del norte del Perú. *IX Congreso Peruano de Geología*, Lima, 149 - 154
- Reyes, L. (1980). Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Ingemmet*, 31 (A), 67 p.
- Rivera, M., Monge, R., Navarro, P. (2005). Nuevos datos sobre el Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el Norte del Perú: Departamentos de La Libertad y Ancash. *Boletín Sociedad Geologica del Perú*, 99, 7 - 21
- Schaltegger, U., Chew, D., Miskovic, A. (2006). Neoproterozoic To Early Mesozoic Evolution Of The Western Gondwana Margin: Evidence From The Eastern Cordillera Of Peru. *XIII Congreso Peruano de Geología*, Resúmenes Extendidos, 316 - 319
- 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, Perú, 56 p.
- Tanabe, H., Turner, S. (2000). La Zanja Prospecto Epitermal de Oro-Plata en la Franja de Volcánicos Terciarios del Norte Peruano. *X Congreso Peruano de Geología*, Lima, 1 p.
- Turner, S. (1997). The Yanacocha epithermal gold deposits, northern Peru: high sulfidation mineralization in a flow–dome setting. *Unpublished Ph.D. thesis*, Colorado School of Mines, U.S.A., 341 p.
- Turner, S. (1999). Settings and Styles of High-Sulphidation Gold Deposits in the Cajamarca Region, Northern Perú. *International Congress on Earth Science, Exploration and Mining Around the Pacific Rim, PACRIM '99*, Bali, Indonesia, 461 - 468
- Wilson, J. (1984). Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepen. *Ingemmet*, 38 (A), 104 p.
- Wilson, J. (2000). Structural Development of the Northern Andes of Peru. *X Congreso Peruano de Geología*, Lima, 16 p.
- Wilson, P. (1975). Potassium-argon age studies in Peru with special reference to the emplacement of the Coastal Batholith. *Ph.D. Thesis*, University of Liverpool, England, 299 p.