

Estratigrafía y petrografía de la secuencia volcánica Tual–Puruay Traverse Puruay–Lluscapampa (sur de Yanacocha) Cajamarca - Perú

Stratigraphy and Petrography of the Tual - Puruay volcanic sequence Puruay - Lluscapampa Traverse (South of Yanacocha) Cajamarca – Peru

Edwin Phelipe Esparza Pérez ¹, Jaime César Mayorga Rojas ²

Recibido: 18/02/2021 - Aprobado: 27/09/2021 – Publicado: 30/06/2022

RESUMEN

Los caseríos de Puruay Bajo y Lluscapampa Baja se encuentran ubicados al norte de la Ciudad de Cajamarca en el Km. 4.5 de la carretera Cajamarca - Bambamarca; en esta área se determinó las distintas etapas volcánicas de flujos piroclásticos de la secuencia Volcánica Piroclástica Tual - Puruay y la tercera etapa de la secuencia San José, estas rocas pertenecen al Complejo Volcánico Yanacocha de edad Neógeno Mioceno (23.03 - 5.3 Ma). Este complejo está dividido en Secuencias Volcánicas ya sea Tual Puruay, Centro Volcánico Atazaico, Centro Volcánico Regalado y San José. Se realizó el cartografiado geológico con las respectivas secciones que ayudaron a la elaboración de columnas estratigráficas además se recolectaron muestras donde se procedió a realizar el estudio petrográfico ya sea sección delgada (SD) y sección pulida (SP) de las más representativas. Con las columnas estratigráficas, los estudios petrográficos y las observaciones de los afloramientos rocosos se llegaron a las conclusiones de que un período de tiempo donde ocurrió un volcanismo explosivo se generan rocas piroclásticas, estas a su vez están sujetas a etapas de sedimentación, formando pseudo estratos de composición volcánica, estas indicarían un cambio de facie en el desarrollo de un volcanismo activo en el Mioceno inferior hace 20 Ma.

Palabras claves: rocas piroclásticas; unidad volcánica; secuencia volcánica; secciones delgadas; secciones pulidas; petrografía.

ABSTRACT

The hamlets of Puruay Bajo and Lluscapampa Baja are located north of the city of Cajamarca at Km. 4.5 of the Cajamarca - Bambamarca highway; in this area we determined the different volcanic stages of pyroclastic flows of the Tual - Puruay Pyroclastic Volcanic sequence and the third stage of the San José sequence, these rocks belong to the Yanacocha Volcanic Complex of Neogene Miocene age (23.03 - 5.3 Ma). This complex is divided into Volcanic Sequences: Tual Puruay, Atazaico Volcanic Center, Regalado Volcanic Center and San José. The geological mapping was carried out with the respective sections that helped in the elaboration of stratigraphic columns. In addition, samples were collected where we proceeded to carry out the petrographic study either in thin section (SD) and polished section (SP) of the most representative ones. With the stratigraphic columns, petrographic studies and observations of the rocky outcrops, conclusions were reached that a period of time where explosive volcanism occurred generated pyroclastic rocks, these in turn are subject to sedimentation stages, forming pseudo strata of volcanic composition, these would indicate facies change in the development of active volcanism in the lower Miocene 20 Ma ago.

Keywords: Pyroclastic rocks; Volcanic Unit; Volcanic Sequence; Thin Sections; Polished Sections; Petrography.

1 Exalumno de la Universidad Nacional de Cajamarca Cajamarca, EAPIG – Km 3.5 Carretera Cajamarca – Baños del Inca.

E-mail: edwin.esparza@unmsm.edu.pe

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, EPIG. Lima, Perú. Docente.

E-mail: jaimemayorga@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8423-3343>

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio consistió en hacer un cartografiado geológico a escala 1:5000 junto con la respectiva recolección de muestras de roca tipo mano de cada unidad volcánica donde al final de la investigación se realizó las columnas estratigráficas y la petrografía de las muestras más representativas.

En un volcanismo explosivo donde ocurren rocas piroclásticas (Federico Martina, 2004), estas rocas pueden estar sujetas a etapas de sedimentación debido a periodos de descanso volcánico estas rocas nos ayudarían a determinar los cambios de facies de una unidad volcánica. Esto se observa en los caseríos de Puruay y Lluscapampa donde ocurrió un volcanismo explosivo de edad 23 - 10 Ma (mioceno). Formando facies volcanoclásticas de composición andesítica distribuidas en cuatro etapas emplazadas en discordancia angular o erosiva entre los sedimentos del Cretáceo Inferior o entre cada unidad volcánica.

II. METODOS

Antes de las salidas de campo se realizó un trabajo de gabinete como recolección de información, así como

análisis de fotografías aéreas, planos y trabajos anteriores. Se adquirió material bibliográfico relacionado al tema ya sea algunos boletines del INGEMMET y libros.

Tipo: Descriptiva – Correlacional (Hernández Sampieri, 2014)

Se identificó cada una de las unidades volcánicas describiendo sus características haciéndose correlaciones con otras unidades a través del tiempo.

Diseño: No Experimental, sección Transeccional o Transversal, tipo Descriptivo (Hernández Sampieri, 2014)

Se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único. Se empleó el tipo Descriptivo ya que incluye descripción de campo y muestras microscópicas.

III. RESULTADOS

3.1 Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en la cordillera noroccidental del norte del Perú, Distrito y Provincia de Cajamarca, en los caseríos de Puruay Bajo y Lluscapampa Baja. Sistema UTM DATUM WGS84 Latitud: 9213500 – 9218000. Longitud: 772000 – 776000. (Ver Figura 1).

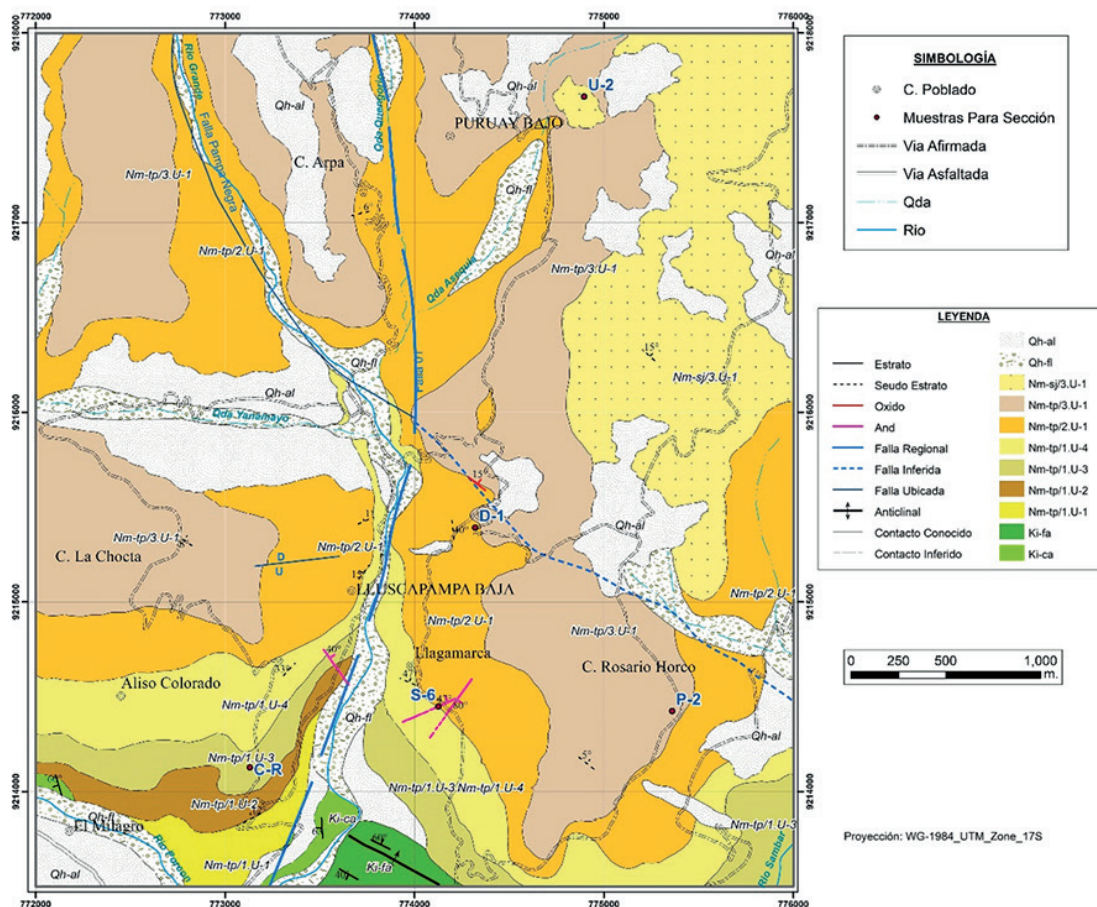


Figura 1. Mapa Geológico de la zona de Estudio – Puntos oscuros ubicación de las muestras de sección.

3.2 Resultados

Se realizaron 02 columnas estratigráficas teniendo como base el cartografiado geológico y secciones estratigráficas, así como la clasificación de clastos por su tamaño de grano 1/16, 2 y 64 mm (Leandro Echavarría, 2008)

Para los estudios microscópicos se tuvo en cuenta lo siguiente: si la muestra está compuesta por minerales claros se le enviará hacer el análisis de sección delgada (SD). Si esta se compone por minerales oscuros o minerales de mena se realizará una sección pulida (SP). Cuatro fueron sección delgada (SD) y solo una muestra fue para sección pulida (SP) (ver Tabla 1).

3.3 Unidades Volcánicas

En el área de estudio afloran rocas del Complejo Volcánico Yanacocha de edad Neógeno Mioceno (23.03 - 5.3 Ma.). Este complejo volcánico está dividido en Tual Puruay, Centro Volcánico Atazaico, Centro Volcánico Regalado y San José (Navarro Colque et al., 2010a).

3.3.1 Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Etapa Uno (Nm-tp/1. U-1).

Intercalaciones de secuencias volcanoclásticas gris violáceas, flujos de bloques y cenizas gris blanquecinos porfiríticos monomícticos de composición andesítica (Navarro Colque et al., 2010a)

Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Unidad Uno (Nm-tp/1. U-1).

Tobas volcánicas blanquecinas, cuarzo hialino (ojos), CBTs, PGs a Cl. Hacia la parte superior fiammes.

Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Unidad Dos (Nm-tp/1. U-2).

Avalancha de escombros (Bloques Polimícticos de 1 a 60 cm.) de composición andesítica, venillas de OxFe (Hm) y calcita. Inicio de los flujos piroclásticos (Ver Figura 2).

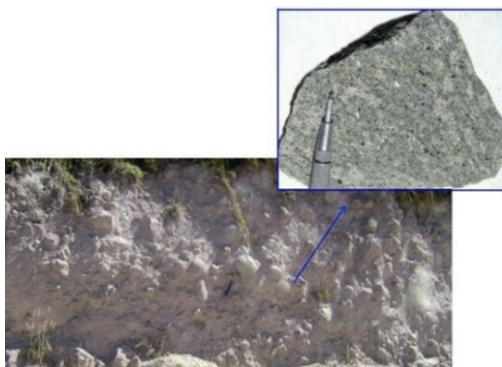


Figura 2. Afloramiento de la secuencia Nm-tp/1. U-2 Depósitos de Coladas piroclásticas (Bloques y Ceniza) – Block and ash – flow deposits

Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Unidad Tres (Nm-tp/1. U-3).

Bloques y bombas entre (70 y 84 cm.) de Andesita porfirítica, oxidación termal, lahares (flujos rápidos

saturados de agua), pseudo estratificación y trazas de FPKs. Depósitos volcanoclásticos por flujos de granos gruesos (Ver Figura 3).



Figura 3. Afloramiento de la secuencia Nm-tp/1. U-3 Depósitos de coladas piroclásticas de bloques y cenizas de coloración violácea. A la base depósitos de oleadas piroclásticas (Surge Basal)

Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Unidad Cuatro (Nm-tp/1. U-4).

Avalanchas de escombros y fiammes de 8 cm a 1.20 m., bloques sub redondeados algunos de estos bloques serían flujos de caída de la Etapa Dos (Nm-tp/2), cristales anhedral de bt, pirolusita, pómez, ceniza volcánica, magnetita, carbón fosilizado y etapas sedimentación.

3.3.2 Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Etapa dos (Nm-tp/2. U-1).

Flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecinas a rosáceas, ricos en cristales de composición riolítica, fragmentos líticos andesíticos. 19.53 +/- 0.13 Ma. (Navarro Colque et al., 2010b) (Ver Figura 4)

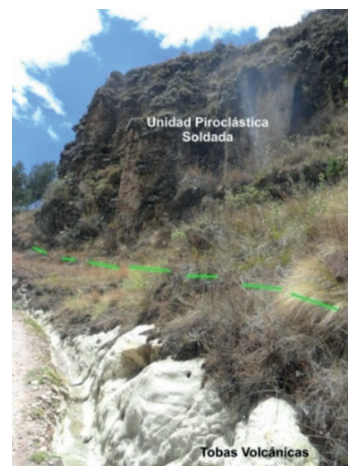


Figura 4. Colada Piroclástica – Ignimbrita, a la base se presentan depósitos de surge basal

Depósitos de coladas Piroclásticas - Ignimbritas con matriz de ceniza y fragmentos líticos andesíticos y base de oleadas piroclásticas (surge basal) disyunción columnar.

3.3.3 Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Etapa tres (nm-tp/3. U-1).

Bloques y ceniza gris blanquecinos y verdosos, fragmentos líticos andesíticos – dacíticos polimícticos. 15.41 +/- 0.36 Ma. (Navarro Colque et al., 2010a)

Tobas blanquecinas con relictos de magnetita y presencia de oleadas piroclásticas (pómez y ceniza) pseudo estratificación.

3.3.4 Neógeno Mioceno Secuencia Volcánica San José Etapa Tres (Nm-sj/3).

Bloques y cenizas, gris rosáceos, ricos en cristales de composición riolítica. 11.29 +/- 0.15 Ma. (Navarro Colque et al., 2010a) (Ver Figura 5)

Tobas blanquecinas de composición andesítica a dacítica con mayor presencia de PXs y Hrb con estructuras brechadas de matriz de ceniza y clastos andesíticos, ignimbritas soldadas con alteración propilítica - argílica. Cristales anhedrales de FPKs.

3.4 Estratigrafía

Columna Estratigráficas 01 y 02 (Vera Torres, 1994)

Hacia la base se tiene a la Secuencia Volcánica Tual – Puruay. Etapa Uno (Nm-tp/1) de 90 m. de potencia, limitada en la base por fragmentos monomícticos andesíticos de coloración violácea con matriz de pómez y ceniza, hacia la parte superior está representada por una discordancia erosional. La unidad cuatro (U-4) con 90 metros de potencia, como base tenemos una zona polimíctica entre fragmentos violáceos y oscuros con zonas de fuerte depositación de pirolusita tiene como espesor de 55 metros. Presenta fragmentos que van desde los 50 cm, en la parte inferior y hacia la parte superior tenemos fragmentos de 80 cm. Luego tenemos zonas de depositación de bombas

andesíticas, hacia la parte superior tenemos fragmentos de 20 cm. indicando una gradación inversa de 40 m. de espesor.

Hacia la parte superior final de la etapa del Nm-tp/1. U-4. Tenemos una secuencia de pseudo sedimentación que va desde tobas volcánicas blanquecinas de grano fino y matriz de ceniza depositadas a modo de oleadas (parte alta del Cerro La Chocta) gradando a zonas de ceniza marcando así una discordancia erosional que posiblemente duro 4 Ma. Esta pequeña capa nos indicaría el paso de la etapa o cambio de facies entre la unidad Nm-tp/1 y la Nm-tp/2.

La unidad del Nm-tp/3 U-1 tiene una edad de 15.41 +/- 0.36 Ma. Presenta un espesor de 180 m. En la base tenemos fragmentos que van desde los 12 cm hasta 6.4 cm cuya matriz está conformada por material mullido fino casi milimétrico. Seguida de una secuencia de ignimbritas soldadas (parte alta del Cerro Rosario Horco). Como contacto hacia la etapa superior con la Secuencia San José (Nm-sj/3) está formada por una discordancia erosional se puede calcular que esta discordancia tendría un periodo de 3 Ma.

La secuencia Volcánica San José (Nm-sj/3) tiene una edad de 11.29 +/- 0.15 Ma. Con una potencia de 160 metros. Se caracteriza por presentar tobas volcánicas andesíticas blanquecinas de 6.4 a 10 cm. en la base; estas tienen mayor presencia de hornblenda y biotita (anfíboles y micas) en algunos lugares la textura de estas se presenta a modo fluidal – bandeado con alineamiento entre plagioclasas y hornblendas. Hacia la parte superior se presenta con fragmentos de 20 cm. conformada por ignimbritas con alteración propilítica a argílica.

Presenta brechas volcánicas de composición andesítica y matriz de polvo de roca y material mullido de la misma composición que los clastos serían considerados como una autobrecha. (Ver Figuras 6).

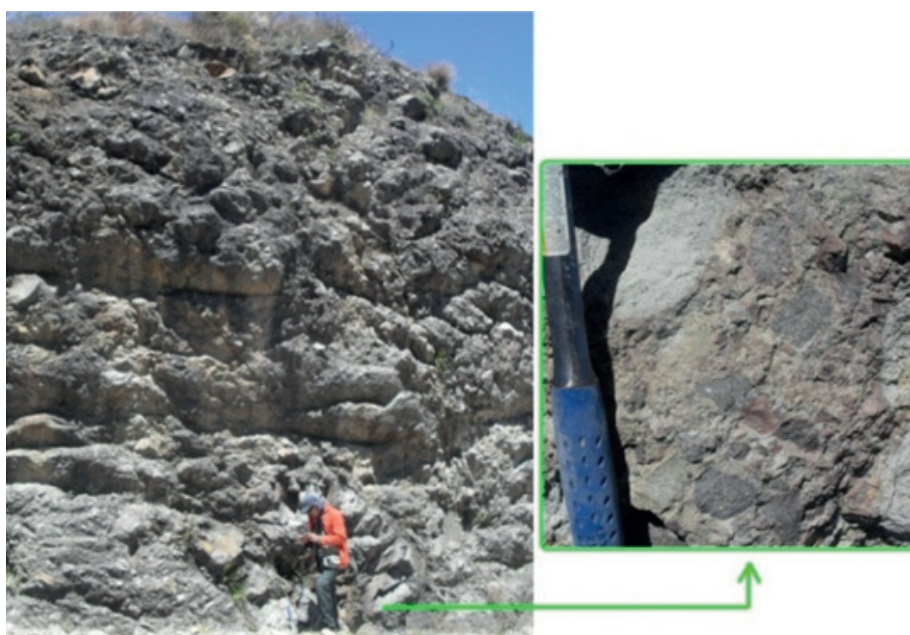


Figura 5. Depósitos de coladas piroclásticas de bloques y ceniza con zonas brechadas de matriz de polvo de roca y clastos de composición andesítica

La Etapa del Nm-tp/2. U-1 hacia las partes bajas se ensancha y en cambio hacia las zonas altas tiende a acuciarse a modo de capas y estratos más delgados (Ver Figura 7).

y Fotomicrografías) y una en sección pulida (Estudio Minerográfico y Fotomicrografías).

3.5 Petrografía

Se realizó el estudio de cinco muestras, de las cuales fueron cuatro en sección delgada (Análisis Petrográfico

3.5.1 Estudio Petrográfico y Fotomicrografías.

Muestra S-6. Coordenadas UTM WGS 84 Latitud 9214448 Longitud 774126 Cota 2975 msnm . (Ver Figura 8).

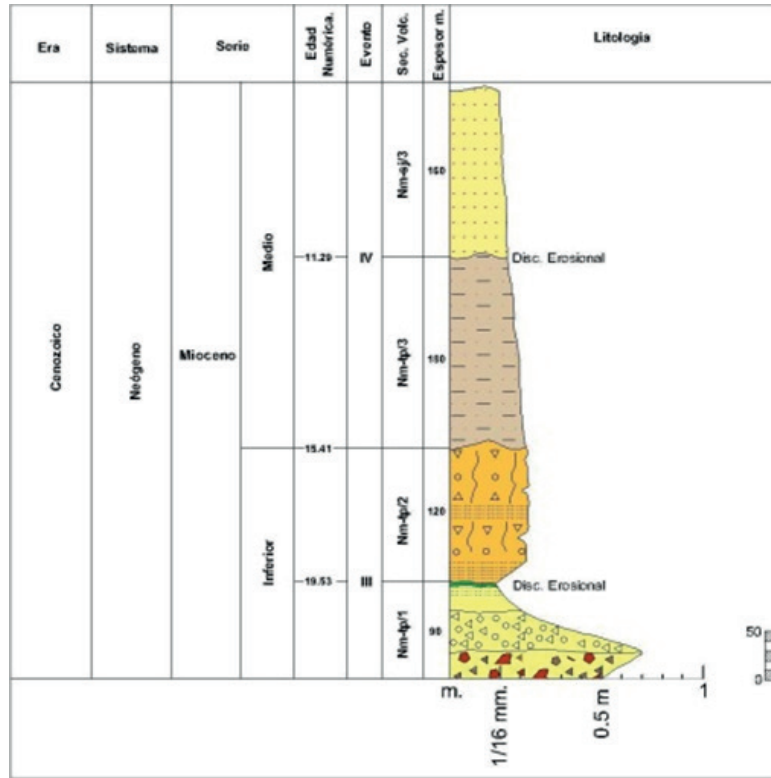


Figura 6. Columna Estratigráfica 01

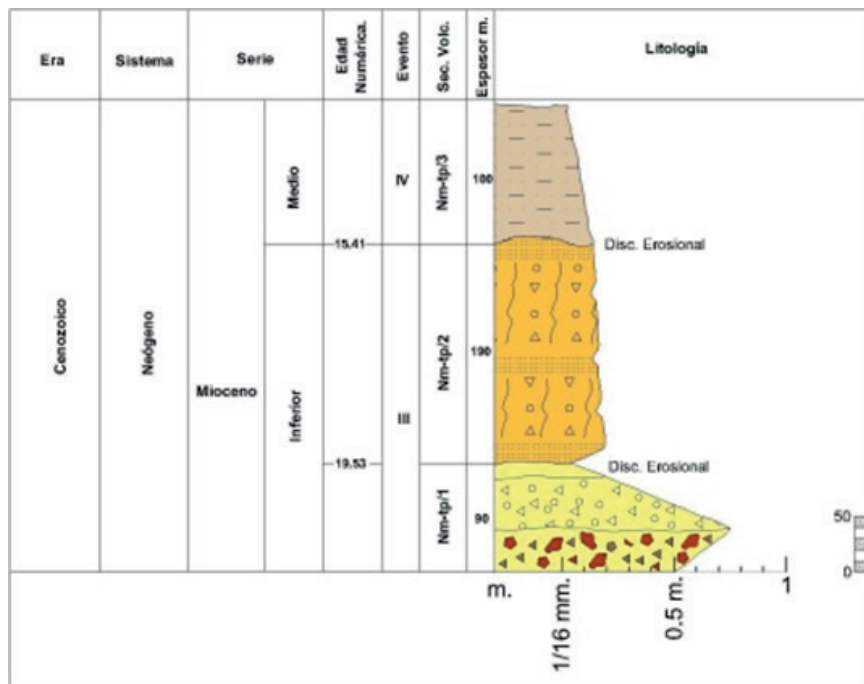


Figura 7. Columna Estratigráfica 02



Figura 8. Andesita Porfírica verde grisáceo con matriz silicificada y plagioclasas argilizadas.

Observaciones: Andesita Porfírica con débil (trazas) alteración por serpentina afectando a los minerales máficos. Matriz es microgranular a criptocristalina-vítrea (Ver Figura 9).

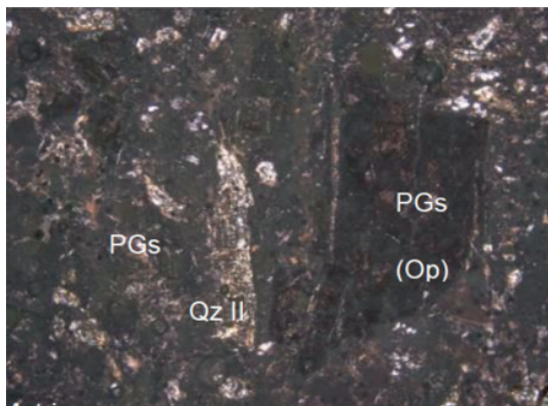


Figura 9. Muestra S-6

En la foto apreciamos moldes de plagioclasas (PGs) remplazados por ópalo (Op) y a la izquierda un molde de plagioclase parcialmente silicificado (Qz II). Existen otros moldes parcialmente silicificados. Nícoles Cruzados, Aumento 50X (Ver Figura 10).

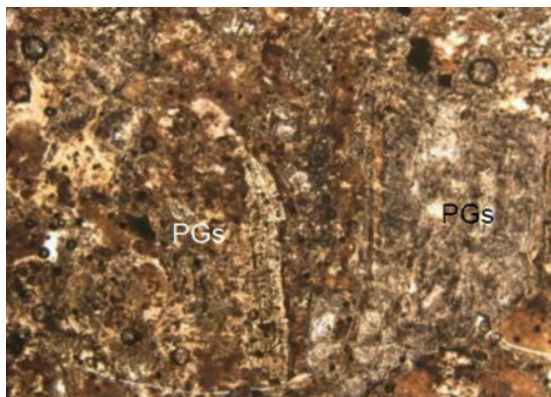


Figura 10. Muestra S-6

Se observa los moldes de plagioclasas alterados y remplazados. Nícoles Paralelos, Aumento 50X.

Muestra CR. Coordenadas UTM WGS 84 Latitud 9214127 Longitud 773130 Cota 2894 msnm. Muestra tomada del Evento Nm-tp/1. U-3. (Parte intermedia) (Ver Figura 11).



Figura 11. Afloramiento rocoso muestra CR clastos sub redondeados violáceos en matriz de ceniza.

Observaciones: Andesita Porfírica de matriz es microgranular a criptocristalina-vítrea con alteración argílica incipiente (Ver Figura 12).

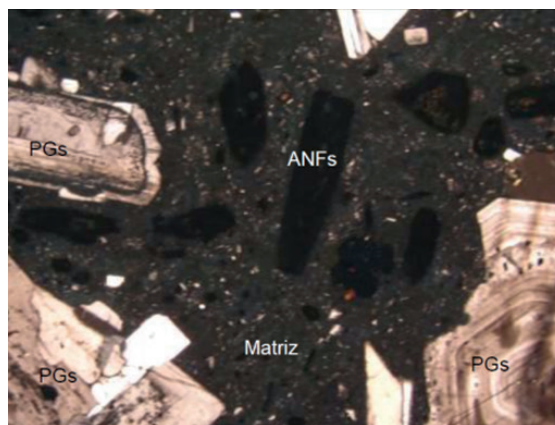


Figura 12. Muestra CR

En la figura anterior se observa cristales de plagioclasas (PGs), maclados y algunos sonados. Un cristal con corrosión por vidrio de la matriz (PGs-vd) y moldes de anfíboles (ANFs) oxidados y remplazados por minerales opacos (OPs) en los bordes. Nícoles paralelos, Aumento 100X (Ver Figura 13).

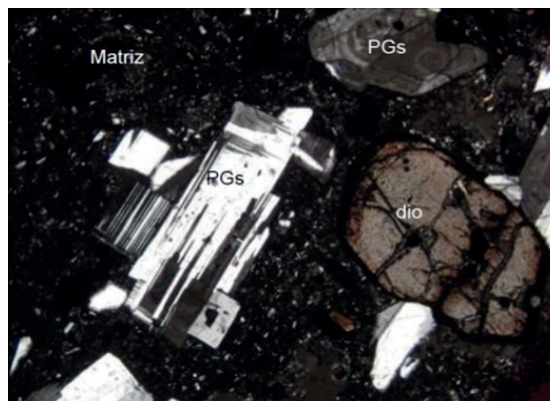


Figura 13. Muestra CR

Cristales de plagioclasas (PGs) y diópsido (dio) en una matriz microgranular, criptocristalina-vítrea. Nicoles cruzados, Aumento 50X (Ver Figura 14).

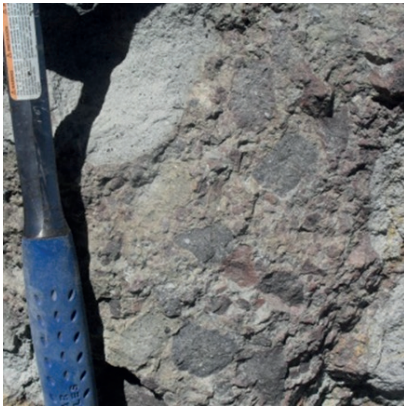


Figura 14. Brecha volcánica de matriz fina y polvo de roca con clastos andesíticos. Caserío de Puruay, Margen derecha Qda. Acequia.

MUESTRA U-2. Coordenadas UTM WGS 84 Latitud 9220179 Longitud 775620 Cota 3563 msnm. Muestra del Evento San José Nm-sj/3. U-1. (Parte Alta).

Observaciones: Presenta un contacto entre dos rocas. R1. Toba Cristalolítica; R2. Aplita de composición granítica (Ver Figura 15).

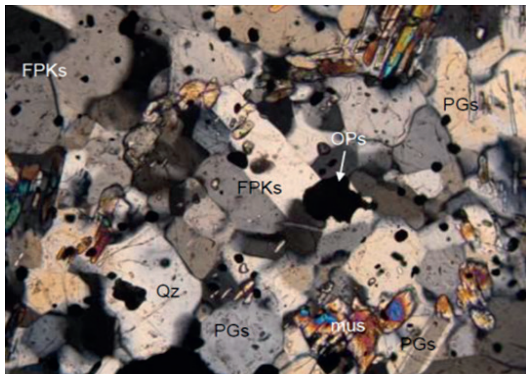


Figura 15. Muestra U-2.

Corresponde a la aplita. Granos de feldespato potásico (FPKs) y plagioclasas (PGs) con cristales de muscovita (mus) y minerales opacos (OPs). Nicoles cruzados, Aumento 50X (Ver Figura 16).

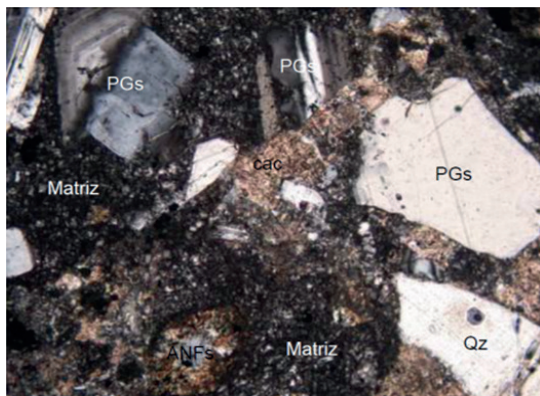


Figura 16. Muestra U-2.

Roca Volcánica. Cristales rotos de plagioclasas (PGs) y cuarzo (Qz) en una matriz microgranular alterada a calcita (cac). También hay moldes de anfíboles (ANFs) alterados a calcita. Nicoles cruzados. Aumento 100X.

MUESTRA D-1. Coordenadas UTM WGS 84 Latitud 9215392 Longitud 774320 Cota 3089 msnm. Muestra tomada del Evento Nm-tp/2. U-1 de la parte superior cerca al contacto con el evento siguiente (Nm-tp/3. U-1) (Ver Figura 17).

Observaciones: Andesita Porfírica con matriz microgranular a criptocristalina-vítrea, con presencia de diminutos cristales de plagioclasas, vidrio y escaso cuarzo. Parece estar débilmente alterada por arcillas.

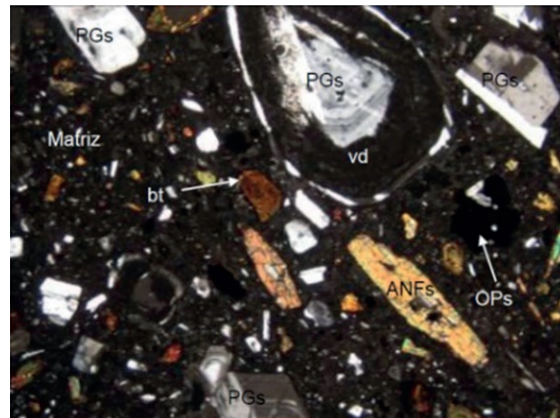


Figura 17. Muestra D-1.

Fenocristales de plagioclasas (PGs), uno de ellos con corrosión por vidrio (vd) y anfíboles (ANFs) con biotitas (bt) diseminados en una matriz criptocristalina-vítrea. Nicoles cruzados. Aumento 50X (Ver Figura 18).

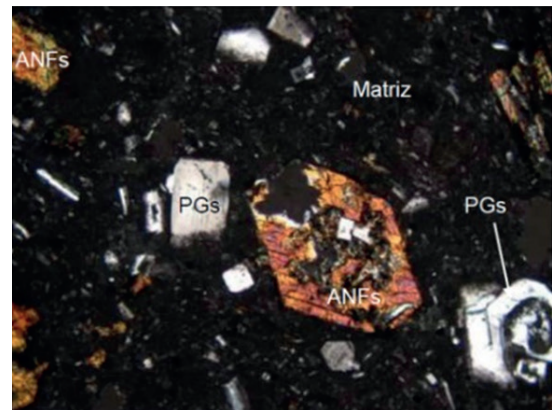


Figura 18. Muestra D-1.

Cristal euhedral de anfíbol (ANFs) y plagioclasas (PGs) en una matriz criptocristalina-vítrea. Nicoles cruzados. Aumento 50X.

3.5.2 Estudio Minerográfico y Fotomicrografías (ver Fotomicrografía 9 y 10).

Muestra P-2. Coordenadas UTM WGS 84 Latitud 9214424 Longitud 775360 Cota 3161 msnm. Muestra tomada

de la parte de sedimentación base del Evento Nm-tp/3. U-1 con la parte superior del Evento Nm-tp/1. U-4 (Ver Figura 19).



Figura 19. Afloramiento rocoso de pseudo estratificación de surge basal y tobas volcánicas andesíticas. Muestra P-2. Parte media del Cerro La Chocta

Descripción Microscópica P-2.

Rutilo. Se encuentran diseminados en la ganga sin tener ninguna relación visible con los demás minerales de la muestra. Trazas (Ver Figura 20).

Magnetita. No tiene relación con el rutilo. Se encuentra como trazas.

Hematita. Debe proceder de minerales primarios como la magnetita y/o pirita. Trazas.

Textura. Diseminada y relleno de fracturas.

Posible secuencia de formación mineral: Rutilo – Magnetita – Hematita.

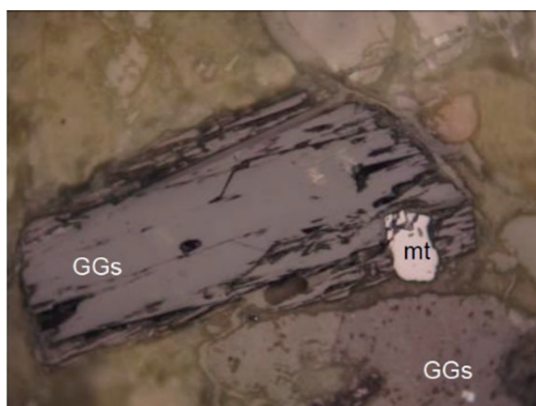


Figura 20. Muestra P-2.

Mineral máfico (MFs) remplazado por magnetita (mt) en un borde. La magnetita también ocurre diseminada en la ganga (GGs). Nícoles paralelos. Aumento 200X (Ver Figura 21).

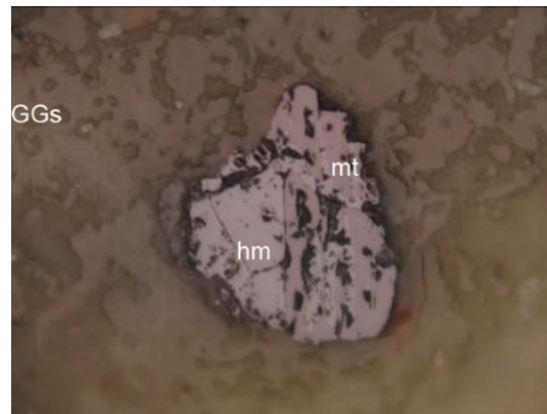


Figura 21. Muestra P-2

Cristal de magnetita (mt) parcialmente alterado por hematita (hm), mineral al cual está muy asociado. El grano mixto se encuentra diseminado en la ganga (GGs). Nícoles paralelos. Aumento 200X.

IV. DISCUSIÓN

Entre cada secuencia volcánica ya sea Nm-tp/1, Nm-tp/2, Nm-tp/3 y Nm-sj/3 existen discordancias erosionales algunas de ellas vinculadas a etapas de sedimentación y mineralización incipiente de óxidos como lo indica la muestra P-2 (Ver Figura 22).

De acuerdo a la figura anterior la andesita porfírica (Muestra S-6) se encuentra intruyendo a los eventos Nm-tp/1 (280 m.) con sus cuatro unidades y al evento superior Nm-tp/2 (100 – 120 m.).

Las muestras U-2 y D-1 pertenecen a los eventos San José (Nm-sj/3) y Tual Puruay (Nm-tp/2) respectivamente, siendo estas brechas y andesitas porfíricas gradando entre sí en su contenido mineralógico Plagioclasas y Hornblendas (Ver Tabla 1).

El contenido de los minerales y la composición mineralógica observada no ha variado entre los diferentes centros volcánicos ni en el transcurso de la evolución vulcanológica.

V. CONCLUSIONES

En el área de estudio afloran rocas pertenecientes al Complejo Volcánico Yanacocha representadas por las tres etapas de la secuencia volcánica Tual – Puruay y el tercer evento de la secuencia San José.

Se realizaron 02 columnas estratigráficas donde se ubicó las etapas de sedimentación y las respectivas discordancias erosionales entre cada secuencia volcánica.

De acuerdo con lo observado en campo, las fuerzas de transporte de los piroclastos no fueron constantes si no que tuvieron etapas de descanso (depósitos de oleadas piroclásticas).

Sec. Volcánica	Potencia/ Espesor	Millones de Años		Unidades
Nm-sj/3	Pot. 80 m	11.29 +- 0.15 Ma	▲ U-2	Unidad Uno (U-1)
				Disc. Erosional
Nm-tp/3	Pot. 180 m	15.41 +- 0.36 Ma		Unidad Uno (U-1)
				Disc. Erosional
Nm-tp/2	Pot. 100 - 120 m	19.53 +- 0.3 Ma	▲ D-1	Unidad Uno (U-1)
				Disc. Erosional
Nm-tp/1	Pot. 280 m	23 Ma?	▲ S-6	Unidad Cuatro (U-4)
				Unidad Tres (U-3)
				Unidad Dos (U-2)
				Unidad Uno (U-1)



Figura 22. Resumen de las Secuencias Volcánicas Espesores y Ubicación de muestras analizadas.

Tabla 1. Resumen de minerografía de las secciones delgadas y pulidas

ID	Unidad	Clasificación	Minerales Esenciales	Minerales Accesorios	Minerales Secundarios	Alteración
U-2	Nm-sj/3	Toba Cristalotítica Aplita de composición Granítica	PGs PGs, FPKs, Qz	OPs, bt, ANFs mus, bt, OPs	Cac	Carb
P-2	Nm-tp/3		mt, hm, rutilo			
D-1	Nm-tp/2	Andesita	PGs, Qz	bt, Hrb, OPs	ARCs	Arg+
CR	Nm-tp/1	Andesita Porfírica	PGs, FPKs	ANFs, PXs, bt, OPs, OXs	ARCs	Arg+
S-6	Intrusivo	Andesita Porfírica	PGs	ANFs, OPs	ARCs, OP, QzII	Arg+++ , Prop+

Tres muestras delgadas (SD) fueron andesitas porfíricas a excepción de la muestra U-2 que fue una brecha volcánica de matriz de toba cristalotítica con clastos de aplita de composición granítica. La muestra pulida (SP) P-2 indica una secuencia de mineralización Rutilo a Magnetita y finalmente Hematita indicando una oxidación termal.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo extendemos nuestro agradecimiento a la Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por darnos la oportunidad de dar a conocer este trabajo de investigación.

VII. REFERENCIAS

- Federico Martina. (2004). *Introducción a las rocas piroclásticas*. <https://es.scribd.com/document/60664800/ROCAS-PIROCLASTICAS-practica>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación - Sexta Edición*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Leandro Echavarría. (2008). *Mapeo en Terrenos Volcánicos*. Colorado School of Mines. https://www.researchgate.net/publication/329933934_Mapeo_en_Terrenos_Volcanicos_-_Dr_Leandro_Echavarría_Colorado_School_of_Mines_2008

Navarro Colque, P. A., Rivera Porras, M. A., & Monge Miguel, R. W. (2010a). Geología y metalogénia del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) segmento Santiago de Chuco, norte del Perú - [Boletín D 28]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/342>

Navarro Colque, P. A., Rivera Porras, M. A., & Monge Miguel, R. W. (2010b). *Geología y metalogénia del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) segmento Santiago de Chuco, norte del Perú - [Boletín D 28]*. Repositorio Institucional INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/342>

Vera Torres, JA. (1994). *Estratigrafía principios y métodos*. Ed, Rueda. Madrid. <https://www.academia.edu/download/55371509/Estratigrafia-Juan-Vera.pdf>

Contribución de autoría

Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Redacción - revisión y edición: Edwin Felipe Esparza Pérez y Jaime César Mayorga Rojas.

Análisis formal, Supervisión, Redacción - borrador original: Edwin Felipe Esparza Pérez.

Validación: Jaime César Mayorga Rojas.