

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA CHALÁN  
(CHIMBORAZO) A ESCALA 1:25000

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO

OPCIÓN: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

EVELYN LIZETH PILLAJO LALA

[evelyn-lizeth@hotmail.es](mailto:evelyn-lizeth@hotmail.es)

LEIDY GISELA ZAPATA ARMAS

[leidy.zapata@epn.edu.ec](mailto:leidy.zapata@epn.edu.ec)

DIRECTORA: DRA. ANA CABERO DEL RÍO

[ana.cabero@epn.edu.ec](mailto:ana.cabero@epn.edu.ec)

CODIRECTOR: MSC. JOSÉ LUIS ROMÁN

[joseluis.roman@epn.edu.ec](mailto:joseluis.roman@epn.edu.ec)

Quito, enero 2023

## DECLARACIÓN

Nosotras, Evelyn Lizeth Pillajo Lala y Leidy Gisela Zapata Armas, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

EVELYN PILLAJO

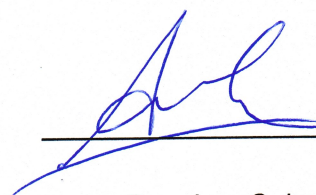


---

LEIDY ZAPATA

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Evelyn Lizeth Pillajo Lala y Leidy Gisela Zapata Armas, bajo mi supervisión.



---

Dra. Ana Cabero del Río

DIRECTORA DEL TRABAJO



---

MSc. José Luis Román Carrión

CO-DIRECTOR DEL TRABAJO

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme con una familia maravillosa, por ayudarme a salir adelante en momentos difíciles y obtener mi título profesional.

A mis padres por su apoyo incondicional, por guiarme durante toda mi vida para ser la persona que soy ahora, por enseñarme de sus valores y regañarme siempre que iba por el camino equivocado, sin ustedes, nada de esto sería posible.

A mi hermana por ser mi mejor amiga, mi confidente y mi ejemplo a seguir, por todas las peleas y reconciliaciones, ¡te amo!

A mi familia y sobre todo a mis abuelitos por darme tanto amor y alegrías.

Al MSc. José Luis Román por su guía, ayuda y paciencia en todo momento, por compartir sus conocimientos y herramientas durante todo el trabajo.

A la Dra. Ana Cabero del Río por confiar en nosotras para la elaboración de este tema y su constante ayuda.

Al Dr. Pedro Reyes por ser mas que un profesor un buen amigo.

Al Dr. Fabian Villares por su apoyo en la salida de campo.

Al Ing. Stalin Pilatasig por su ayuda en la elaboración de las láminas delgadas.

A todos los profesores que han sido parte de mi formación académica, gracias a ustedes obtuve todos los conocimientos necesarios para obtener mi título profesional.

A Kevin Carate por todo su amor, paciencia, apoyo y palabras de aliento cuando más me hacían falta. ¡te amo!

A Yariv Días quien siempre me brindo una mano de ayuda cuando lo necesitaba, por su apoyo y consejo durante toda la carrera.

A David Morales a quien le agradezco su sincera amistad, por soportar mis ocurrencias y ser una persona realmente única. ¡nunca cambies!

A Carlos Quiñones y Ana Andrade por ser unos grandiosos amigos.

*Atte: Leidy Gisela Zapata Amas*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a la Virgencita del Quinche y a mi Niñito Isinche, por darme la sabiduría y la fe para jamás rendirme y culminar una meta más en mi vida.

A mis padres: Juan y Elena, por ser un referente de lucha, fuerza y perseverancia, por su apoyo y amor durante toda mi vida, y sobre todo por brindarme la oportunidad de superarme e impulsarme a cumplir mis objetivos, los amo.

A mi familia: Darwin, Nidia, Steven, Denis, Yajaira, Aroha, Mónica y José por todo el amor que me brindan día a día, por jamás soltar mi mano y ser mi fortaleza.

A ti Santiago, por impulsarme a luchar por mis sueños y apoyarme en todo momento, sin tu amor no lo habría logrado.

A Maddie y Jade por su compañía en las largas noches de estudio.

Gratitud al Dr. José Luis Román, por cada palabra de motivación, por sus infinitos consejos, por sus acertadas palabras en momentos difíciles y especialmente por guiarnos, apoyarnos y compartir sus conocimientos con nosotras.

A la Dra. Anita Cabero, por confiar y entregarnos este trabajo de investigación, por sus consejos y guías para hacer de este un gran proyecto investigativo.

Al Dr. Pedro Reyes, por su amistad, palabras de aliento y apoyo durante toda la carrera, además, por la ayuda brindada en el tema estructural.

Al Dr. Fabian Villares, por acompañarnos, guiarnos y ayudarnos a resolver dudas en las salidas de campo.

A los profesores que a lo largo de la carrera han ido dejando sus conocimientos en mi, inculcando cada día el amor por la Geología, especialmente a la Ing. Alexandra Orozco por su bonita amistad.

A mis amigos, en especial a Angelo, Yariv y Guissela, por todos los maravillosos momentos compartidos y las experiencias vividas, hicieron de estos años los mejores.

*Atte: Evelyn Lizeth Pillajo Lala*

## DEDICATORIA

A Dios, por todas sus bendiciones

A mis padres Ligia y Rodrigo, por ser mis pilares en todo momento

A mi hermana Magali.

*Leidy Gisela Zapata Amas*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, a mis padres Juan Pillajo y Elena Lala, a mis hermanos Darwin y Nidia, mis sobrinos y a Santiago, por haberme acompañado durante este largo camino siempre apoyando cada paso que doy. Les amo.

Además, a aquellos que ya no están y siempre desearon esto tanto como yo.

*Evelyn Lizeth Pillajo Lala*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
<b>1.3.1. Objetivo General</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>4</b>
1.4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	4
1.5. ALCANCE .....	7
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b> .....	<b>8</b>
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL .....	8
<b>2.2.1. Contexto Geodinámico-Cartográfico</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.2. Unidades Geológicas</b> .....	<b>10</b>
2.2. PALEONTOLOGÍA .....	20
<b>2.2.1. Fauna fósil de la Quebrada Chalán</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPITULO III: DATOS Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
3.1. INFORMACIÓN DE CAMPO .....	25
<b>3.1.1. Recopilación Bibliográfica y Cartográfica de la Zona</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1.2. Base de Datos Paleontológica</b> .....	<b>25</b>
3.2. TRABAJO DE CAMPO Y TOMA DE MUESTRAS .....	26
<b>3.2.1. Muestreo Petrográfico</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2. Levantamiento de columnas estratigráficas</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.3. Reconocimiento morfo-estratigráfico</b> .....	<b>29</b>
3.3. LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN DE FÓSILES .....	29
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS E INTERPRETACIÓN</b> .....	<b>31</b>
4.1. UNIDADES LITOLÓGICAS .....	31
<b>4.1.1. Formación Guamote</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1.2. Intrusivo de Pungalá</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.3. Formación Yaruquíes</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.4. Formación Sicalpa</b> .....	<b>42</b>
<b>4.1.5. Volcánicos del Tulabug</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1.6. Formación Cangahua</b> .....	<b>46</b>
4.2. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS .....	61
4.3. MAPA Y CORTE GEOLÓGICO.....	64
4.4. PALEONTOLOGÍA .....	68



<b>4.4.1. Datos de colecciones científicas de los sectores Punín y Chalán .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.2. Datos paleontológicos registrados en campo.....</b>	<b>73</b>
<b>4.4.3. Sistemática Paleontológica de los grupos estudiados en el entorno de Chalán .....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.4. Sistemática de los icnofósiles observados en campo.....</b>	<b>85</b>
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN.....</b>	<b>86</b>
5.1. EVOLUCIÓN MORFOESTRATIGRÁFICA .....	86
5.3. CORRELACIÓN ENTRE LOS DEPÓSITOS DEL CUATERNARIO Y LOS FÓSILES REGISTRADOS EN QUEBRADA CHALÁN.....	89
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	94
6.2. RECOMENDACIONES.....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación y área de estudio.....	5
<b>Figura 2.</b> Mapa con la vía principal de acceso desde Riobamba. Fuente: Google Maps .....	6
<b>Figura 3.</b> Principales estructuras y lineamientos de la zona de estudio. (Obtenido de Buenaño, 2018, Fig 2.2) .....	9
<b>Figura 4.</b> (A) Distribución de la Formación Cangahua (áreas grises oscuras) en la Depresión Interandina del norte de Ecuador. (B) Mapa detallado de la zona cercana a Quito. Principales volcanes (triángulos), localidades estudiadas (círculos). QCh: Quebrada Chalán. EPN: Escuela Politécnica Nacional. (Obtenido de Sánchez et al., 2013, Fig 1).....	12
<b>Figura 5.</b> Diagrama de flujo de clasificación de las Cangahuas del Ecuador (modificado de Vera y López, 1992, Fig 2). .....	14
<b>Figura 6.</b> Perfiles sedimentológicos en diferentes localidades. (A) Tanda Arriba. (B) Tumbaco. (C) Puente del Río Chiche. (D) Tanda Abajo. (E) Quebrada Chalán en la provincia de Punín. (Obtenido de Sánchez et al., 2013, Fig 3). .....	15
<b>Figura 7.</b> Composición de la estratigrafía del Pleistoceno y Neógeno final escalada en relación al registro isotópico marino ( $\delta^{18}O$ ) (Obtenido de Shackleton, 1995 en Silva et al., 2017).....	19
<b>Figura 8.</b> Esquema optimizado de subestadios isotópicos marinos con letras dentro del Pleistoceno final, y la naturaleza climatoestratigráfica de los estudios y subestudios isotópicos (Obtenido de Railsback et al., 2015). .....	19
<b>Figura 9.</b> Ilustraciones de especies encontradas en Quebrada Chalán. A) Perezoso ( <i>Oreomyiodon wegneri</i> ) y Armadillo ( <i>Propraopus sp.</i> ). B) Matodontes ( <i>Notiomastodon platensis</i> , <i>Cuvieronius hyodon</i> ). C) Caballo ( <i>Equus andium</i> ). D) Paleollamas ( <i>Palaeolama weddelli</i> ). E) Ciervos ( <i>Odocoileos peruvianus</i> , <i>Agalmaceros blicky</i> ). (F y G) Carnívoros ( <i>Smilodon sp.</i> , <i>Panthera onca andina</i> , <i>Lycalopex curpaeus</i> ). H) Roedores y conejos ( <i>Sigmodon sp.</i> , <i>Sylvilagus brasiliensis</i> ). I) Escarabajos Peloteros ( <i>Phanaeus violetae</i> ). (Modificado de la revista Ecuador Fósil, Fascículo N°1, Román & Lara, 2011). .....	24
<b>Figura 10.</b> Preparación de láminas delgadas de cangahuas.....	28
<b>Figura 11.</b> Limpieza y restauración de fósiles.....	30
<b>Figura 12.</b> Afloramiento de la Formación Guamote en la vía Riobamba – Macas (UTM 0761234/9805833/2798m).....	31

<b>Figura 13.</b> Afloramiento del Intrusivo de Pungalá al norte de la loma Tunshi Grande (UTM 0764442/9805743/2831m).....	32
<b>Figura 14.</b> Lámina delgada de la muestra QC-18 correspondiente al Intrusivo de Pungalá (Fig 12). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Bt S, Biotita secundaria; Hbl, Hornblenda; Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Mc, Microclina. ....	33
<b>Figura 15.</b> Afloramiento y cantos del Intrusivo de Pungalá en Quebrada Chalán (UTM 0762477,7/9803509,9/2888m).....	34
<b>Figura 16.</b> Afloramiento de la Formación Yaruquíes en Quebrada Colorada (UTM 0761741/9803678/2792m).....	35
<b>Figura 17.</b> Lámina delgada de la muestra QC-05 del afloramiento de la Formación Yaruquíes en Quebrada Colorada (Fig. 16). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Oxi, Óxido; Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo. ....	36
<b>Figura 18.</b> Afloramiento de la Formación Yaruquíes en la carretera vía a Tunshi – San Nicolas (UTM 0761833/9804051/2812m).....	36
<b>Figura 19.</b> Lámina delgada de la muestra QC-10 de la Formación Yaruquíes en la carreta vía a Tunshi San Nicolas (Fig 18). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ms, Moscovita; Qtz, Cuarzo; Mtz, Matriz. ....	37
<b>Figura 20.</b> Afloramiento de la Formación Yaruquíes y Paleosuelos típicos de la Cangua III en la vía a Tunshi – San Nicolás (UTM 0761570/9803777/2804m). ....	38
<b>Figura 21.</b> Afloramiento de la Formación Yaruquíes, silicificada, en Quebrada Chalán (UTM 0763276/9803446/2967m).....	39
<b>Figura 22.</b> Lámina delgada de la muestra QC-12 del afloramiento de la Formación Yaruquíes en Quebrada Chalán (Fig. 21). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Qtz, Cuarzo; Mtz, Matriz. ....	39
<b>Figura 23.</b> Afloramiento contacto entre las Formaciones Yaruquíes y Cangahua (UTM 0762226/9802512/2840m), en la Quebrada Sulsul.....	40
<b>Figura 24.</b> Lámina delgada de la muestra QC-15 del afloramiento de la Formación Yaruquíes en Quebrada Sulsul (Fig. 23). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Oxi, Óxidos. ....	41
<b>Figura 25.</b> Afloramiento de arcillas de la Formación Yaruquíes en Quebrada Sulsul (UTM 0763276/9803446/2840m).....	41
<b>Figura 26.</b> Lavas diaclasadas y tobas de la Formación Sicalpa (UTM 0763983/9805828/2807m).....	42
<b>Figura 27.</b> Lámina delgada de la muestra QC-17 del afloramiento de la Formación Sicalpa en la loma Sillaloma (Fig. 26). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Pl, Plagioclasa; Oxi, Óxido de Hierro.....	43

<b>Figura 28.</b> Afloramiento de los productos volcánicos del Tulabug (UTM 0767264/9802351/2931m).....	44
<b>Figura 29.</b> Lámina delgada de la muestra QC-01 del afloramiento de la lava del volcán Tulabug (Fig. 28). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Ol, Olivino; Px, Piroxeno; Pl, Plagioclasa; Mtz, Matriz. ....	44
<b>Figura 30.</b> Afloramiento de lapilli del Tulabug en Quebrada Chalán (UTM 0763450/9803506/3000m).....	45
<b>Figura 31.</b> Afloramiento de lapilli interdigitada en Cangahua I en Quebrada Colorada (UTM 0761493/9803862/2784m).....	45
<b>Figura 32.</b> Afloramiento de tefra posiblemente retrabajada en Quebrada Colorada (UTM 0761369/9803509/2838m).....	46
<b>Figura 33.</b> Afloramiento de la unidad Cangahua I con presencia de bolas cangahua insutu (ver apdo 4.4.2) (UTM 0763450/9803506/3000m).....	48
<b>Figura 34.</b> Lámina delgada de la muestra QC-21 del afloramiento de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 33). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Px, Piroxeno; Ol, Olivino; Mtz, Matriz. ....	49
<b>Figura 35.</b> Lámina delgada de la muestra QC-23 del afloramiento de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 33). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Px, Piroxeno; Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Mtz, Matriz.....	50
<b>Figura 36.</b> Afloramiento de cangahua, pómez y lapilli en la Quebrada Chalán (UTM 0763450/9803506/3010m).....	50
<b>Figura 37.</b> Afloramiento de vertiente (posible zona saturada de un acuífero libre) dentro de la Cangahua I en la Quebrada Chalán (UTM 0762800/9803481/2924m). ....	51
<b>Figura 38.</b> Lámina delgada de la muestra QC-13 del afloramiento de la Fig. 37 de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 37). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Px, Piroxeno; Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo. ....	52
<b>Figura 39.</b> Afloramiento de la Cangahua I y Cangahua III en la Quebrada Cotohuaycu (UTM 0761292/9804446/2886m).....	52
<b>Figura 40.</b> A) Estructura organosedimentaria (rizoconcreción) dentro de la cangahua I en Quebrada Colorada (UTM 0761493/9803862/2784m). B) Nódulos de hierro de la Cangahua I en Quebrada Chalán (UTM 0763505/9803532/2995m).....	53
<b>Figura 41.</b> Afloramiento de Cangahua I en Quebrada San Martín (UTM 0761961/9802245/2876m).....	54
<b>Figura 42.</b> Afloramiento de la Cangahua II en Quebrada Colorada (UTM 0761748/9804188/2768m).....	55
<b>Figura 43.</b> Lags de cantos dentro de la Cangahua II (UTM 0761369/9803509/2797m). ....	55

<b>Figura 44.</b> Lámina delgada de la muestra QC-04 del afloramiento de la Unidad Cangahua II en Quebrada Colorada (Fig. 43). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ol, Olivino; Mtz, Matriz. ....	56
<b>Figura 45.</b> Afloramiento de Cangahua II en Quebrada Sulsul (UTM 0761710/9803136/2817m).....	57
<b>Figura 46.</b> Metatarsiano de caballo dentro de la Cangahua II (UTM 0761687/9803125/2084m).....	57
<b>Figura 47.</b> Paraconformidad entre los paleosuelos de la Unidad Cangahua III y la Cangahua I. ....	59
<b>Figura 48.</b> Afloramiento de la Cangahua III en Quebrada Chalán. ....	59
<b>Figura 49.</b> Lámina delgada de la muestra QC-24 del afloramiento de la Unidad Cangahua III en Quebrada Chalán (Fig. 48). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Px, Piroxeno; Qtz, Cuarzo; Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ol, Olivino; Mtz, Matriz. ....	60
<b>Figura 50.</b> Afloramiento de la Cangahua III en Quebrada Chalán (UTM 0763756/9803673/3018m).....	61
<b>Figura 51.</b> Columna estratigráfica de Quebrada Sulsul. ....	62
<b>Figura 52.</b> Columna estratigráfica de Quebrada Chalán. ....	62
<b>Figura 53.</b> Columna estratigráfica de Quebrada Colorada. ....	63
<b>Figura 54.</b> Columnas Morfoestratigráficas de las principales Quebradas. ....	63
<b>Figura 55.</b> Mapa y corte geológico de la zona de estudio, escala 1:25000. ....	66
<b>Figura 56.</b> Mapa de muestras y afloramientos en la zona de estudio, escala 1:25000. ....	67
<b>Figura 57.</b> (A, B, C y D) Mandíbula inferior derecha de <i>Notiomastodon platensis</i> (Q. Colorada). (E y F) Fémur de <i>Notiomastodon platensis</i> (Q. Colorada). (G) Mandíbula inferior derecha de <i>Panthera onca</i> (Q. Colorada). (H) Tibia derecha de <i>Smilodon fatalis</i> (Q. Chalán). Fotografías de la colección de Paleontología, Departamento de Biología, EPN. ....	70
<b>Figura 58.</b> (I) Cráneo de <i>Smilodon fatalis</i> (Q. Colorada). (J) Vértebras caudales de <i>Oreomyiodon wegneri</i> (Q. Colorada y Q. Chalán). (K) Falange de <i>Oreomyiodon wegneri</i> (Q. Chalán). (L y M) Cráneo completo de <i>Equus andium</i> . (N) Mandíbula inferior derecha de <i>Palaeolama wedelli</i> (Q. Chalán). (O) Cráneos incompletos de <i>Odocoileus peruvianus</i> (Q. Chalán y Q. Colorada). (P) Paladar y molares izquierdos de musaraña fósil ( <i>Cryptotis</i> sp) (Q. Chalán). Fotografías de la colección de Paleontología, Departamento de Biología, EPN. ....	71
<b>Figura 59.</b> (Q) Sección transversal de <i>Coprinisphaera</i> donde se observan trazas dejadas por otros insectos. (R) Cabeza de <i>Phanaeus violetae</i> . (S y T) <i>Coprinisphaera</i>	

<i>kitu</i> (Q. Chalán). (U y V) <i>Cophrinisphaera murguiai</i> (Q. Colorada). R: Adrian Troya y Jose Luís Roman. ....	72
<b>Figura 60.</b> Cráneo completo de <i>Haplomastodon chimborazi</i> ( <i>Bunolophodon ayorae</i> = <i>Notiomastodon platensis</i> ) de Quebrada Chalán, excavado por F. Proaño (Spillmann en 1931).....	72
<b>Figura 61.</b> Mapa de ubicaciones con registro paleontológico de la zona de estudio (1:25000). ....	79

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de la base de datos correspondiente a cantidad de muestras por especie existente en la Quebrada Chalán. (Modificado de la base de información del Dpto. de Biología de la EPN).....	68
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los fósiles registrados en campo. ....	74

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I. TABLAS DE AFLORAMIENTOS Y MUESTRAS .....	108
ANEXO II. TABLA DE LA FAUNA FÓSIL DE CHIMBORAZO .....	114
ANEXO III. FICHAS PETROGRÁFICAS .....	122
ANEXO IV. MAPA GEOLÓGICO .....	144

## RESUMEN

La caracterización geológica realizada en la Quebrada Chalán y sus alrededores implicó estudios petrográficos, cartográficos y paleontológicos de los depósitos del cuaternario reciente, permitiendo describir la morfoestratigrafía, edades relativas de depositación y paleambientes. La zona está constituida de base a techo por un basamento metamórfico de edad Cretácica, perteneciente a la Formación Guamote, y de una intrusión granodiorítica que levantó el Cerro de Licto hacia el noroeste durante el Eoceno (Intrusivo de Pungalá), cubiertas por secuencias fluviales y volcanosedimentarias del Plioceno, que abarcan las Formaciones Yaruquíes y Sicalpa. Durante el Pleistoceno, por otro lado, el levantamiento de la Cordillera Real provocó un fuerte vulcanismo generando gran cantidad de materiales volcánicos, mismos que fueron retrabajados por acción del viento o del agua y que finalmente se depositaron periclinalmente sobre el valle interandino, hasta el sector de Chunchi, en la Provincia de Chimborazo. Este producto volcanosedimentario, conocido como cangahua, es típicamente reconocido por poseer un color característico kaki y contener evidencias de la fauna fósil del Pleistoceno. En este trabajo de investigación se identificaron tres unidades de cangahua diferenciadas entre sí por su disposición morfo-estratigráfica, sedimentología, estructura estratigráfica, contenido fósil, litología y color.

A partir de una base de datos obtenida del Departamento de Biología, de la Escuela Politécnica Nacional y de antiguas publicaciones, se reconoció la presencia de Megafauna dentro de la Formación Cangahua, en la zona de estudio, no obstante, estos datos no contaban con información relevante como la ubicación espacial y estratigráfica de la que fueron removidas las muestra. Gracias a la exploración de campo, se registraron un total de 16 fósiles entre macro y micromamíferos que pertenecieron al Pleistoceno Superior, y 12 puntos donde se evidenciaron bolas de cangahua, dando como resultado la interpretación de 2 niveles fosilíferos que debieron tener su desarrollo en épocas y ambientes diferentes.

**Palabras Claves:** Cartografía Geológica, Paleontología, Cangahua, Morfo-estratigrafía, Correlación.



## ABSTRACT

The geological characterisation in the Chalan Gorge and its surroundings encompassed both petrographic, cartographic, and paleontological studies, which allowed us to describe their morpho stratigraphy, relative depositional ages and paleoenvironments.

This region is conformed, from the base to the top, of a metamorphic basement from the Cretaceous age belonging to the Guamote Formation and a granodiorite intrusion, which elevated Cerro de Licto to the northwest during the Eocene age (Pungalá Intrusive), covered by fluvial and volcano-sedimentary Pliocene sequences from the Yaruquíes and Sicalpa Formations. On the other hand, during the Pleistocene, the uplift of the Cordillera Real caused intense volcanism. The consequent activity generated many volcanic materials. These materials were reworked by either wind or water and periclinally deposited on the Inter-Andean valley up to the Chunchi zone in Chimborazo Province. This volcano-sedimentary product, known as Cangahua, is typically recognised for having a characteristic khaki colour and containing evidence of Pleistocene fossil fauna. Three distinct Cangahua units were identified and differentiated during this research by their morpho-stratigraphic disposition, sedimentology, stratigraphic structure, lithology and colour.

Based on a database obtained from the Department of Biology of the Ecuadorian National Polytechnic School and other older publications, the presence of megafauna was recognised in the Cangahua formation within the area of research. However, some information was missing from the database (i.e. the spatial and stratigraphic locations where the samples were extracted). As a result of the research, sixteen fossils of macro and micro mammals from the Upper Pleistocene were recorded. Additionally, twelve points were recognised where several Cangahua stone balls were found. The research resulted in the interpretation of two fossiliferous levels that must have developed in different ages and environments.

**Keywords:** Geological cartography, palaeontology, cangahua, morpho-stratigraphy, correlation

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

La paleontología es la disciplina científica que estudia los restos de organismos que vivieron a lo largo de la historia geológica y que se han conservado a través del tiempo en diferentes sedimentos rocosos. Los descubrimientos paleontológicos en el Ecuador iniciaron en 1802 por el naturalista y geógrafo alemán Alexander Von Humboldt (Reinoso, 1974), quien en una expedición pudo observar abundante existencia de huesos fósiles del Pleistoceno en Quebrada Chalán, provincia de Chimborazo. Sin embargo, fue Teodoro Wolf en 1871, el primero en realizar investigaciones formales en la Quebrada, donde recolectó varios fósiles, entre los cuales se distinguieron huesos de *Mastodon andium*, un caballo extinto *Equus quitensis*, *C. riobambensis* y restos de una antigua especie de armadillo *Dasyopus magnus* para el Museo Mineralógico de la Universidad de Berlín, en Alemania, y para el gabinete de Ciencias Naturales de la Universidad Central del Ecuador (Reinoso, 1974). También se recolectaron en años posteriores restos de un tigre dientes de sable (*Smilodon fatalis*), paleo llamas, venados y perezosos gigantes (Muñoz, 2011).

En Ecuador existen yacimientos fósiles ubicados en distintas provincias como Pichincha (Alangasí), Napo (Papallacta), Chimborazo (Punín), Carchi (Bolívar), Santa Elena (La Carolina) y Loja. El principal yacimiento de vertebrados fósiles se encuentra cerca de las parroquias de Punín y Licto, al sureste de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, reconocido como el Sitio de Interés Paleontológico de Quebrada Chalán. Este lugar cuenta con un pequeño museo de interés paleontológico y antropológico, el cual trata de impulsar a la comunidad que lo alberga. El sitio forma parte de la historia del conocimiento paleontológico del país, y de la historia de la Escuela Politécnica Nacional, ya que parte de los fósiles procedentes del lugar se encuentran hoy en día en la colección de paleontología de vertebrados de la EPN. Autores como Branco (1883) con “La Fauna fósil de Punín”, Robert Hoffstetter (1952) con “Les Mammifères Pléistocènes de la République de L’Equateur”, o José Luis Román (Román & Lara, 2011) con “La fauna fósil de Quebrada Chalán”, han contribuido al conocimiento de la paleontología del lugar.

La Geología Regional de esta zona está franqueada por la Cordillera Real y la Cordillera Occidental, ya que se encuentra en el Valle Interandino. El Valle Interandino es una depresión tectónica-geomorfológica ubicada entre Guamote al Sur (2°10´S) e

Ibarra (0°30´N) al Norte, con una dirección N-S a NNE-SSW (Winkler et al., 2005). Varias estructuras afectan al entorno geológico de la zona de estudio: el sistema de Fallas Pallatanga, la Falla Pujilí, Falla La Candelaria y algunos lineamientos. En el entorno geológico afloran Unidades como: Unidad Guamote, Granito de Pungalá, Unidad Riobamba, Formación Sicalpa, Formación Yaruquíes, Avalancha de Chimborazo y la Formación Cangahua, descritos por Litherland (1987); Sosa y Guevara (1973), Alcaraz et al., (2002); Barba (2006); Bustillos (2014); Bernard *et al* (2008); Naranjo (2013); Salguero (2017); y Procel (2018).

A pesar del interés paleontológico de la Quebrada Chalán (Riobamba), existe mucho desconocimiento de la información geológica de detalle del lugar. Existen mapas geológicos como el Riobamba 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM), de 1990, mapa de Ecuador en 1:1.000.000 del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), del 2017 y mapas de trabajos posteriores como los que se encuentran en el Trabajo de Titulación de Buenaño (2018) y la Tesis Doctoral de Procel (2018), pero no existe cartografía de detalle del entorno ni descripciones estratigráficas detalladas de las localizaciones de los fósiles.

Debido a ello, este trabajo de titulación pretende realizar un mejor reconocimiento geológico del área, para lo cual se elaboró un estudio geológico a detalle del entorno, se caracterizó y describió los depósitos de la zona donde se encuentran los fósiles, se delimitó las unidades donde se podrían obtener más restos y definio el contexto sedimentario que favoreció la preservación de los mismos en el lugar. Para ello, se revisaron las localizaciones de fósiles descritas en el lugar, generando una referenciación de yacimientos y descripción morfo-estratigráfica de las unidades cuaternarias. Las unidades definidas se representaron en cartografía geológica de detalle del lugar, para incrementar la información geológica y geomorfológica del área.

## 1.2. Justificación

Quebrada Chalán (Riobamba) es uno de los yacimientos fosilíferos de vertebrados de mayor relevancia del país, ya que, en sus depósitos se han encontrado los restos de más de nueve especies de vertebrados (Carrillo, 2007; Hoffstetter, 1952; Montellano & Román, 2011; Román & Lara, 2011). La Geología de esta zona se caracteriza por presentar afloramientos de cuarcitas, lutitas, volcanoclásticos de Cangahua, tobas meteorizadas, gravas moderadamente gruesas y arenas, entre otros (Buenaño, 2018; Naranjo, 2013; Reinoso, 1974; Salguero, 2017). La zona estudiada se ha visto afectada por actividad tectónica y eruptiva de los volcanes que rodean el área: Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, El Altar y Tulabug, principalmente (Reinoso, 1974).

Para mejorar el conocimiento del sitio paleontológico es necesario describir de forma detallada los depósitos cuaternarios, su distribución, espesores, y relaciones con las unidades geológicas antiguas, siendo la cartografía detallada de las unidades la mejor manera de obtener información geológica integral del entorno, en conjunto con la elaboración de columnas estratigráficas y toma de muestras. Las descripciones de detalle se realizaron en los lugares georreferenciados con fósiles, compilando previamente toda la información paleontológica del área en una base de datos, con el fin de dar a conocer cuáles son los orígenes geológicos del entorno y contribuir con la difusión de su importancia para el país.

El detalle del estudio ayudará a conocer cuáles fueron las causas que generaron el yacimiento, si sus características concuerdan con otras ocurridas en otro entorno, y si es posible identificar otras zonas con las mismas facies fosilíferas.

Todos esos datos son necesarios para delimitar geológica y cartográficamente el yacimiento y las unidades fosilíferas con vistas a su mejor protección y preservación en el futuro, impulsando así más estudios a detalle de otras zonas que también sean de interés paleontológico

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Caracterizar la geología de las principales unidades litológicas entorno a la Quebrada Chalán (Riobamba-Chimborazo) a escala 1:25.000.

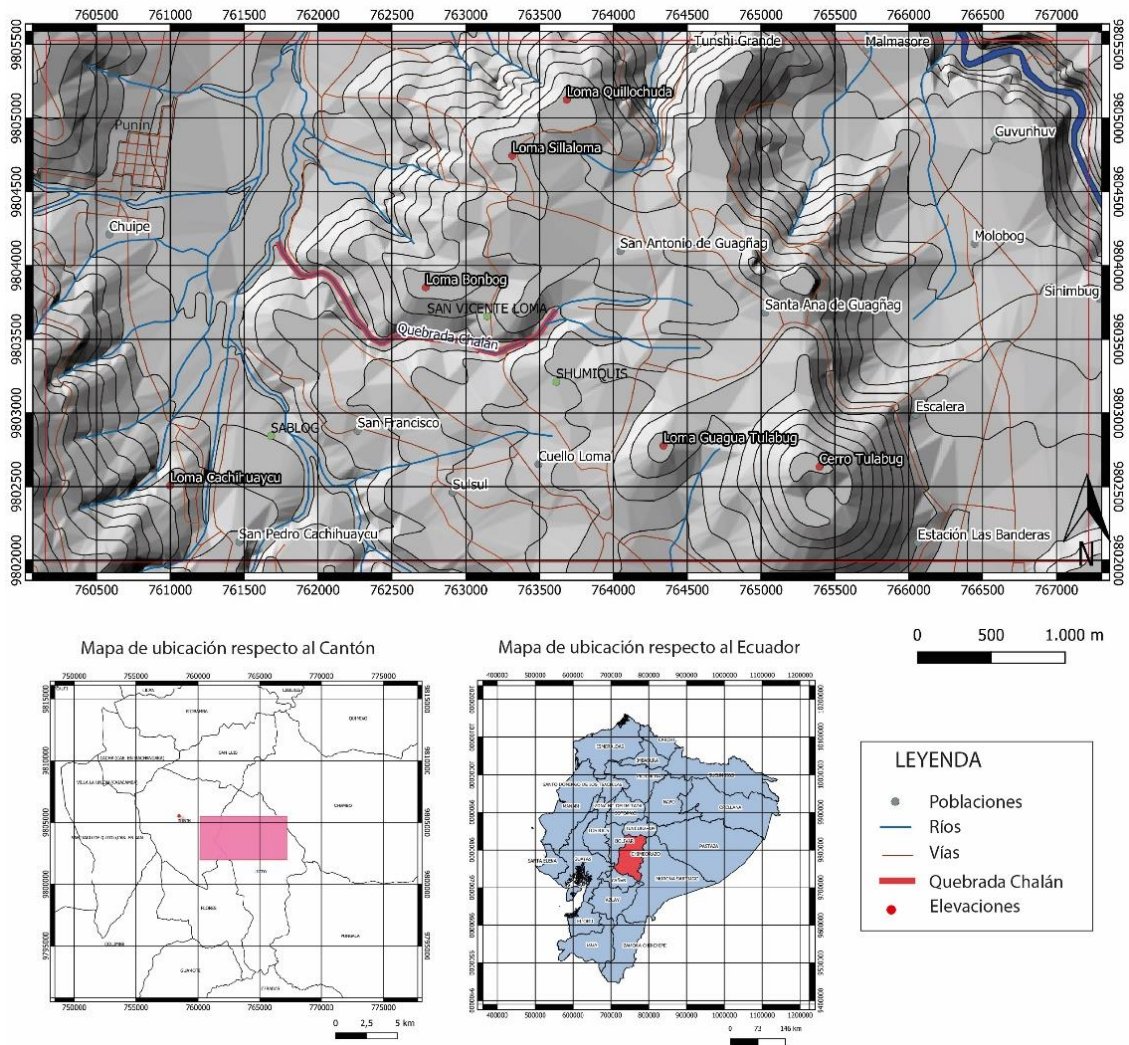
### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Generar una base de datos paleontológica, en conjunto con un mapa de localización de fósiles.
- Levantar columnas estratigráficas en los sitios fosilíferos más relevantes y definir las unidades principales a cartografiar
- Describir petrológicamente las unidades litológicas del entorno.
- Describir la disposición morfo-estratigráfica de las unidades a través de imágenes satelitales, fotos aéreas, y campo.
- Sintetizar los datos analizados en cartografía temática geológica (ESCALA 1:25.000)

## **1.4. Caracterización del área de estudio**

La caracterización del área de estudio empieza con la descripción de varios aspectos relevantes como la ubicación geográfica de la zona, el relieve, el clima y la hidrología.

La Quebrada Chalán se ubica dentro de la comunidad de San José de Chalán Grande, en el límite de las parroquias de Licto y Punín, ambas dentro del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, al centro sur del Ecuador. El área a estudiar se encuentra dentro de las coordenadas 9806500 Norte, 9801500 Sur y de longitud 760050 Este y 767400 Oeste, aproximadamente. Dando como área de estudio, una dimensión de 7.06 km de ancho por 3.55 km de largo, siendo en total una extensión de 25 km<sup>2</sup> de terreno (Fig.1).

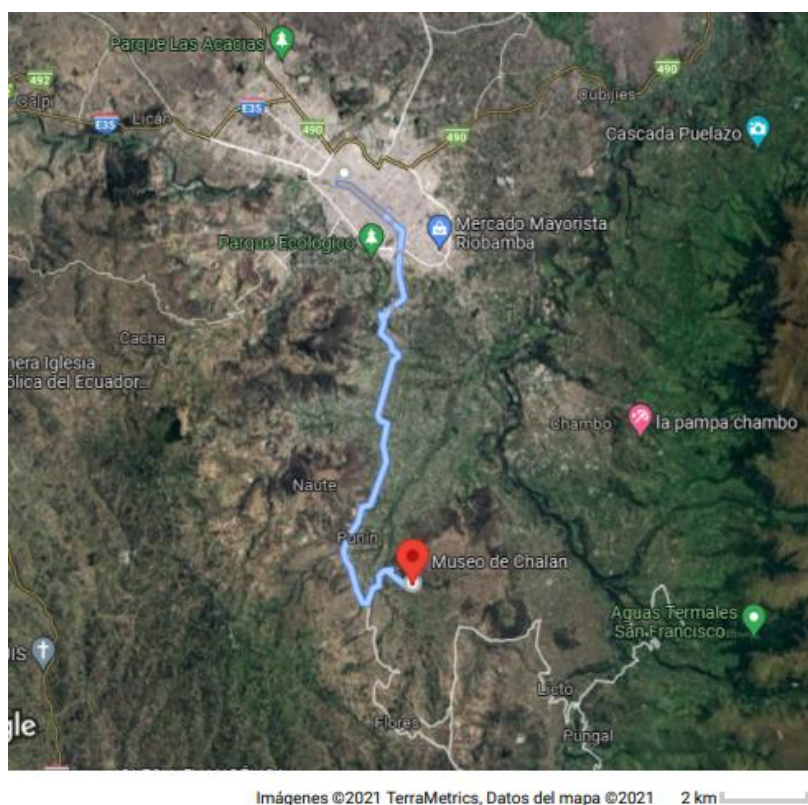


**Figura 1.** Mapa de ubicación y área de estudio.

La principal ruta de acceso desde la ciudad de Quito corresponde a la Panamericana Sur E35 hasta la ciudad de Riobamba que está ubicada a 211 km. Y desde el centro de Riobamba hasta el Museo de Chalán son unos de 18.3 km, unos 31 minutos de trayecto en auto (Fig.2).

Según datos del Gobierno Parroquial de Licto y Punín, el relieve de la zona de estudio es irregular, siendo predominante el relieve montañoso. El rango de altitudes que se encuentran en la zona varía entre los 2800 a 3000 m.s.n.m.

La zona se caracteriza por tener presencia de cuestras, colinas, edificios volcánicos y montañas.



**Figura 2.** Mapa con la vía principal de acceso desde Riobamba. Fuente: Google Maps

Se conoce de igual manera, que la Quebrada Chalán nace en las faldas del volcán Tulabug y contiene material de sus erupciones, además de tener aporte de diferentes Formaciones.

La hidrografía de la zona se destaca por estar formada por una microcuenca, que se originó por antiguas precipitaciones fluviales y por los deshielos del Volcán Chimborazo. El resultado de estos procesos produjo la creación de acequias, canales, pequeños ríos y ojos de agua, además del drenaje principal y secundario, que se convierten en los afluentes del río Chambo.

El clima en el área de estudio es frío en la zona alta, aunque en lugares donde su altitud es de 2600 m.s.n.m. a 2900 m.s.n.m la temperatura varía de 12°C a 18°C (Fiallos, 2020).

### **Historia y etimología**

Antiguamente la comunidad de San José de Chalán Grande formaba parte de la comunidad de Tunshi San Nicolas, sin embargo y debido a conflictos entre los comuneros se realizó la división de estos territorios, dando así la independencia a

Chalán en el 2004. En sus alrededores habitan kichwas e indígenas descendientes de los Puruhaes (Usca, 2013).

Se presume que la etimología de la palabra chalán proviene del Atacameño “chá”, que significa débil y “lan”, que significa ruptura. Su interpretación podría significar que la Quebrada presenta hundimientos y depresiones abruptas en forma de zanjas dejadas por los ríos (Reinoso, 1974).

## **1.5. Alcance**

Este proyecto de titulación tiene como alcance el levantamiento de columnas estratigráficas y la creación de mapas tanto geológico, paleontológico y de afloramientos. Esto en base del estudio a detalle de las diferentes Formaciones y unidades que conforman el área de estudio (25 km) y al reconocimiento de piezas fósiles. Además, pretende favorecer el estudio paleontológico de la zona delimitando las unidades de las que se podría obtener más restos para finalmente definir el contexto sedimentario que favoreció la preservación de los mismos. En base a la caracterización geológica se obtendrá los siguientes resultados:

- Recopilación de información geológica y paleontológica de la zona de estudio.
- Caracterización petrográfica de las muestras obtenidas en campo.
- Correlación entre unidades.
- Creación de columnas estratigráficas de la zona de estudio donde se detalle las unidades con potencial de preservación y acumulación de fósiles.
- Obtención de nueva información geológica del área.
- Creación de un mapa geológico-paleontológico a escala 1:25000.
- Resultados, interpretación y discusión final del trabajo de titulación.



## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

La información presentada en este capítulo fue obtenida de distintos trabajos de investigación que abarcan tanto la geología como la paleontología de la provincia de Riobamba.

### **2.1. Geología Regional**

El contexto geodinámico del Ecuador actual se caracteriza por la subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, a una velocidad de 4.7 cm/año y en una dirección N83°E (Nocquet et al., 2014). Además, el margen ecuatoriano se encuentra en constante evolución debido a la influencia de la cordillera asísmica de Carnegie, que tiene 200 km de ancho y un espesor que varía entre los 14 y 19 km (Spikings et al., 2001), la cual colisionó hace 15 Ma contra el continente, y produjo un régimen compresivo y la exhumación de material volcánico (Michaud et al., 2009). Así mismo, estos dos procesos influyeron en el movimiento hacia el Norte del Bloque Nor-Andino (Nocquet et al., 2014)

La zona de estudio forma parte del Valle Interandino, una depresión tectónica – geomorfológica que se encuentra entre las Cordilleras Real al Oeste y Occidental al Este, con una dirección N-S a NNE-SSW. Este alberga una serie de cuencas sedimentarias que se originaron en respuesta a reajustes tectónicos del tras-arco y arco, desde el Mioceno superior a la actualidad (Winkler et al., 2005). Consisten básicamente en una cobertura volcano-sedimentaria Plio-Cuaternaria, posiblemente sobre rocas del basamento de las cordilleras (Unidad Pallatanga y Guamote; Litherland et al., 1994) o sucesiones volcánicas del Oligoceno- Mioceno superior (Winkler et al., 2005).

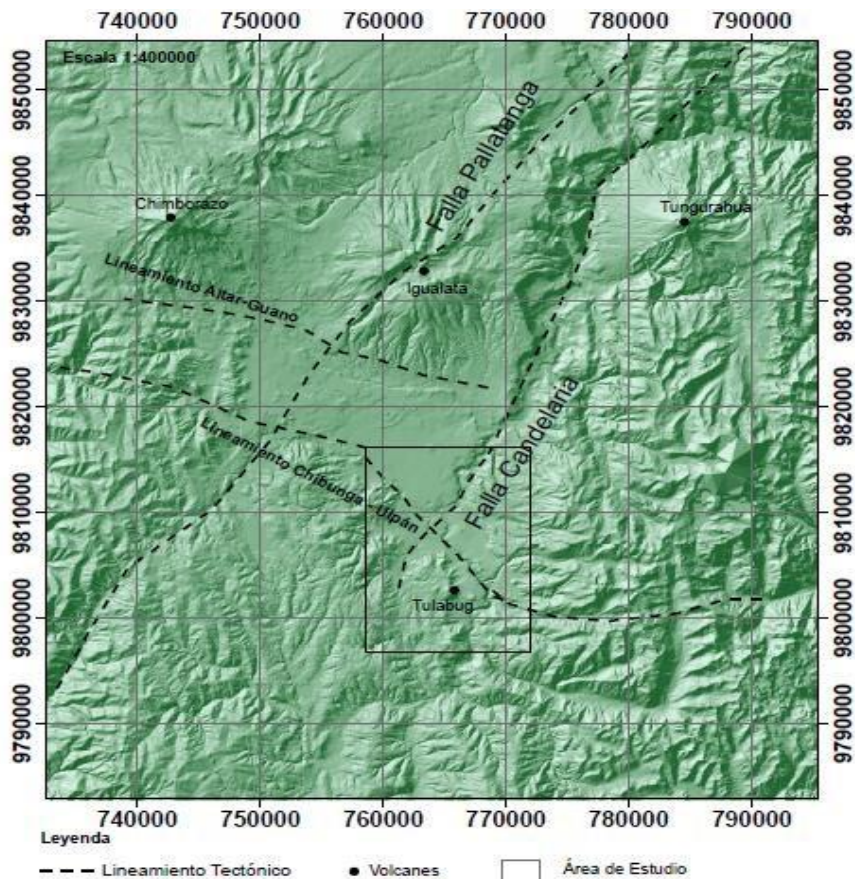
El Valle Interandino está conformado por tres segmentos según Villagómez (2003): Valle Interandino Norte, el Valle Interandino Central y el segmento sur denominado Valle Interandino Sur, que comprende la cuenca de Latacunga-Riobamba.

Esta cuenca intramontañosa se formó con basamento metamórfico, rellenas por sedimentos de abanicos aluviales, fluviales, lacustres y depósitos volcánicos tales como: i) flujos piroclásticos, ii) avalanchas, iii) lahares, provenientes de las principales elevaciones como el Chimborazo (6268 m), Igualata (6268 m), El Altar (6268 m), Tungurahua (5023 msnm) y, Huisla (6268 m). (Barba, 2006; Bernard et al., 2008; Bustillos, 2014; Clapperton & Vera, 1986; Samaniego et al., 2012)

### 2.2.1. Contexto Geodinámico-Cartográfico

El Valle Interandino se encuentra limitado por fallas asociadas a los principales límites estructurales de la Cordillera Occidental y Real. Los principales límites estructurales de esta depresión regional son las fallas de escala cortical, reactivadas, que fueron formadas durante eventos consecutivos de acreción en el Cretácico y Cenozoico Inferior a lo largo del margen continental ecuatoriano (Winkler et al., 2005).

La Quebrada Chalán se encuentra en el marco del sistema de Fallas Pallatanga, de dirección NE-SW a NNE-SSW (Baize et al., 2015). La falla Candelaria está asociada a este sistema, el cual limita el borde oriental de la Cordillera Real, paralela al Río Chambo (Egüez et al., 2003). El Lineamiento Río Chibunga - Río Ulpán, de dirección NWW-SEE (Salguero, 2017), se encuentra próximo al volcán extinto Tulabug, que es de interés para este trabajo, siendo su presencia el indicador de un posible fallamiento en el entorno del área de estudio (Fig. 3).



**Figura 3.** Principales estructuras y lineamientos de la zona de estudio. (Obtenido de Buenaño, 2018, Fig 2.2)

### **2.2.2. Unidades Geológicas**

Los trabajos previos en el área de estudio indican que las rocas de relleno en la cuenca de Riobamba consisten principalmente en depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios (Buenaño, 2018), de edades Miocénicas a Pleistocénicas (Winkler et al., 2002).

#### **Unidad Punín o Guamote (Jurásico-Cretácico)**

La unidad Punín, también conocida como unidad Guamote, presenta una secuencia de ortocuarcitas blanquecinas a grises de origen continental intercalada con filitas o pizarras negras, grises, púrpuras, verdes o blanquecinas de bajo grado metamórfico. Las cuarcitas son de grano medio a grueso hasta conglomeráticas. Las pizarras son de colores blanquecinas, grises, verdes violetas e incluso negras (Litherland et al., 1994).

#### **Granito de Pungalá (Eoceno)**

El granito de Pungalá está constituido mineralógicamente por plagioclasas de tipo albita, ortoclasa, oligoclasa-andesina, láminas resquebrajadas de biotita y anfíbol. Además, presenta zircón y magnetita como minerales accesorios. La textura es hipidiomórfica granular con estructura masiva y de grano grueso (Sosa & Guevara, 1973).

#### **Unidad Riobamba (Mioceno)**

Está conformada por secuencias de arcillas, tobas y cenizas volcánicas pelíticas alteradas en capas finas estratificadas y dispuestas casi horizontalmente. El espesor va de 40 a 50m. (Naranjo, 2013)

Según Salguero (2017), la unidad Riobamba contienen una secuencia de limos, arenas finas y conglomerados estratificados y laminados, estratos granodecreciente y finalmente una continuidad lateral, la cual varía según su espesor.

#### **Formación Sicalpa (Plioceno)**

Esta formación contiene una secuencia piroclástica conformada por tobas de grano fino y algunos clastos de tamaño medio, de colores blanquecinos a grises con estructura masiva y textura porfirítica; aglomerados con clastos andesíticos; y lavas porfiríticas leuco a mesocrática (Salguero, 2017; Sosa & Guevara, 1973). Lateralmente cambia a la Formación Yaruquíes (Buenaño, 2018).

## **Formación Yaruquíes (Plioceno)**

De base a techo está conformada por areniscas finas de color amarillo, capas de conglomerados de 5 a 7m intercaladas con capas de areniscas de grano medio (2m). Los conglomerados contienen cantos subredondeados de andesita de color oscuro de 2 a 6cm. Las capas superiores de aglomerados tienen potencia de 2 a 5m y sobre estas afloran facies más finas como las arcillas (Hoffstetter et al., 1977).

## **Avalancha de Chimborazo (Pleistoceno)**

Fue datado en 35.000 años (Beate & Hall, 1989). La avalancha tiene un espesor promedio de 40m, un volumen de 100 m<sup>3</sup> y cubre un área total de 280 km<sup>3</sup>; está conformado por facies de bloques de composición andesíticos y estructuras jigsaw cracks (Bernard et al., 2008).

En el 2006 Barba caracterizó a la avalancha de Chimborazo en facies de bloques y matriz. La facies de matriz se compone de una variedad de litología volcánicas, de limo a arenas, producto de un flujo dispersivo-turbulento. La facies de bloque, por otro lado, tienen composición monolítica (andesíticos y dacíticos), son clastosoportados y con poca matriz. En base a un flujo piroclástico, ubicado varios niveles sobre la avalancha, datada en  $42,6 \pm 0,5$  ka, se estimó que la edad de la avalancha podría ser de 50 ka AP (Barba, 2006).

Por otro lado, Samaniego y sus colaboradores (2012), mediante cronoestratigrafía generalizada le asignaron una posible edad de 60-65 ka.

## Formación Cangahua (Pleistoceno)

Cangahua = cangagua = cangahue



**Figura 4. (A)** Distribución de la Formación Cangahua (áreas grises oscuras) en la Depresión Interandina del norte de Ecuador. **(B)** Mapa detallado de la zona cercana a Quito. Principales volcanes (triángulos), localidades estudiadas (círculos). QCh: Quebrada Chalán. EPN: Escuela Politécnica Nacional. (Obtenido de Sánchez et al., 2013, Fig 1).

El término cangahua fue definido geológicamente por primera vez por Teodoro Wolf en 1892, como una toba fina producto de la sucesiva descomposición de las andesitas, lavas y tobas (Vera & López, 1986).

Varios autores como Clapperton y Vera (1986), Hall y Beate (1991), y Clapperton (1993), coinciden en que la cangahua corresponde a tobas volcánicas de colores amarillentos a beige. Estas se encuentran intercaladas con partículas volcánicas finas, cenizas y pómez. La mineralogía de la Formación está relacionada a andesitas volcánicas cuaternarias, cuya composición consiste en plagioclasa, hornblenda, biotita, augita, cuarzo y fragmentos de líticos (Hall & Beate, 1991).

El primer trabajo donde se incluyó mayores detalles sobre la cangahua es “*Contribuciones para el conocimiento del Cuaternario en el Ecuador*”, escrito por Sauer y publicado el año de 1950. En él se clasificó a la cangahua, en dos clases, a pesar de tener un mismo origen volcánico: cangahua eólica, cuando se deposita periclinalmente en zonas secas, y cangahua lacustre, cuando se deposita horizontalmente en zonas que contienen agua, marcando antiguas superficies conocidas como paleosuelos.

La Formación Cangahua (Fig 4) posee un espesor que disminuye regionalmente hacia el sur (Ficcarelli et al., 1997), desde unos 100 metros en el norte del Ecuador hasta 22 metros en la provincia de Chimborazo (Baldock, 1982).

En el trabajo de Vera y López “*El origen de la cangahua*” del año 1986, se define a la cangahua como una arena fina que varía a limosa y arcillosa con cristales anhedrales y subhedrales dispersos en una matriz vítrea. Por otro lado, se menciona dos procesos fundamentales para el origen de las cangahuas: 1) litificación y 2) meteorización y pedogénesis. También realizaron una clasificación litológica de esta Formación en dos grupos:

#### Cangahua primaria

Tipo 1 o de caída: ceniza y polvo volcánico depositado in situ. Lo más cercano a este tipo es la mal llamada “cangahua eólica” definida por Sauer. Según Vera y López esta cangahua presenta cristales con formas anhedrales y fracturas irregulares producto de su origen volcánico de caída directa y se presenta como una toba.

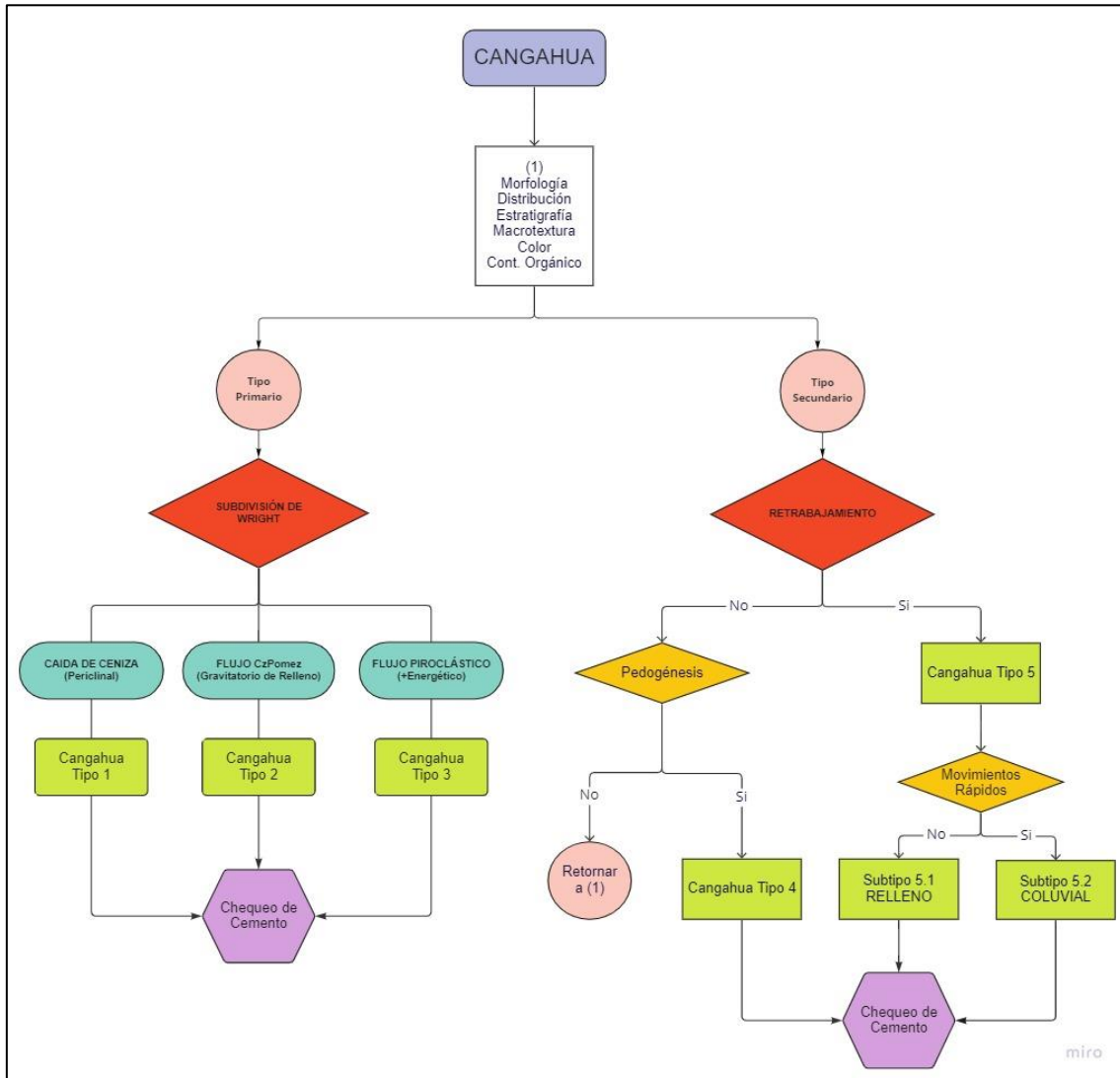
Tipo 2 o de flujo: su origen se da en los flujos de lodo, lahares, bloques líticos y coladas de barro proximales asociados a brechas (Vera & López, 1986).

Tipo 3 o de pedogénesis: se originan del desarrollo pedogenético sobre diferentes materiales volcánicos preexistentes, este material no es consolidado y su desarrollo varía según las condiciones climáticas de su depositación (Vera & López, 1986).

#### Cangahua secundaria

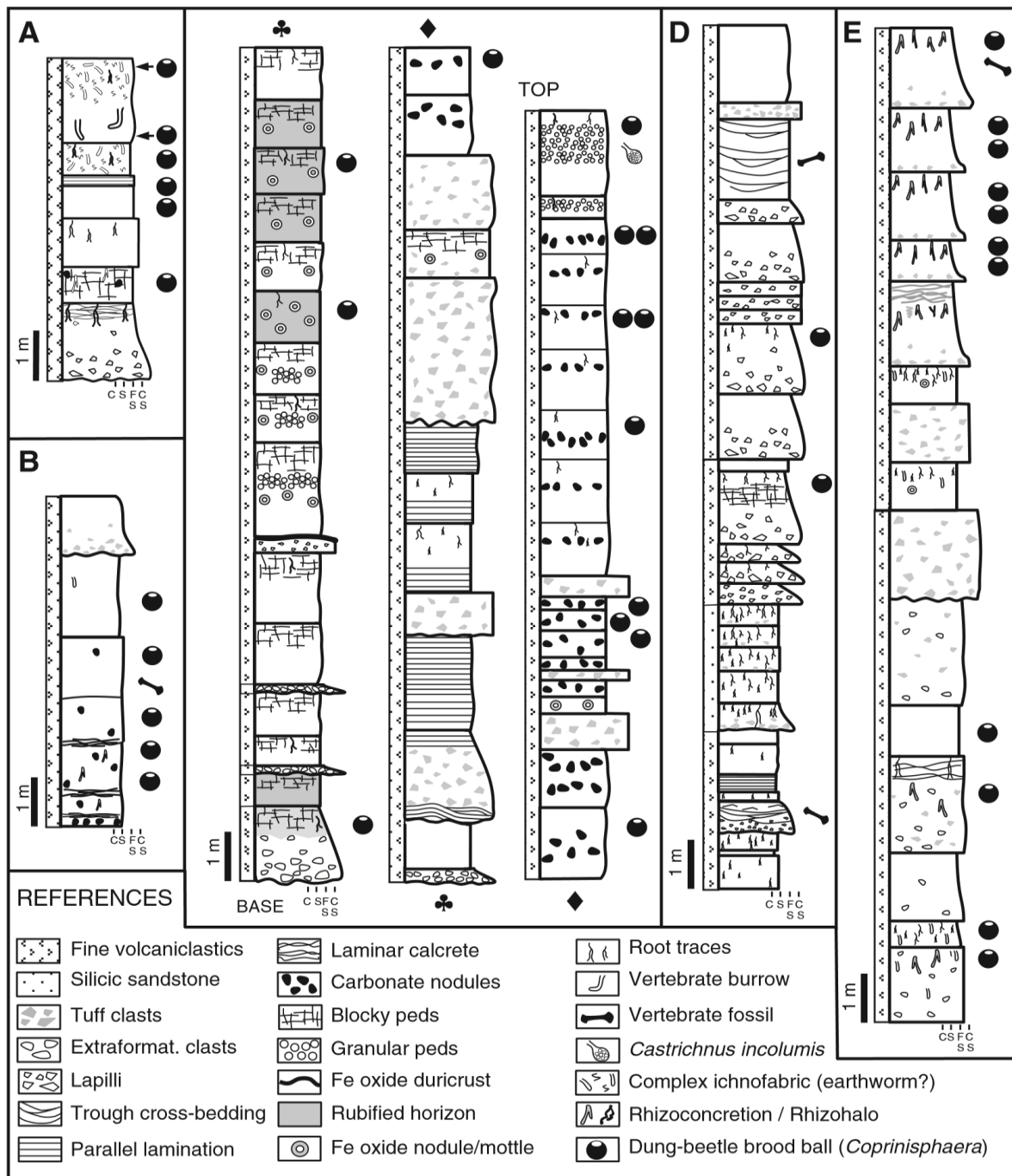
Se origina del retrabajamiento de los anteriores depósitos de cangahua rellenando depresiones o formando mesetas. Lo más cercano a este material es la “cangahua lacustre” descrita por Sauer. Este material resulta ser más arenoso y de menor consolidación que las tobas, se presentan en facies laháricas aluviales, coluviales y lacustres (Vera & López, 1986).

Se considera para tener un mejor entendimiento de estos materiales, usar el término tefra para el material no consolidado y toba para el material consolidado (Vera & López, 1986).



**Figura 5.** Diagrama de flujo de clasificación de las Cangahuas del Ecuador (modificado de Vera y López, 1992, Fig 2).

Como ejemplo de la estratigrafía de la zona de estudio, se presenta la columna estratigráfica realizada por Sánchez en su estudio "*Dung beetle brood balls from Pleistocene highland palaeosols of Andean Ecuador: A reassessment of Sauer's Coprinisphaera and their palaeoenvironments*" del 2013 (Fig. 6, E).



**Figura 6.** Perfiles sedimentológicos en diferentes localidades. (A) Tanda Arriba. (B) Tumbaco. (C) Puente del Río Chiche. (D) Tanda Abajo. (E) Quebrada Chalán en la provincia de Punín. (Obtenido de Sánchez et al., 2013, Fig 3).

## Depositos asociados a glaciaciones y períodos interglaciares del Cuaternario del Ecuador

Las Formaciones del Cuaternario se originaron debido a levantamientos y hundimientos verticales en los Andes, erupciones volcánicas y glaciaciones (Sauer, 1950). Estas últimas influyeron directamente en la abundancia de animales y plantas en las llanuras de la sierra ecuatoriana. Respecto a los depósitos cuaternarios de los Andes Sauer y



Estrada (1970) describieron cuatro glaciaciones, tres períodos interglaciares y un post-glaciar en el Ecuador asociadas a los depósitos de cangahua, diferenciándolas por su morfología, altitud y tefroestratigrafía:

### **Pluvio-Glacial**

En el primer período se formaron potentes macizos volcánicos, enormes masas montañosas que entraron en las alturas heladas aumentando así las regiones de alimentación de los glaciares (Sauer, 1950), al mismo tiempo las lluvias de la época redujeron la temperatura inhabilitando la vida de mamíferos en la región interandina (Lara, 1961). Esta época constituyó un período pluvio-glaciar donde los valles se convirtieron en enormes lagos, en los que se depositaron sucesivas sedimentaciones de material volcánico, guijarros, gravas y arenas gruesas (Lara, 1961). Los sedimentos pertenecientes al primer periodo pluvio-glaciar ocuparon el fondo de las depresiones interandinas como capas basales de las siguientes glaciaciones (Sauer, 1950)

### **El primer interglacial**

Este período se reconoce debido al cambio en la sedimentación, ya que, los lagos de los valles al drenar el exceso de agua en forma de torrentes erosionaron el material que se encontraba en las cordilleras, en forma de aluviones, ocasionando una sedimentación fluvio-lacustre. Este proceso tuvo lugar debido al retroceso de los glaciares, disminución de las lluvias y el aumento de la temperatura en los valles interandinos (Lara, J., 1961).

### **La segunda glaciación**

Los sedimentos de este período fueron interpretados como “glacio-lacustres”. Según Sauer la segunda glaciación se caracterizó por el avance de grandes glaciares, tipo pie de monte, que se extendían desde la cordillera oriental hasta terminar en los lagos que ocupaban las cuencas intermontañas (Clapperton & Vera, 1986). La interacción de procesos como el volcanismo y las glaciaciones dieron lugar al material volcano-sedimentario conocido como cangahua lacustre. Este material predominaba en las depresiones llenas de agua que además estaba compuesto por arenas volcánicas gruesas y finas, en estado regularmente arcilloso y a veces mezclado con piedra pómez gruesas (Sauer, 1950).

## **El segundo interglaciar.**

Se caracteriza por la aparición de la cangahua eólica antigua. El volcanismo se ve más arraigado aumentando la fuente de alimentación de sedimentos finos que finalmente se depositaron periclinalmente sobre las llanuras de las cuencas, arrastrados por la acción de los vientos. Adicionalmente, hubo la primera aparición de las “bolas de cangahua”, estructuras de forma esférica, huecas, creadas por escarabajos peloteros.

## **La tercera glaciación**

Este periodo es uno de los más importantes para Sauer, 1950, pues menciona que, la renovada actividad tectónica del último interglaciar había creado tierras más altas, aumentando así las zonas de alimentación de glaciares y a su vez los valles en forma la U. Evidencia de ello, en los valles exteriores de las Cordilleras se pueden observar terrazas medias fuvio-glaciares, que en contraste de la segunda glaciación son más pequeñas. El sedimento característico según Lara (1961) para este período es la cangahua lacustre alternada con guijarros oscuros y arena fina.

## **El tercer interglaciar**

Sauer interpretó una tercera interglaciación debido a la presencia de cangahua eólica con bolas de cangahua y fragmentos de fósiles de vertebrados en el Rio Chiche. También sugirió que durante este período se reactivó la actividad tectónica (fallamiento, levantamientos y hundimientos) y volcánica. Como consecuencia de esta actividad, la superficie cambió, provocando la desecación de los lagos en las cuencas intermontañas, esto explicaría la ausencia de cangahua lacustre durante y después en los siguientes depositaciones. La desecación potenció la erosión en las partes más planas de la región interandina desarrollando nuevas formas topográficas, las cuales fueron cubiertas periclinalmente por una potente capa de cangahua eólica moderna.

## **La cuarta glaciación**

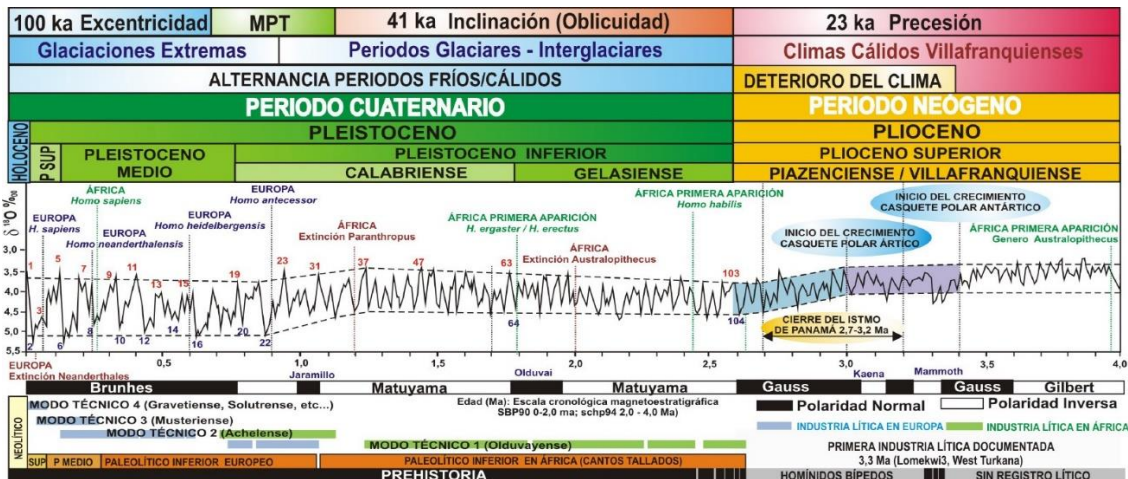
Fue el último período glacial y tuvo una extensión relativamente pequeña, sin embargo, los glaciares que se formaron en este eliminaron los rastros de las morrenas dejadas por la tercera glaciación. Según Sauer el nuevo levantamiento de la cordillera permitió que los glaciares volvieran a ocupar los antiguos valles en “U” y alcanzar así límites similares (Clapperton & Vera, 1986), además concluyó la presencia de cangahua eólica como evidencia de la continua actividad volcánica durante este período.

## **El postglacial**

Como prueba de la existencia de un postglacial Sauer, 1950, mencionan la presencia de cangahua eólica extendida sobre las Formaciones de la cuarta glaciación. Infirió condiciones climáticas cálidas y secas acompañadas de vulcanismo.

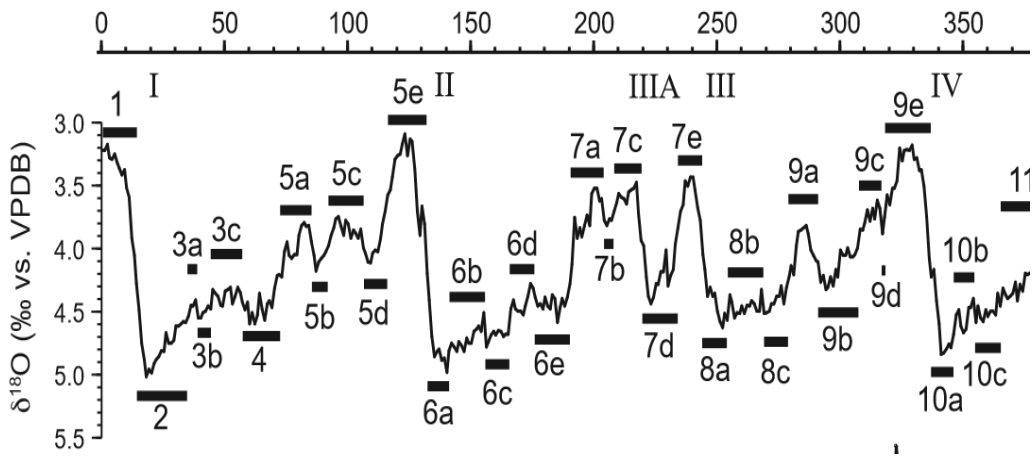
## **Glaciaciones y Períodos Interglaciares Globales del Cuaternario**

Desde los años 50 el desarrollo de las técnicas de isótopos estables en testigos de sedimentos marinos (Shackleton et al., 2003, entre otros), entre otros, y posteriormente en testigos de hielo (Petit et al., 1999, entre otros) permitieron conocer en mayor detalle las variaciones climáticas existentes dentro del Cuaternario desde el Pleistoceno Inferior hasta el Holoceno. A medida que se fueron desarrollando los estudios isotópicos basados en foraminíferos marinos o en hielo, se desarrolló terminologías para describir las variaciones climáticas de corta duración que se observaban en las curvas isotópicas y que habían sido descritas parcialmente en los estudios de glaciaciones clásicos en tierra con depósitos glaciares. Los estudios en morrenas en Europa, Norteamérica y otras partes de América habían descrito las glaciaciones con términos propios, por ejemplo: Mindel, Riss, etc., con etapas dentro de las mismas. Para homogeneizar estas terminologías nacieron los códigos de letras y números para designar los periodos más cálidos o fríos que ocurren en el Pleistoceno. En las curvas estándares que analizan estas variaciones climáticas (Fig. 7), los periodos interglaciares se designan con números impares que crecen desde el Holoceno (1) hacia atrás en el tiempo, mientras que los periodos glaciares se designan con números pares (2,6,8). Las variaciones dentro que cada uno de los períodos grandes se describen con letras asociadas al período principal. En el desarrollo de estos análisis se ha ido generando curvas representativas globales de variaciones de menor rango, cada vez, que pueden ser utilizadas para comparar con las variaciones de depósitos que se observan en cada región del planeta. Los OIS (estadios isotópicos de oxígeno) en estas curvas hacen referencia a mediciones isotópicas en testigos marinos y los MIS (estadios isotópicos marinos) hacen referencia a curvas del nivel del mar que reflejan variaciones en zonas costeras.



**Figura 7.** Composición de la estratigrafía del Pleistoceno y Neógeno final escalada en relación al registro isotópico marino ( $\delta^{18}\text{O}$ ) (Obtenido de Shackleton, 1995 en **Silva et al., 2017**)

Los depósitos de cangahua se han descrito clásicamente asociados a las últimas glaciaciones con edades de inicio de las acumulaciones que todavía se discuten, pero, deberían estar vinculadas a los tres últimos ciclos glaciares-interglaciares principalmente (OIS 1-2-3, 4-5, 6-7). Dentro de los mismos hay a su vez variaciones climáticas menores que pueden haber sido condicionantes del hábitat para algunas especies en el entorno Andino (Fig. 8).



**Figura 8.** Esquema optimizado de subestadios isotópicos marinos con letras dentro del Pleistoceno final, y la naturaleza climatoestratigráfica de los estudios y subestudios isotópicos (Obtenido de **Railsback et al., 2015**).

## 2.2. PALEONTOLOGÍA

La historia paleontológica del Ecuador empezó a ser descrita desde hace mucho tiempo. El primer reporte fue escrito por Andrés Wagner en 1860, en el cual realizó un detallado estudio de los fósiles del Ecuador en base al material encontrado en los alrededores de Riobamba (Montellano & Román, 2011).

Desde entonces, varios han sido los documentos donde se relatan las diferentes especies encontradas en el país, principalmente en Punín, Riobamba. Por ejemplo, el geólogo Teodoro Wolf en 1871 durante un estudio para determinar la edad de las erupciones volcánicas del Ecuador descubrió y estudió restos fósiles que se hallaban inmersos en tobas volcánicas del cuaternario, como un mastodonte (*Mastodon andium*), un caballo extinto (*Equus andium*) y un armadillo (*Dasypus magnus*) (Carrillo, 2007). Por otra parte, en 1883, W. Branco escribe la obra "*La Fauna fósil de Punín*" detallando algunas de las especies de mamíferos pleistocénicos del lugar.

Uno de los descubrimientos más destacados es el de 1923, donde se describe el hallazgo de un cráneo humano en la Quebrada Chalán por H. H Tate. Este resto es conocido como el "Cráneo de Punín" y se presume perteneció a una mujer de avanzada edad que habitó durante el paleoindio tardío (4950 a.C.), Más tarde en 1974 Emilio Bonifaz encontró un segundo cráneo en conjunto con un fémur perteneciente al período formativo (1240 a.C.).

Estudios más detallados de cada especie han dado renombre a la fauna característica del Pleistoceno, como los de Ficarelli en 1995 y Ferretti en 2010 que proponen a una sola especie de mastodonte en América del Sur llamado *Hapломastodon chimborazi*. El perezoso gigante, por otro lado, fue descrito en 1931 por Spillmann asignándole el nombre de *Glossotherium (Oreomyloodon) wegneri* (Montellano & Román, 2011). Ambas especies fueron estudiadas de holotipos de la Quebrada Chalán.

Muchos fósiles de vertebrados han sido recolectados en la zona de estudio, el material tipo de algunos de ellos se ha perdido a lo largo del tiempo mientras que otros se preservan en distintos museos nacionales e internacionales. Entre ellos están: Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V.", Laboratorio de Paleontología de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Museo Petrográfico de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos; de la EPN, Museo de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Ambiental; Universidad Central del Ecuador

(UCE), Museo de Ciencias Naturales del Instituto Nacional Mejía, Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO) y Museo Mineralógico de la Universidad de Berlín.

En el presente trabajo se ha recopilado información paleontológica, de material encontrado en Chalán y sus alrededores, del Laboratorio de Paleontología de la EPN. Esta información se resume en la TABLA ANEXO 1, así mismo, cabe señalar que mucha de la información registrada en dicha tabla está pendiente de estudio y publicación.

### **2.2.1. Fauna fósil de la Quebrada Chalán**

El principal grupo descrito a continuación pertenece a la clase Mammalia (mamíferos), cuyas características anatómicas son: presencia de glándulas mamarias, alimentación basada en leche materna, piel cubierta de pelos para aislamiento corporal, sangre caliente, heterodoncia y poseer una locomoción muy variada, además, en algunos casos como el del murciélago, habilidad para volar. Habitan en toda clase de ambientes y pueden ser animales diurnos y nocturnos (Albuja V. & Merizalde P., 2012).

La clase Mammalia apareció en el Pérmico Superior a partir de un grupo de reptiles conocidos como Cinodontos, quienes, con el tiempo, fueron adquiriendo rasgos mamiferoides. Entre sus principales características se encuentra el poseer huesos del oído medio originados a partir de los huesos mandibulares articulares de los reptiles y una especialización de las piezas dentales (Benton, 1995).

En esta localidad también se han descrito fósiles de la clase Aves, estos se caracterizan por tener la piel cubierta de plumas, huesos neumáticos y sin medula, mandíbulas alargadas (pico), así como también, cambios dentro de sus sistemas circulatorio, respiratorio y nervioso que les permiten volar y mantener una locomoción bípeda.

Las aves se originaron en el Jurásico Superior a partir de un grupo de Terópodos, sus registros fósiles muestran especies que ya poseían plumas en su piel y la mandíbula dentada; el fósil más famoso de su cadena evolutiva es *Archaeopteryx lithographica* (Albuja V. & Merizalde P., 2012).

### **Perezosos y armadillos**

Son un grupo de mamíferos de origen sudamericano conocidos como Xenarthra (Fig. 9A). Estos comprenden a los hormigueros, perezosos y armadillos que se caracterizan por tener una articulación extra en la columna, que en el caso de los Pilosos (perezosos) les permitía soportar grandes pesos (Albuja et al., 2012).

## **Mastodontes**

Grupo de grandes mamíferos herbívoros originarios de África, que se asemejan a los elefantes actuales (Fig. 9B), estaban dotados de una larga trompa móvil llamada probóscide, grandes defensas derivados de los incisivos, y molares reducidos. Se tiene registro fósil de este grupo tanto en Asia, Europa y América (Lira et al., 1994).

## **Caballos**

Son mamíferos representativos del Pleistoceno Superior y de nuestro territorio, su adaptación dentro de los diferentes paleo ecosistemas se evidencia en sus características anatómicas, ya que, en ambientes montañosos y escarpados sus extremidades eran más cortas y robustas a diferencia que en las planicies (Fig. 9C) (Román & Lara, 2011).

## **Paleollamas**

Primos cercanos a las llamas actuales, pero de mayor tamaño (Fig. 9D), que se presume vivían en manadas. Se caracterizan por la ausencia de incisivos en el maxilar superior, tener cúspides accesorias en sus molariformes y por ser ungulados (Albuja V. & Merizalde P., 2012). Su alimentación era completamente a base de plantas (Román & Lara, 2011).

## **Ciervos**

Mamíferos que se caracterizan por tener cascos pares en sus falanges y cornamentas fuertes y pesadas (Fig. 9E) (Albuja et al., 2012). Los restos encontrados con más frecuencia de estos animales son las astas fosilizadas ya que volvían a crecer al perderlas.

## **Carnívoros**

Son mamíferos muy especializados cuyas características principales son el poseer dos piezas carnasiales a cada lado de la mandíbula, además de un cuarto premolar superior y un primer molar inferior alargados y afilados que utilizaban para cortar la carne (Fig. 9F y 9G). Los carnívoros aparecen desde el inicio del Paleoceno (Lira et al., 1994).

## **Roedores**

Son mamíferos especializados en roer ya que poseen un par de grandes incisivos de crecimiento continuo, en el maxilar superior y en la mandíbula. También poseen dientes molariformes separados por un amplio diastema, una mandíbula con movimientos anteroposterior y rotatorios, así como también la ausencia de caninos. Son animales herbívoros, arborícolas o subterráneos (Fig. 9H) (Lira et al., 1994).

## **Conejos**

Son conocidos como lagomorfos (Fig. 9H) y se distinguen de los roedores principalmente por tener un segundo par de incisivos, en el maxilar superior, detrás de los incisivos grandes. Otras características importantes son el movimiento de la mandíbula en sentido transversal y que al caminar únicamente apoyan los dedos (digitígrados) (Lira et al., 1994).

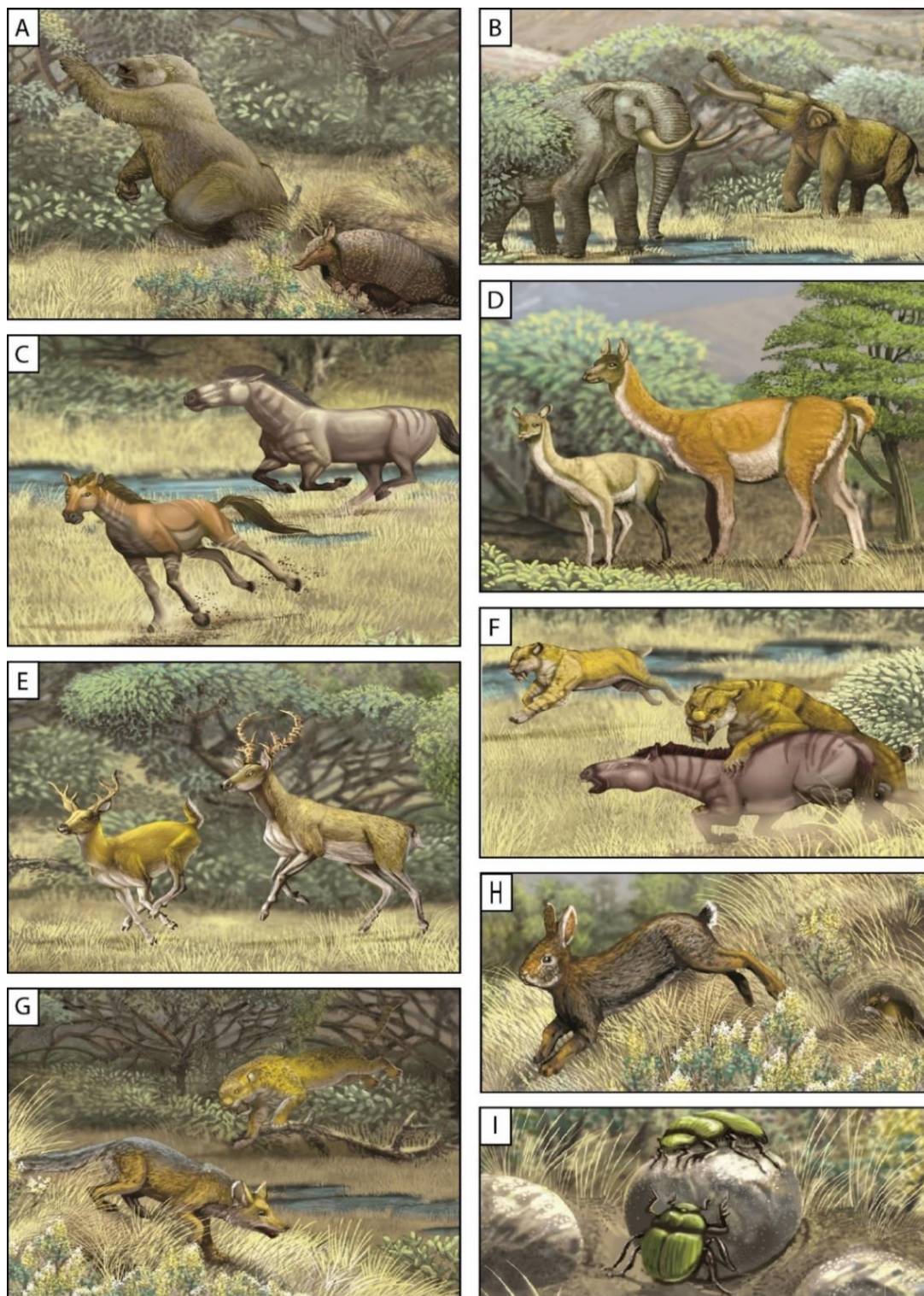
## **Aves rapaces**

Son aves cazadoras adaptadas para consumir carne. Se caracterizan por tener un pico ganchudo con bordes afilados, unas grandes garras con la que atrapan a su presa y poseen visión binocular. Hay dos grupos de estas aves: las diurnas (activas durante el día) y las nocturnas (activas durante la noche) (Méndez et al., 2006). Los residuos de su alimentación son conocidos como egagrópilas (bolas regurgitadas) formadas de huesos y pelos de pequeños vertebrados.

## **Iconofósiles**

Son los restos de actividad de organismos que se han conservado en la roca, como, por ejemplo: pisadas y rastros de vertebrados, nidadas, huevos, coprolitos, gastrolitos y relleno de galerías (Fernández, 2000). En la zona de estudio se presentan principalmente las bolas de cangahua hechas por escarabajos de la época (Fig. 9I)





**Figura 9.** Ilustraciones de especies encontradas en Quebrada Chalán. A) Perezoso (*Oreomylodon wegneri*) y Armadillo (*Propraopus sp.*). B) Matodonte (*Notiomastodon platensis*, *Cuvieronius hyodon*). C) Caballo (*Equus andium*). D) Paleollamas (*Palaeolama weddelli*). E) Ciervos (*Odocoileos peruvianus*, *Agalmaceros blicky*). (F y G) Carnívoros (*Smilodon sp.*, *Panthera onca andina*, *Lycalopex curpaeus*). H) Roedores y conejos (*Sigmodon sp.*, *Sylvilagus brasiliensis*). I) Escarabajos Peloteros (*Phanaeus violetae*). (Modificado de la revista Ecuador Fósil, Fascículo N°1, Román & Lara, 2011).

## **CAPITULO III: DATOS Y METODOLOGÍA**

### **3.1. Información de Campo**

#### **3.1.1. Recopilación Bibliográfica y Cartográfica de la Zona**

La caracterización geológica de la Quebrada Chalán parte de la recopilación de estudios previos con el fin de sintetizar información de diferentes autores. Para empezar, se revisó la tesis de Mancheno G. del año 1950, titulado “Estudio Geológico de Chalan”, (Biblioteca central de la Escuela Politécnica Nacional). Consecuentemente se revisó la colección de libros del Laboratorio de Paleontología donde destacamos el libro “Contribuciones para el conocimiento del cuaternario en el Ecuador” del Dr. Walter Sauer del año 1950; “*The Quaternary glacial sequence in Ecuador: a reinterpretation of the work of Walter Sauer*” de Clapperton y Vera del año 1986; “*Les Mammifères Pléistocènes de la République de L’Equateur*” de Robert Hoffstetter, 1952.; “*Die Säugetiere Ecuadors im Wandel der Zeit*” de Spillman, 1931.; etc. Para finalizar se realizó una búsqueda rápida de documentos digitales relacionados con el tema y zona del trabajo.

Por otro lado, la cartografía de la zona, la cual era necesaria para la realización de este trabajo y las campañas de campo, se obtuvieron del sitio web del Instituto Geográfico Militar: Mapa Geológico de Riobamba, escala 1:100.000 y el Mapa Topográfico de Riobamba, escala 1: 50.000.

#### **3.1.2. Base de Datos Paleontológica**

Para la recopilación y elaboración de la base de datos se contactó con el encargado del Laboratorio de Paleontología, Departamento de Biología y del Museo de Historia Natural “Gustavo Orces V.”. El análisis de la información paleontológica de la Quebrada Chalán comenzó con la revisión de los datos de varias colecciones de diferentes instituciones como: Laboratorio de Paleontología de la Escuela Politécnica Nacional, Museo Petrográfico de la facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos; Escuela Politécnica Nacional; Quito-Ecuador. Museo de Ciencias de la Tierra facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Ambiental; Universidad Central del Ecuador; Quito-Ecuador. Museo de Ciencias Naturales del Instituto Nacional Mejía; Quito-Ecuador. Museo Mineralógico de la Universidad de Berlín; Berlín-Alemania.

## 3.2. Trabajo de Campo y Toma de Muestras

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo de titulación se realizaron dos campañas de campo que abarcaron los 25 km del área de estudio (Fig. 1). En la primera campaña se reconoció los principales afloramientos al oeste de la zona de estudio (principalmente Quebradas), los posibles yacimientos fosilíferos y el volcán Tulabug. Para la segunda campaña de campo se recorrió el canal de riego, que rodea las lomas Sillaloma, Quilochuda y Tunshi Grande, el río Chambo, y finalmente se volvió a recorrer los afloramientos de la primera salida.

### 3.2.1. Muestreo Petrográfico

Se recolectaron varias muestras de roca (Fig. 56) a lo largo de las salidas de campo con la finalidad de realizar estudios microscópicos que ayuden en su correcta identificación y posterior interpretación. Las muestras se describieron de primera mano en una libreta geológica, para seguidamente ser recolectadas en fundas plásticas herméticas anotando sus respectivas coordenadas y asignándole un código único. Para la recolección se tomó en cuenta las coordenadas UTM provistas en la base de datos paleontológica.

- **Análisis petrográfico de muestras de mano:** Descripción de 27 muestras de mano utilizando distintas herramientas geológicas, entre ellas la lupa de aumento 10-20x, lápiz de dureza y ácido clorhídrico al 10%. Además, como apoyo para la descripción se ocupó un binocular estereoscópico perteneciente al museo petrográfico de la Escuela Politécnica Nacional.
- **Preparación de láminas delgadas** (Ordoñez et al., 2006)
  - a) Cortar un fragmento representativo de la roca utilizando una cortadora de disco diamantado para obtener prismas rectangulares.
  - b) Pulir una de las superficies con polvo abrasivo (tamaño de grano entre 200  $\mu\text{m}$  decreciendo hasta 40  $\mu\text{m}$ ) humedecido en agua.
  - c) Dejar secar la muestra.
  - d) Pegar la superficie de la roca pulida a un portaobjetos de vidrio, utilizando bálsamo de Canadá o alguna resina sintética.

e) Cortar y pulir la otra superficie, desgastando la lámina de roca hasta que sea casi transparente (rectificar con la ayuda de un microscopio petrográfico).

f) Cubrir la segunda superficie desgastada pegando un cubreobjetos con resina.

- **Preparación de láminas delgadas de cangahua (Fig. 10)**

a) Cortar un fragmento de la roca.

b) Colocar los fragmentos dentro de un molde de silicona.

c) Untar una mezcla de resina y endurecedor compactando la muestra.

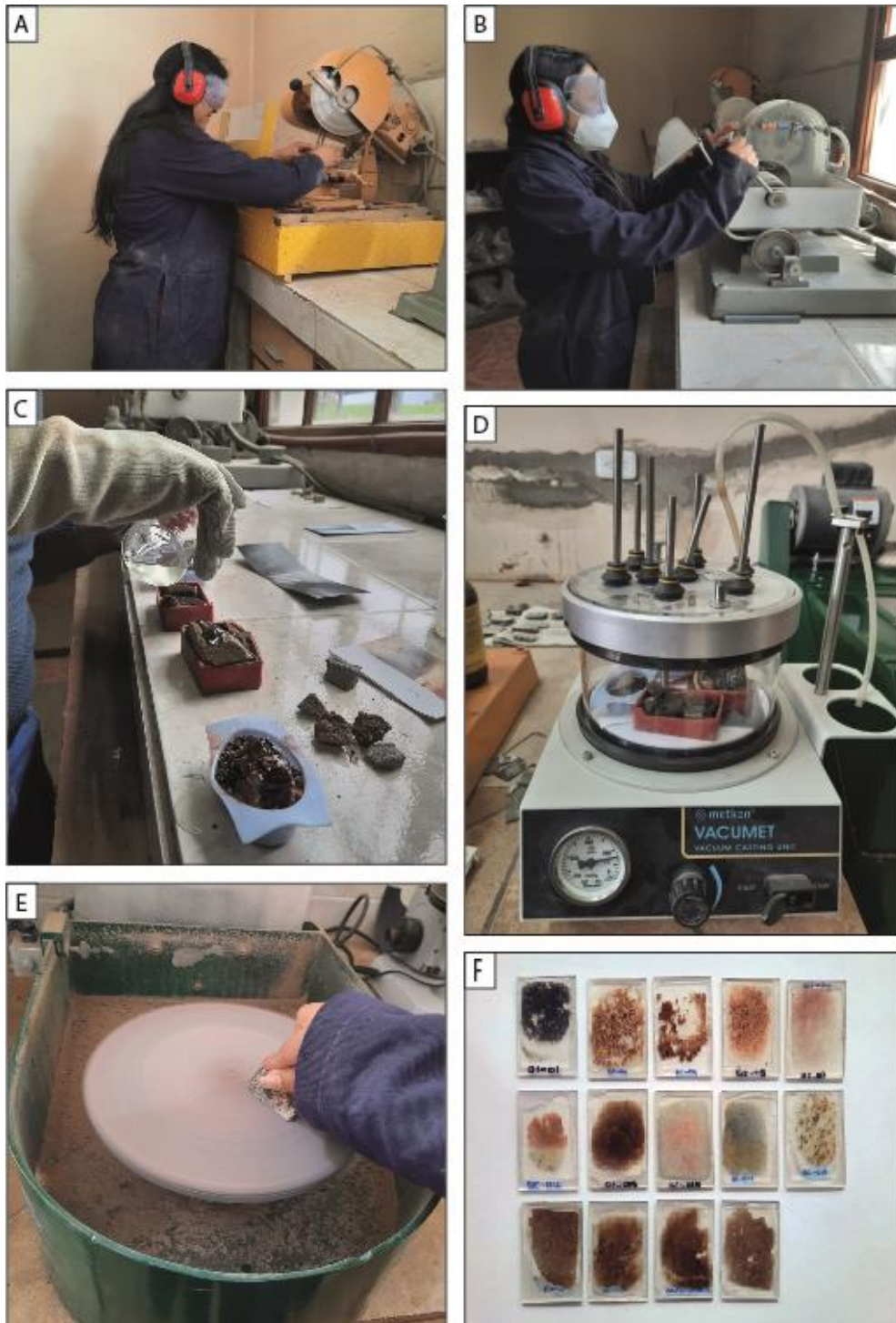
d) Introducir los moldes con las muestras en la maquina descompresora tres veces a parámetros específicos: (400 mmHg) por 5 minutos y finalmente a 300 mmHg por 30 minutos.

e) Desmoldar y recortar la muestra en forma rectangular.

f) Pegar y pulir la muestra de cangahua revisando que la muestra llegue a ser casi transparente.

g) Colocar el cubreobjetos.

- **Estudio microscópico de láminas delgadas:** Descripción de 11 secciones delgadas bajo microscopio petrográfico, marca OLYMPUS. Este estudio ayuda a determinar las propiedades ópticas de cada mineral para así poder identificarlos.



**Figura 10.** Preparación de láminas delgadas de cangahuas.

### 3.2.2. Levantamiento de columnas estratigráficas

Una vez realizadas las campañas de campo y haber reconocido las Formaciones presentes, se dibujaron tres columnas estratigráficas en el programa Adobe Illustrator, estas se enfocaron principalmente en lo descrito en campo, como espesores, litologías, contactos, estructuras sedimentarias y contenido fósil.

### **3.2.3. Reconocimiento morfo-estratigráfico**

Se realizó el reconocimiento morfo-estratigráfico mediante el implemento de fotografías aéreas, modelos digitales de terreno (DTM), imágenes satelitales y campo.

### **3.3. Limpieza y restauración de fósiles**

Como parte del proyecto de investigación, se realizaron trabajos de limpieza de fósiles (Fig. 11) en el laboratorio paleontológico. Este consistió en:

- a) Identificar los fragmentos de roca que contienen restos fósiles.
- b) Determinar el grado de dureza del sedimento en el que se encuentra el resto para identificar el método de limpieza a emplear.
- c) Si el sedimento está muy consolidado es necesario aplicar el uso de martillos neumáticos, los cuales funcionan mediante aire comprimido.
- d) Si el sedimento está menos consolidado se emplea material dental con agua, vinagre o ácido clorhídrico para removerlo.
- e) Si el resto esta fragmentado se procede a consolidarlo con alcohol polivinílico, acetato de polivinilo (Palatoid B-72), Blancola diluido en alcohol o Pega UHU.
- f) Para rellenar estructuras se utiliza yeso piedra (de uso dental), silicón caliente o yeso blanco.
- g) Posterior a la limpieza y restauración, se procede a etiquetar los ejemplares.



**Figura 11.** Limpieza y restauración de fósiles.

## CAPITULO IV: RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

### 4.1. Unidades Litológicas

#### 4.1.1. Formación Guamote

##### Ubicación

La Formación Guamote aflora en la carretera Riobamba – Macas, específicamente en el borde izquierdo del Cerro Yaruquíes (Fig. 55).

##### Litología

Está conformada por una secuencia de cuarcitas y pizarras negras muy meteorizadas y oxidadas, aflora en la carretera hasta los 10 metros y presenta múltiples deformaciones (Fig. 12)



**Figura 12.** Afloramiento de la Formación Guamote en la vía Riobamba – Macas (UTM 0761234/9805833/2798m).



### 4.1.2. Intrusivo de Pungalá

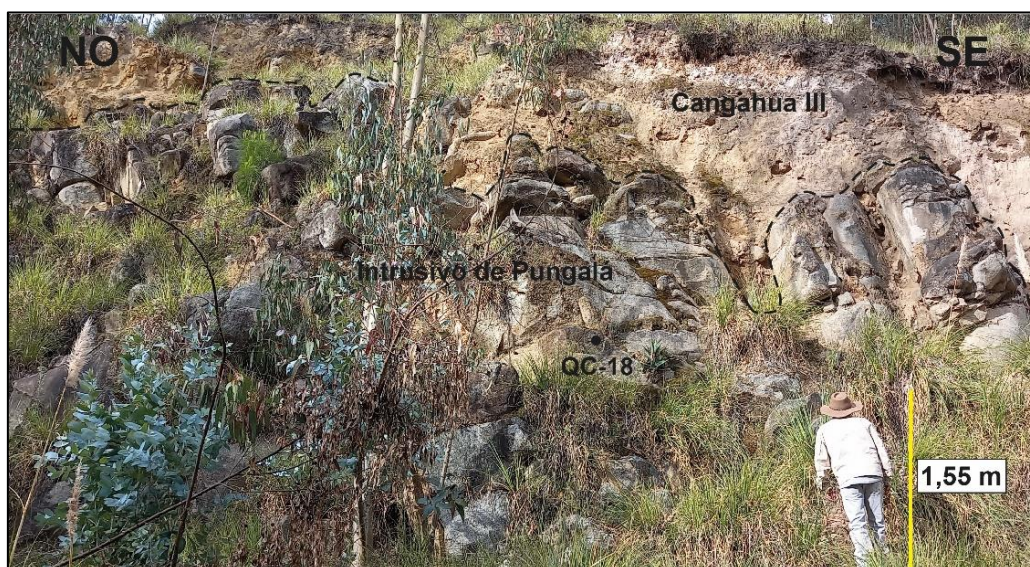
#### Ubicación

En la zona de estudio aflora en la parte noroeste del Cerro de Licto, al lado del canal de riego, junto a la comunidad Tunshi Grande y se extiende hasta Santa Ana de Guagñag. También aparecen como bloques aislados gigantes dentro de la Quebrada Chalán (Fig. 55).

#### Litología

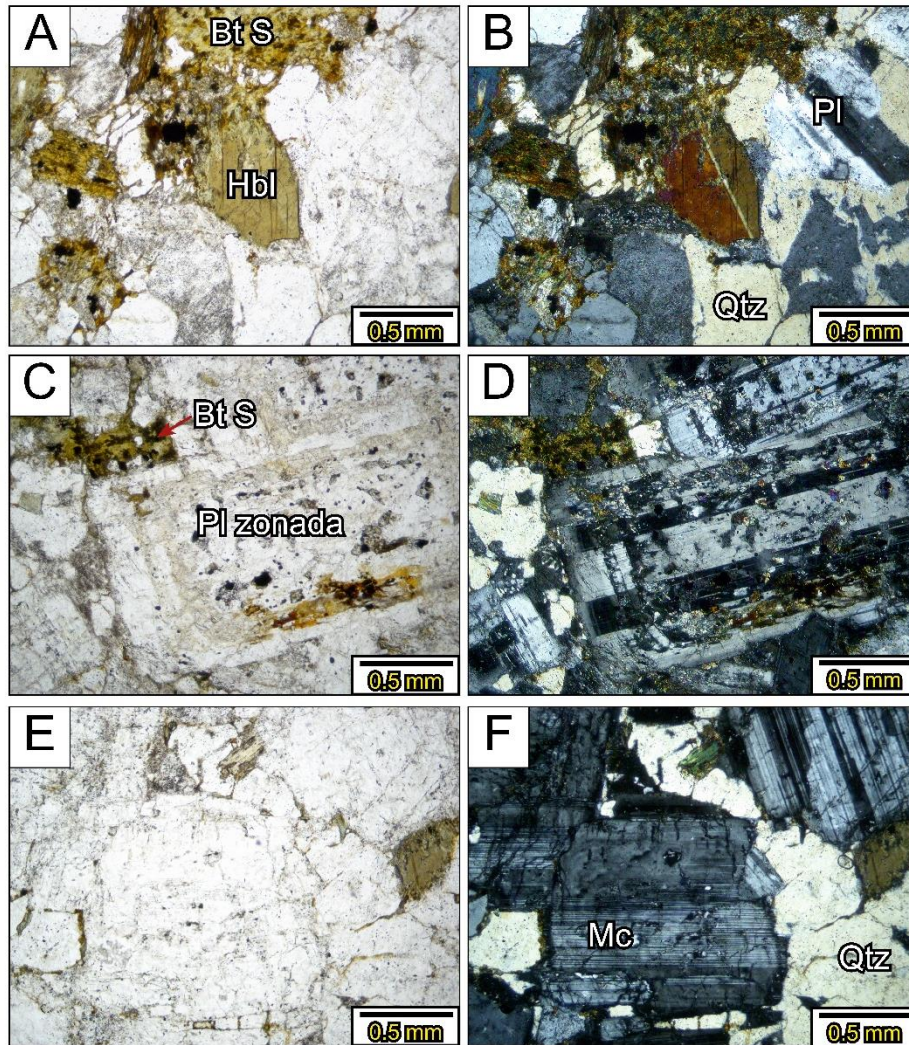
En campo se encuentra masivo y presenta una textura fanerítica, entre los minerales que se distinguen están las plagioclasas, los anfíboles y las biotitas.

En la loma Tunshi Grande el cuerpo intrusivo aflora unos 3 metros como bloques subredondeados (Fig. 13), por debajo de una capa de cangahua muy vegetada. Las rocas de este intrusivo se encuentran un poco oxidadas en superficie.



**Figura 13.** Afloramiento del Intrusivo de Pungalá al norte de la loma Tunshi Grande (UTM 0764442/9805743/2831m).

La lámina delgada QC-18 (Fig. 13), perteneciente a este afloramiento, contiene cristales de plagioclasa euhedrales, feldespatos (microclina, ortoclasa) alterados, anfíboles alterándose a biotita, biotita secundaria y cuarzo intersticial, parasedimentarias. Además, presenta escasa oxidación.



**Figura 14.** Lámina delgada de la muestra QC-18 correspondiente al Intrusivo de Pungalá (Fig 12). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Bt S, Biotita secundaria; Hbl, Hornblenda; Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Mc, Microclina.

Al fondo de la Quebrada Chalán aflora 2 metros de esta granodiorita, la cual se presenta muy meteorizada y de color amarillento. Por otro lado, a lo largo de la misma, se registraron grandes cantos rodados y altamente oxidados de hasta 1 metro de alto de la misma roca (Fig. 15).



**Figura 15.** Afloramiento y cantos del Intrusivo de Pungalá en Quebrada Chalán (UTM 0762477,7/9803509,9/2888m).

### 4.1.3. Formación Yaruquíes

#### Ubicación

La Formación Yaruquíes aflora principalmente en la parte sur de la Quebrada Sulsul, mientras que en las Quebrada Cotohuaycu y Colorada aparece ocasionalmente debajo de la Cangahua. Dicha Formación también se encuentra en la Quebrada Chalán desde las pequeñas mamitas (pothole) “huellas de mastodontes” hasta unos metros antes de la confluencia con Quebrada Colorada (Fig. 55).

## Litología

Esta Formación está compuesta por secuencias de conglomerados volcanoclásticos y metamórficos, litoarenitas violáceas de grano grueso a fino, con limolitas arenosas y grauvacas estratificadas y hacia el techo, niveles de arcillas rojas con paleosuelos. Además, pueden contener cemento carbonatado y unidades silicificadas con presencia de troncos fósiles, es decir, esta Formación contiene una gran variedad litológica que puede ir cambiando lateralmente (Figs. 51, 52, 53).

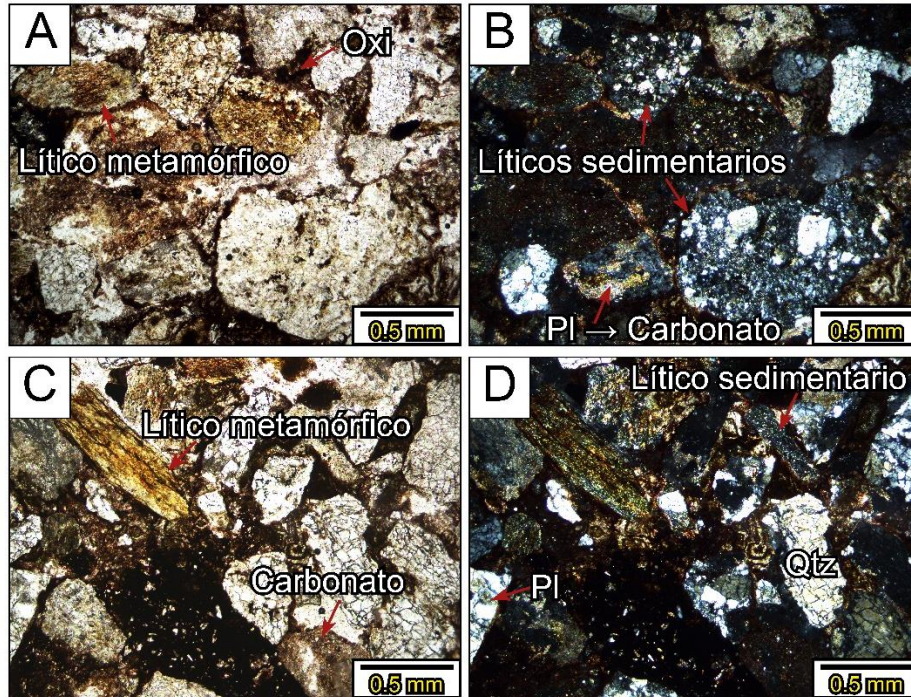
Hacia el norte de la zona de estudio afloran con mayor potencia los materiales más gruesos, mientras que hacia el sur son más visibles las areniscas. Por otra parte, la coloración de este depósito se debe a la fuerte oxidación que presentan los sedimentos.

En Quebrada Colorada aflora entre las coordenadas (UTM 0761431/9803716/2789m - 0761741/9803678/2792m), como canales rojizos de conglomerados granosoportados con clastos de andesitas y cuarcitas angulosos a subangulosos, litoarenitas violáceas, y arcillas con paleosuelos. Su espesor de almacenamiento varía de 1 a 2,5 m en esta zona (Fig. 16).



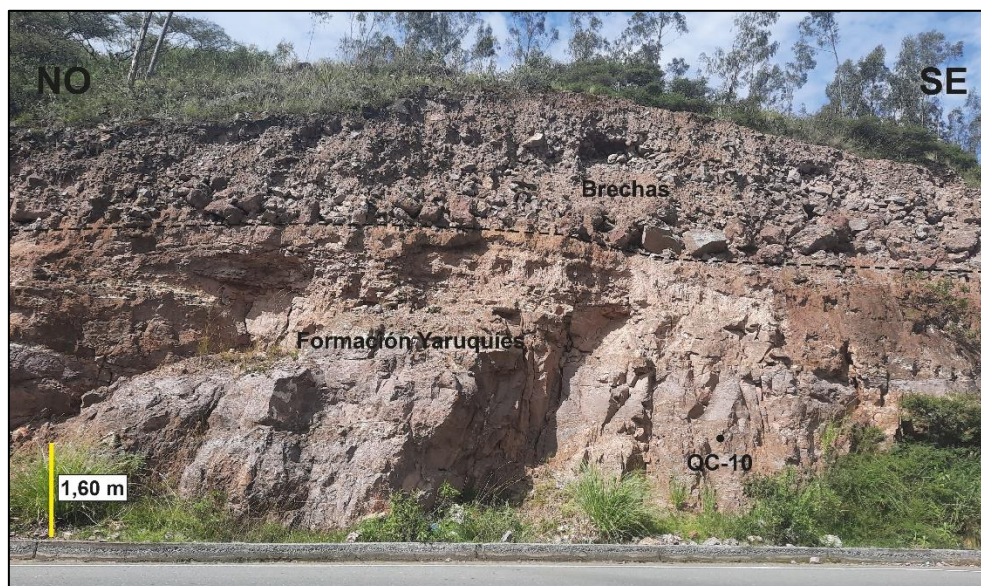
**Figura 16.** Afloramiento de la Formación Yaruquies en Quebrada Colorada (UTM 0761741/9803678/2792m).

La lámina QC-05 (Fig. 17), perteneciente al afloramiento antes mencionado, contiene abundantes líticos metamórficos y sedimentarios, piroxenos, cuarzos, feldespatos reemplazados por carbonato, óxidos y cemento que varía entre ferruginoso y calcáreo. Esta muestra corresponde a una litoarenita de grano muy grueso.



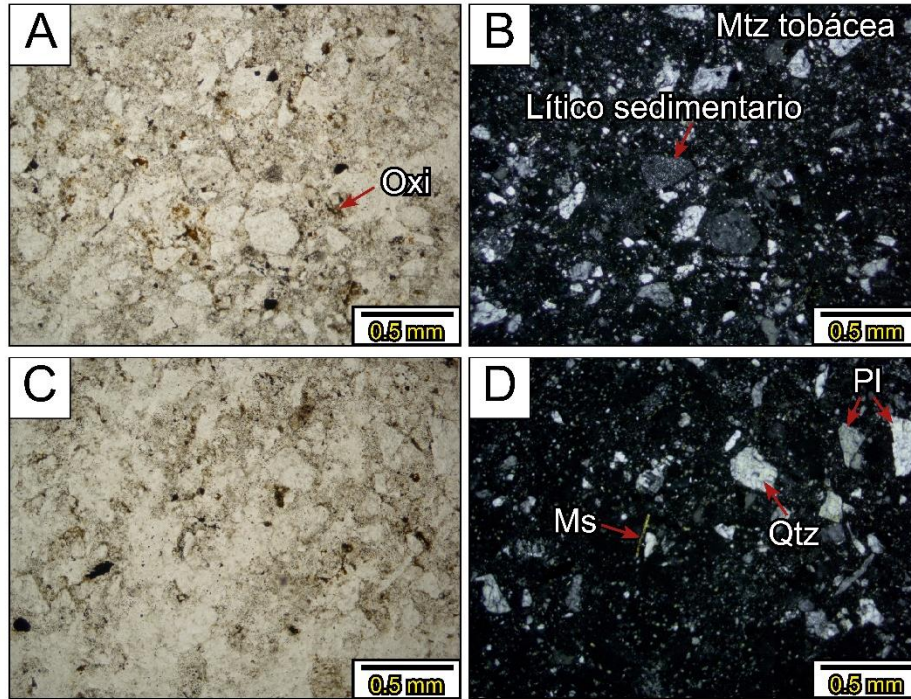
**Figura 17.** Lámina delgada de la muestra QC-05 del afloramiento de la Formación Yaruquíes en Quebrada Colorada (Fig. 16). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Oxi, Oxido; PI, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo.

En la carretera vía a la comunidad Tunshi San Nicolás (UTM 0761833/9804051/2812m) aflora una pared de 4,8 m de espesor con limolitas arenosas matriz soportadas y grauvacas de color violeta, por encima, se visualizan brechas del mismo material. Estas brechas aparecen localmente y su procedencia puede deberse a coluviales recientes (Fig. 18).



**Figura 18.** Afloramiento de la Formación Yaruquíes en la carretera vía a Tunshi – San Nicolás (UTM 0761833/9804051/2812m)

En lámina delgada, la muestra QC-10 (Fig. 19), presenta abundantes cristales fracturados de plagioclasa, cuarzos, líticos sedimentarios, carbonatos y moscovita en una matriz tobácea. En luz natural se puede apreciar la oxidación típica de esta roca. Esta muestra corresponde a una grauvaca de grano medio.



**Figura 19.** Lámina delgada de la muestra QC-10 de la Formación Yaruquies en la carretera vía a Tunshi San Nicolas (Fig 18). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ms, Moscovita; Qtz, Cuarzo; Mtz, Matriz.

En la misma vía, hacía el sur, en las coordenadas (UTM 0761570/9803777/2804m) la Formación Yaruquies se presenta estratificada y en disconformidad con la cangahua (Fig. 20). Se asume que lateralmente corresponde al mismo material de la muestra QC-10. Estas unidades de limolitas arenosas y grauvacas, y conglomerados están organizadas en pequeños canales y barras que se interdigital lateralmente, pero con pocas estructuras internas visibles, salvo imbricaciones.



**Figura 20.** Afloramiento de la Formación Yaruquies y Paleosuelos típicos de la Cangua III en la vía a Tunshi – San Nicolás (UTM 0761570/9803777/2804m).

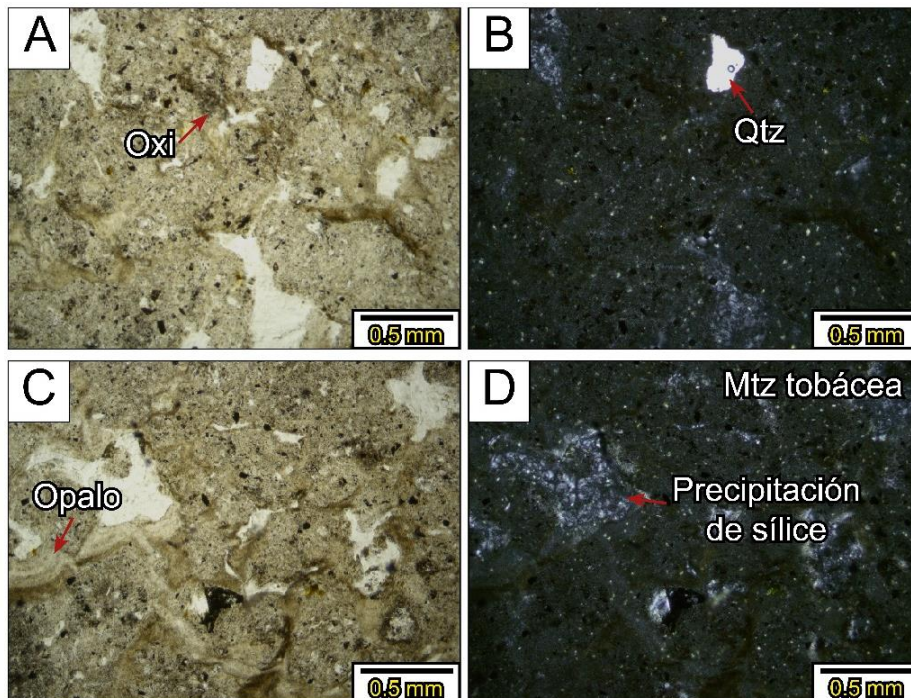
En Quebrada Chalán la Formación Yaruquies aflora en las coordenadas (UTM: 0763276/9803446/2967m) como una limolita tobácea silicificada, la cual fue identificada gracias a su descripción microscópica, ya que en muestra de mano fue imposible reconocer algún tipo de mineral. El origen de esta silicificación puede estar asociada al agua que fluye o circuló en el depósito. En este mismo punto, se encuentran las turísticas “huellas” de mastodontes, que en realidad son pequeñas marmitas (pothole) producto de la constante erosión del río sobre estos los estratos más endurecidos de la Formación (Fig. 21).

Al lado derecho del río (UTM: 0763374/9803490/2975), y sobre los estratos silicificados, la Formación Yaruquies presenta capas horizontales tabulares de arenas y limolitas muy meteorizadas, sueltas y de tonalidades amarillentas, grises y verdosas.



**Figura 21.** Afloramiento de la Formación Yaruquies, silicificada, en Quebrada Chalán (UTM 0763276/9803446/2967m).

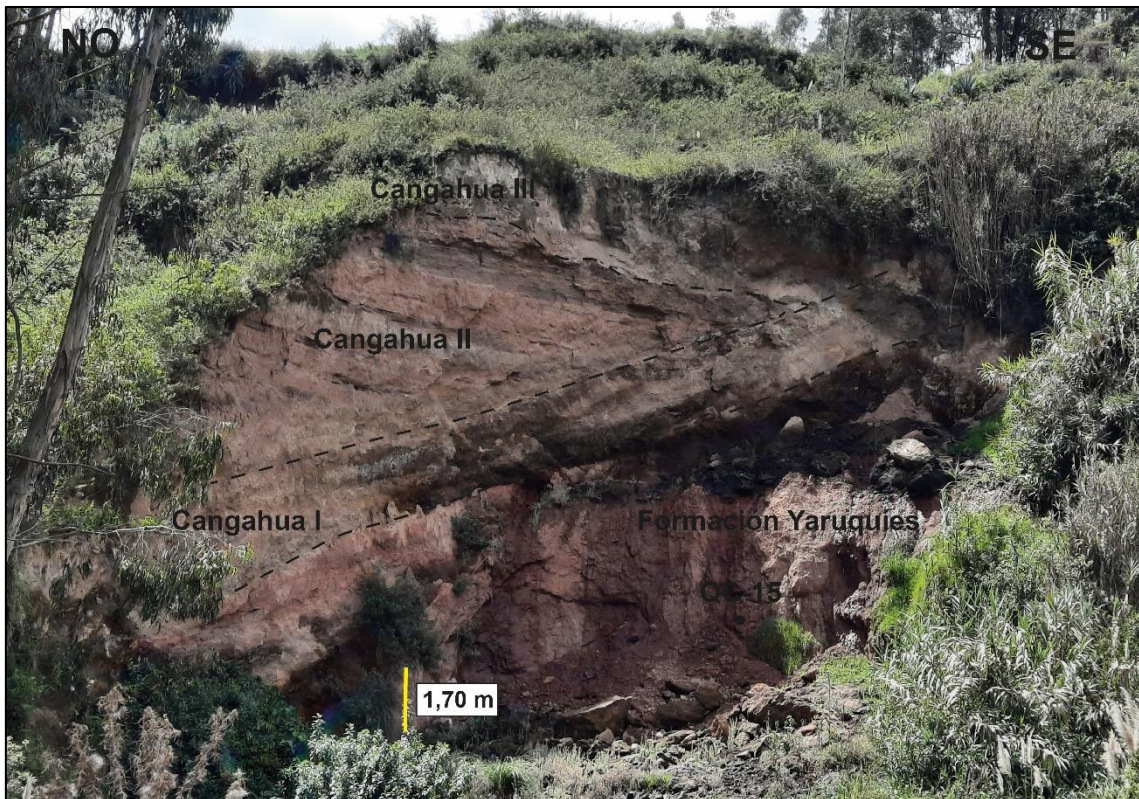
La muestra QC-12 (Fig. 22), tomada del estrato endurecido (silicificado), contiene minerales muy finos dispersos, cuarzos, opacos, bandeamiento típico de la precipitación del ópalo y precipitación de sílice. Debido a los tamaños de grano que se observa en lámina delgada, el sedimento original pudo haber sido una limolita o una toba de ceniza, que ahora presenta precipitación de sílice.



**Figura 22.** Lámina delgada de la muestra QC-12 del afloramiento de la Formación Yaruquies en Quebrada Chalán (Fig. 21). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Qtz, Cuarzo; Mtz, Matriz.

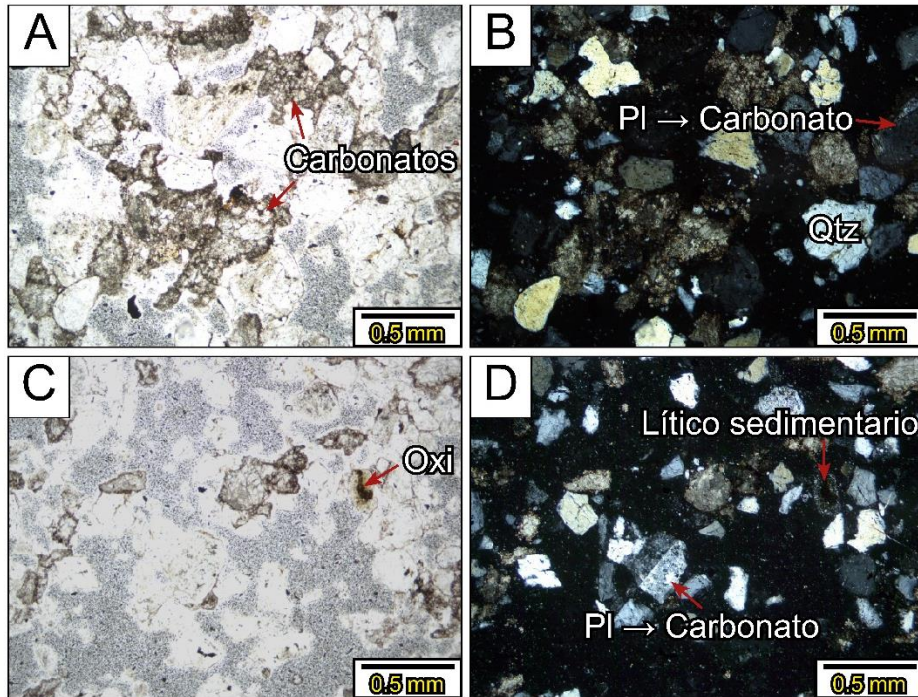


En Quebrada Sulsul, en el afloramiento (UTM: 0762226/9802512/2840m), se observó un depósito de 3,5 m de espesor visible correspondiente a una cuarzoarenita granosoportada de aporte metamórfico y volcánico dentro de una matriz tobacea (Fig. 23). En esa misma Quebrada las unidades arcillosas son visibles (Fig. 25). Estas arcillas son paleosuelos entre las unidades más arenosas y presentan moteados verdosos y estrias correspondientes a antiguas rizoconcreciones, un color rojo intenso y espesores locales que pueden alcanzar de 2 a 3 m. La erosión de estas unidades provoca la tonalidad rojiza del agua de la Quebrada Colorada debido al transporte de este sedimento y sus óxidos.



**Figura 23.** Afloramiento contacto entre las Formaciones Yaruquíes y Cangahua (UTM 0762226/9802512/2840m), en la Quebrada Sulsul

La lámina delgada de la muestra QC-15 (Fig. 24), de este afloramiento, presenta cristales de plagioclasas siendo reemplazados por carbonatos, cuarzos, opacos y líticos volcánicos y metamórficos dispersos una matriz tobácea. La muestra corresponde a una arenisca de grano medio.



**Figura 24.** Lámina delgada de la muestra QC-15 del afloramiento de la Formación Yaruquies en Quebrada Sulsul (Fig. 23). (A y C) Luz natural. (B y D) Nicoles Cruzados. Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Oxi, Oxidos.



**Figura 25.** Afloramiento de arcillas de la Formación Yaruquies en Quebrada Sulsul (UTM 0763276/9803446/2840m).

Al tope de la Formación Yaruquies se observó una superficie de erosión y meteorización que marca un antiguo paleorelieve. Sobre dicha superficie se acumulan depósitos pleistocenos que varían localmente desde coluviones, cangahua de diferentes características, hasta depósitos piroclásticos, lavas de Tulabug y conos de Licto. En las

Quebradas Chalán y Sulsul el contacto sobre la superficie erosiva es con la cangahua I con una alta concentración de bolas de cangahua.

#### 4.1.4. Formación Sicalpa

Esta Formación se interdigita lateralmente con la Formación Yaruquíes, siendo contemporáneas. (Buenaño, 2018)

#### Ubicación

En la zona de estudio aflora hacia el norte del Cerro de Licto, en las lomas Quillochuda y Sillaloma donde sobreyace a los metamórficos de Guamote. Hacia el tope, la Formación presenta superficie erosiva, y disconforme sobre ellos se acumula la cangahua (Fig. 55).

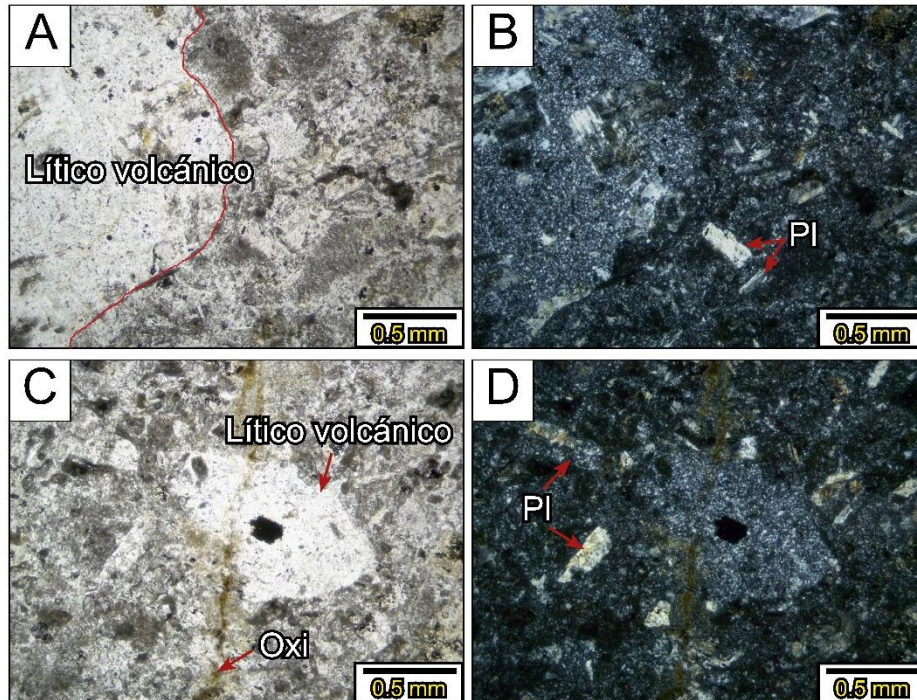
#### Litología

En el afloramiento (UTM 0763983/9805828/2807m) se presenta como lavas y tobas muy meteorizadas y diaclasadas de color gris amarillento, a simple vista se logra distinguir las plagioclasas y tiene un espesor aproximado de 6 metros (Fig. 26). En las coordenadas (UTM 0762468/9804664/2800m), en cotas similares, y a la misma posición estratigráfica cambia la litología de areniscas violáceas (Formación Yaruquíes) a materiales más volcanoclasticos, lo que indica una transición lateral (Fig. 53).



**Figura 26.** Lavas diaclasadas y tobas de la Formación Sicalpa (UTM 0763983/9805828/2807m).

Bajo microscopio petrográfico la muestra QC-17 (Fig. 27) tiene cristales de cuarzo, plagioclasas alteradas, líticos volcánicos y una matriz vítrea. La muestra corresponde a una toba volcánica de grano muy grueso.



**Figura 27.** Lámina delgada de la muestra QC-17 del afloramiento de la Formación Sicilpa en la loma Sillaloma (Fig. 26). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. PI, Plagioclasa; Oxi, Óxido de Hierro.

#### 4.1.5. Volcánicos del Tulabug

Los volcánicos del Tulabug abarcan lavas y productos piroclásticos negros.

##### Ubicación

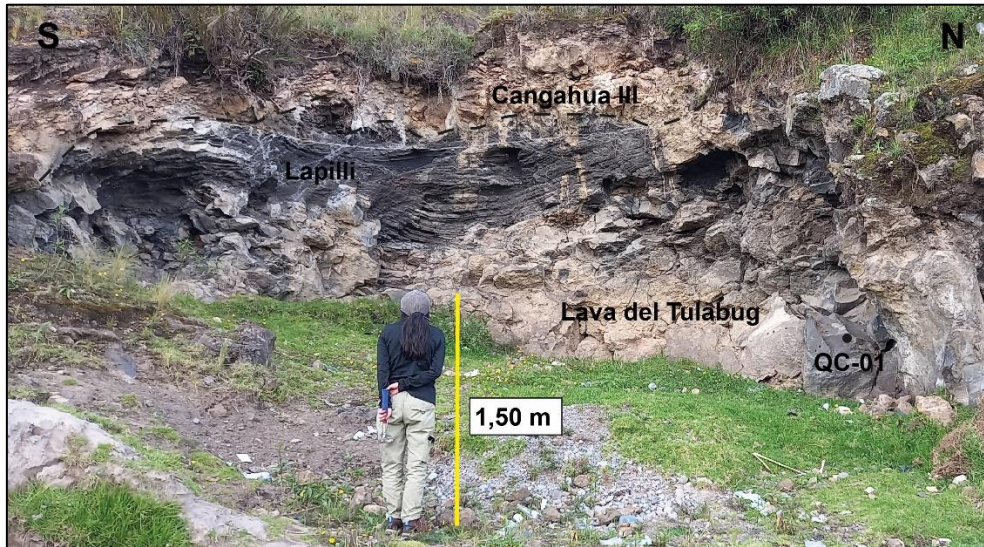
La lava aflora al este del Volcán Tulabug y a lo largo del costado izquierdo del Río Chambo (Fig. 53). Por otro lado, piroclastos, producto de este mismo volcán, se extienden ocasionalmente al lado oeste del cono volcánico, rellenando paleotopografías. Ambos productos volcánicos se interdigitan localmente con la cangahua más antigua.

##### Litología

- **Lava del Tulabug**

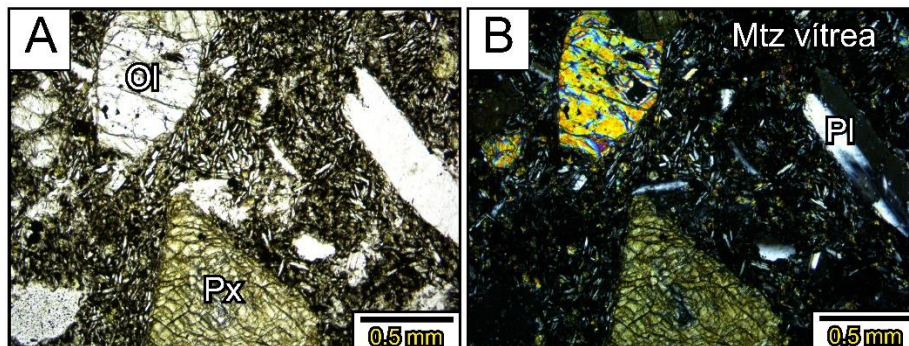
Lava andesito-basáltica con minerales de plagioclasa y olivino en una matriz vítrea (UTM 0767264/9802351/2931m). Las rocas observadas son frescas, masivas y no presentan

vesículas, además, tienen una textura porfirítica (Fig. 28). Estas características son representativas de lavas con un origen mucho más básico.



**Figura 28.** Afloramiento de los productos volcánicos del Tulabug (UTM 0767264/9802351/2931m).

La lámina delgada QC-01 (Fig. 29) muestra olivinos, plagioclasas de distintos tamaños, piroxenos y una matriz vítrea. La muestra corresponde a una lava andesito-basáltica.



**Figura 29.** Lámina delgada de la muestra QC-01 del afloramiento de la lava del volcán Tulabug (Fig. 28). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Ol, Olivino; Px, Piroxeno; Pl, Plagioclasa; Mtz, Matriz.

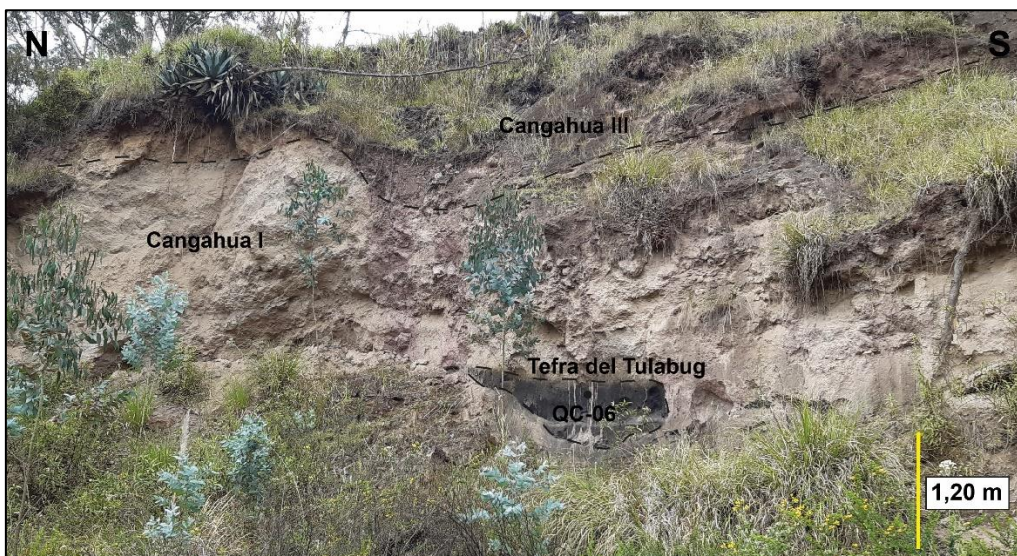
- **Piroclastos**

Los piroclastos que se encuentran más próximos al cono volcánico, por ejemplo, en Quebrada Chalán (Fig. 30), tienen tamaños que varían desde los 2 mm hasta los 2 cm (lapilli), a la vez que los productos más alejados (Fig. 31 y 32) tienen tamaños de ceniza y lapilli (tefra). Esta capa piroclástica se consideró como capa guía en campo para correlacionar las unidades pleistocénicas.



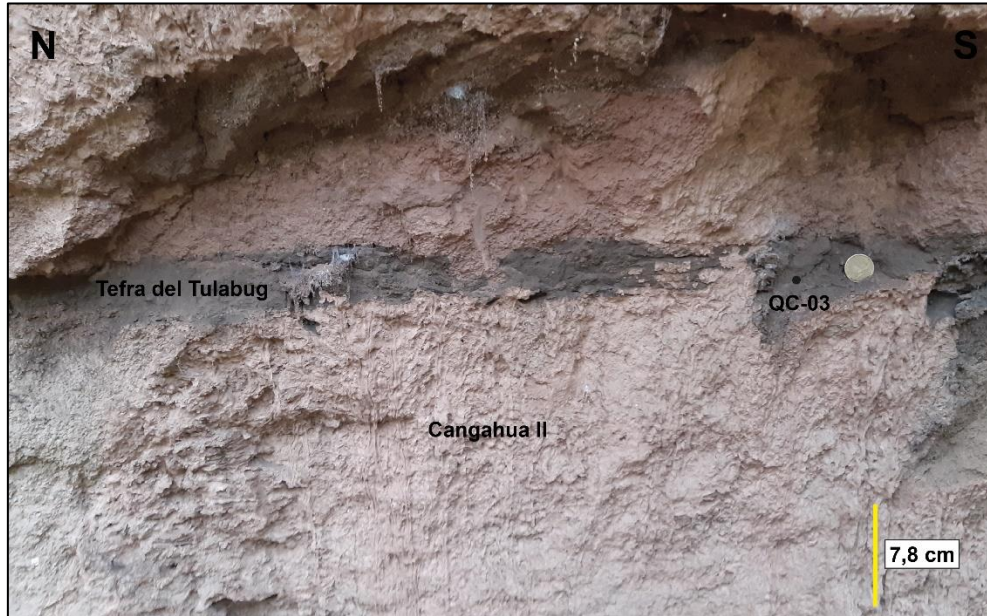
**Figura 30.** Afloramiento de lapilli del Tulabug en Quebrada Chalán (UTM 0763450/9803506/3000m).

Dentro de Quebrada Colorada, la tefra aparece ocasionalmente como lentes dentro de la cangahua I (Fig. 31) con disposiciones periclinales y tamaños partículas de hasta 6 mm.



**Figura 31.** Afloramiento de lapilli interdigitada en Cangahua I en Quebrada Colorada (UTM 0761493/9803862/2784m).

Por otra parte, y en la misma quebrada, los piroclastos aparecen como tefras de color gris cobrizo con tamaños de ceniza muy fina posiblemente retrabajada (Fig. 32). Esta coloración debe su proveniencia a su acumulación retrabajada junto con sedimentos de la Cangahua II.



**Figura 32.** Afloramiento de tefra posiblemente retrabajada en Quebrada Colorada (UTM 0761369/9803509/2838m).

El espesor de los piroclastos varía desde pocos cm a varios metros a medida que nos aproximamos al Tulabug y hacia el sur del cono.

#### **4.1.6. Formación Cangahua**

##### **Ubicación**

La Cangahua se dispone discordante sobre todas las anteriores Formaciones, con un espesor que varía dependiendo la topografía, desde los 3 metros hasta más de 7 metros (Fig. 53).

##### **Litología**

Tobas volcánicas que varían entre los tonos rojizo, beige y caqui, con tamaños de grano de arena fina a limo. Independientemente del afloramiento se puede encontrar dentro de las cangahuas productos volcánicos como ceniza, pómez o piroclastos negros, precipitación local de carbonatos, nódulos de óxidos, rizoconcreciones, fósiles de vertebrados dispersos e icnofósiles.

En el área de estudio se ha identificado 3 tipos diferentes de unidades de cangahua, considerando su disposición morfo-estratigrafía en campo, sedimentología, estructura estratigráfica, litología y color:

- **Cangahua I**

#### Ubicación y disposición

Aflora en la zona de estudio generalmente sobre las Formaciones Yaruquíes y Sicalpa, y al este sobre los metamórficos de Guamote (Fig. 55). Esta se dispone estratigráficamente sobre las Formaciones antes mencionadas con contactos erosivos bien definidos y subyace a una cangahua más joven (Figs. 51, 52 y 53).

#### Litología

Toba de cristales de color caqui grisáceo con líticos volcánicos y metamórficos, tamaños de arena gruesa, y precipitación de carbonatos en abundancia (nódulos, rizoconcreciones, costras superficiales, y horizontes localmente cementados con carbonato). Siempre se encuentra acompañada de una capa guía de piroclastos negros producto del volcán Tulabug.

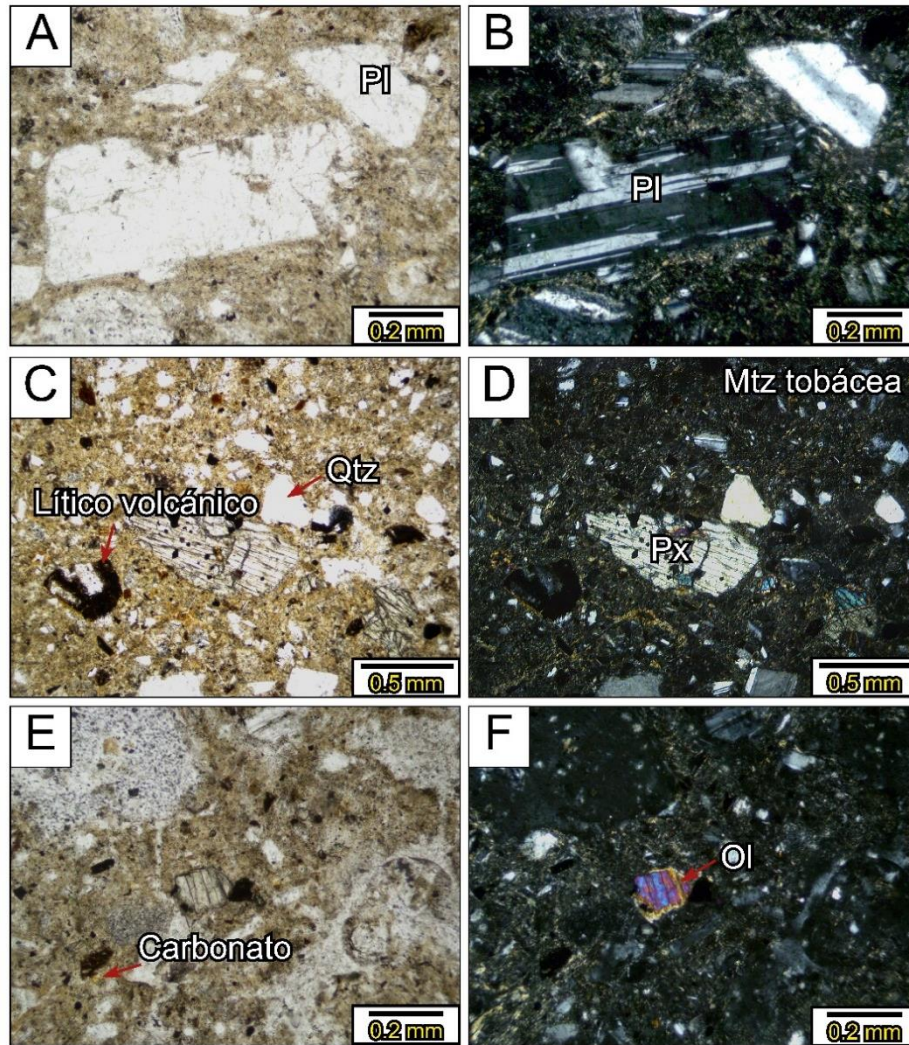
En Quebrada Chalán aflora en abundancia esta cangahua, donde en ciertas áreas y por la presencia de vertientes existe precipitación de travertino y de carbonatos en forma de costras, además, se registró nódulos de óxido de hierro (Fig. 40B). En las coordenadas (UTM 0763450/9803506/3000m) afloran los piroclastos del Tulabug, con tamaños de grano de hasta 2 cm (lapilli), en conjunto con la cangahua I, que se siente mucho más arenosa al tacto, y que contiene clastos de este mismo producto volcánico (Fig. 33). Por otra parte, en este mismo punto se reconocieron cuantiosas bolas de cangahua in situ y el fósil de un *Oreomyodon* (Tabla 2).



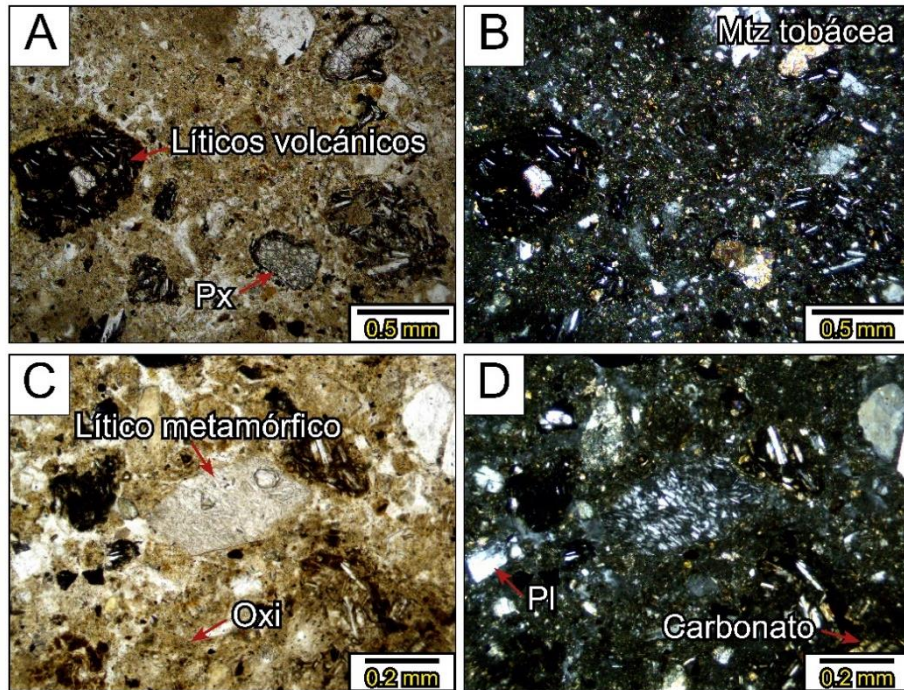


**Figura 33.** Afloramiento de la unidad Cangahua I con presencia de bolas cangahua insutu (ver apdo 4.4.2) (UTM 0763450/9803506/3000m).

Las muestras QC-21 y QC-23 (Figs. 34 y 35), tomadas de este afloramiento, presentan tamaños de grano de arena fina a gruesa, que bajo microscopio petrográfico presentan minerales de plagioclasa, opacos, olivino, cuarzo, piroxenos y líticos volcánicos y metamórficos dispersos en una matriz tobácea con cemento carbonatado. Las muestras corresponden a tobas de cristales.



**Figura 34.** Lámina delgada de la muestra QC-21 del afloramiento de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 33). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo; Px, Piroxeno; Ol, Olivino; Mtz, Matriz.



**Figura 35.** Lámina delgada de la muestra QC-23 del afloramiento de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 33). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Px, Piroxeno; Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Mtz, Matriz.

Unos cuantos metros por encima del anterior afloramiento, se observaron 10 cm de pómez sobre la cangahua, misma que contiene clastos de lapilli y pómez en su composición (Fig. 36). Cabe recalcar que la presencia de este piroclasto blanquecino también está muy asociada a la cangahua en la zona de estudio y en todo el valle interandino.



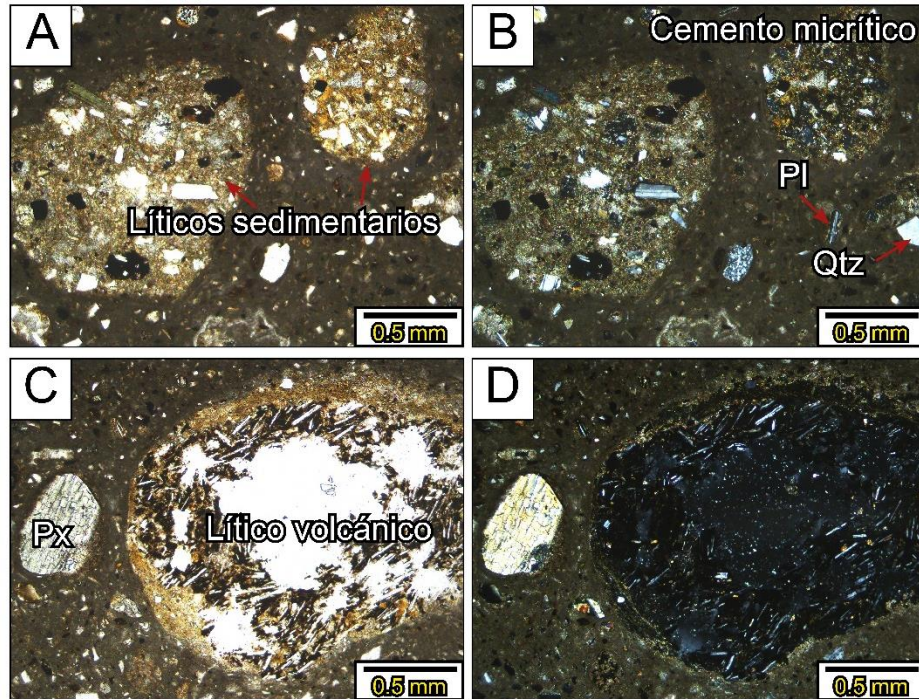
**Figura 36.** Afloramiento de cangahua, pómez y lapilli en la Quebrada Chalán (UTM 0763450/9803506/3010m).

En las coordenadas (UTM 0762800/9803481/2924m) se apreció gran aporte de humedad a razón de una vertiente (posible zona saturada de un acuífero libre) que aflora de la cangahua, también se observaron varios bloques caídos, de los que anteriormente, se habría descubierto fósiles de *Equus andium*. En este mismo punto, durante las campañas de campo, se registraron un metápodo y una tibia de *Smilodon* de una roca caída probablemente de unos 5 a 6 m de altura (Fig. 37).



**Figura 37.** Afloramiento de vertiente (posible zona saturada de un acuífero libre) dentro de la Cangahua I en la Quebrada Chalán (UTM 0762800/9803481/2924m).

La muestra QC-13 (Fig. 38), perteneciente al afloramiento de la vertiente (posible zona saturada de un acuífero libre), contiene líticos sedimentarios y volcánicos, además de plagioclasas, cuarzos y piroxenos. Este horizonte está totalmente cementado por carbonatos.



**Figura 38.** Lámina delgada de la muestra QC-13 del afloramiento de la Fig. 37 de la Unidad Cangahua I en Quebrada Chalán (Fig. 37). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Px, Piroxeno; Pl, Plagioclasa; Qtz, Cuarzo.

Otros afloramientos importantes para este tipo de cangahua se localizan en las Quebradas Cotohuaycu y San Martín, donde su espesor alcanza los 10 m. Sus paredes muy verticales dificultaron su acceso, por lo cual, no se pudo tomar muestras, sin embargo, se logró identificar esta unidad gracias a su tonalidad caqui grisáceo, su posición estratigráfica (sobreyace a la Formación Yaruquies) y al reconocimiento de los paleosuelos bien marcados típicos de la Cangahua III que marcan su transición (Fig. 39)



**Figura 39.** Afloramiento de la Cangahua I y Cangahua III en la Quebrada Cotohuaycu (UTM 0761292/9804446/2886m).

En Quebrada Sulsul (UTM 0761939/9802786/2835m), esta unidad de cangahua tiene una potencia de 1 a 3 metros, lo que indicaría un cambio en su espesor, esto debido a que se ha sedimentado de forma periclinal sobre un paleorelieve, que en este caso fue la Formación Yaruquíes (Figs. 23 y 25).

De la misma manera, este tipo de cangahua aflora en Quebrada Colorada en las coordenadas (UTM 0761493/9803862/2784m), de manera conjunta con los depósitos piroclásticos del Tulabug (Fig. 31), además cuenta con la presencia de bolas de cangahua y estructuras vinculados a paleosuelos como las rizoconcreciones (Fig. 40A).



**Figura 40.** A) Estructura organosedimentaria (rizoconcreción) dentro de la cangahua I en Quebrada Colorada (UTM 0761493/9803862/2784m). B) Nódulos de hierro de la Cangahua I en Quebrada Chalán (UTM 0763505/9803532/2995m)

En la figura 41, tomada en la Quebrada San Martín, se puede apreciar la característica periclinal de la cangahua, misma que se encuentra acompañada de unos potentes lentes de piroclastos oscuros y ceniza blanca o pómez.



**Figura 41.** Afloramiento de Cangahua I en Quebrada San Martín (UTM 0761961/9802245/2876m).

A manera de resumen, se puede decir que, esta cangahua se reconoce en campo por tener un color más opaco, ser arenosa al tacto, contener gran cantidad de carbonatos, presencia de lentes de lapilli, paleosuelos representados por estructuras formadas de carbonato, fósiles de la megafauna del pleistoceno y bolas de cangahua in situ y retrabajadas (ver apdo. 4.4.2).

Por otro lado, el análisis microscópico de las muestras de esta cangahua, revelaron aporte de líticos metamórficos pertenecientes al basamento sur del valle interandino, a causa de una fuerte erosión, mientras que el contenido de líticos volcánicos se relaciona a la depositación de esta unidad en un período de potente vulcanismo.

- **Cangahua II**

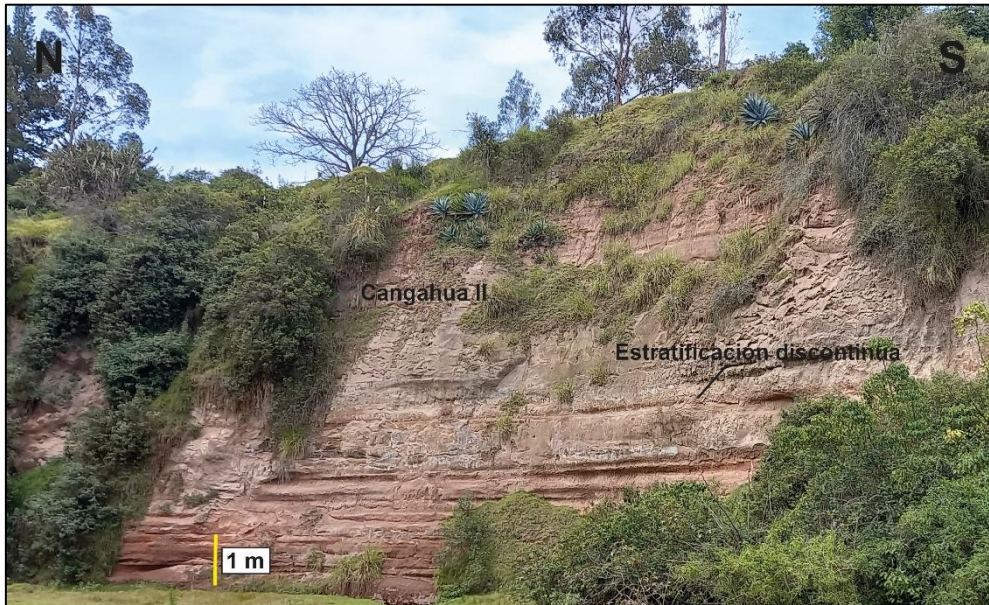
Ubicación y disposición

En la zona de estudio aflora a lo largo de las Quebradas Sulsul y Colorada y parcialmente en la Quebrada Cotohuaycu (Fig. 55). Se dispone estratigráficamente por encima de la cangahua I, a veces con contactos poco definidos (Fig. 53), y morfológicamente asociada al relleno de un antiguo valle de dirección N-S.

Litología

Tobas con líticos volcánicos y metamórficos, presentan tamaños de arena muy gruesa producto del retrabajamiento de la Cangahua I y la Formación Yaruquíes. Esta cangahua presenta estratificación paralela discontinua (Fig. 42), paleosuelos, es

típicamente rojiza con presencia de capas más grisáceas, tiene gran cantidad de carbonatos, bolas de cangahua y fósiles de vertebrados fracturados (Fig. 53).



**Figura 42.** Afloramiento de la Cangahua II en Quebrada Colorada (UTM 0761748/9804188/2768m).

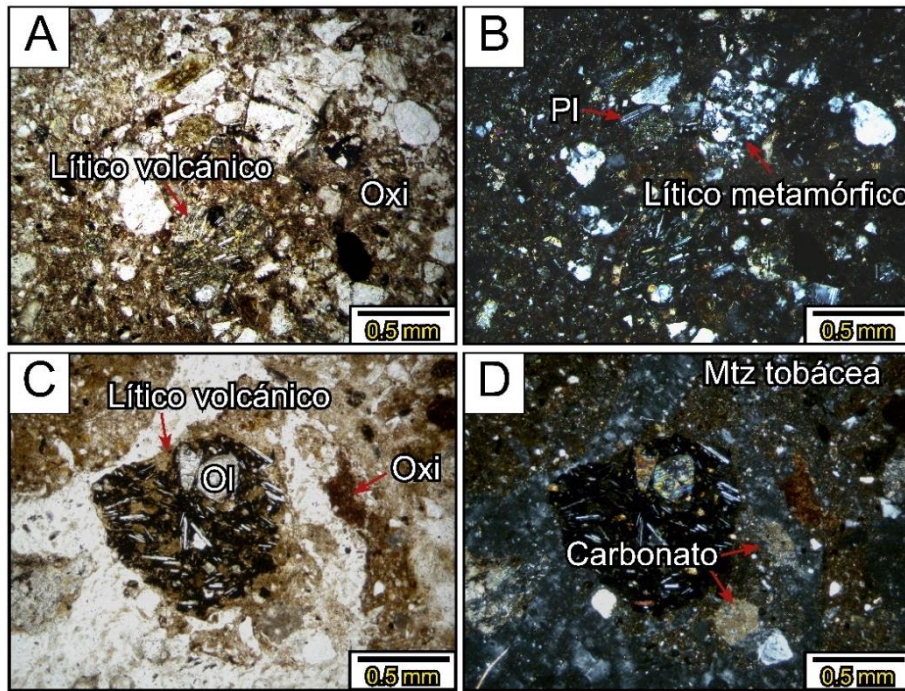
En Quebrada Colorada (UTM 0761369/9803509/2797m) se observan hasta 8 metros de espesor con lags de clastos angulosos a subangulosos de cuarcitas y andesitas, con tamaños que varían desde los 0,5 hasta los 4 cm (Fig. 43). En este punto también se registró bolas de cangahua.



**Figura 43.** Lags de cantos dentro de la Cangahua II (UTM 0761369/9803509/2797m).



En descripción microscópica, la muestra QC-04 (Fig. 44) presenta tamaños de arena gruesa a muy gruesa y minerales de plagioclasa, cuarzo, anfíboles, piroxenos, olivinos y líticos metamórficos y volcánicos dispersos en una matriz tobácea. La coloración y composición lítica de esta cangahua es producto de la erosión y retrabajamiento de los conglomerados (Formación Yaruquíes) y la Cangahua previa. Esta muestra corresponde a una toba de líticos.



**Figura 44.** Lámina delgada de la muestra QC-04 del afloramiento de la Unidad Cangahua II en Quebrada Colorada (Fig. 43). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ol, Olivino; Mtz, Matriz.

En las coordenadas (UTM 0761710/9803136/2817m), en la Quebrada Sulsul, aflora esta cangahua con un espesor de 10 m con presencia de paleosuelos y su típica estratificación paralela discontinua (Fig. 45).



**Figura 45.** Afloramiento de Cangahua II en Quebrada Sulsul (UTM 0761710/9803136/2817m). En la misma quebrada, dentro de la Cangahua II, se registró un metatarsiano de caballo (Fig. 46), y numerosas bolas de cangahua de diferentes tamaños en material caído.



**Figura 46.** Metatarsiano de caballo dentro de la Cangahua II (UTM 0761687/9803125/2084m). En la Figura 23, se puede observar como la cangahua II se acuña entre las cangahuas I y III. En este afloramiento se observa el posible origen de esta unidad, así también, el contenido de bolas de cangahua en las distintas unidades de esta Formación.

Recopilando, la cangahua II, en campo, fue relativamente fácil de reconocer debido a su tonalidad, el tamaño de grano, su tipo de depositación, la gran cantidad de fósiles fracturados o fragmentos dispersos y a la aparición de bolas de cangahua retrabajadas. El análisis de esta cangahua bajo microscopio petrográfico facilitó reconocer el aporte de líticos tanto metamórficos como volcánicos en su composición, justificando así su proveniencia de las Formaciones Yaruqués y Cangahua I.

- **Cangahua III**

#### Ubicación y disposición

Se encuentra recubriendo toda la zona de estudio, cubriendo la topografía de forma periclinal. Esta unidad se ubica estratigráficamente por encima de la lava del Tulabug, en inconformidad al Intrusivo de Pungalá y concordante a las unidades de Cangahuas I y II (Fig. 55).

#### Litología

Tobas de cristales con líticos volcánicos de tamaño de arena fina a gruesa de color beige con espesores de hasta 2 metros (Figs. 51, 52, 53). La principal característica de esta cangahua son los paleosuelos bien marcados, a la base de la misma, con estructuras prismáticas verticales, que marcan el desarrollo del depósito sobre las unidades anteriores. Además, presenta pequeñas precipitaciones de carbonato debido a la infiltración de agua.

En la Loma Quillochuda (UTM 0763705/9805797/2820m) aflora esta unidad con paleosuelos bien marcados, definiendo la unidad sobre la cangahua más antigua. En esta zona la cangahua I aflora con un espesor de 2 metros aproximadamente (Fig. 47).



**Figura 47.** Paraconformidad entre los paleosuelos de la Unidad Cangahua III y la Cangahua I.

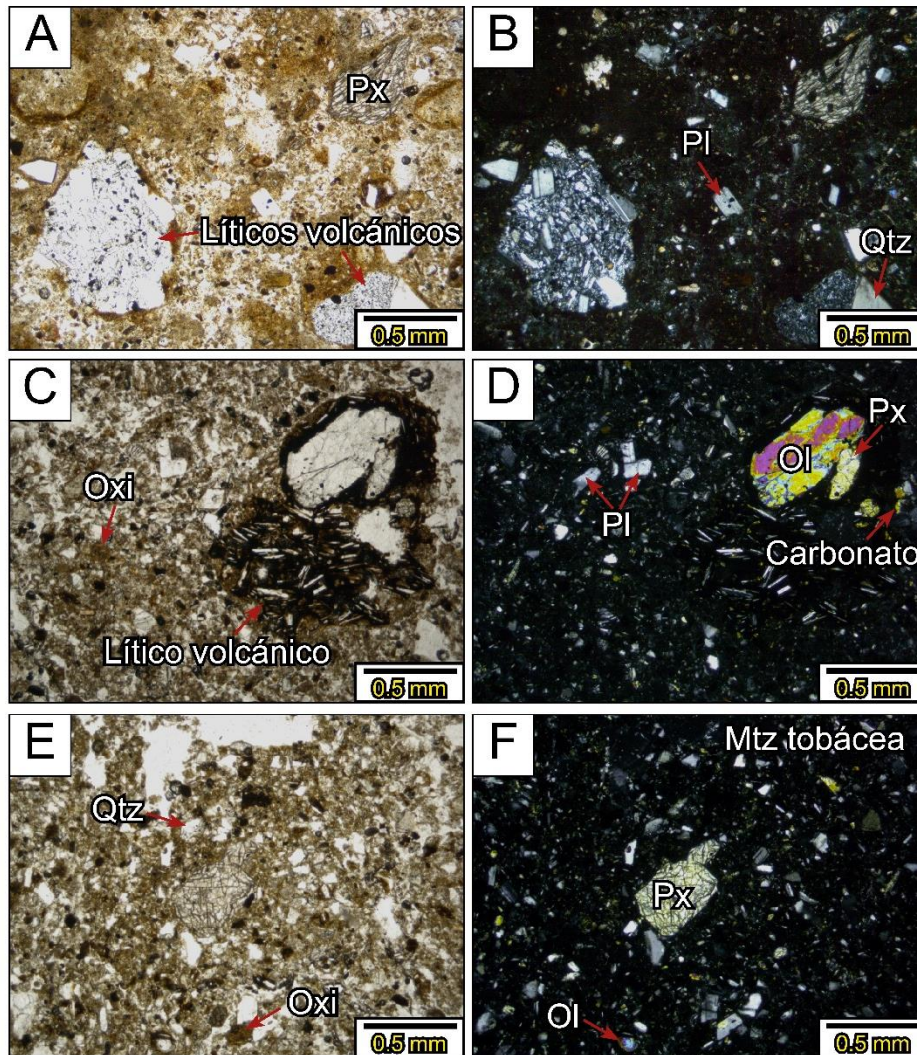
En la parte superior de Quebrada Chalán aflora la Cangahua III como un sedimento muy fino y poco consolidado, que hace de suelo, en conjunto con bolas de cangahua in situ, poco abundantes y dispersas (Fig. 48).



**Figura 48.** Afloramiento de la Cangahua III en Quebrada Chalán.

Bajo microscopio la lámina delgada CQ-24 (Fig. 49) presenta tamaños de grano en su mayoría finos. Se identificaron minerales de plagioclasa, cuarzo, piroxenos, opacos y

líticos volcánicos de tamaños de arena gruesa en una matriz tobácea con cemento carbonatado. La muestra corresponde a una toba de cristales.



**Figura 49.** Lámina delgada de la muestra QC-24 del afloramiento de la Unidad Cangahua III en Quebrada Chalán (Fig. 48). (A y C) Luz natural. (B y D) Nícoles Cruzados. Px, Piroxeno; Qtz, Cuarzo; Oxi, Óxido de Hierro; Pl, Plagioclasa; Ol, Olivino; Mtz, Matriz.

En el lugar donde nace Quebrada Chalán (UTM 0763756/9803673/3018m), esta cangahua presenta precipitación superficial de carbonatos en forma de costras y bolas de cangahua (Fig. 50). En esa ubicación tiene un espesor de aproximadamente 2 metros. Además, se registró el fósil de un roedor y misceláneas de conejo, lo que podría ayudar en la asignación de un paleoambiente, mismo que será discutido en el siguiente capítulo.



**Figura 50.** Afloramiento de la Cangahua III en Quebrada Chalán (UTM 0763756/9803673/3018m).

Esta unidad se diferenci6 de las otras, en campo, gracias a su tonalidad m1s clara, un tama1o de grano que al tacto se siente m1s fino, un paleosuelo bien marcado a la base, la presencia de restos f6siles de micromam1feros y tener menos bolas de cangahua, pero que en su mayor1a se encuentran in situ. Por otro lado, el an1lisis de l1minas delgadas ayud6 a determinar que el aporte mineral6gico de esta cangahua difiere de las dem1s en el contenido de l1ticos 1nicamente volc1nicos.

## 4.2. Columnas Estratigr1ficas

La estratigraf1a de las principales Formaciones sedimentarias y los distintos niveles fosil1feros se detallan en las siguientes tres columnas, mismas que fueron levantadas en las Quebradas Sulsul, Chal1n y Colorada. El criterio que se tom6 en cuenta para la selecci6n de estos lugares se bas6 tanto en la cantidad de f6siles, la influencia estructural y los contactos. La interpretaci6n se apoya en los registros de campo y en la petrograf1a.

El contexto deposicional de las distintas Formaciones se discute en el siguiente cap1tulo.

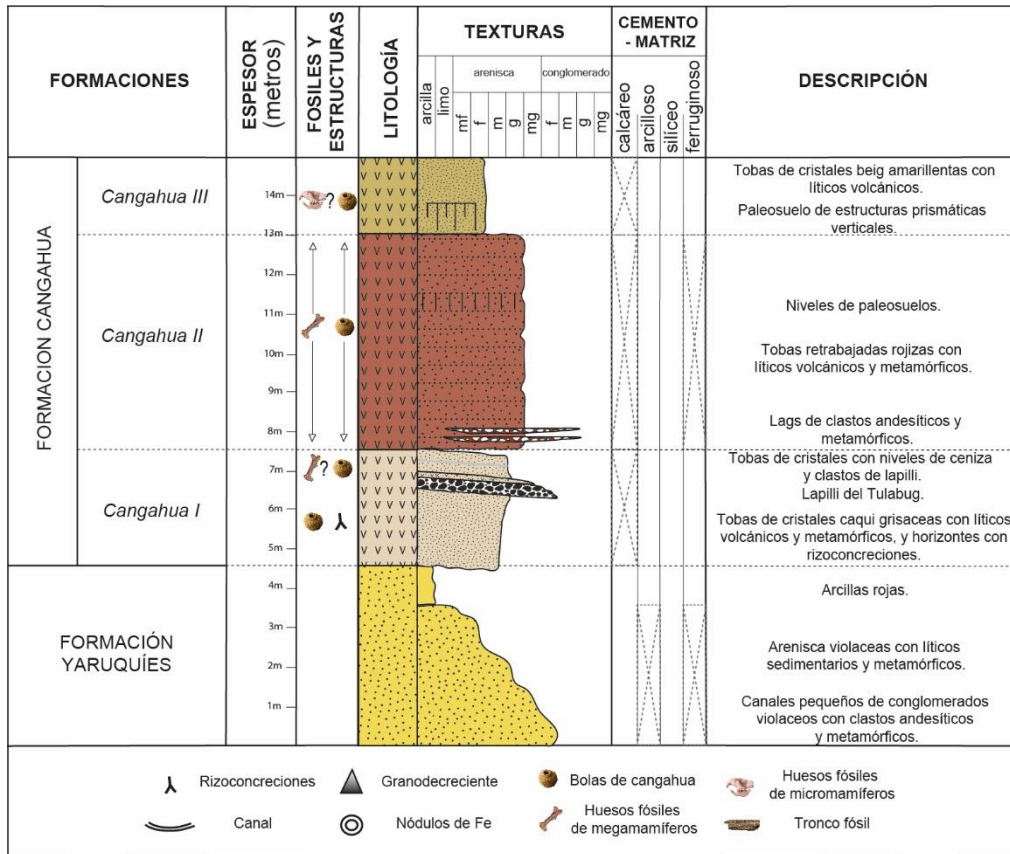


Figura 51. Columna estratigráfica de Quebrada Sulsul.

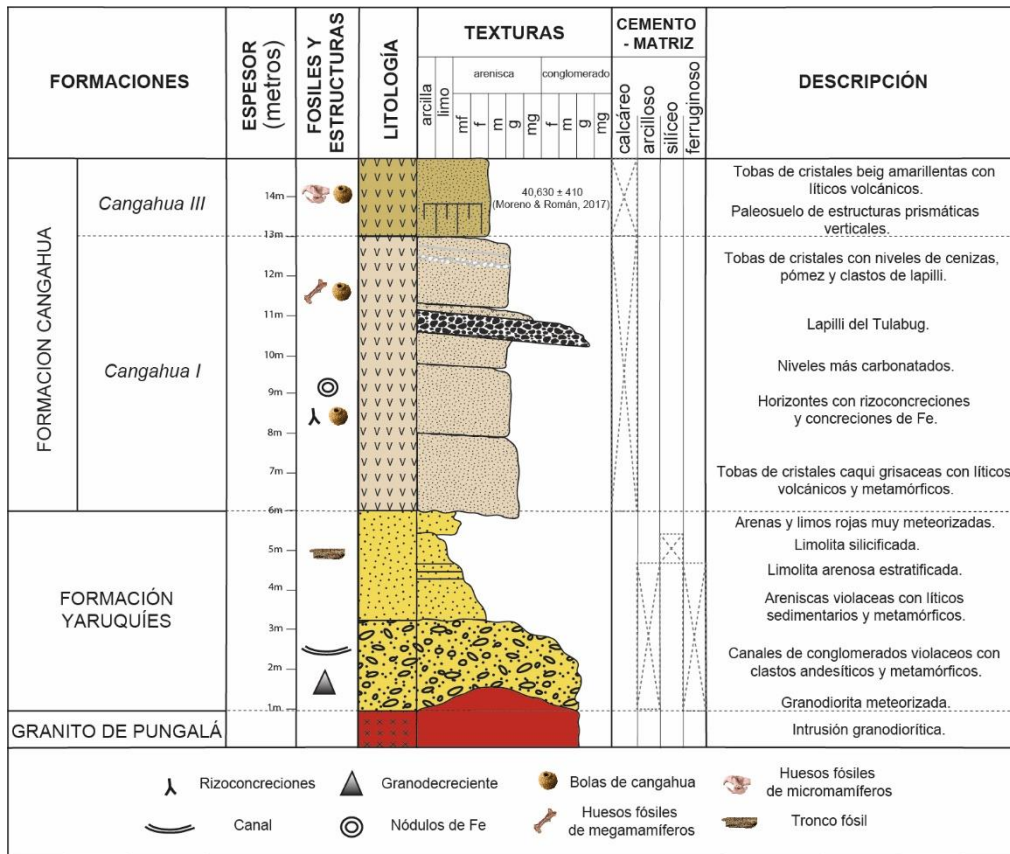


Figura 52. Columna estratigráfica de Quebrada Chalán.

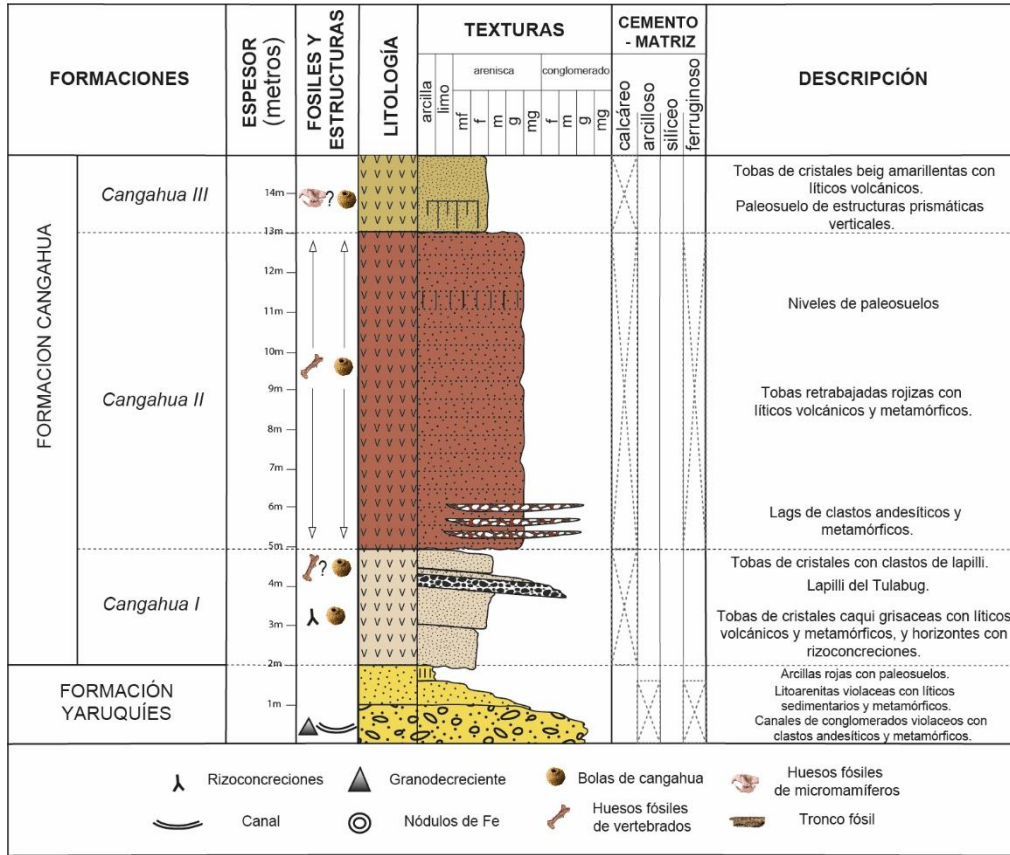


Figura 53. Columna estratigráfica de Quebrada Colorada.

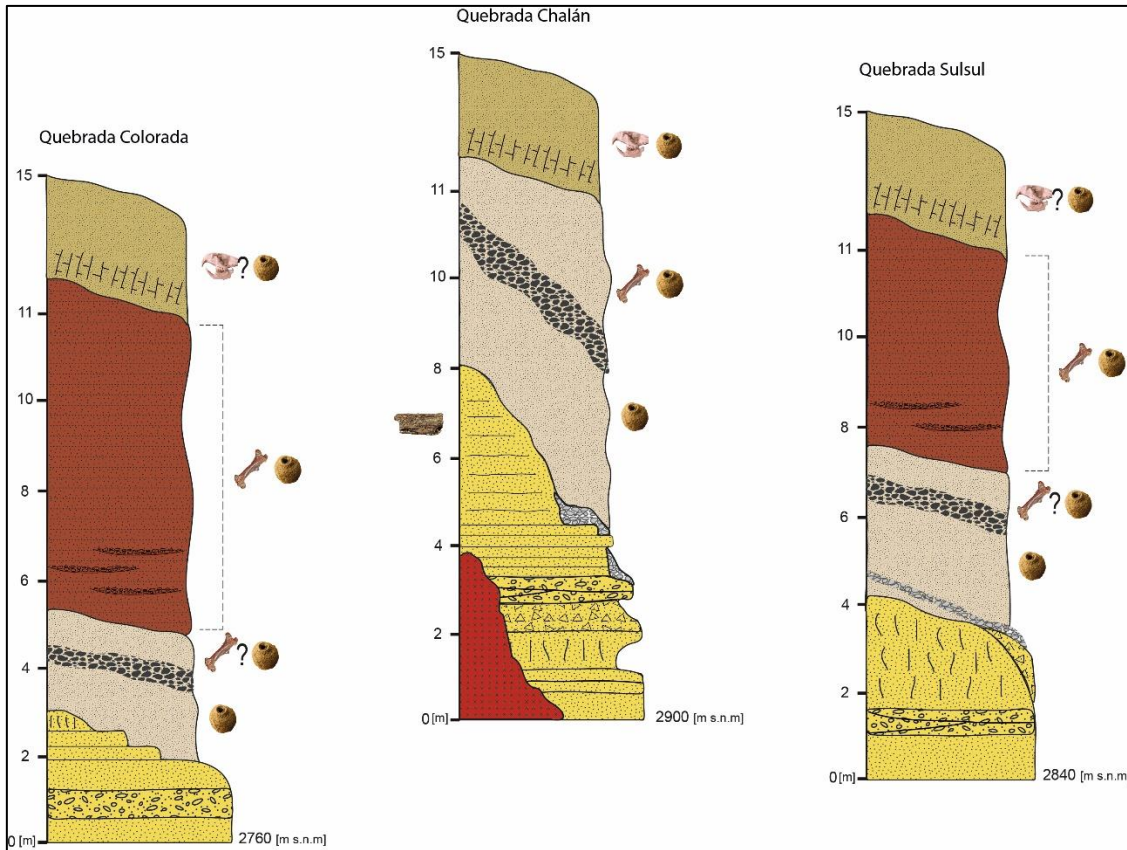


Figura 54. Columnas Morfoestratigráficas de las principales Quebradas.



### 4.3. Mapa y corte geológico

Como resultados a la caracterización geológica de la Quebrada Chalán se obtuvieron un mapa de afloramientos, un mapa paleontológico y finalmente un mapa geológico que cubre el área propuesta en este trabajo (25 km<sup>2</sup>).

El mapa geológico a escala 1:25000 (Fig. 55) representa la geología de la Quebrada Chalan y sus alrededores. Las principales Formaciones dentro de la zona de estudio son: como base la Unidad Guamote de edad Jurásica, el Intrusivo de Pungalá del Eoceno, las Formaciones Yaruquies y Sicalpa del Plioceno, el Depósito Fluvial del Chambo también del Plioceno, los conos y lavas del Tulabug del Cuaternario, y una gruesa capa de Cangahua clasificada en CI, CII y CIII; que cubre toda la zona. Así también, se han representado las fallas estructurales que podrían estar afectando la topografía y la relación espacial de los depósitos.

A partir de este primer mapa se realizó un corte geológico (Fig. 55) donde se representó la disposición de las Formaciones en el área. El corte geológico tiene una dimensión de 7,7 km de largo y se realizó en base a la información recopilada de los afloramientos y a las muestras de rocas.

Basado en la bibliografía revisada previo a la realización de este trabajo, y a las campañas de campo, se conoce que el basamento de la zona se compone de cuarcitas y pizarras de la Formación Guamote, el cual fue intruido por un batolito de granodiorita que es visible en la parte NE del Cerro de Licto, conocido como el Intrusivo de Pungalá. Posteriormente, sobre estas Formaciones, se depositaron inconformemente y/o en discordancia angular las Formaciones Yaruquies al SE, Sicalpa al N y el Depósito Fluvial Chambo al E. Se interpreta que estas tres Formaciones fueron rellenando la topografía de manera contemporánea, cada una por un lado del cerro.

Además, es posible que, al momento de la depositación de las últimas Formaciones mencionadas, hubo actividad de una falla inversa que levantó el Cerro Yaruquies y parte del valle de Punín, lo que no permitió que al Oeste se depositasen las Formaciones del Plioceno.

Durante el Cuaternario la Formación Cangahua fue rellenando la topografía en disconformidad, la primera cangahua en depositarse fue la CI de color gris, esta cubrió zonas de forma periclinal en todo el valle interandino, en Quebrada Chalan y sus alrededores tiene un espesor de 3 a 8 m. La CII se depositó horizontalmente a lo largo de la Quebrada Sulsul y Colorada, como un sedimento aluvial producto de la interacción

con la CI y Yaruquíes. Finalmente, la cangahua CIII se depositó en paraconformidad sobre la CI y CII, las lavas de Tulabug, el Intrusivo de Pungalá y los metamórficos de Guamote.

De igual manera, se realizó un mapa de muestras que cuenta con puntos de los sitios donde se tomaron rocas y apuntes para el levantamiento de las columnas estratigráficas (Fig. 56). Varios puntos fueron tomados fuera del área de estudio, sin embargo, estos ayudaron a definir estratigráficamente, las Formaciones litológicas que se extienden hacia nuestra zona.

Finalmente, el mapa paleontológico (Fig. 61) muestra los puntos donde fueron recabados datos de fósiles e icnofósiles, de este y otros trabajos, los cuales han sido registrados y detallados en la parte de resultados paleontológicos del presente documento.

# CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA CHALÁN (CHIMBORAZO) A ESCALA 1:25000

## MAPA Y CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

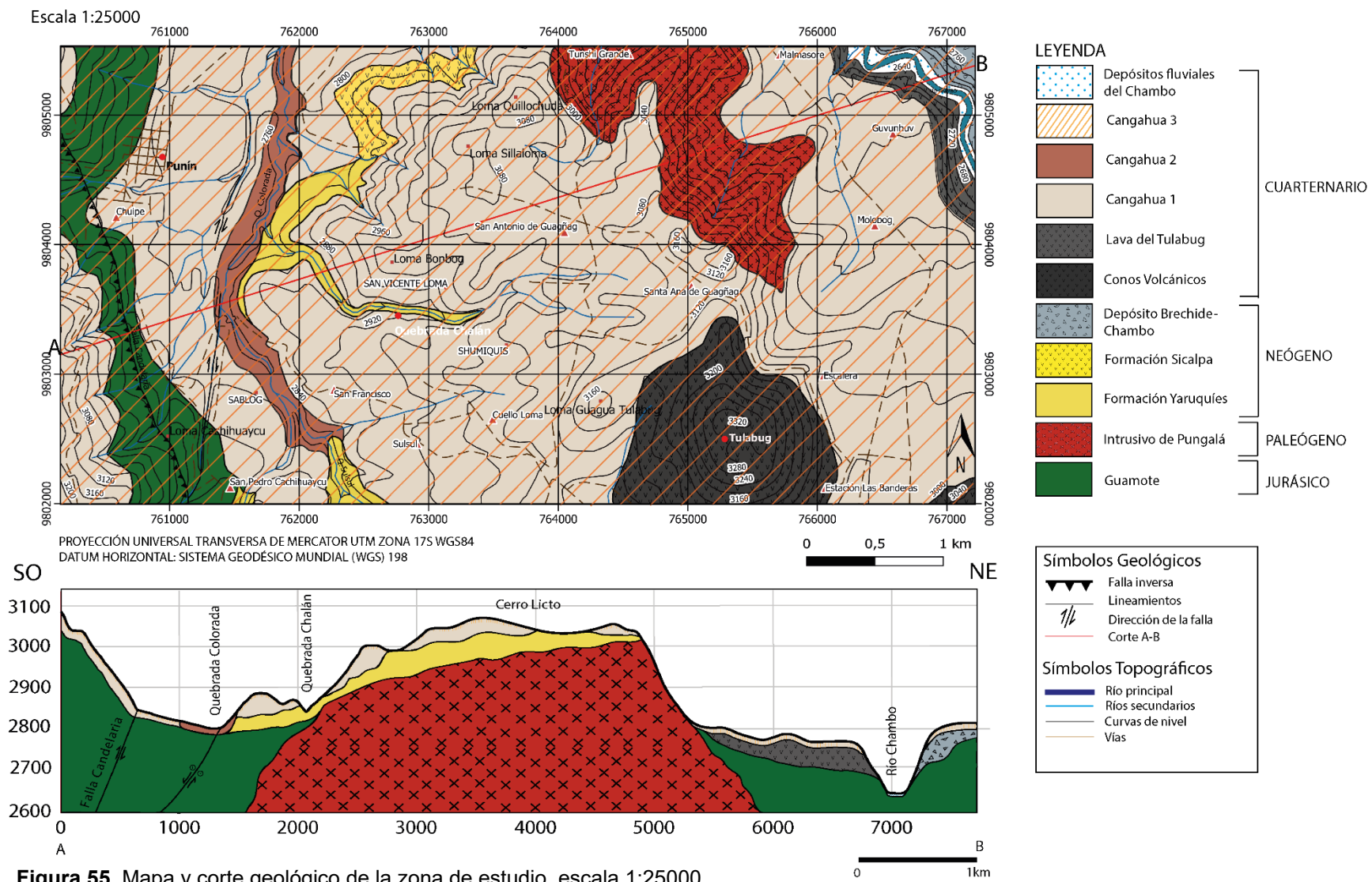


Figura 55. Mapa y corte geológico de la zona de estudio, escala 1:25000.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA CHALÁN (CHIMBORAZO)  
A ESCALA 1:25000

MAPA DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS Y AFLORAMIENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

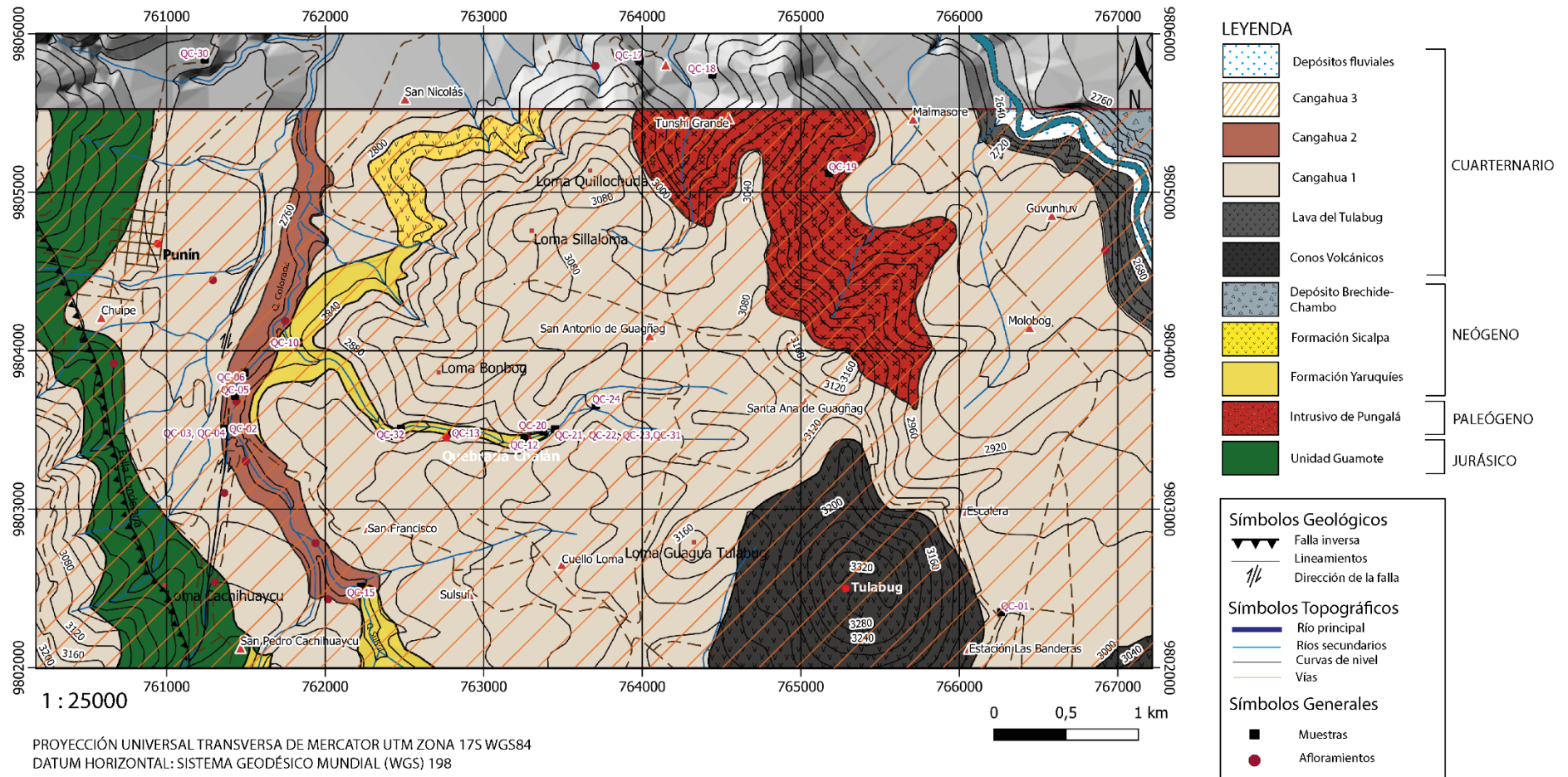


Figura 56. Mapa de muestras y afloramientos en la zona de estudio, escala 1:25000.

## 4.4. Paleontología

### 4.4.1. Datos de colecciones científicas de los sectores Punín y Chalán

A lo largo del tiempo, en la Quebrada Chalán, se han recolectado por diferentes autores 360 muestras pertenecientes a *Paleolama weddelli*, 67 muestras de *Odocoileus peruvianus*, 13 muestras de *Odocoileus* sp y 74 muestras de *Agalmaceros*, que corresponden al orden Artiodactyla. Dentro del orden Carnívora, se han recolectado 1 muestra de *Feliz* sp, 6 muestras de *Lycalopex culpaeus*, 2 muestras de *Panthera onca*, 7 muestras de *Procyon orcesi* y 11 muestras de *Smilodon* sp. De la orden Eulipotyphla hay 13 ejemplares de restos de *Cryptotis niausa*. Así también, la orden Lagomorpha cuenta con 1 muestra de *Leporidae*. Para la orden Perisodactyla hay 7 ejemplares de *Equus (Amerhippus)*, 7 de *Equus* sp y la especie con mayor de ejemplares es *Equus andium* que cuenta con 1166 restos registrados. La orden Proboscidea cuenta con 1 muestra de *Curvieronius hyodon* y 26 de *Notiomastodon platensis*. Finalmente, la orden Rodentia cuanta con un total de 57 especies.

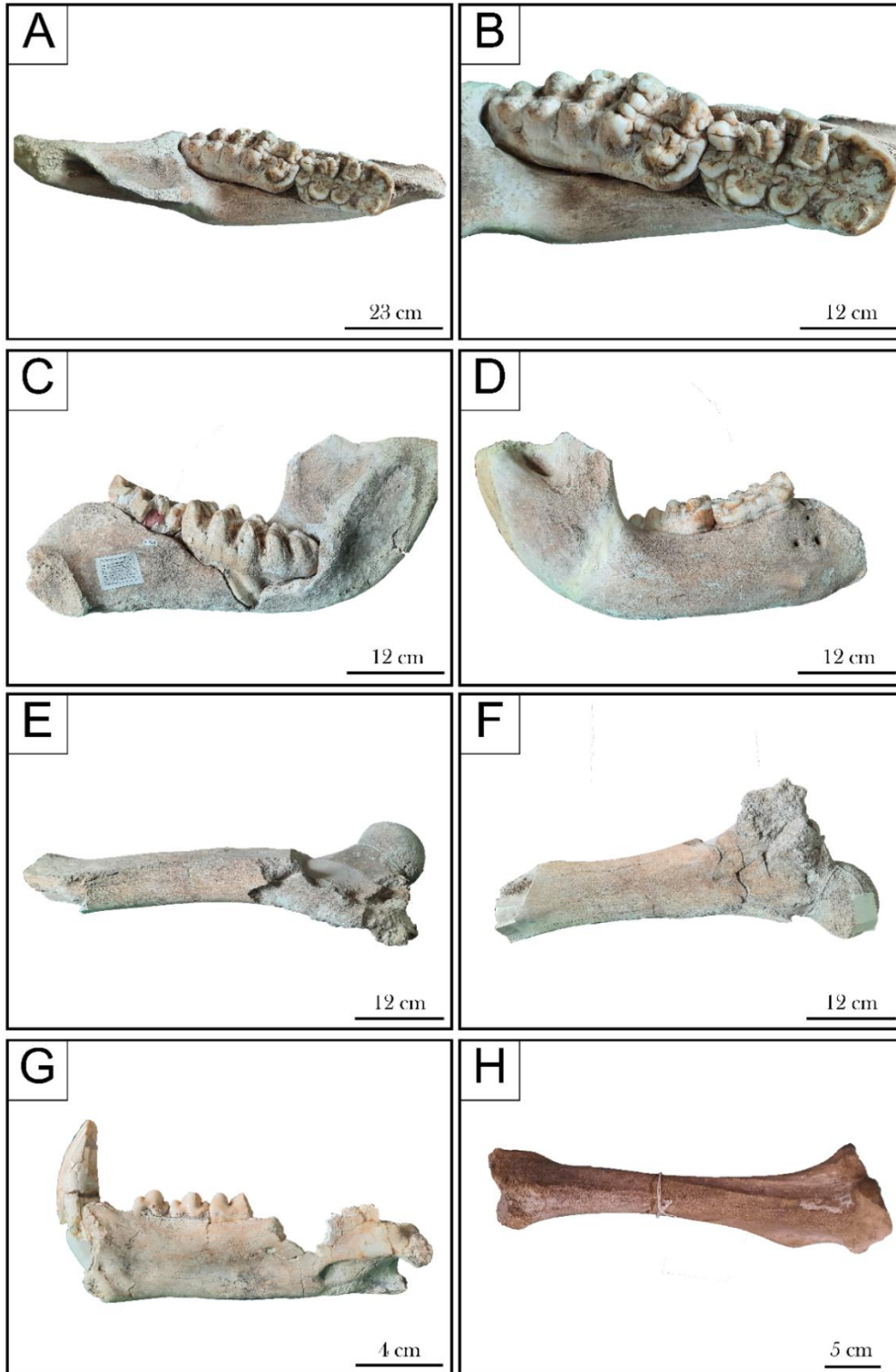
En la base de datos original del Departamento de Biología de la EPN, se tiene el registro de 1797 muestras de restos fósiles, de los cuales 1579 están identificadas con sus respectivas especies; estas se resumen en la Tabla 1. De igual manera, algunas fotografías de las especies más representativas, que reposan en el Laboratoto de Paleontología de la EPN, se detallan en las figuras 57 y 58.

El Museo Petrográfico de Geología, EPN, cuenta con 2 fósiles de *Palaeolama*, mientras que el INABIO resguarda dos fósiles de Equidae. Finalmente, en la Universidad Central del Ecuador se tiene el conocimiento de la existencia de dos húmeros de *Notiomastodon*.

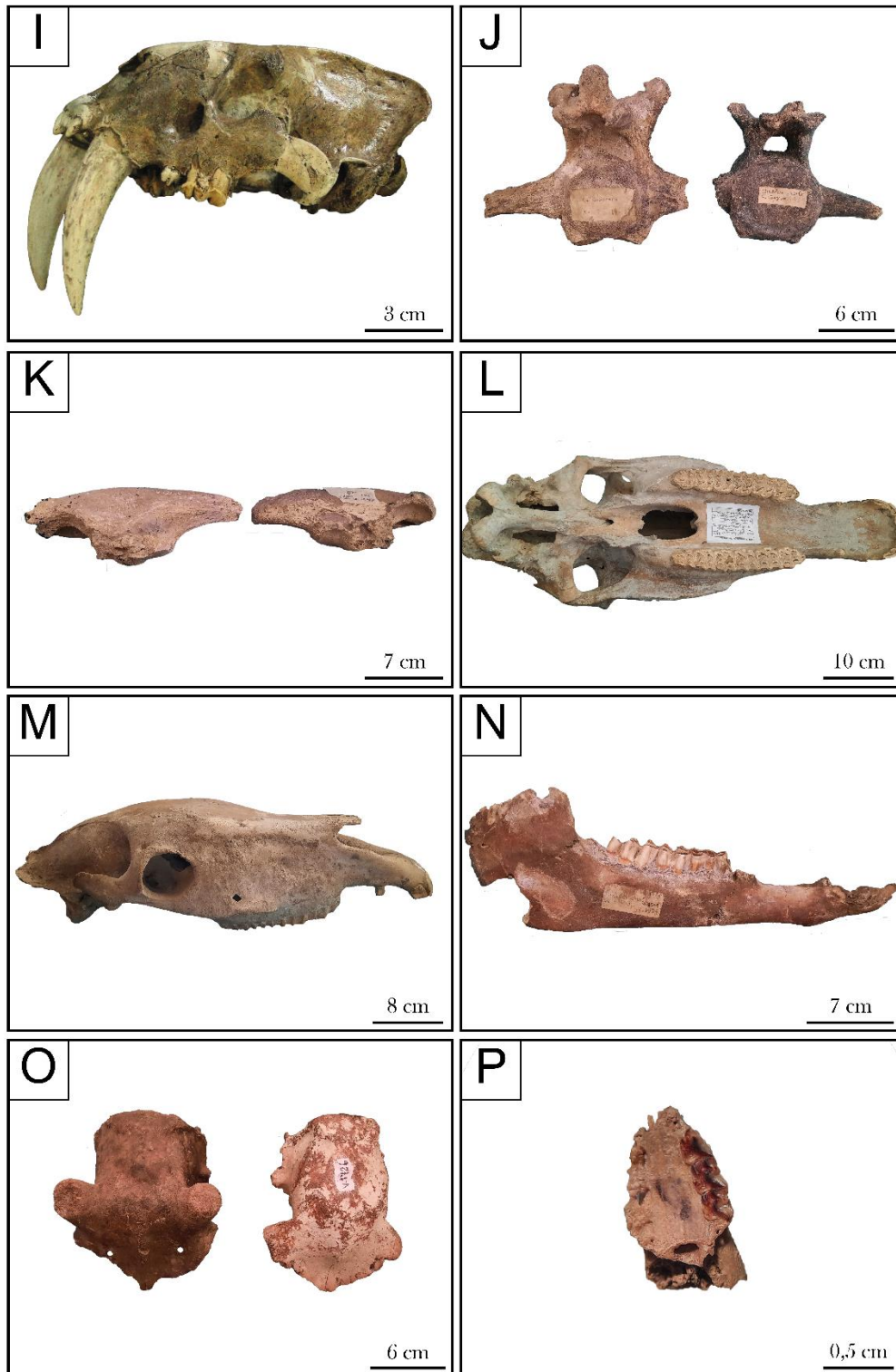
**Tabla 1.** Resumen de la base de datos correspondiente a cantidad de muestras por especie existente en la Quebrada Chalán. (Modificado de la base de información del Dpto. de Biología de la EPN)

Orden	Especie	Muestras
Xenarthra	<i>Oreomylodon wegneri</i>	97
	<i>Propaopus magnus</i>	1
	<i>propaopus</i> sp	3
	Sin identificar	7
Eulipotyphla	<i>Cryptotis niausa</i>	13

Artiodatyla	<i>Paleolama weddelli</i>	76
	<i>Odocoileus peruvianus</i>	67
	<i>Odocoileus sp</i>	13
	<i>Agalmaceros Blicki</i>	74
	Sin identificar	47
Perisodactyla	<i>Equus (Amerhippus)</i>	7
	<i>Equus andium</i>	1166
	<i>Equus sp</i>	7
	Sin identificar	14
Proboscidea	<i>Curvieronius hyodon</i>	1
	<i>Notiomastodon platensis</i>	26
	Sin identifcar	3
Rodentia	Identificados	56
	Sin indentificar	86
Lagomorpha	<i>Leporidae</i>	1
Carnivora	<i>Felis sp</i>	1
	<i>Lycalopex culpæus</i>	6
	<i>Panthera onca</i>	2
	<i>Protocyon orcesi</i>	7
	<i>Smilodon sp</i>	11
	Sin identificar	5
TOTAL		1797

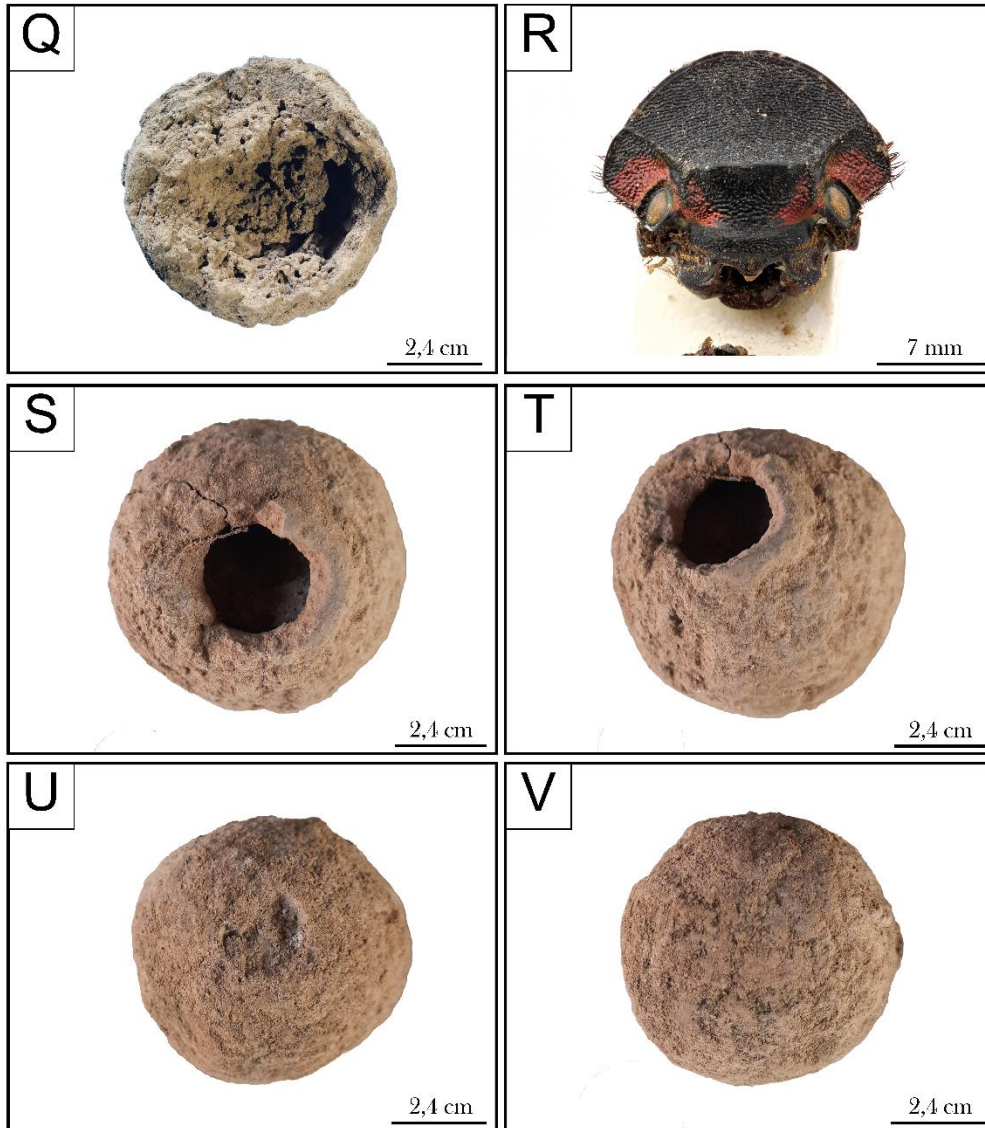


**Figura 57. (A, B, C y D) Mandíbula inferior derecha de *Notiomastodon platensis* (Q. Colorada). (E y F) Fémur de *Notiomastodon platensis* (Q. Colorada). (G) Mandíbula inferior derecha de *Panthera onca* (Q. Colorada). (H) Tibia derecha de *Smilodon fatalis* (Q. Chalán). Fotografías de la colección de Paleontología, Departamento de Biología, EPN.**



**Figura 58.** (I) Cráneo de *Smilodon fatalis* (Q. Colorada). (J) Vértebras caudales de *Oreomylodon wegneri* (Q. Colorada y Q. Chalán). (K) Falange de *Oreomylodon wegneri* (Q. Chalán). (L y M) Cráneo completo de *Equus andium*. (N) Mandíbula inferior derecha de *Palaeolama wedelli* (Q. Chalán). (O) Cráneos incompletos de *Odocoileus peruvianus* (Q. Chalán y Q. Colorada). (P) Paladar y molares izquierdos de musaraña fósil (*Cryptotis* sp) (Q. Chalán). **Fotografías de la colección de Paleontología, Departamento de Biología, EPN.**





**Figura 59.** (Q) Sección transversal de *Coprinisphaera* donde se observan trazas dejadas por otros insectos. (R) Cabeza de *Phanaeus violetae*. (S y T) *Coprinisphaera kitu* (Q. Chalán). (U y V) *Coprinisphaera murguiai* (Q. Colorada). R: Adrian Troya y Jose Luis Roman.



**Figura 60.** Cráneo completo de *Haplomastodon chimborazi* (*Bunolophodon ayorae* = *Notiomastodon platensis*) de Quebrada Chalán, excavado por F. Proaño (Spillmann en 1931).

#### 4.4.2. Datos paleontológicos registrados en campo

En las campañas de campo se registraron varios fósiles de vertebrados dentro de la Formación Cangahua (Fig. 61), de entre los cuales figura en su mayoría restos de mamíferos como *Equus andium*, *Smilodon* y de *Paleotapeti jordani*, y en menor cantidad, pero no menos importante, un cráneo de *Sigmodon*. En la tabla 2 se detallan las características anatómicas de cada uno de los huesos registrados.



De manera general, los restos identificados dentro de la cangahua I, en Quebrada Chalán, corresponden a 3 molares, un pedazo de mandíbula superior, un fémur y una vértebra de Equidae, un metápodo y una tibia de *Smilodon* sp, y un metacarpiano de *Oreomyodon wegneri*. Por otro lado, en las Quebradas Colorada y Sulsul, se registraron un astrágalo, una vértebra, un molar y un metápodo de caballo, además de un tercer incisivo superior de *Smilodon* sp dentro de la cangahua II. Por último, dentro de la cangahua III, en Chalán, se identificaron solamente microfósiles como dientes de conejo, un cráneo y una mandíbula de roedor.

En todos los tipos de cangahua se registraron varios ejemplares de *Coprinisphaera* (Figs. 51, 52, 53) de tamaños entre 6 a 12 cm de diámetro. Se puede señalar que alrededor de la zona de estudio tenemos los dos tipos de bolas de cangahua registrados en el Ecuador, tanto *Coprinisphaera kitu* como *Coprinisphaera murguiai* de acuerdo con Sánchez et al., (2013) (Fig. 59).



En este punto también se identificó si las bolas de cangahua se encontraban in situ o removidas, para esto, las consideramos como in situ cuando en su interior aún se conserva la cámara interna. Por otro lado, una bola de cangahua removida es aquella que sufrió algo de desplazamiento durante su acumulación, en este caso pueden observarse horizontes con alta concentración de bolas vinculadas a zonas topográficas más bajas o partes inferiores de las pendientes.



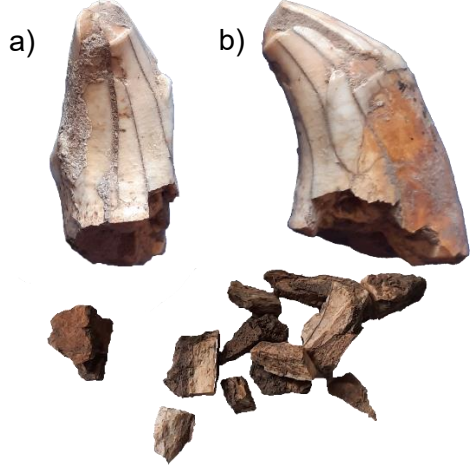

Por otra parte, en la Formación Yaruquíes, se identificó troncos fósiles silicificados (sp indet.), estos se encontraron en Chalán, cerca de las “huellas de mastodontes” y en un bloque rodado al final de la Quebrada.



**Tabla 2.** Descripción de los fósiles registrados en campo.

MUESTRAS	UTM (X)	UTM (Y)	ALTURA (m)	ESPECIE	LOCALIDAD	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍAS
1. QC-08	761706	9804070	2750	<i>Equus andium</i>	Quebrada Colorada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tres piezas dentales molariformes: un premolar superior derecho, un premolar superior izquierdo y un tercer premolar superior derecho, en fragmentos de paladar.</li> <li>Porción distal de la diáfisis de un fémur derecho, con la base del tercer trocánter y la fosa supracondílea.</li> </ul>	 <p>A photograph showing several fossilized teeth and a fragment of a femur. The teeth are arranged in two rows. The top row contains three teeth, and the bottom row contains several smaller fragments. To the right of the teeth is a long, thin, curved bone fragment. Below the teeth is a scale bar with markings from 0 to 10 mm and a 5 mm marker.</p>
2. QC-11	762865	9803508	2930	<i>Equus andium</i>	Quebrada Chalán	<ul style="list-style-type: none"> <li>Astrágalo derecho completo.</li> </ul>	 <p>A photograph of a single, complete astragalus bone. The bone is dark brown and has a complex, somewhat rectangular shape with rounded corners. Below the bone is a scale bar with markings from 0 to 10 mm and a 5 mm marker.</p>

3.	763256	9803443	2955	Tronco fósil	Quebrada Chalán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tronco Silicificado.</li> </ul>	
4. QC-14	761687	9803125	2084	<i>Equus andium</i>	Quebrada Sulsul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metatarsiano derecho con la porción proximal un poco dañada.</li> </ul>	

5. QC-25	763779	9803656	2970	Lagomorpha sp. Indet.	Quebrada Chalán	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dientes de conejo.</li> </ul>	
				Sp. Indent.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Miscelánea de huesos de aves.</li> </ul>	
6. QC-26	763844,4	9803601,2	3033	<i>Sigmodon</i> sp. Indet.	Quebrada Chalán	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cráneo roto y mandíbula con hileras dentales completas.</li> </ul>	

				Lagomorpha sp. Indet.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmento craneal con una hilera dental izquierda superior, juvenil.</li> <li>• Diáfisis rota de fémur.</li> </ul>	 
7. QC-27	762205	9802441	2848	<i>Smilodon</i> sp. Indet.	Quebrada Sulsul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tercer incisivo superior derecho; a) vista palatal, b) vista lateral.</li> <li>• Fragmentos caniniforme. de</li> </ul>	 

<p>8. QC-28</p>	<p>762800</p>	<p>9803481</p>	<p>2924</p>	<p><i>Smilodon</i> sp. Indet.</p>	<p>Quebrada Chalán</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metápodo.</li> <li>• Fracción proximal de tibia izquierda.</li> </ul>	
<p>9. QC-29</p>	<p>763400</p>	<p>9803505</p>	<p>3000</p>	<p><i>Oreomyiodon</i> <i>wegneri</i></p>	<p>Quebrada Chalán</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tercer metacarpiano dedo anterior izquierdo.</li> </ul>	

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA CHALÁN (CHIMBORAZO)  
A ESCALA 1:25000

MAPA PALEONTOLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

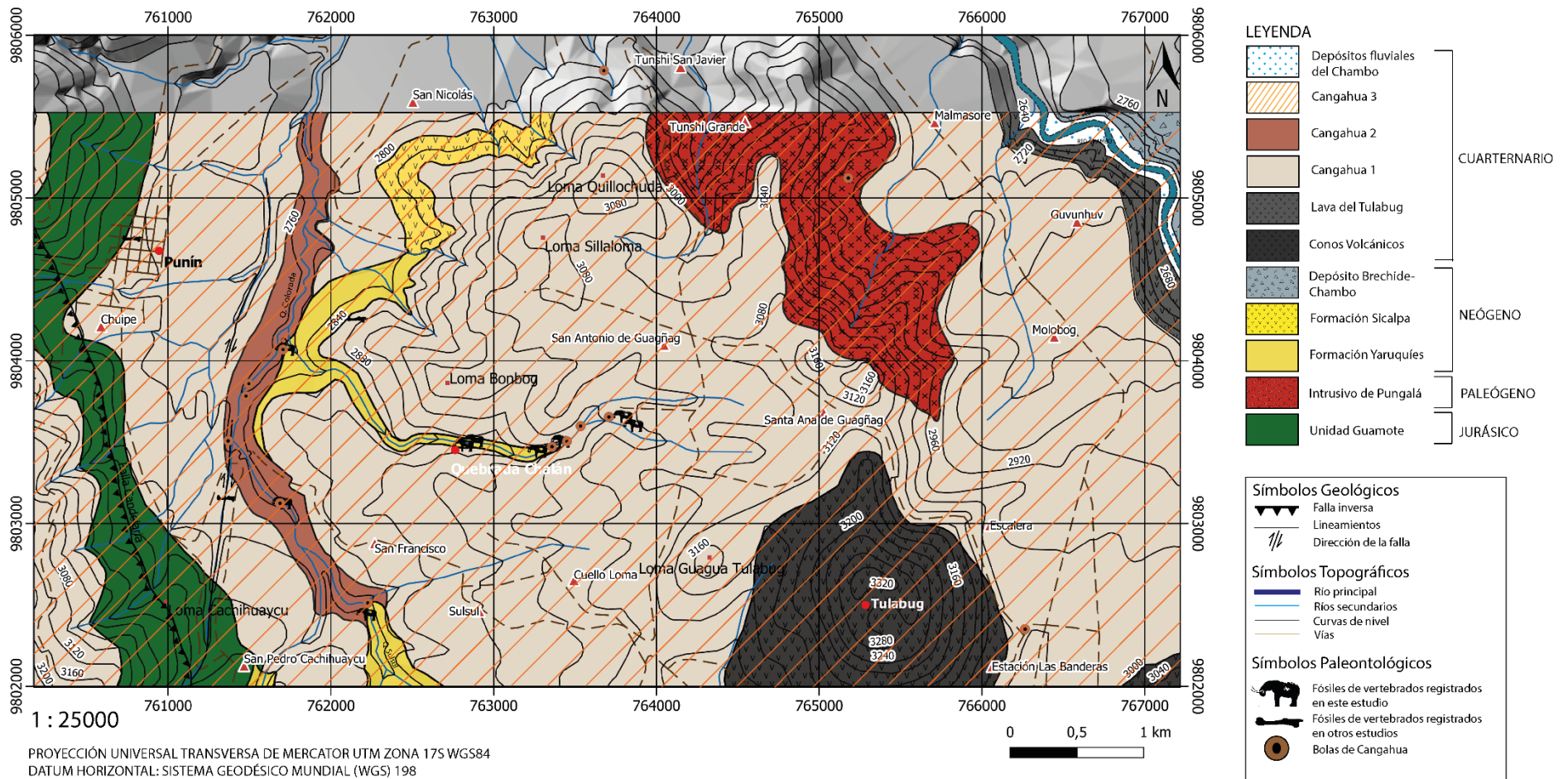


Figura 61. Mapa de ubicaciones con registro paleontológico de la zona de estudio (1:25000).



#### **4.4.3. Sistemática Paleontológica de los grupos estudiados en el entorno de Chalán**

**Clase AVES Linnaeus, 1758**

**Orden STRIGIFORMES Wagler, 1830**

**Familia TYTONIDAE Ridgway, 1914**

**Género TYTO Billberg, 1828**

**Especie *Tyto aff. furcata***

Ave rapaz de tamaño mediano conocido como lechuzas, de amplia distribución geográfica en la actualidad. Estos grupos se caracterizan por regurgitar los productos de su alimentación que consiste principalmente en microvertebrados. El registro Pleistoceno en el Ecuador ha permitido recolectar muchos fósiles de vertebrados y de la misma especie *T. furcata* en el Pleistoceno Superior. (Lo Coco et al., 2020)

**Familia STRIGIDAE Leach, 1820**

**Género ATHENE Boie, 1822**

**Especie *Athene cunicularia* (Molina 1782)**

Es un ave rapaz de tamaño pequeño que se alimentan de pequeños invertebrados, forma parte de la fauna actual del Ecuador y presentan una distribución geográfica entre los valles interandinos y la región costera. (Olmedo, 2019)

**Género GLAUCIDIUM Boie, 1826**

**Especie *Glaucidium* sp.**

Es un ave rapaz de tamaño pequeño que se alimenta de aves e insectos grandes, también forma parte de la fauna actual del Ecuador y son conocidos como "Mochuelos". (Olmedo, 2019)

**Familia ASIONINAE VIGORS, 1825**

**Género ASIO Brisson, 1760**

**Especie *Asio ecuadoriensis* nov. sp.**

Fue el ave rapaz de mayor tamaño que se registró en el Pleistoceno Superior de Quebrada Chalán; este búho se alimentaba de vertebrados medianos y pequeños, como roedores, conejos, aves, lagartijas, sapitos, musarañas, etc. En el registro de Chalán se tiene importantes indicios de canibalismo. (Lo Coco et al., 2020)

**Clase MAMMALIA Linnaeus, 1758**  
**Orden EULIPOTYPHLA Waddell, 1999**  
**Familia SORICIDAE Waldheim, 1817**  
**Género *Cryptotis* Pomel, 1848**

Son microvertebrados especializados en la dieta de insectos que actualmente habitan solamente en los páramos por lo cual se considera, en el registro fósil, grupos indicadores de ecosistemas de altura. (Moreno et al., 2021)

**Orden XENARTHRA Cope, 1889**  
**Familia MYLODONTIDAE Gill, 1872**  
**Género *Oreomyodon* Hoffstetter, 1949**  
**Especie *Oreomyodon wegneri* Spillmann, 1931**

Los Milodontes fueron perezosos gigantes que se caracterizaban por la forma particular de sus dientes, esto a causa de su alimentación basada en hojas y semillas de árboles y arbustos (Román & Lara, 2011). Detalles sobre este grupo se encuentra en la Tabla ANEXO II.

**Suborden CINGULATA Illiger, 1811**  
**Familia DASYPODIDAE Gray, 1821**  
**Género *Propraopus* Ameghino, 1881**  
**Especie *Propraopus magnus* Wolf, 1875**

Los Dasypodidae eran armadillos gigantes que se caracterizaban por poseer una gran armadura que cubría y protegía la mayor parte de su cuerpo, además, se sabe que vivían en refugios debajo de árboles y piedras cavados por ellos mismos (Román & Lara, 2011). Detalles sobre este grupo se encuentra en la Tabla ANEXO II.

**Orden PROBOSCIDEA (ELEPHANTOIDEA) Illiger, 1811**  
**Familia GOMPHOTHERIIDAE (ANANCINAE) Hay, 1922**  
**Género *Notiomastodon* Cabrera, 1929**  
***Curvieronius* Osborn, 1923**  
**Especie *Notiomastodon platensis* Ameghino, 1888**  
***Curvieronius hyodon* Cabrera, 1929**

Dentro del territorio ecuatoriano fueron registradas dos especies de mastodontes: *Curvieronius hyodon*, que vivían en los valles alto andinos y *Notiomastodon waringi*, que vivían en los valles interandinos (Román & Lara, 2011). La diferencia entre ellos

radicaba en la forma de la banda de esmalte de sus defensas: en el caso de *Notiomastodon* la base de esmalte se extiende a lo largo de su defensa y siguiendo su curvatura, mientras que en el otro la banda de esmalte se extiende de forma helicoidal. Detalles sobre este grupo se encuentra en la Tabla ANEXO II.

**Orden PERISSODACTYLA Owen, 1848**

**Familia EQUIDAE Gray, 1821**

**Género *EQUUS* Linnaeus, 1758**

**Especie *Equus (amerhippus) andium* Wagner-Branco, 1883**

Los *Equus andium* eran animales ungulados, no más grandes que un burro actual, que presentaban una cabeza más grande con respecto a su cuerpo, extremidades más cortas y robustas, especialmente el radio y los metapodos, y una órbita ancha, situada más lateral y más inferior. En Quebrada Chalán, la mayor parte de su población correspondía a *Equus andium*, debido a que era la especie que mejor se adaptaba a cualquier entorno. Detalles sobre este grupo se encuentra en la Tabla ANEXO II.

**Orden ARTIODACTYLA Owen, 1848**

**Familia CAMELIDAE Gray, 1821**

**Género *Palaeolama* Gervais, 1867**

**Especie *Palaeolama weddelli* Cabrera, 1935**

Las *Palaeolama* son un género extinto de la familia camelidae, que según Hoffstetter (1952) posee varias características: es de talla un poco más grande que las llamas actuales, presencia de dos premolares inferiores (p3), la forma del último premolar inferior, el lóbulo posterior tiene una forma triangular, la presencia de columnetes interglobulares (endostylos) en el M1 y M1, dolicoognatismo (maxilar superior más corto que el maxilar inferior).

**Familia CERVIDAE Gray, 1821**

**Género *Agalmaceros* Hoffstetter, 1952**

**Especie *Agalmaceros blicki* Frick, 1937**

Dos características principales lo diferencian del género *Odocoileus*, la primera es que tiene la talla un poco más grande y que las astas son masivas y están llenas de tubérculos conspicuos (Hoffstetter, 1952).

**Género *Odocoileus* Rafinesque, 1832**

**Especie *Odocoileus peruvianus* Gray, 1874**

Son comparables al *Odocoileus peruvianos* actual, pero con tubérculos menos desarrollados en sus astas y de talla más pequeña que los *Agalmaceros*.

**Orden CARNÍVORA Bowdich, 1821**

**Familia FELIDAE Gray, 1821**

**Género *Smilodon* Lund, 1842**

**Especie *Smilodon* sp**

El carnívoro más grande que habitó en la Quebrada Chalán fue el famoso “felino dientes de sable”, conocido científicamente como *Smilodon*, su principal característica eran sus enormes y afilados dientes caninos, en forma de sable, que le ayudaba a cazar animales medianos. Por otro lado, sus restos fósiles evidencian que además usaban su fuerza y peso para emboscar a sus víctimas. Detalles sobre este grupo se encuentra en la Tabla ANEXO II.

**Género *Panthera* Oken, 1816**

**Especie *Panthera onca andina* Hoffstetter, 1952**

Especie fundada a partir de una rama mandibular derecha, en buen estado de conservación, que muestra las características típicas de la especie *Panthera onca andina*, pero de talla mayor, cuya fosa masetérica es bastante extendida, posee un proceso angular corto y un canino muy desarrollado (Hoffsteter, 1952).

**Género *Felis* Linneo, 1758**

**Especie *Felis platensis* Ameghino, 1889**

Fue un felino de tamaño mediano cuyo único registro en el Pleistoceno Superior del Ecuador es Quebrada Chalán, provincia de Chimborazo.

**Familia CANIDAE Fischer, 1817**

**Género *Lycalopex* Burmeister, 1854**

**Especie *Lycalopex culpaeus* Molina, 1782**

Es un zorro de la familia Canidae que tiene la cabeza y el hocico anchos y bien pronunciados con apariencia triangular (Castellanos et al., 2022). Aún se encuentra

presente en la fauna del Ecuador, aunque sus avistamientos son cada vez menos frecuentes.

**Género *Protocyon* Giebel, 1855**  
**Especie *Protocyon orcesi* Hoffstetter, 1952**

Es comparable por sus proporciones al género *Speothos* y se distingue claramente de *Canis* y de *Dusicyon* por tener una mandíbula más especializada, más corta y desprovista del último molar. Además, tiene patas cortas y robustas (Hoffstetter, 1952).

**Orden RODENTIA Bowdich, 1821**  
**Familia CRICETIDAE Fischer, 1817**  
**Género *Sigmodon* Say y Ord, 1825**  
**Especie *Sigmodon* sp**

Los *Sigmodon* eran roedores de la familia *Cricetidae* cuya principal característica es la forma sigmoidea de las coronas de sus dientes cuando están desgastados, de ahí su nombre. Los restos fósiles de estos mamíferos ayudan en la reconstrucción de paleoambientes, ya que a partir de sus diminutas extremidades, dientes y fragmentos craneales es posible conocer las especies indicadoras de diferentes tipos de hábitats (Román & Lara, 2011).

**Orden LAGOMORPHA Brandt, 1855**  
**Familia LEPORIDAE Fischer, 1817**  
**Género *Sylvilagus* Linnaeus, 1758**  
**Especie *Sylvilagus andinnus* Linnaeus, 1758**

Es conocido como el conejo andino o conejo de paramo, es de tamaño mediano con orejas cortas, presenta un proceso antero orbital muy pequeño, un tubérculo frontoparietal prominente y liso, una fosa zigomática vagamente perceptible, la sutura fronto nasal en forma de "v", un solo foramen premolar presente. El patrón de la corona del enamel del tercer premolar es muy compleja, con invaginaciones múltiples y profundas en la apariencia rostral del lóbulo anterior; el aspecto rostral de pm3 hipoflexido fuertemente paraflexo crenelado, con hipoflexo generalmente conspicuo en el segundo molar superior. (Vallejo, 2022)

#### 4.4.4. Sistemática de los icnofósiles observados en campo

**ICNOGÉNERO *Coprinisphaera* Sauer, 1955**

***Coprinisphaera murguiai* Roselli, 1939**

***Coprinisphaera kitu* Sanchez, 2013**

En la Formación Cangahua de la Quebrada Chalán se puede encontrar esferas construidas por un grupo de escarabajos llamados “peloteros”. Estas esferas estaban hechas de una combinación de estiércol y lodo, donde los escarabajos depositaban sus huevos a espera que sus larvas se volvieran adultos (Román & Lara, 2011). Los paleontólogos y Geólogos las conocen como “bolas de cangahua”.

Sánchez et al., en el 2013, reevaluó el trabajo de Sauer sobre la *Coprinisphaera* y sus paleoambientes. En este, se detalla la existencia de dos incoespecies válidas para la Formación Cangahua del Ecuador: *Coprinisphaera murguiai* (Roselli, 1939), que Sanchez consideró como un sinónimo subjetivo senior de *Coprinisphaera ecuadoriensis* (Sauer, 1955) y una icnoespecie nueva que nombro como *Coprinisphaera kitu*. La nueva incoespecie se caracteriza por tener cámaras esféricas aisladas, con una pared externa discreta y una estructura semiesférica, cóncava, incluida en la pared de un polo, y externamente rodeada de un borde (Sánchez et al., 2013). Mientras que la *Coprinisphaera murguiai* posee una pared externa gruesa perforada por un orificio y puede mostrar una segunda cámara, más pequeña, que puede estar rellena o vacía.

Se presume que ambas icnoespecies pertenecen a un único escarabajo productor conocido como *Phanaeus violetae*, pero representarían dos etapas diferentes, una cerrada que conserva la corona, y una emergida que por diferentes procesos perdieron esta característica. Además, Sánchez propone tres secciones dentro la Formación Cangahua correspondientes a tres etapas diferentes de sedimentación y pedogénesis. La más antigua incluye pocos especímenes de *Coprinisphaera* y estaría asociado a suelos desarrollados en bosques y pastizales arbolados. La segunda, casi sin *Coprinisphaeras* que reflejaría un ambiente inestable producto del intenso volcanismo de la época y finalmente una superior con abundantes *Coprinisphaeras* asociadas a un clima más seco, donde las plantas y los animales se hicieron cada vez más abundantes.

## **CAPITULO V: DISCUSIÓN**

La exploración y observación realizadas en campo permitieron obtener y ratificar información sobre la geología, estratigrafía, cartografía y paleontología de la zona de estudio, ubicada al sur del valle interandino, la cual en su mayoría corresponden a depósitos cuaternarios sobre un basamento metamórfico.

### **5.1. Evolución Morfoestratigráfica**

El basamento de la zona está constituido por rocas metamórficas pertenecientes a la Formación Guamote, la cual contiene intercalaciones de cuarcitas y pizarras de edad Jurásica-Cretácica (Aspden & Litherland, 1992). En la comunidad de Punín y al este de Tunshi, afloran estas rocas, con potencias variables (Buenaño, 2018), producto de la intrusión granodiorítica del Intrusivo de Pungalá (Runddle, 1988) de edad Eocénica (Vallejo et al., 2009). Este batolito se formó debido a la subducción dentro del continente, generando fallamientos, altas presiones y temperaturas idóneas para el ascenso de cuerpos intrusivos (Spikings et al., 2000).

En el Cerro de Licto, al noroeste, fue observado el batolito de Pungalá como una granodiorita fanerítica compuesta de cristales de plagioclasa, microclinas, anfíboles alterados a biotita secundaria y cuarzo intersticial, reafirmando así los trabajos de Buenaño (2018) y de Sosa y Guevara (1973). En el fondo de la Quebrada Chalán vuelve a aparecer este cuerpo intrusivo en el borde norte del río, evidenciando el límite de su influencia y explicando porqué un lado de la pared posee mayores espesores. Además, a lo largo de la misma, también se encontraron clastos de hasta un metro y medio de esta granodiorita con un alto grado de meteorización, lo que le ha dado una coloración rosácea, pudiendo ser erróneamente nombrada, como en el caso de Spillmann y Sauer, quienes infirieron que se trataba de una sienita intrusiva.

Durante el Cretácico-Jurásico Inferior tuvo lugar el evento tectónico Peltetec que originó una potente erosión asociada al levantamiento de la Cordillera Real, por acreción de terrenos (Litherland et al., 1994). Este evento generó contactos de inconformidades y discordancias angulares que afectaron al Intrusivo de Pungalá y a la Formación Guamote (Buenaño, 2018). Evidencia de esta intensa erosión es la presencia de líticos metamórficos dentro de la Formación Yaruquíes.

Continuando estratigráficamente, las Formaciones Yaruquíes y Sicalpa, se depositaron sobre dicha superficie erosiva, por encima de los metamórficos de Guamote. La

Formación Yaruquíes, por un lado, está compuesta por facies aluviales que van desde conglomerados, a areniscas y paleosuelos con arcillas. Aflora con más potencia al sur de la zona de estudio, donde nacen las Quebradas San Martín y Sulsul, mientras que su espesor va disminuyendo hacia el norte. La excepción a esto se encuentra en Quebrada Chalán, donde esta formación está muy expuesta, quizás asociada a la intrusión granodiorítica que afectó al Cerro de Licto. La Formación Sicalpa, por otro lado, aflora como tobas y lavas grisáceas, que aparentemente se encuentran diaclasadas y oxidadas. Ambas Formaciones tienen varias edades, según diferentes autores, como Lavenu et al., (1992), quienes le asignan una edad de  $3,59 \pm 0,28$  a  $2,65 \pm 0,21$  Ma (Plioceno) a la Formación Sicalpa, mientras que un trabajo reciente de Cobos et al., 2022, le otorgan una edad máxima de depositación a la Formación Yaruquíes de 24 Ma (Mioceno Inferior). Sin embargo, estas Formaciones se encuentran en la misma posición estratigráfica, observándose su transición cerca a la comunidad de Tunshi San Nicolás, por lo cual, interpretamos un cambio lateral de Unidades. Basándonos en lo antes mencionado, asumimos que cronológicamente ambas Formaciones pertenecerían al mismo período de depositación, posiblemente pliocénicas.

Mientras dichas Formaciones, ya mencionadas, se acumulaban en las zonas deprimidas y los valles al Este del Cerro de Licto, el Depósito Brechoide Chambo se depositaba a la par como brechas producto de eventos coluviales (Buenaño, 2018). En los trabajos de Spikings (2000 y 2001) se le asigna una edad Plio-pleistoceno para este depósito, período durante el cual se produjo la exhumación de la Cordillera Real bajo un contexto tectónico de subducción en un régimen compresivo. En este trabajo se asume que el material visto en los laterales del Río Chambo corresponde a este depósito, sin embargo, el difícil acceso y la falta de visibilidad, a causa de la vegetación, no permitió realizar un profundo estudio del mismo.

Al Sureste del Cerro de Licto se encuentra el volcán Tulabug a 3,320 m.s.n.m. Los productos de este antiguo cono eruptivo comprenden lavas andesito-basálticas con cristales muy desarrollados de olivinos, datadas en  $183 \pm 9$  Ka (Pleistoceno Medio) (Bablon et al., 2019) y piroclastos negros que abarcan tanto ceniza como lapilli. Las lavas se desplazaron preferentemente hacia el este cubriendo antiguas Formaciones (Formación Guamote) e interrumpiendo la depositación de la cangahua I en la zona; mientras que los piroclastos se depositaron hacia el oeste, por acción del viento, como capas periclinales dentro de la cangahua más antigua. A las faldas del Tulabug fueron visibles estos productos volcánicos de manera conjunta (Fig. 28) por lo que interpretamos que ambos son resultado de un mismo proceso eruptivo.



Los tamaños de los piroclastos varían de lapilli a ceniza dependiendo de la distancia que existe entre el lugar en el que se dio la depositación con respecto al cono volcánico, por lo que en Quebrada Chalán este material es mucho más grueso (lapilli) a diferencia del material recolectado en las quebradas más alejadas (ceniza).

La principal Formación anañizada en este estudio corresponde a las cangahuas. Estas consisten en una secuencia volcanoclástica de tobas, pómez y cenizas blanquecinas que recubren la zona de estudio con espesores variables de hasta 8 metros. Su origen se asocia a volcanes de carácter dacítico-riolítico, debido a su alto porcentaje de vidrio y gran contenido de sílice, siendo su principal fuente las calderas de los volcanes Chalupas, Chacana, Pichincha, Quilotoa, Iliniza, Carihuairazo, entre otros (Hall & Beate, 1991). Además, su depositación está asociada a facies de climas fríos durante períodos interglaciares entre 120.000 y 10.000 años AP (Vera & López, 1986).

Se ha diferenciado tres unidades de cangahua en el área de estudio tomando en cuenta su disposición morfológica en campo, su estratigrafía, litología, contenido fósil, sedimentología y color. La cangahua más antigua (Cangahua I) aflora en casi toda el área de estudio, por encima de las Formaciones del Plioceno y del basamento (Fig. 55); tiene un color característico caqui grisáceo, un tamaño de grano de arena fina a gruesa, líticos volcánicos y metamórficos en su composición y está acompañada casi siempre de la capa guía de piroclastos del Tulabug; normalmente se encuentra predispuesta de forma periclinal y presenta paleosuelos evidenciados por la precipitación de carbonatos alrededor de antiguas raíces (rizoconcreciones), además de otras estructuras. Otra característica fundamental de esta unidad es la presencia de huesos fósiles de vertebrados bien conservados, como la cabeza completa de un mastodonte (Fig. 60), que fue descubierta por los pobladores de la zona al buscar piedra caliza para construir una iglesia en el año de 1894 en Quebrada Chalán (Spillmann, 1931). De igual manera, durante la elaboración de este trabajo se registraron varios huesos fósiles de vertebrados en perfecto estado, en la misma Quebrada, confirmando que este material no ha sufrido un retrabajamiento brusco y que solo ha sido afectado por factores externos, como deslizamientos y caída de rocas (procesos aluviales).

La Cangahua II aflora a lo largo de las Quebradas Sulsul y Colorada (Fig. 55), presenta una coloración rojiza y contiene material típico de una toba volcánica, líticos metamórficos y gran cantidad de arcillas en su composición, por lo cual asumimos que su origen es producto del retrabajamiento de una cangahua más antigua (Cangahua I) y de material arcilloso y arenoso con fuerte oxidación proveniente de la Formación

Yaruquíes. Se dispone estratigráficamente de forma subhorizontal y a veces con contactos poco definidos; presenta estratificación paralela discontinua por lo que podría estar asociada a un ambiente aluvial, que se formó durante un período interglaciar, caracterizado por fuertes lluvias que arrastró el material depositándolo finalmente en el fondo oeste del valle. Esta cangahua también presenta paleosuelos, restos fósiles de mega mamíferos y bolas de cangahua que podrían o no estar in situ.

La cangahua III recubre toda la zona de estudio (Fig. 55) y se diferencia por tener un color beige amarillento, un tamaño de grano de arena fina y tener líticos solamente volcánicos. Se dispone periclinalmente a lo largo de toda la zona de estudio y su transición de la cangahua más antigua está marcada por la presencia de paleosuelos bien desarrollados con estructuras prismáticas verticales. Dentro de esta unidad también hay abundante precipitación de carbonatos, a veces de gran espesor (hasta 1-1,5 m) y bolas de cangahua, que a diferencia de las demás se encuentran en su mayoría in situ. Su importancia paleontológica radica en el descubrimiento de fósiles de micromamíferos, ya que estos pueden ayudar en la asignación de un paleoambiente para la zona de estudio.

A pesar de que esta zona ha sido anteriormente estudiada, en este trabajo de investigación hemos descrito tres posibles unidades de cangahua, con tres cronologías diferentes, que pueden corresponder a momentos no contemporáneos, sin embargo, estos datos no son del todo claros, por lo tanto, para poder asignar edades de depositación y paleoambientes se tomó en cuenta el conocimiento sobre los ciclos climáticos globales del Pleistoceno, dataciones por  $^{14}\text{C}$  de fósiles del Pleistoceno realizadas por otros autores en la zona de Punín, y la datación de la lava del Tulabug antes mencionada (Bablón et al., 2019).

### **5.3. Correlación entre los depósitos del Cuaternario y los fósiles registrados en Quebrada Chalán**

La depositación de la cangahua está fuertemente vinculada a los cambios climáticos del Pleistoceno y a la gran actividad volcánica del Cuaternario en el Ecuador; se piensa que su origen se remonta a partir de la segunda glaciación debido al fuerte aporte de material volcanosedimentario (Sauer, 1950). Por otro lado, el estudio de paleoclimas mediante los estadios isotópicos marinos o de oxígeno, reflejan estos mismos cambios de temperatura (períodos cálidos y fríos) durante el Pleistoceno de manera global (p.e.

Shackleton et al., 2003). Estos cambios climáticos se ven reflejados, por ejemplo, en la gráfica de Railsback et al., 2015 (Fig. 8).

En nuestra zona de estudio debido al poco espacio de acomodación, ya que, aun para la época no estaba totalmente desarrollada la cuenca de Riobamba, y a la evidencia geológica registrada en campo, asumimos que la depositación de la cangahua, se dio entre los períodos OIS 7 – OIS 1 (200-180 ka – 11,700 años AP) (Fig. 8), con espesores menores a los que presenta la cangahua en el norte del Ecuador. La cangahua I probablemente se depositó durante el tercer interglaciar (OIS 7) quizás hasta el OIS 6, además los picos que se observan en la gráfica de Shackleton, que representan fluctuaciones de semicálidos y semifríos, podrían estar relacionados a la evidencia de paleosuelos dentro de esta cangahua. Consecuentemente, la cangahua II, estaría representada por los períodos OIS 5 al OIS 4, con mayor humedad y donde la temperatura tuvo un fuerte descenso al comenzar el OIS 4. Finalmente, la última cangahua podría relacionarse a un período semi-interglaciar con variaciones de temperaturas que se refleja en los períodos entre OIS 4 al OIS 1, ya que, la presencia de un paleosuelo bien marcado y de espesor considerable podría estar fuertemente vinculado a esta transición, con condiciones climáticas menos drásticas y poca o menor acumulación de materiales volcánicos superficiales.

Esta correlación climatoestratigráfica para asignar posibles edades a cada Unidad de la Formación Cangahua, de ahora en adelante, será tratada de corroborar con el registro fósil.

Los fósiles son restos de organismos que se conservaron en rocas sedimentarias y cuyo estudio permite conocer la evolución de la vida en forma paralela con el desarrollo de las distintas unidades litológicas, sobre las cuales actuaron una variedad de factores climáticos y ambientales. Su estudio facilita la identificación de rocas de la misma edad ubicadas en regiones diferentes y lejanas.

Uno de los depósitos que facilitaron la conservación de restos fósiles, sobre todo en el valle interandino, es una toba volcánica de color kaki, esto debido a que su tasa de sedimentación fue relativamente rápida, estimada en 1 cm por cada 62.5 años para los períodos comprendidos entre 35,000 y 13,000 años AP (Clapperton, 1993).

Prates & Perez, en el 2021, estudiaron mediante radiocarbono fósiles del Pleistoceno en Sud América; señalaron que la vida de la megafauna prosperó hace 17,500 años atrás gracias a las condiciones climáticas favorables que tuvieron en aquel momento. El

crecimiento poblacional de estas especies fue rápido y constante hasta los 12,900 años, período a partir del cual su registro fósil aparentemente empieza a desaparecer. Finalmente exponen que la posible extinción de la megafauna se dio hace 10,9 ka AP.

En la misma línea, Coltorti y colaboradores, en 1998, estudiaron el último registro de la megafauna del Pleistoceno en los Andes ecuatorianos tomando como referencia las zonas de Bolívar, en la provincia del Carchi, y Punín, en Chimborazo. Como parte de los resultados se demostró que, al norte del Ecuador, dentro de la Formación Cangahua, existen tres niveles fosilíferos: un nivel inferior con abundantes restos de mastodontes y pocos ejemplares de milodontes, un nivel medio con gran presencia de milodontes y escasos cérvidos, y finalmente un nivel superior rico en micromamíferos; por lo tanto, concluyeron que para esta zona la megafauna experimentó “olas” de extinción, siendo los mastodontes los primeros en desaparecer hace aproximadamente  $16,670 \pm 80$  años AP, seguidos por los milodontes entre los  $14,450 \pm 70$  y  $12,350 \pm 70$  años AP. Por otro lado, en Quebrada Chalán, los estudios arrojaron que la megafauna se conserva en un solo nivel, casi a la base de los depósitos aluviales por encima de una capa de tefra, y con mayor presencia de équidos, cérvidos y camélidos. Gracias a la datación de misceláneas de huesos recolectados en Punín, se concluyó que, los megamamíferos tuvieron que desaparecer simultáneamente hace  $20,980 \pm 530$  años AP (Coltorti et al., 1998). Esta diferencia de edades en la última aparición de la megafauna, entre el norte y sur del país, puede explicarse por la cercanía de Punín al volcán Chimborazo, que constituía una de las zonas más gélidas y altas del Ecuador provocando el rápido descenso de las temperaturas (Coltorti et al., 1998).

Basándonos en la información antes mencionada y en lo registrado durante las campañas de campo, concluimos que al interior de la Cangahua III existe un solo nivel fosilífero caracterizado por escasez de megafauna y presencia de micromamíferos como roedores y conejos (Tabla 2). Moreno & Román, en el 2017, recolectaron de la capas superiores de la Formación Cangahua huesos fósiles de musaraña, que dataron en  $40,630 \pm 410$  años, edad que asumimos está relacionada al período de depositación de nuestra Unidad. Por otro lado, se observaron pocas bolas de cangahua con el mismo tamaño y forma que los niveles inferiores, por lo cual no se descarta la presencia de material fecal de milodontes y mastodontes en este período. Además, esta cangahua, presenta a su base un evidente paleosuelo que indicaría un fuerte período de interrupción en su depositación asociado a un interglaciar, mientras que su poco espesor encajaría con un período de débil vulcanismo. En base a esta evidencia interpretamos

que la Cangahua III es el depósito más joven, y debió tener su origen durante el periodo semi-interglaciario y ver su final antes del holoceno (OIS 3 al OIS 1).

Por otra parte, a la Cangahua I le asociamos otro nivel fosilífero, donde observamos únicamente huesos de la megafauna del Pleistoceno, y que se ubica unos cuantos metros por debajo de la base de esta Unidad, sobreyaciendo a capas de lapilli de color negro. Este nivel en ocasiones fue puesto en duda, debido al material caído y retrabajado dentro de Quebrada Chalán y a la existencia de bolas de cangahua in situ a diferentes alturas. La datación de Coltorti en  $20,980 \pm 530$  años a misceláneas de huesos y posteriormente de José Luis Román a una falange de caballo en 16,640 años (conv. pers.), ambas de Quebrada Chalán, nos impidieron asignar una edad de depositación para esta Cangahua, pues a pesar de tratarse de ejemplares de la megafauna del Pleistoceno, lo más probable es que pertenezcan al nivel estratigráfico superior, ya que, especies como el caballo si fueron registrados en las tres Unidades. No obstante, en este trabajo de investigación si observamos fragmentos de *Oreomyodon* únicamente en este nivel estratigráfico, pero a falta de dataciones continuamos sin poder asignarle una edad. El retrabajamiento de fósiles entre depósitos de Cangahuas, y la superposición de unidades con litologías y estructuras similares, dificulta la correcta asociación de edades de autores previos con las unidades morfoestratigráficas descritas en este trabajo, por lo que es necesario nuevas dataciones en la zona para concretar de mejor manera la cronología de las unidades de Cangahua. Al contrario, los piroclastos negros que anteriormente correlacionamos a la lava del Tulabug (datada en  $183 \pm 9$  Ka), como productos de un mismo evento eruptivo, podrían indicarnos una posible edad de inicio en la depositación de la Cangahua I de aproximadamente 185,000 años que encajaría con el período que le otorgó Sauer al origen de la cangahua (segunda gran glaciación), aunque, no podemos descartar una datación errónea, ya que, otros autores consideran que este volcán es mucho más joven, como Hall y Beate (1991), quienes le asignaron una actividad de entre 10,000 a 40,000 años. Lo que si podemos asegurar es que durante este período de tiempo hubo diversos cambios en las condiciones climáticas y ambientales, ya que se observó distintos niveles de paleosuelos, que proliferaron a causa de una interrupción en la depositación de este material volcanosedimentario y a climas más cálidos pero húmedos, mientras que las fases frías se evidenciaron por la presencia de nódulos de hierro (Ficcarelli, 1997).

Debido a la abrupta escasez de megafauna en la Unidad superior, nos resulta casi imperativo asumir que su posible desaparición, en nuestra zona de estudio, haya

iniciado durante el último máximo glacial (21,000 años), período considerado como el más gélido de la historia geológica reciente de la Tierra, y que continuó a causa del volcán Chimborazo, que probablemente actuó como una barrera geológica.

En cuanto a la Cangahua II, nos resultó difícil asignar niveles fosilíferos pues tanto las bolas de cangahua como los huesos se hallaban a diferentes alturas y disposiciones, así mismo, estos restos se encontraban fragmentados, incompletos y con sus aristas redondeadas y en el caso de los icnofósiles con el relleno sustituido por otro material, sin la cámara interna, ni la corona. A causa de estas características podemos asumir que en su mayoría son producto de material removido o algo retrabajado debido a la característica aluvial de esta Unidad. Sin embargo, dentro de esta toba volcánica retrabajada también se hallaron trazas de suelos antiguos, por tanto, podemos especular la presencia potencial de material fósil in situ. Siendo de esta manera, la presencia dentro de toda esta unidad de fósiles de megamamíferos y a las evidencias de encontrarnos frente a material aluvial, sugerimos que la base de esta cangahua II se originó posiblemente durante el OIS 5 hasta el OIS 4, edad que encaja con el posible aporte de material fósil de la Cangahua I y a una época de aumento de temperaturas con mayor humedad y escorrentia (interglaciar) que arrastraron y depositaron estos materiales en el fondo Oeste del valle. También sugerimos que su depositación pudo terminar durante el OIS 4 o quizás hasta el OIS 2 el último máximo glacial, donde el clima era más frío, pero seco.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- En la zona de estudio se identificó estratigráficamente de base a techo: un basamento metamórfico (Formación Guamote), que consiste en una secuencia de cuarcitas y pizarras de edad Jurásica-Cretácica; un batolito de granodiorita (Intrusivo de Pungalá) de edad Eocénica; una secuencia fluviosedimentaria de conglomerados, areniscas y arcillas pertenecientes a la Formación Yaruquíes depositadas contemporáneamente a tobas volcánicas de la Formación Sicalpa, ambas de edad Pliocénica; lavas andesito-basálticas del Volcán Tulabug del Cuaternario y finalmente tobas volcánicas retrabajadas conocidas en el Ecuador como cangahuas de edad Pleistocénica.
- La Formación Yaruquíes a su vez, se presenta dentro de Quebrada Chalán como un tipo de material muy fino y silicificado en partes a consecuencia de la interacción con agua y ha sido encontrada en los valles de la Quebrada Colorada y Quebrada Sulsul conformada por sedimentos mas gruesos de canales alternantes con paleosuelos arcillosos. Se han descrito por primera vez la presencia de troncos fósiles silificados en esta unidad. Otras unidades descritas en la zona por autores previos (Unidad Riobamba), no han sido identificadas en la zona durante el desarrollo de este trabajo.
- Morfológicamente la zona norte del Cerro de Licto se encuentra levantada debido a la intrusión del Intrusivo de Pungalá, mientras que hacia el sur las cotas son más bajas, evidenciando el límite de la intrusión, sobresaliendo solamente el volcán Tulabug.
- La variabilidad topográfica en la zona de estudio se debe a que está influenciada por el batolito de Pungalá y fallas inversas y fallas en dirección, que han expuesto varias de las Formaciones geológicas que se detallaron en este trabajo.
- La cangahua está compuesta por depósitos volcánicos retrabajados tanto por la actividad coluvial como eólica y aluvial, que fueron depositados en períodos glaciares e interglaciares del Pleistoceno.
- Se han descrito en la zona por primera vez tres unidades diferentes de Cangahua de acuerdo con la disposición morfoestratigráfica de los depósitos y sus características paleontológicas y petrológicas. Se evidencia en campo depósitos y restos fósiles retrabajados desde la unidad más antigua hacia las más recientes, lo que dificulta la interpretación de edades de cada unidad.

- La Unidad Cangahua I se caracteriza por tener mayores espesores relacionados a mayor cantidad de material y tiempo de depositación, además contiene un solo nivel fosilífero compuesto principalmente por restos de megamamíferos, y bolas de cangahua.
- La Unidad Cangahua II se caracteriza principalmente por poseer gran cantidad de óxidos en su composición, lo que resulta en su típico color rojizo. Por otro lado, el material paleontológico registrado en esta unidad, mismos que se encontraban distribuidos caóticamente, y su disposición en estratificación paralela discontinua nos indicarían un origen aluvial.
- La Unidad Cangahua III se caracteriza por contener restos de micromamíferos y tener paleosuelos bien definidos. Se compone de material más fino que recubre toda el área de estudio.
- Se concluye además que, mientras más cerca del origen de la Quebrada Chalán nos encontremos, el material sedimentario y fosilífero se encuentra in situ y mientras más alejados estemos, el material está más reabajado.
- Se puede hablar de un importante Yacimiento fosilífero dentro de la zona de estudio, este se ubica en la unión de las Quebradas Chalán y Colorada. Sin embargo, debido a la gran cantidad de restos fósiles incompletos, no se podría proporcionar una cantidad exacta de individuos de cada especie que habitaron en la zona de estudio.
- Los restos fósiles se encuentran dispersos caóticamente en bloques caídos dentro de Quebrada Chalán provocando su difícil interpretación al momento de definir posibles niveles fosilíferos, Además, las escasas dataciones realizadas en los huesos impiden que se pueda conocer la edad a la que estas especies se extinguieron. Sin embargo, considerando las edades de autores previos de materiales volcánicos y las características sedimentológicas de los depósitos es posible que la primera unidad de cangahua se acumulara entre el OIS 7 al OIS 6, la segunda unidad entre el OIS 5 al OIS 4 o bien el OIS 2, y la tercera y mas reciente, probablemente entre el OIS 4 y el OIS 1.

## 6.2. Recomendaciones

- Realizar más dataciones a los restos fósiles, tomando en cuenta la ubicación estratigráfica y localización exacta (UTM's) de los mismos, ya que, a falta de estos datos es difícil definir edades y niveles cronoestratigráficos.
- Se recomienda hacer un estudio del tipo de agua que recorre Quebrada Chalán y vertientes próximas, ya que, este líquido ha ocasionado alteraciones en



material por el cual transita, por una parte, con presencia de precipitación de sílice y de carbonatos.

- Se recomienda realizar un estudio específico de la Unidad Cangahua II, con dataciones tanto de fósiles como del material sedimentario, para poder determinar una edad de depositación.
- Se recomienda estudiar con mayor profundidad la paleontología y sedimentos asociados a las glaciaciones y deglaciaciones del Cuaternario en el Ecuador delimitando edades de ocurrencia para cada uno de los mismos. Siendo importante la implementación de métodos que se ajusten al tipo de topografía que existe en la Cordillera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuja, L., Almendáriz, A., Montalvo, L. D., Cáceres, F., & Román, J. L. (2012). *Fauna de vertebrados del Ecuador*. Instituto de Ciencias Biológicas.
- Albuja V., L., & Merizalde P., C. (2012). *Zoología: Vertebrados*. Escuela Politécnica Nacional - Instituto de Ciencias Biológicas.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5613>
- Alcaraz, S., Leyrit, H., Eissen, J., Beate, B., & Robin, C. (2002). L'avalanche de débris du Volcan Chimborazo, Equateur: Caractéristiques faciologiques et morphologiques. *Réunion Sci, Terre*, 48.
- Aspden, J. A., & Litherland, M. (1992). The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics*, 205(1), 187-204.  
[https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90426-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90426-7)
- Bablon, M., Quidelleur, X., Samaniego, P., Le Pennec, J.-L., Audin, L., Jomard, H., Baize, S., Liorzou, C., Hidalgo, S., & Alvarado, A. (2019). Interactions between volcanism and geodynamics in the southern termination of the Ecuadorian arc. *Tectonophysics*, 751, 54-72. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.010>
- Baize, S., Audin, L., Winter, T., Alvarado, A., Pilatasig Moreno, L., Taipei, M., Reyes, P., Kauffmann, P., & Yepes, H. (2015). Paleoseismology and tectonic geomorphology of the Pallatanga fault (Central Ecuador), a major structure of the South-American crust. *Geomorphology*, 237, 14-28.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.030>
- Baldock, J. W. (1982). *Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del mapa geológico de la República del Ecuador*. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.

- Barba, D. P. (2006). *Estudio vulcanológico del complejo volcánico Chimborazo-Ecuador* [QUITO/ EPN/ 2006]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/144>
- Beate, B., & Hall, M. (1989). *nforme final de Vulcanologia: Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo*. (pp. 1-79). INECCEL - Consultora San Francisco; Parte C.
- Benton, M. (1995). *PALEONTOLOGIA Y EVOLUCION DE LOS VERTEBRADOS*. <https://www.iberlibro.com/PALEONTOLOGIA-EVOLUCION-VERTEBRADOS-Benton-Michael-AUTOR-EDITOR/19183894464/bd>
- Bernard, B., Van Wyk de Vries, B., Barba, D., Leyrit, H., Robin, C., Alcaraz, S., & Samaniego, P. (2008). The Chimborazo sector collapse and debris avalanche: Deposit characteristics as evidence of emplacement mechanisms. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.03.012>
- Buenaño, P. A. (2018). *ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOFÍSICO APLICADO A LA PROSPECCIÓN HIDROGEOLÓGICA ENTRE LAS LOCALIDADES DE RIOBAMBA Y PUNGALÁ* [Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniería Geológica]. EPN.
- Bustillos, J. E. (2014). *Las avalanchas de escombros en el sector del volcán tungurahua* [Quito : EPN, 2007.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8682>
- Carrillo, D. (2007). *La Quebrada de Chalán*. *Arqueología Ecuatoriana*. <http://revistas.arqueo-ecuatoriana.ec/apachita/apachita-10/102-la-quebrada-de-chalan>
- Castellanos, A., Castellanos, F. X., Kays, R., & Brito, J. (2022). A pilot study on the home range and movement patterns of the Andean Fox *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) in Cotopaxi National Park, Ecuador. *Mammalia*, 86(1), 22-26. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2020-0195>

- Clapperton, C. M. (1993). *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier.
- Clapperton, C. M., & Vera, R. (1986). The Quaternary glacial sequence in Ecuador: A reinterpretation of the work of Walter Sauer. *Journal of Quaternary Science*, 1(1), 45-56. <https://doi.org/10.1002/jqs.3390010106>
- Cobos, N., Romero, C. W. R., Dvořáková, K., Oñate, L., Condoy, D., Carranco, F., Castillo, M., Freyle, H., & Gramal, A. B. (2022). *ANÁLISIS DE PROVENIENCIA DE LA UNIDAD YARUQUIES, RIOBAMBA-ECUADOR*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31501.00484>
- Coltorti, M., Ficarelli, G., Jahren, H., Espinosa, M. M., Rook, L., & Torre, D. (1998). The last occurrence of Pleistocene megafauna in the Ecuadorian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(6), 581-586. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(98\)00037-6](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(98)00037-6)
- Egüez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M., Costa, C., & Dart, R. L. (2003). *Database and Map of Quaternary Faults and Folds in Ecuador and its Offshore Region*.
- Fernández, S. R. (2000). *Temas de Tafonomía*. [https://www.researchgate.net/publication/233818573\\_Temas\\_de\\_Tafonomia](https://www.researchgate.net/publication/233818573_Temas_de_Tafonomia)
- Ferretti, M. P. (2010). Anatomy of *Haplomastodon chimborazi* (Mammalia, Proboscidea) from the late Pleistocene of Ecuador and its bearing on the phylogeny and systematics of South American gomphotheres. *Geodiversitas*, 32(4), 663-721. <https://doi.org/10.5252/g2010n4a3>
- Fiallos, K. S. (2020). *Caracterización Litológica-Estructural de las rocas Cretácico-Paleoceno expuestas en la zona de Punín: Implicaciones en la evolución de la Depresión Interandina*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22014>

- Ficcarelli, G., Azzaroli, A., Bertini, A., Coltorti, M., Mazza, P., Mezzabotta, C., Espinosa, M. M., Rook, L., & Torre, D. (1997). Hypothesis on the cause of extinction of the South American mastodonts. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(1), 29-38. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(97\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(97)00003-5)
- Hall, M. L., & Beate, B. (1991). *El volcanismo plio cuaternario en los Andes del Ecuador*.
- Hoffstetter, R. (1952). *Les mammifères pléistocènes de la république de l'Équateur*. Paris: Société géologique de France.
- Hoffstetter, R., Bristow, C. R., & International Union of Geological Sciences (Eds.). (1977). *Lexique Stratigraphique International: Amérique Latine fascicule 5a2 Ecuador = Equateur (incl. Galapagos)*. Centre National de la Recherche Scientifique.
- Lara, J. S. (1961). *La antigüedad del hombre en el Ecuador según los datos de la geología del cuaternario*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17998>
- Lavenu, A., Noblet, C., Bonhomme, M. G., Egüez, A., Dugas, F., & Vivier, G. (1992). New K/Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism, and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences*, 5(3), 309-320. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(92\)90028-W](https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90028-W)
- Lira, I., Mudespacher, C., & García, B. (1994). *Theria diccionario de mamíferos*. <https://biblioteca.uaaan.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=35682>
- Litherland, M. (1987). *First annual report (March 1986 – March 1987) of the Cordillera Real Geological Research Project*. (p. 245). British Geological Survey; Open-File.
- Litherland, M., Aspen, J. A., & Jemielita, R. A. (1994). *The Metamorphic Belts of Ecuador*. British Geological Survey.

- Lo Coco, G. E., Agnolín, F. L., & Román Carrión, J. L. (2020). Late Pleistocene owls (Aves, Strigiformes) from Ecuador, with the description of a new species. *Journal of Ornithology*, 161(3), 713-721. <https://doi.org/10.1007/s10336-020-01756-x>
- Mancheno G., E. (1950). *Estudio geológico del Chalán*. EPN.
- Mendez, P., Curti, M., Montuto, K., & Benedetti, A. (2006). *LAS AVES RAPACES GUÍA DIDÁCTICA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL*. [https://www.researchgate.net/publication/238744931\\_LAS\\_AVES\\_RAPACES\\_GUIA\\_DIDACTICA\\_DE\\_EDUCACION\\_AMBIENTAL](https://www.researchgate.net/publication/238744931_LAS_AVES_RAPACES_GUIA_DIDACTICA_DE_EDUCACION_AMBIENTAL)
- Michaud, F., Witt, C., & Royer, J.-Y. (2009). Influence of the subduction of the Carnegie volcanic ridge on Ecuadorian geology: Reality and fiction. *Geological Society of America Memoirs*, 204, 217-228. [https://doi.org/10.1130/2009.1204\(10\)](https://doi.org/10.1130/2009.1204(10))
- Montellano, M., & Román, J. L. (2011). Redescubrimiento de material tipo depositado en la colección del Museo de Historia Natural “Gustavo Orcés V.” del Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 379-392. <https://doi.org/10.18268/BSGM2011v63n3a1>
- Moreno, P., & Román, J. L. (2017). Musarañas del género *Cryptotis* (Eulipotyphla: Soricidae) en el Pleistoceno Tardío de los Andes Ecuatorianos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 69(2), 421-432. <https://doi.org/10.18268/BSGM2017v69n2a7>
- Moreno, P., Vallejo, A., & Boada, C. (2021). *Cryptotis equatoris*. *Mamíferos del Ecuador. Version 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. PUCE. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Cryptotis%20equatoris>

- Muñoz, C. B. (2011). *Proceso de conservación, limpieza y consolidación de los restos fósiles del mastodonte del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales*.  
<http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4550>
- Naranjo, L. F. (2013). *Caracterización hidrogeológica de la Subcuenca del río Chambo* [Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniería Geológica, EPN].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1369>
- Nocquet, J.-M., Villegas-Lanza, J. C., Chlieh, M., Mothes, P. A., Rolandone, F., Jarrin, P., Cisneros, D., Alvarado, A., Audin, L., Bondoux, F., Martin, X., Font, Y., Régnier, M., Vallée, M., Tran, T., Beauval, C., Maguiña Mendoza, J. M., Martinez, W., Tavera, H., & Yepes, H. (2014). Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes. *Nature Geoscience*, 7(4), Art. 4.  
<https://doi.org/10.1038/ngeo2099>
- Olmedo, I. (2019). *Athene cunicularia*. *Aves del Ecuador*. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/FichaEspecie/Athene%20cunicularia>
- Ordoñez, M., Jiménez, N., & Suárez, J. (2006). *Micropaleontología ecuatoriana: Datos bioestratigráficos y paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí. Progreso. Manabí, Esmeraldas y Oriente; del levantamiento de la Península de Santa Elena, y de las cordilleras colonche, costera y occidental*. Petroproducción.
- Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V. M., Legrand, M., Lipenkov, V. Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., & Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399(6735), Art. 6735.  
<https://doi.org/10.1038/20859>

- Prates, L., & Perez, S. I. (2021). Late Pleistocene South American megafaunal extinctions associated with rise of Fishtail points and human population. *Nature Communications*, 12(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22506-4>
- Procel, S. (2018). *Ferramentas de gestão dos recursos hídricos: Estudo de caso na bacia do baixo Rio Chambo (Ecuador)* [Text, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.44.2018.tde-06122018-153742>
- Railsback, L. B., Gibbard, P. L., Head, M. J., Voarintsoa, N. R. G., & Toucanne, S. (2015). An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews*, 111, 94-106. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.012>
- Reinoso, G. (1974). *Punín y Chalán*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18062>
- Román, J. L., & Lara, P. (2011). La Fauna Fósil de Quebrada Chalán. En *Ecuador Fósil, fascículo N.-1*.
- Roselli, F. L. (1939). *Apuntes de Geología y Paleontología uruguayas y sobre insectos del Cretáceo del Uruguay o descubrimientos de admirables instintos constructivos de esa época*. El Siglo Ilustrado.
- Runddle, C. C. (1988). *Third annual report (April 1988 – March 1989) of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador. Potassium-Argon ages for minerals from the Cordillera Real Ecuador*. (p. 346).
- Salguero, D. A. (2017). *Levantamiento geológico-estructural de la zona comprendida por la Hoja Topográfica de Guano Escala 1:50000, Provincia de Chimborazo*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19014>
- Samaniego, P., Barba, D., Robin, C., Fornari, M., & Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound



- volcano in the Northern Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 221-222, 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.01.014>
- Sánchez, M. V., Genise, J. F., Bellosi, E. S., Román-Carrión, J. L., & Cantil, L. F. (2013). Dung beetle brood balls from Pleistocene highland palaeosols of Andean Ecuador: A reassessment of Sauer's *Coprinisphaera* and their palaeoenvironments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 257-274. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.05.028>
- Sauer, W. (1950). *Contribuciones para el conocimiento del cuaternario en el Ecuador: Vol. LXXI*. Anales de la Universidad Central.
- Sauer, W. (1955). *Coprinisphaera Ecuadoriensis, un fósil singular del Pleistoceno*. Boletín del Instituto de Ciencias Naturales del Ecuador 1.
- Shackleton, N. J., Sánchez-Goñi, M. F., Pailler, D., & Lancelot, Y. (2003). Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial. *Global and Planetary Change*, 36(3), 151-155. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(02\)00181-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00181-9)
- Silva, P. G., Bardaji, T., Roquero, E., Baena-Preysler, J., Cearreta, A., Rodríguez, M. Á., Rosas, A., Zazo, C., & Goy, J. L. G. (2017). El Periodo Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario*, 31(3-4), 113-154.
- Sosa, H., & Guevara, P. (1973). *Hoja Geológica de Riobamba* [Map]. Dirección General de Geología y Minas.
- Spikings, R. A., Seward, D., Winkler, W., & Ruiz, G. M. (2000). Low-temperature thermochronology of the northern Cordillera Real, Ecuador: Tectonic insights from zircon and apatite fission track analysis. *Tectonics*, 19(4), 649-668. <https://doi.org/10.1029/2000TC900010>

- Spikings, R. A., Winkler, W., Seward, D., & Handler, R. (2001). Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 186(1), 57-73. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00225-4](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00225-4)
- Spillmann, F. (1931). *Die Säugetiere Ecuadors im Wandel der Zeit*. Universidad Central.
- Usca, V. (2013). *Elaboración de un Plan de Desarrollo Turístico para el Aprovechamiento del Patrimonio Cultural de la comunidad San José de Chalán Grande, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2769>
- Vallejo, A. (2022). *Sylvilagus andinus*. *Mamíferos del Ecuador. Version 2018.0*. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Sylvilagus%20andinus>
- Vallejo, C., Winkler, W., Spikings, R., & Luzieux, L. (2009). *Evolución geodinámica de la cordillera occidental (cretácico tardío-paleógeno)*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5633>
- Vera, R., & López, R. (1986). *El Origen de la Cangahua*. Escuela Politécnica Nacional.
- Villagómez, D. (2003). *Evolución Geológica Plio-cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (zona de Quito-Guayllabamba-San Antonio de Pichincha)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18366.43843>
- Winkler, W., Spikings, R., Villagomez, D., Eguez, A., & Tobler, S. (2002). *The chota basin and its significance for the formation of the inter-andean valley in Ecuador*. 705-708. Fifth International Symposium on Andean Geodynamics.

Winkler, W., Villagómez Díaz, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, S., & Egüez, A. (2005). The Chota Basin and its significance for the inception and tectonic setting of the Inter-Andean Depression in Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 19, 5-19. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2004.06.006>

## **ANEXOS**

**ANEXO I. TABLAS DE AFLORAMIENTOS Y MUESTRAS**

## AFLORAMIENTOS

1	X	Y	Altura (m)	Ubicación	OBSERVACIONES
2	762018,6	9802432	2852	Quebrada Sulsul	Primera aparición de la C2 dentro de la Quebrada Cotohuaycu, con una potencia aprox. de 3 m.
3	762224,7	9802505,6	2840	Quebrada Sulsul	Afloramiento donde se puede observar el modo de depositación de las unidades de cangahua y el tope de la Formación Yaruquies (arcillas rojas)
4	761939	9802786,3	2831	Quebrada Sulsul	Afloramiento en el cual se observa todos los elementos del cuaternario (cangahuas y tefra)
5	761498,3	9803302,8	2810	Quebrada Sulsul	Terraza actual dentro de Quebrada Sulsul
6	761304,2	9802540,5	2881	Quebrada Cotohuaycu	Aflora un pequeño depósito de la Yaruquies
7	761292	9804446	2886	Quebrada Cotohuaycu	En este punto solo se logra observar los sedimentos de las Cangahua 1 y 3
8	761363,9	9803103	2821	Quebrada Cotohuaycu	Primera aparición de la C2 dentro de la Quebrada Cotohuaycu, con una potencia aprox. de 3 m.
9	761441,7	9803678,2	2793	Quebrada Colorada	Canal de Yaruquies con conglomerados
10	761748,2	9804188,3	2768	Quebrada Colorada	Parte baja de quebrada Chalán, casi confluencia con Colorada. Se encontraron restos fósiles y tronco silicificado
11	781843,6	98055496	2726	Quebrada Colorada	Unión de los riachuelos proveniente de Colorada y Punín, diferente coloración del agua
12	763276,9	9803446,2	2965	Quebrada Chalán	Huellas, Yaruquies silicificado

<b>13</b>	763705,2	9805797,2	2822	Cerro de Licto	Contacto entre la Cangahua 1 y la 2, con paleosuelos.
<b>14</b>	764444,5	9805743,9	2814	Cerro de Licto	Primer punto donde se puede observar la granodiorita
<b>15</b>	765382,7	9805279	2820	Cerro de Licto	Segundo punto donde se observa la granodiorita
<b>16</b>	765266,9	9805214,5	2824	Cerro de Licto	Zona este del Cerro de Licto, donde se aprecian las cangahuas C1 y C3 con paleosuelos entre ellos, los cuales marcan el inicio y el fin de una época de deposición.
<b>17</b>	766921,3	9804632,6	2805	Terraza Rio Chambo	Lava en el Rio Chambo
<b>18</b>	761499	9803306	2804	Quebrada Sulsul	Cangahua roja y una terraza actual con gran cantidad de conglomerados
<b>19</b>	760667	9803920	2833	Carretera vía Riobamba Macas	Depósito de rocas metamórficas pertenecientes a la Formación Guamote
<b>20</b>	762477,7	9803509,9	2888	Quebrada Chalán	Afloramiento con evidencia de granodiorita meteroizada perteneciente al Intrusivo de Pungalá

## MUESTRAS

N ° Parada	X (UTM)	Y (UTM)	h (m)	Código de Muestras	Referencia	Observación
1	766264	9802351	2931	QC-01	SE del Volcán Tulabug	Lava de volcán Tulabug
2	761369	9803509	2838	QC-02, QC-03	Quebrada Colorada	Cangahua roja / Tefra negra
3	761369	9803509	2797	QC-04	Quebrada Colorada	Cangahua roja
4	761431	9803716	2779	QC-05	Quebrada Colorada	Material areno-arcilloso de color rojo-violáceo
5	761493	9803862	2775	QC-06, QC-07	Quebrada Colorada	Tefra / Cangahua
6	761706	9804070	2750	QC-08, QC-09	Confluencia Quebradas Chalán Y Colorada	Huesos fósiles
7	761833	9804051	2812	QC-10	Vía a Tunshi San Nicolas	Arenisca limosa violáceo
8	763256	9803443	2955	QC-12	Quebrada Chalán	Limolita silicificada
9	762800	9803481	2924	QC-13	Quebrada Chalán	Cangahua
10	761687	9803125	2804	QC-14	Quebrada Sulsul	Bolas de cangahua en material desprendido y hueso in situ
11	762226	9802512	2840	QC-15	Quebrada Sulsul	Arenisca violácea



<b>12</b>	763677	9805783	2824	QC-16	N del Cerro de Licto	Bola de cangahua
<b>13</b>	763983	9805828	2807	QC-17	N del Cerro de Licto	Tobas grises meteorizadas
<b>14</b>	764442	9805743	2831	QC-18	N del Cerro de Licto	Granodiorita
<b>15</b>	765014	9806033	2831	QC-18	N del Cerro de Licto	Granodiorita
<b>16</b>	765178	9805123	2821	QC-19	NE del Cerro de Licto	Cangahua con paleosuelos
<b>17</b>	763375	9803491	2980	QC-20	Quebrada Chalán	Arenisca violácea
<b>18</b>	763450	9803506	3000	QC-21, QC-22, QC-23	Quebrada Chalán	Cangahua / Lapilli / Cangahua
<b>19</b>	763534	9803600	3010	QC-24	Quebrada Chalán	Cangahua
<b>20</b>	763779	9803656	2970	QC-25	Quebrada Chalán	Miscelanea de huesos
<b>21</b>	763708	9803656	3033	QC-26	Quebrada Chalán	Hueso fósil
<b>22</b>	762205	9802441	2848	QC-27	Quebrada Sulsul p22	Huesos fósiles
<b>23</b>	762800	9803481	2924	QC-28	Quebrada Chalán	Huesos fósiles

---

<b>24</b>	763400	9803505	3000	QC-29	Quebrada Chalán	Hueso fósil
<b>25</b>	761241	9805839	2797	QC-30	Vía Macas - Riobamba	Pizarras y Cuarcitas
<b>26</b>	763450	9803506	3010	QC-31	Quebrada Chalán	Pómez
<b>27</b>	762477	9803509	2888	QC-32	Quebrada Chalán	Granodiorita meteorizada

---

**ANEXO II. TABLA DE LA FAUNA FÓSIL DE CHIMBORAZO**

**Clase: Mammalia**

**Orden Artiodactyla**

<b>&lt;</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>UTM</b>	<b>Altitud</b>	<b>Cantón</b>	<b>Nivel Geológico</b>	<b>Localidad</b>	<b>Colector</b>
<b>v-5805</b>	Camelidae (Camelinae)	Palaeolama	<i>Palaeolama weddelli</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-5838</b>	Camelidae (Camelinae)	Palaeolama	<i>Palaeolama weddelli</i>	761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	José Luis Román Carrión - Alejandro Mesías
<b>v-5869</b>	Cervidae	Odocoileus	<i>Odocoileus peruvianus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román Carrión
<b>v-629</b>	Cervidae	Odocoileus	<i>Odocoileus sp.</i>	761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	<i>Robert Hoffstetter</i>
<b>v-5907</b>	Cervidae	Agalmaceros	<i>Agalmaceros blicki</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román Carrión - Alejandro Mesías
<b>v-630</b>	Cervidae	Agalmaceros	<i>Agalmaceros blicki</i>	761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	<i>Robert Hoffstetter</i>
<b>v-6059</b>	Palaeolama	Palaeolama	<i>Palaeolama weddelli</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román / Alejandro Mesías
<b>v-557</b>	Camelidae (Camelinae)	Palaeolama	<i>Palaeolama weddelli</i>	761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	<i>Robert Hoffstetter &amp; C. Carrillo</i>
<b>v-562</b>	Camelidae (Camelinae)	Palaeolama	<i>Palaeolama weddelli</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	<i>Robert Hoffstetter</i>

---

**Orden: Carnívora**

---

<b>v-1208</b>	Felidae	Panthera (jaguarius)	<i>Panthera</i> <i>onca</i>	760778,6986 / 9804749,4819	285 0	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Franz Spillmann
<b>v-1506</b>	Felidae	Panthera (Jaguarius)	<i>Panthera</i> <i>onca</i>	761444,6314 / 9803199,8945	279 0	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	Claudio Reyes
<b>v-1440</b>	Felidae	Felis (Puma)	<i>Felis</i> sp.	760778,6986 / 9804749,4819	285 0	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Franz Spillmann, J.Blick, y C. Falkenback
<b>v-1507</b>	Felidae (Machairodontina e)	Smilodon	<i>Smilodon</i> sp.	760778,6986 / 9804749,4819	285 0	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Claudio Reyes
<b>v-1895</b>	Felidae (Machairodontina e)	Smilodon	<i>Smilodon</i> sp.	761444,6314 / 9803199,8945	279 0	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	Claudio Reyes
<b>v-2893</b>	Canidae (Caninae)	Dusicyon (Dusicyon)	<i>Lycalopex</i> <i>culpaeus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	295 0	Riobamba	Pleistoceno	Quebrada Colorada	Lewis
<b>v-2897</b>	Canidae (Caninae)	Dusicyon (Dusicyon)	<i>Lycalopex</i> <i>culpaeus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	285 0	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Claudio Reyes
<b>v-4215</b>	Canidae	Protocyon	<i>Protocyon</i> <i>orcesi</i>	760778,6986 / 9804749,4819	285 0	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Claudio Reyes

---

<b>v-4221</b>	Canidae	Protocyon	<i>Protocyon orcesi</i>	761444,6314 / 9803199,8945	279 / 0	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	Claudio Reyes
<b>v-6056</b>	Canidae	Lycalopex	<i>Lycalopex culpaeus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	295 / 0	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Punín	José Luis Román / Alejandro Mesías

---

**Orden: Eulipotyphla**

<b>v-6299</b>	Soricidae	Cryptotis	<i>Cryptotis niausa</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6300</b>	Soricidae	Cryptotis	<i>Cryptotis niausa</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías

---

**Orden: Lagomorpha**

<b>v-6336</b>	Leporidae			760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
---------------	-----------	--	--	----------------------------	------	------------------	-------------------------------------	------------------------	--

---

**Orden: Perisodacryla**

---

<b>v-4576</b>	Equidae (Equinae)	Equus (Amerhippus)		761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	Claudio Reyes
<b>v-74</b>	Equidae (Equinae)	Equus (Amerhippus)	<i>Equus</i> <i>andium</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Franz Spillmann
<b>v-75</b>	Equidae (Equinae)	Equus (Amerhippus)	<i>Equus</i> <i>andium</i>	761444,6314 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Colorada	Robert Hoffstetter & C. Carrillo
<b>v-448</b>	Equidae (Equinae)	Equus (Mula???)	<i>Equus</i> sp.	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Franz Spillmann
<b>v-449</b>	Equidae (Equinae)	Equus (Mula???)	<i>Equus</i> sp.	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	Franz Spillmann
<b>v-5545</b>	Equidae	Equus (Amerhippus)	<i>Equus</i> <i>(Amerhippus)</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román & Alejandro Mesías
<b>v-5546</b>	Equidae	Equus (Amerhippus)	<i>Equus</i> <i>(Amerhippus)</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	Quebrada Chalán	José Luis Román & Alejandro Mesías

---

---

**Orden: Proboscidea (Elephantoidea)**

<b>v-5826</b>	Gomphotheriidae	Stegomastodon	<i>Notiomastodon</i>	761444,6314 /	279	Riobamba /	Pleistoceno Superior /	<i>Quebrada</i>	José Luis Román -
			<i>platensis</i>	9803199,8945	0	Punín	Fm. Cangagua	<i>Colorada</i>	Alejandro Mesías
<b>v-164</b>	Gomphotheriidae	Stegomastodon	<i>Notiomastodon</i>	761444,6314 /	279	Riobamba /	Pleistoceno Superior /	<i>Quebrada</i>	<i>C. Carrillo-R. Hoffstetter</i>
	(Anancinae)	(Haplomastodon)	<i>platensis</i>	9803199,8945	0	Punín	Fm. Cangagua	<i>Colorada</i>	
<b>v-1246</b>	Gomphotheriidae	Stegomastodon	<i>Notiomastodon</i>	760778,6986 /	285	Riobamba \	Pleistoceno Superior /	<i>Quebrada</i>	<i>Claudio Reyes</i>
	(Anancinae)	(Haplomastodon)	<i>platensis</i>	9804749,4819	0	Licto	Fm. Cangagua	<i>Chalán</i>	
<b>v-1248</b>	Gomphotheriidae	Cuvieronius	<i>Cuvieronius</i>	761444,6314 /	279	Riobamba,	Pleistoceno	<i>Quebrada</i>	<i>entregado a Claudio</i>
	(Anancinae)		<i>hyodon</i>	9803199,8945	0	Punín		<i>Colorada</i>	<i>Reyes</i>

---

**Orden: Rodentia**

<b>v-4866</b>		Palaeotapeti	<i>Palaeotapeti</i>	760778,6986 /	2850	Riobamba /	Pleistoceno	<i>Quebrada</i>	<i>Franz Spillmann</i>
			<i>jordani</i>	9804749,4819		Licto	Superior / Fm.	<i>Chalán</i>	
							Cangagua		
<b>v-5409</b>	Cricetidae	Sigmodon		760778,6986 /	2850	Riobamba /	Pleistoceno	<i>Quebrada</i>	José Luis Román &
				9804749,4819		Licto	Superior / Fm.	<i>Chalán</i>	Alejandro Mesías
							Cangagua		
<b>v-6230</b>	Cricetidae	Sigmodon	<i>Sigmodon (cf. inopiriatus)</i>	760778,6986 /	2850	Riobamba /	Pleistoceno	<i>Quebrada</i>	José Luis Román
				9804749,4819		Licto	Superior / Fm.	<i>Chalán</i>	Carrión / Alejandro
							Cangagua		Mesías
<b>v-5411</b>		Phyllotis		760778,6986 /	2850	Riobamba /	Pleistoceno	<i>Quebrada</i>	? Claudio Reyes
				9804749,4819		Licto	Superior / Fm.	<i>Chalán</i>	
							Cangagua		

---



<b>v-6135</b>	Cricetidae	Phyllotis	<i>Phyllotis</i> sp	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	Claudio Reyes
<b>v-5435</b>		Copemyodon		760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	Claudio Reyes
<b>v-6227</b>	Cricetidae	Akodon	<i>Akodon</i> ( <i>cf. mollis</i> )	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6223</b>	Cricetidae	Akodon	<i>Akodon mollis</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6234</b>	Cricetidae	Thomasomys	<i>Thomasomys</i> ( <i>cf. aureus</i> )	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6231</b>	Cricetidae	Thomasomys		760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6288</b>	Cricetidae	Microryzomys	<i>Microryzomys</i> <i>altissimus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
<b>v-6289</b>	Cricetidae	Microryzomys	<i>Microryzomys</i> <i>altissimus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada</i> <i>Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías

---

**Orden: Xenarthra**

---

<b>v-6350</b>	Mylodontidae (Glosstheriinae)	Oreomylodon	<i>Oreomylodon wegneri</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	José Luis Román Carrión / Alejandro Mesías
v-144	Mylodontidae (Glossotheriinae)	Oreomylodon	<i>Oreomylodon wegneri</i>	761444,631381 / 9803199,8945	2790	Riobamba / Punín	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Colorada</i>	<i>Claudio Reyes</i>
<b>v-108</b>	Mylodontidae (Glossotheriinae)	Oreomylodon	<i>Oreomylodon wegneri</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	<i>Franz Spillmann</i>
<b>v-4262</b>	Dasypodidae	Propaopus	<i>Propaopus sp.</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	<i>Claudio Reyes</i>
<b>v-1221</b>	Dasypodidae	Propaopus	<i>Propaopus magnus</i>	760778,6986 / 9804749,4819	2850	Riobamba / Licto	Pleistoceno Superior / Fm. Cangagua	<i>Quebrada Chalán</i>	<i>Theodoro Wolf</i>

---

### **ANEXO III. FICHAS PETROGRÁFICAS**

FICHA DE ROCAS ÍGNEAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	1
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-01
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características de los componentes	
Acceso al Lugar: Oeste del cono del Tulabug		Color	Gris oscuro
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Textura	Porfírica
		Estructura	Masiva
X		Tamaño del grano	<0,5mm
Y		Forma de los granos	Subdrales
Z (ALTURA m s.n.m.)		% Fenocristales	70%
2931		% matriz (Vítrea)	30%
		Contenido de Minerales	
		Minerales Principales	Plagioclasas, Olivinos y piroxenos
		Minerales Secundarios	
Observaciones: Lava del Tulabug		Minerales Accesorios	Óxidos
		Grado de meteorización	Nulo
		Tipo de alteración	Ninguna
Análisis de Laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b><i>Lava Basalto-andesítica</i></b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	2
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-02
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
Acceso al Lugar: Quebrada Colorada		Color	Rojiza
		Textura	Clastica
		Estructura	Inequigranular
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Arena gruesa a muy gruesa
X	761369	Forma de los líticos	Redondeado a subredondeado
Y	9803509	Matriz / Cemento	Tobácea/Carbonatado
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2838	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	60% /20% /20%
		Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	Volcánicos y metamórficos
		Minerales	Plagioclasa y piroxenos
Observaciones: Estratificación paralela discontinua. Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación-Hidrotermal
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	3
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-03
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Gris rojizo
Acceso al Lugar: Quebrada Colorada		Textura	Cristalina
		Estructura	No consolidada
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Lapilli-Ceniza
		Forma de los líticos	Redondeado a subredondeado
X	761369	Matriz / Cemento	ND
Y	9803509	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	ND
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2838	Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	ND
		Minerales	ND
Observaciones: Piroclastos del Tulabug		Fosiles	No
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	ND
		Tipo de alteración	ND
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Tefra</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	4
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-04
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Rojiza
Acceso al Lugar: Quebrada Colorada		Textura	Inequigranular
		Estructura	Porosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena gruesa a muy gruesa
		Forma de los líticos	Redondeado a subredondeado
X	761369	Matriz / Cemento	Tobácea/Carbonatado
Y	9803509	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	60% /20% /20%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2797	Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	Volcánicos y metamórficos
		Minerales	Plagioclasa y piroxenos
Observaciones: Estratificación paralela discontinua. Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación-Hidrotermal
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS SEDIMENTARIAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	5
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-05
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Rojo-violáceo
Acceso al Lugar: Quebrada Colorada		Textura	Psamítica
		Estructura	Masiva
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena muy gruesa
		Forma de los liticos	Subredondeados
X	761431	Matriz / Cemento	Arcillosa/ Carbonatado
Y	9803716	% Cristales / % Liticos / %Matriz	25%/15%/40%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2779	Rocas/Minerales/liticos	
		Tipos de liticos	Volcánicos, sedimentarios y metamorficos
		Minerales	Cuarzo, plagioclasa
Observaciones: Formación Yaruquíes		Fosiles	Si
		Sorteo	Bueno
		Grado de meteorización	Medio
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Litoarenita</b>





FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	6
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-06
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
Acceso al Lugar: Quebrada Colorada		Color	Negro
		Textura	Cristalina
		Estructura	No consolidada
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Lapilli-Ceniza
X	761493	Forma de los líticos	Redondeado a subredondeado
Y	9803862	Matriz / Cemento	ND
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2775	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	ND
		Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	ND
		Minerales	ND
Observaciones: Piroclastos del Tulabug		Fosiles	No
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	ND
		Tipo de alteración	ND
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Tefra</b>



FICHA DE ROCAS SEDIMENTARIAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	7
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-10
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
Acceso al Lugar: Vía a Tunshi San Nicolas		Color	Rojo-violáceo
		Textura	Psamítica
		Estructura	Masiva
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Arena de grano medio
X	761833	Forma de los líticos	Redondeados - subredondeados
Y	9804051	Matriz / Cemento	Arcillosa/ Carbonatada
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2812	% Cristales / % Líticos / %Matriz	10% / 30% 70%
		Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	Sedimentarios
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo, moscovita y óxidos
Observaciones: Formación Yaruquíes		Fosiles	No
		Sorteo	Buenos
		Grado de meteorización	Medio
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Limolita arenosa</b>



FICHA DE ROCAS SEDIMENTARIAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	8
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-12
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Violeta - beige
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Pelitica
		Estructura	Masiva
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arcilla fina
		Forma de los liticos	Subangulosos
X	763256	Matriz / Cemento	Arcillosa / Siliceo
Y	9803443	% Cristales / % Liticos / %Matriz	
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2955	Rocas/Minerales/liticos	
		Tipos de liticos	No contiene
		Minerales	Cuarzo y opacos
Observaciones: Bandeamiento típico de la precipitación del ópalo y precipitación de sílice. Formación Yaruquíes		Fosiles	No
		Sorteo	ND
		Grado de meteorización	Alta
		Tipo de alteración	Hidrotermal
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Limolita silicificada</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	9
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-13
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Color	Kaki grisáceo
		Textura	Clastica
		Estructura	Porosa
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Arena fina a media
		Forma de los líticos	Redondeados a subredondeados
X	762800	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9803481	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	60%/ 40% 0%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2924	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos y sedimentarios
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo y piroxeno
Observaciones: Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Medio
		Tipo de alteración	Oxidación, hidrotermal
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS SEDIMENTARIAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	10
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-15
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Rojo ladrillo
Acceso al Lugar: Quebrada Sulsul		Textura	Psamítica
		Estructura	Masiva
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena de grano medio
		Forma de los líticos	Redondeados
X	762226	Matriz / Cemento	Arcillosa / Carbonatado
Y	9802512	% Cristales / % Líticos / %Matriz	15% /45% / 40%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2840	Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	Volcanicos y metamorficos
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo y oxidos
Observaciones: Formación Yaruquíes		Fosiles	No
		Sorteo	Bueno
		Grado de meteorización	Alta
		Tipo de alteración	Oxidacion
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Litoarenita</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	11
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-17
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Gris oscuro
Acceso al Lugar: Sector norte del Cerro de Licto		Textura	Clastica
		Estructura	Inequigranular
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Grano grueso 5mm>
		Forma de los líticos	Subangulosos a angulosos
X	763983	Matriz / Cemento	Vitrea / -
Y	9805828	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2807	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos
		Minerales	Cuarzo y plagioclasa
Observaciones: Formación Sicalpa		Fosiles	No
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Alto
		Tipo de alteración	Oxidacion
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Toba andesítica</b>



FICHA DE ROCAS ÍGNEAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	12
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-18
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características de los componentes	
		Color	Blanco y negro
Acceso al Lugar: Sector norte del Cerro de Licto		Textura	Fanerítica
		Estructura	Masiva
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Grava fina
		Forma de los granos	Euhedrales -subhedrales
X	764442	% Fenocristales	100%
Y	9805743	% matriz (Vitrea)	0%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2831	Contenido de Minerales	
		Minerales Principales	Plagioclasa, feldespatos, anfíboles y cuarszo
		Minerales Secundarios	Biotita
Observaciones: Intrusivo de Pungalá		Minerales Accesorios	Goetita
		Grado de meteorización	Baja
		Tipo de alteración	Oxidacion
Análisis de Laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Granodiorita</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	13
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-19
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Beige amarillento
Acceso al Lugar: Sector norte del Cerro de Licto		Textura	Clastica
		Estructura	Porosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena muy fina a media
		Forma de los líticos	Angulares a subangulares
X	765178	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9805123	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	35% / 15% / 50%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2821	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo, olivino, piroxeno y opacos
Observaciones: Formación Cagahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>





FICHA DE ROCAS SEDIMENTARIAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	14
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-20
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Gris violacea
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Psamítica
		Estructura	Porosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena muy gruesa
		Forma de los líticos	SUBredondeados
X	763375	Matriz / Cemento	Arcillosa / Carbonatado
Y	9803491	% Cristales / % Líticos / %Matriz	ND
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2980	Rocas/Minerales/líticos	
		Tipos de líticos	ND
		Minerales	ND
Observaciones: Formación Yaruquíes		Fosiles	No
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Alta
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Litoarenita</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	15
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-21
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Kaki grisáceo
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Clastica
		Estructura	Porosa
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Arena fina a gruesa
		Forma de los líticos	Angulares a subangulares
X	763450	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9803506	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	60% / 15% / 25%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	3000	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos y metamorficos
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo, olivino, piroxeno y opacos
Observaciones: Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	16
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-22
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Negro
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Cristalina
		Estructura	No consolidada
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Lapilli
		Forma de los líticos	Subanguloso
X	763450	Matriz / Cemento	ND
Y	9803506	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	ND
Z (ALTURA m.s.n.m.)	3000	Rocas/Minerales/líticos	
Observaciones: Piroclastos del Tulabug		Tipos de líticos	ND
		Minerales	ND
		Fosiles	No
		Sorteo	Malo
Análisis de laboratorio: No		Grado de meteorización	ND
		Tipo de alteración	ND
Lamina delgada: No		Nombre de la roca	<b>Lapilli</b>



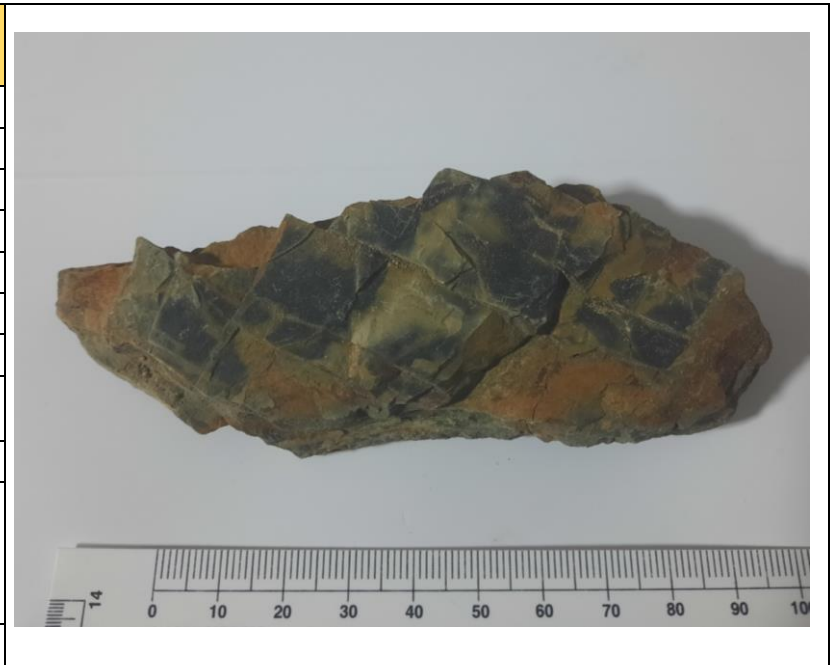
FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	17
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-23
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Kaki grisáceo
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Clastica
		Estructura	Porosa
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>		Tamaño del grano	Arena fina a media
		Forma de los líticos	Angulares - subangulares
X	763450	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9803506	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	60% / 25% / 15%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	3000	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos y metamorficos
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo, olivino, piroxeno y opacos
Observaciones: Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	18
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-24
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia): Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Beige amarillento
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Clastica
		Estructura	Porosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Arena muy fina a media
		Forma de los líticos	Angulares a subangulares
X	763534	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9803600	% Cristales / % Líticos / % Vidrio	35% / 15% / 50%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	3010	Rocas/Minerales/Clastos	
		Tipo clastos	Volcanicos
		Minerales	Plagioclasa, cuarzo, olivino, piroxeno y opacos
Observaciones: Formación Cangahua		Fosiles	Si
		Sorteo	Malo
		Grado de meteorización	Bajo
		Tipo de alteración	Oxidación
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: Si	Nombre de la roca	<b>Cangahua</b>



FICHA DE ROCAS METAMÓRFICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	19
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-30
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica(Prov/Cantón/Parroquia) Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Negra
Acceso al Lugar: Vía Riobamba-Macas		Textura	Lepidoblástica
		Estructura	Pizarrosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Minerales	Cuarzo, clorita, epidota, zeolitas, sericita
		Metamorfismo	Regional
X	761234	Observaciones: Formación Guamote	
Y	9805833		
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2798		
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Pizarra</b>



FICHA DE ROCAS PIROCLASTICAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	20
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-31
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica(Prov/Cantón/Parroquia) Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características	
		Color	Blanco grisáceo
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Psefitica
		Estructura	Porosa
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Grava
		Forma de los líticos	Subredondeados a subangulares
X	763450	Matriz / Cemento	Tobacea / Carbonatada
Y	9803506	% Cristales / %Vidrio	30% / 70%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	3010	Rocas/Minerales/Clastos	
Observaciones: Formación Cangahua		Minerales	Vidreo, anfíbol, biotita
		Fosiles	No
		Grado de meteorización	-
		Tipo de alteración	-
Análisis de laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Pómez</b>



FICHA DE ROCAS ÍGNEAS			
Recolectores:	Evelyn Pillajo - Leidy Zapata	Ficha N°	21
Tipo de la muestra:	AFLORAMIENTO	Código de la muestra	QC-32
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica(Prov/Cantón/Parroquia) Chimborazo/Riobamba/ Licto		Características de los componentes	
		Color	Blanco y negro
Acceso al Lugar: Quebrada Chalán		Textura	Fanerítica
		Estructura	Masiva
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Tamaño del grano	Grava fina
		Forma de los granos	Euhedrales -subhedrales
X	762477	% Fenocristales	100%
Y	9803509	% matriz (Vítrea)	0%
Z (ALTURA m.s.n.m.)	2888	Contenido de Minerales	
		Minerales Principales	Plagioclasa, feldespatos, anfíboles y cuarszo
		Minerales Secundarios	Biotita
Observaciones: Intrusivo meteorizado de Pungalá		Minerales Accesorios	Goetita
		Grado de meteorización	Alta
		Tipo de alteración	Oxidacion
Análisis de Laboratorio: No	Lamina delgada: No	Nombre de la roca	<b>Granodiorita</b>

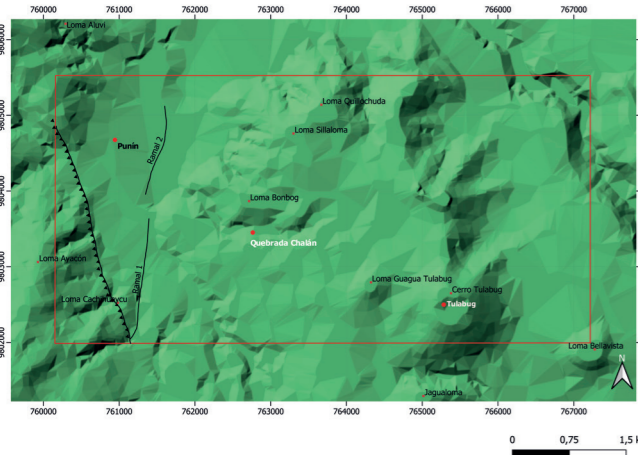
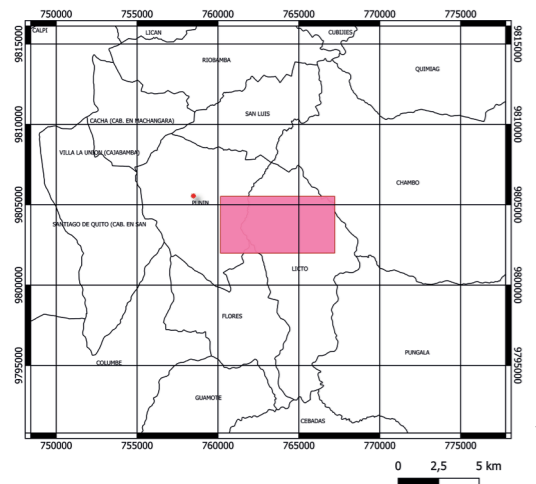




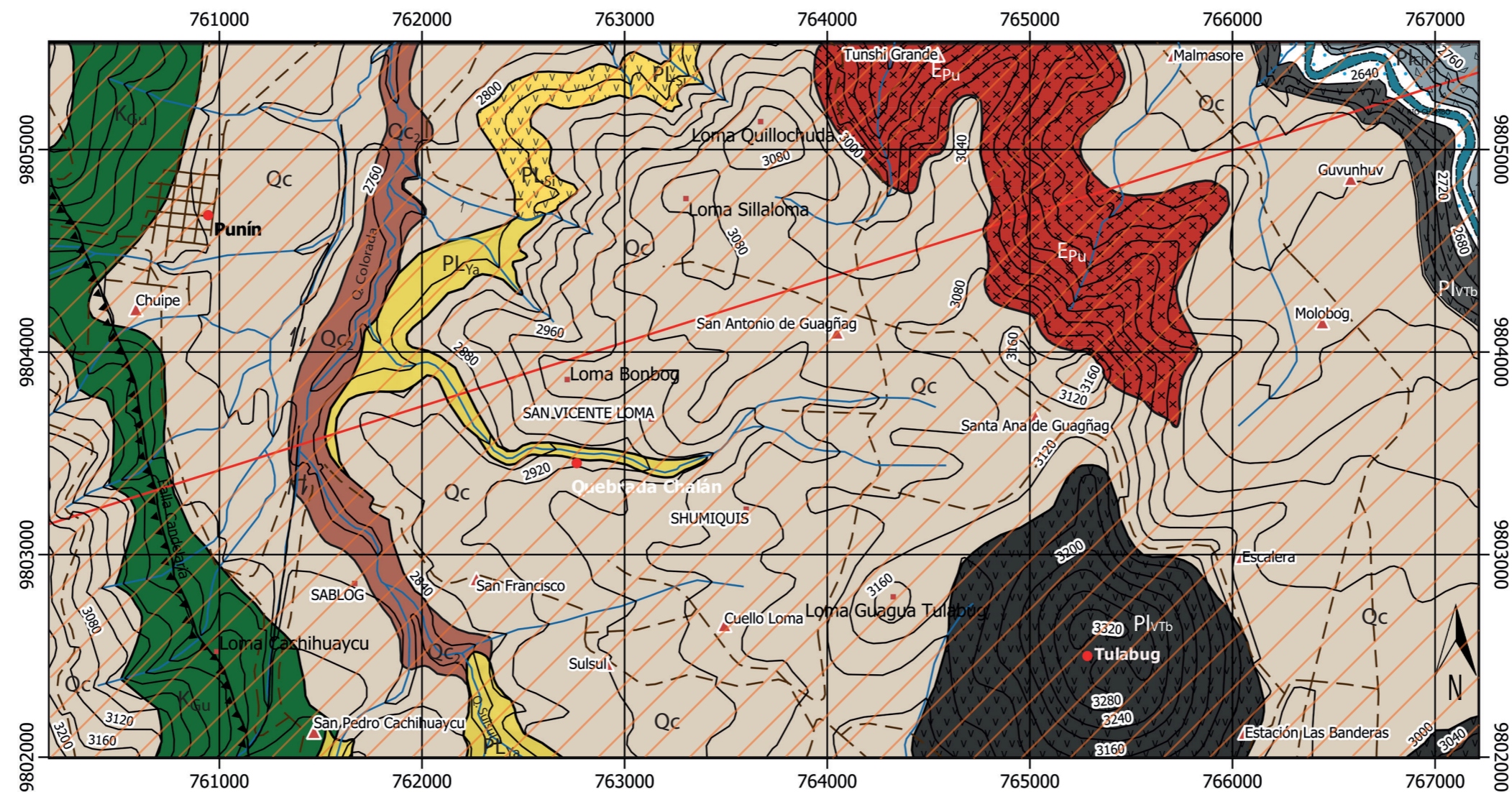
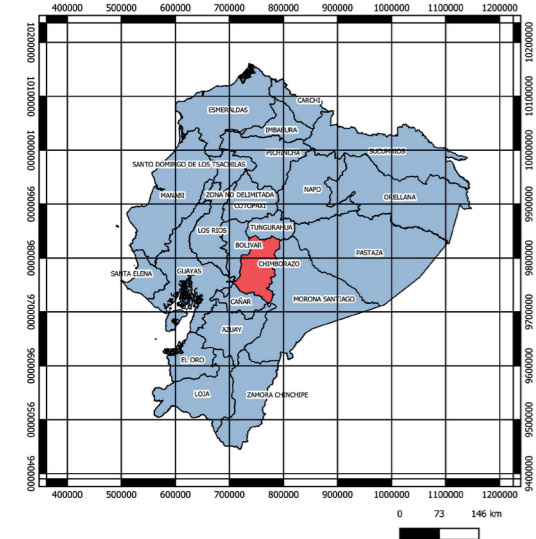
## **ANEXO IV. MAPA GEOLÓGICO**

# CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA CHALÁN (CHIMBORAZO) A ESCALA 1:25000

Mapa de ubicación respecto al Cantón



Mapa de ubicación respecto al Ecuador



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR UTM ZONA 17S WGS84  
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 198

## LEYENDA

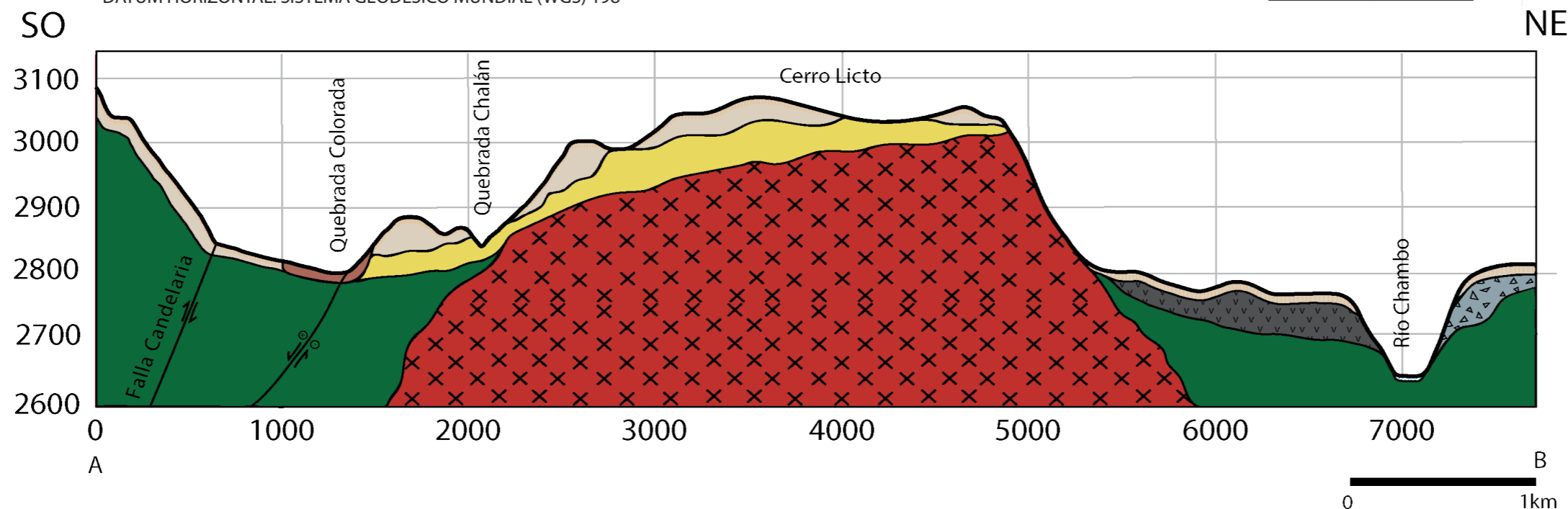
- |  |   |
|--|---|
|  | <b>Depósitos fluviales</b><br>Conglomerados, arenas y limos no consolidados                             |
|  | <b>Cangahua 3</b><br>Toba volcánica de color beige amarillento con líticos volcánicos                   |
|  | <b>Cangahua 2</b><br>Toba volcánica de color rojizo con líticos volcánicos y metamórficos               |
|  | <b>Cangahua 1</b><br>Toba volcánica de color caqui grisáceo con líticos volcánicos y metamórficos       |
|  | <b>Lava del Tulabug</b><br>Flujos de lava andesito basáltico  |
|  | <b>Conos Volcánicos del Tulabug y Bellavista</b>  |
|  | <b>Depósito Brechide-Chambo</b><br>Areniscas, brechas con clastos volcánicos y metamórficos             |
|  | <b>Formación Sicalpa</b><br>Tobas volcánicas de color gris amarillento                                  |
|  | <b>Formación Yaruquíes</b><br>Secuencia de conglomerados, areniscas y arcillas de tonalidades violáceas |
|  | <b>Intrusivo de Pungalá</b><br>Granodiorita en forma masiva y meteorizada                               |
|  | <b>Formación Guamote</b><br>Pizarras, cuarcitas y filitas   |

CUATERNARIO

NEÓGENO

PALEÓGENO

JURÁSICO



## Símbolos Geológicos

- Falla inversa
- Lineamientos
- Dirección de la falla

## Símbolos Topográficos

- Río principal
- Ríos secundarios
- Curvas de nivel
- Vías

Escuela Politécnica Nacional

Realizado por:  
Evelyn Pillajo  
Leidy Zapata