



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No  
Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**

**Levantamiento geológico estructural a escala 1:10000 de la Zona Noreste  
de la parroquia Sanguillín perteneciente al cantón Calvas, de la provincia  
de Loja.**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Geología Ambiental y  
Ordenamiento Territorial.**

**AUTOR:**

Jackson Rafael Carrión Solano

**DIRECTOR:**

Ing. Oscar Adrián Estrella, Mg.Sc.

Loja-Ecuador

2023

## **Certificación del director**

Loja, 24 de marzo de 2022

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico estructural a escala 1:10000 de la Zona Noreste de la parroquia Sanguillín perteneciente al cantón Calvas, de la provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Jackson Rafael Carrión Solano, con cedula de identidad N° 1717847204**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Jackson Rafael Carrión Solano**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cedula de Identidad:** 1717847204

**Fecha:** 03/08/2023

**Correo electrónico:** jrcarrions@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0985306645

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Jackson Rafael Carrión Solano**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico estructural a escala 1:10000 de la Zona Noreste de la parroquia Sanguillín perteneciente al cantón Calvas, de la provincia de Loja**, como requisito para optar el título de: **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de agosto del dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Jackson Rafael Carrión Solano

**Cédula:** 1717847204

**Dirección:** Ciudad Victoria

**Correo electrónico:** jrcarrions@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0985306645

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Oscar Adrián Estrella, Mg.Sc.

## **Dedicatoria**

En el camino de esta travesía académica, he sido guiado por la luz y la sabiduría divina de mi Dios, quien me ha otorgado fortaleza y perseverancia para alcanzar este logro. A ti, mi amado Padre Celestial, agradezco por inspirar cada paso y por ser mi fuente de esperanza y confianza en momentos de dificultad.

A mis queridos padres, quienes han sido mi apoyo inquebrantable y mi mayor ejemplo de amor y sacrificio, les dedico este logro con gratitud infinita. Su incesante confianza en mí y apoyo incondicional han sido pilares fundamentales para alcanzar mis metas. Sus palabras alentadoras y su amor inquebrantable me han impulsado a esforzarme sin cesar.

Cada línea de esta tesis está tejida con el amor y el apoyo incondicional que he recibido de ambos. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, ya que han sido mi motor en cada paso de este camino.

Agradezco profundamente a Dios por iluminar mi camino y a mis padres por ser mis pilares. Sin ustedes, este sueño no hubiera sido posible.

***Jackson Rafael Carrión Solano***

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Loja, por brindarme la oportunidad de adentrarme en el apasionante mundo de la Geología Ambiental y el Ordenamiento Territorial. Agradezco a esta función institución por proporcionarme los conocimientos y herramientas necesarios para desenvolverme en mi carrera.

A los excepcionales docentes de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes, con su dedicación y conocimientos, han sido guías fundamentales en mi aprendizaje. Cada enseñanza y consejo que he recibido de ustedes ha sido invaluable para mi crecimiento profesional.

Mi gratitud se extiende al Ing. Oscar Adrián Estrella, Mg.Sc, cuyo apoyo, orientación y mentoría han sido esenciales en el desarrollo de mi Trabajo de Titulación.

A mi amada familia, el pilar de mi vida, gracias por su incondicional amor y apoyo durante todo este proceso. Sus palabras de aliento y confianza en mí han sido mi mayor motivación para superar los desafíos y seguir adelante.

A mis queridos amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso de este camino, gracias por su compañía, comprensión y ánimo inquebrantable. Sus risas y su apoyo incondicional han hecho de este viaje una experiencia más significativa y enriquecedora.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón y en mi formación como persona y profesional. Sin su apoyo y aliento, este logro no hubiera sido posible.

***Jackson Rafael Carrión Solano***

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de fotografías</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. Título.</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen.</b> .....	<b>2</b>
2.1 Abstract. ....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1 Topografía.....	6
4.2 Geología. ....	6
4.2.1 Geología Estructural .....	6
4.2.2 Clasificación y ciclo de las rocas.....	7
4.2.3 Formación Geológica. ....	8
4.2.4 Deformación y las Estructuras geológicas.....	8
4.2.5 Pliegues.....	8
4.2.5.1 Pliegues monoclinales.....	9
4.2.5.2 Pliegues anticlinales y sinclinales.....	9
4.2.6 Fallas.....	9
4.2.6.1 Tipos de Fallas .....	10
4.2.7 Diaclasas. ....	12
4.3 Estratigrafía. ....	12
4.3.1 Principios de relación Estratigráfica.....	12
4.4 Geomorfología. ....	14
4.4.1 El ciclo geomorfológico .....	14
4.5 Mineralogía .....	15
4.5.1 Mineralogía descriptiva .....	15
4.6 Mapa geológico.....	16
4.6.1 Corte Geológico.....	16
4.6.2 Mapeo Geológico. ....	17
4.6.3 Métodos de mapeo geológico. ....	17
4.6.3.1 Mapeo de contactos. ....	17
4.6.3.2 Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos. ....	17
4.6.3.3 Mapeo por perfiles. ....	17
4.6.3.4 Mapeo litológico: .....	18
4.6.3.5 Mapeo Estructural.....	18
4.7 Software y herramientas. ....	20
4.7.1 ARCGIS.....	20
4.7.2 Avenza Maps .....	20
4.7.3 DIPS 7.0.....	21
4.8 Estudios previos .....	21
<b>5. Metodología</b> .....	<b>23</b>

5.1	Materiales.....	23
5.2	Metodología .....	23
5.2.1	Fase de Preparación. ....	23
5.2.2	Fase de campo. ....	25
5.2.3	Fase de Gabinete.....	27
5.2.4	Fase de resultados .....	28
6.	<b>Resultados</b> .....	31
6.1	Descripción del área de estudio .....	31
6.1.1	Ubicación y acceso .....	31
6.1.2	Hidrografía.....	32
6.1.3	Geomorfología.....	33
6.1.3.1	Altiplanicie Disectada:.....	34
6.1.3.2	Relieve Montañoso: .....	34
6.1.3.3	Relieve Colinado Alto: .....	35
6.1.3.4	Relieve Colinado Medio: .....	35
6.1.3.1.	Frente Cuesta y superficie de cuesta: .....	36
6.1.4	Topografía. ....	37
6.1.5	Clima .....	38
6.1.6	Vegetación .....	38
6.1.6.1	Bosques intervenidos: .....	39
6.1.6.2	Matorrales: .....	39
6.1.6.3	Pastizales:.....	39
6.1.6.4	Cultivos:.....	40
6.1.7	Pendientes.....	40
6.2	Geología.....	41
6.2.1	Geología regional .....	41
6.2.1.1	Formación Sacapalca .....	42
6.2.1.2	Unidad Changaimina .....	43
6.2.1.3	Unidad Ahuaca .....	43
6.2.1.4	Unidad el Ingenio.....	43
6.2.1.5	Depósitos superficiales .....	44
6.2.2	Geología local.....	45
6.2.2.1	Unidad Ahuaca (mioceno) .....	46
6.2.2.2	Unidad Changaimina. (plioceno) .....	50
6.2.2.3	Unidad el Ingenio. (Oligoceno). ....	59
6.2.2.4	Depósitos coluviales y depósitos aluviales. ....	61
6.2.3	Geología Estructural. ....	62
6.2.3.1	Contactos .....	63
6.2.3.2	Diaclasas .....	69
6.2.3.3	Vetillas .....	75
6.2.3.4	Fallas.....	77
6.2.4	Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades. ....	81
6.2.5	Mapa geológico .....	83
7.	<b>Discusión</b> .....	86
8.	<b>Conclusiones</b> .....	91
9.	<b>Recomendaciones</b> .....	94
10.	<b>Bibliografía</b> .....	95
11.	<b>Anexos</b> .....	97

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Materiales de campo.....	23
<b>Tabla 2.</b> Materiales de Oficina .....	23
<b>Tabla 3.</b> Ficha para descripción de afloramientos.....	26
<b>Tabla 4.</b> Ficha para descripción de Rocas. ....	27
<b>Tabla 5.</b> Coordenadas del Área de Estudio .....	31
<b>Tabla 6.</b> Unidades geomorfológicas de la Parroquia Sanguillin. ....	33
<b>Tabla 7.</b> Categorías utilizadas en el mapa de pendientes .....	40
<b>Tabla 8.</b> Fallas geológicas presentes en la parroquia Sanguillin.....	44
<b>Tabla 9.</b> Datos estructurales de vetillas y diaclasas.....	81

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b>	Proyección de una elevación. ....	6
<b>Figura 2.</b>	Ciclo de las Rocas.....	7
<b>Figura 3.</b>	Las estructuras geológicas conocidas como pliegues, en las que los rasgos planos. A). Un pliegue monoclinal. Observemos el símbolo de dirección y buzamiento y la cruz en un círculo, que es el símbolo de las capas horizontales B). Un pliegue .....	9
<b>Figura 4.</b>	Pliegue anticlinal y sinclinal.....	9
<b>Figura 5.</b>	Fracturación normal de la provincia Basin and Range. Aquí, los esfuerzos tensionales han alargado y fracturado la corteza en numerosos bloques .....	10
<b>Figura 6.</b>	Falla normal .....	10
<b>Figura 7.</b>	Falla Inversa.....	11
<b>Figura 8.</b>	Bloque diagrama que ilustra las estructuras asociadas con las fallas con desplazamiento horizontal.....	11
<b>Figura 9.</b>	Sistema de dos familias de diaclasas conjugadas, diaclasas en las rocas graníticas de la parte superior del domo Lemberg. ....	12
<b>Figura 10.</b>	Aplicación del principio de la superposición de los estratos.....	13
<b>Figura 11.</b>	Aplicación del principio sucesión faunística, basada en el registro fósil de los estratos .....	14
<b>Figura 12.</b>	Diagrama de flujo para un levantamiento.....	19
<b>Figura 13.</b>	Uso de proyección estereográfica.....	19
<b>Figura 14.</b>	Círculos máximos.....	20
<b>Figura 15.</b>	Esquema de la fase de preparación .....	24
<b>Figura 16.</b>	Mapa de afloramientos .....	26
<b>Figura 17.</b>	Ubicación de la zona de estudio según el SIG Tierras. ....	31
<b>Figura 18.</b>	Mapa de red Hidrográfica .....	32
<b>Figura 19.</b>	Mapa geomorfológico.....	33
<b>Figura 20.</b>	Altaplanicie disectada.....	34
<b>Figura 21.</b>	Relieve Montañoso predominante del área de estudio .....	35
<b>Figura 22.</b>	Relieve colinado alto del área de estudio. ....	35
<b>Figura 23.</b>	Relieve colinado medio del área de estudio. ....	36
<b>Figura 24.</b>	Frente cuesta y superficie de cuesta.....	36
<b>Figura 25.</b>	Topografía.....	37
<b>Figura 26.</b>	Arbustos caducifolios, Faique .....	38
<b>Figura 27.</b>	Bosque intervenido. ....	39
<b>Figura 28.</b>	Pastizales.....	39
<b>Figura 29.</b>	Cultivos.....	40
<b>Figura 30.</b>	Mapa de pendientes .....	41
<b>Figura 31.</b>	Porcentaje de superficie delimitada por tipos de pendientes .....	41
<b>Figura 32.</b>	Mapa preliminar de la Geología de la Zona de estudio basado en la carta Geológica Macará y las Aradas 2017. ....	44
<b>Figura 33.</b>	Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades de diaclasas.	82
<b>Figura 34.</b>	Representación estereográfica del diagrama de rosetas de diaclasas .....	83
<b>Figura 35.</b>	Mapa Geológico de la zona Noreste de Sanguillin.....	84
<b>Figura 36.</b>	Perfil Geológico A-A´ dirección NO-SE.....	85
<b>Figura 37.</b>	Cerro Huachingue visto desde el lado SE, sector Camayos. ....	86
<b>Figura 38.</b>	Flanco NE Y SE Cerro Huachingue .....	87

## Índice de fotografías:

<b>Fotografía 1.</b> Afloramiento con presencia de arcillas en la vía al sector Chullafaique (UTM :661341E, 9513319N, altura:1974m).....	47
<b>Fotografía 2.</b> Afloramiento con presencia de arcillas en la vía al sector Chullafaique (UTM :661834E, 9513009N).....	47
<b>Fotografía 3.</b> Depósito de arcillas en el sector Plan del Limo. (UTM: 664181E, 9510495N)48	
<b>Fotografía 4.</b> Afloramiento con presencia de tobas riolíticas en la vía al sector Chullafaique (UTM: 661341E, 9513319N).....	48
<b>Fotografía 5.</b> Afloramiento con presencia de tobas riolíticas, en el sector plan del Limo. (UTM :664188E, 9510506N).....	49
<b>Fotografía 6.</b> Depósito de tobas riolíticas purpuras por oxidación. (UTM: 661824E, 9511306N)...	49
<b>Fotografía 7.</b> Afloramiento con presencia de andesita con textura afanítica, en la vía al sector Cabuyal (UTM: 661341E, 9513319N).....	50
<b>Fotografía 8.</b> Afloramiento andesítico coloración verde con textura afanítica, en la vía al secto Cabuyal (UTM: 663487E, 9512987N.).....	51
<b>Fotografía 9.</b> Andesitas verdes con textura afanítica, en la vía al sector Cabuyal.....	51
<b>Fotografía 10.</b> Andesitas verdes con textura afanítica y presencia de carbonatos, en la vía al sector Cabuyal (UTM: 662860E, 9513309N.).....	52
<b>Fotografía 11.</b> Afloramiento de roca arenosa, pórfido andesítico con textura porfirítica presencia dos familias de Diaclasas, en el sector Cabuyal (UTM: 662318E 9513215N.).....	53
<b>Fotografía 12.</b> Muestra de mano del pórfido andesítico meteorizado (UTM: 662318E ,9513215N.).....	53
<b>Fotografía 13.</b> Andesitas verdes con textura porfirítica y arcillas de la U. Ahuaca, en el sector Camayos bajo (UTM: 95110089N 666090E.).....	54
<b>Fotografía 14.</b> Pórfidos andesíticos meteorizado en el sector Plan de Limo (UTM: 663487E, 9512987N.).....	55
<b>Fotografía 15.</b> Andesítico porfirítica meteorizada en el sector Plan de Limo (UTM: 662015E, 9512817N.).....	56
<b>Fotografía 16.</b> Afloramiento de aglomerados volcánicos (UTM: 662318E, 9513215N.).....	57
<b>Fotografía 17.</b> Afloramiento de aglomerados volcánicos (UTM: 664298E, 9511205N.).....	57
<b>Fotografía 18.</b> Aglomerado volcánico meteorizado (UTM: 664007E, 9510935N, H:1773m.).....	58
<b>Fotografía 19.</b> Afloramiento de aglomerado volcánico meteorizado (UTM: 665182 E ,9510761N, H:1532.).....	58
<b>Fotografía 20.</b> Afloramiento aglomerados con clastos volcánicos y metamórficos (UTM :667117E, 95095147N.).....	59
<b>Fotografía 21.</b> Afloramiento de aglomerados con líticos y clastos andesíticos (UTM: 667301E ,9509547N.).....	60
<b>Fotografía 22.</b> Depósitos aluviales Q. Quisanga (UTM: 667279E, 9509458N.).....	61
<b>Fotografía 23.</b> Depósitos coluviales y bombas volcánicas (X:664967 Y:9510041).....	61
<b>Fotografía 24.</b> Depósitos coluviales y bombas volcánicas(X:664536 Y:9509589).....	62
<b>Fotografía 25.</b> Escarpe erosivo .....	63
<b>Fotografía 26.</b> Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas de la Unidad Ahuaca (UTM: 664493 E, 9511685N.).....	64
<b>Fotografía 27.</b> Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas de la Unidad Ahuaca (UTM: 664174 E, 9511051N).....	64
<b>Fotografía 28.</b> Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y la arcillas Unidad Ahuaca.....	65
<b>Fotografía 29.</b> Zona de contacto. ....	67

<b>Fotografía 30.</b> Zona de contacto entre U. Ahuaca y U. Changaimina. ....	67
<b>Fotografía 31.</b> Dique en una andesita (X:664663 Y:9511758).....	68
<b>Fotografía 32.</b> Dique de cuarzo en una andesita (X:664535 Y:9513632). ....	69
<b>Fotografía 33.</b> Diaclasas en andesitas porfíricas. (UTM: 664493 E, 9511685N.).....	70
<b>Fotografía 34.</b> Diaclasas en brechas volcánicas. (UTM: 664493 E, 9511685N.).....	71
<b>Fotografía 35.</b> Diaclasas en una andesita. (UTM: 664509 E, 9513612N.).....	72
<b>Fotografía 36.</b> Diaclasas en una andesita. (UTM: 665236 E, 9509230N.).....	73
<b>Fotografía 37.</b> Diaclasas en una Andesita. (UTM: Y:9513481 X:664565) .....	74
<b>Fotografía 38.</b> Vetillas de Cuarzo en una brecha volcánica. (UTM: Y: 9510821 X: 664747)75	
<b>Fotografía 39.</b> A. Vetillas de cuarzo en una andesita. (UTM: X: 666245 Y:9511074) B. Vetillas de cuarzo en una toba riolítica. (UTM: X: 661934 Y:9513029) .....	76
<b>Fotografía 40.</b> Vetillas de cuarzo en una andesita porfírica. (UTM: X: 666245 Y: 9511074) .....	76
<b>Fotografía 41.</b> Ejemplares de drusas de cuarzo (UTM:X 663377 Y: 9513120).....	77
<b>Fotografía 42.</b> Falla dextral. UTM (X:667784 Y:9510872) .....	77
<b>Fotografía 43.</b> Falla dextral identificada en ortofoto. ....	78
<b>Fotografía 44.</b> Falla normal.....	79
<b>Fotografía 45.</b> Falla normal en tobas de la U. Ahuaca (X:661706 Y:9512511).....	79
<b>Fotografía 46.</b> Falla normal en Andesitas U. Changaimina (X:662721 Y:9512787). ....	79
<b>Fotografía 47.</b> Falla normal vista desde la ortofoto .....	80
<b>Fotografía 48.</b> Falla normal observada (X:666632 Y:9510913).....	80
<b>Fotografía 49.</b> Diferencias de coloración entre andesitas .....	87
<b>Fotografía 50.</b> Meteorización esferoidal .....	88

## **1. Título.**

**Levantamiento geológico estructural a escala 1:10000 de la Zona Noreste de la parroquia Sanguillín perteneciente al cantón Calvas, de la provincia de Loja.**

## 2. Resumen.

El presente trabajo Levantamiento geológico estructural a escala 1:10000 de la Zona Noreste de la parroquia Sanguillín perteneciente al cantón Calvas, de la provincia de Loja.

se desarrolló tomando en cuenta los objetivos del proyecto para alcanzar un mapa geológico a escala 1:10000 de la zona en mención.

Para el desarrollo de este proyecto se está tomó como base un DEM (Modelo de Elevación Digital) con una configuración de cell size de 5m, a partir del cual se obtuvo las curvas de nivel con las que se generó un mapa de pendientes para entender mejor, además se generó un perfil topográfico con ayuda de la herramienta 3D Analysts del software ArcGIS, que permitió interpolar los datos obtenidos del DEM con la línea del perfil topográfico y se obtuvo la topografía en el lugar de estudio, además de que dicha base topográfica servirá como apoyo para la ejecución del levantamiento en campo.

Entre los insumos utilizados para la investigación se usó la actualización de los mapas geológicos propuestos por el INIGEMM (2017), obteniendo los mapas Geológicos Macará y las Aradas a escala 1:100000 el 90% del área de estudio se interseca con la carta geológica Macará, se publicaron en el año 2017 añadiendo todos los datos de los estudios previos realizados por distintos autores y que dichos mapas se están usando de base para la actualización geológica a escala 1:10000 en el presente estudio.

Para proseguir con la investigación se ha utilizado en primera instancia la hoja geológica escala 1:1000000 establecida en 1973 por Kernnerley, los mapas propuestos por el INIGEMM a escala 1:100000 aportan una gran cantidad de datos y de alta calidad, debido a que basan sus actualizaciones en estudios previos realizados por diferentes autores en años distintos, lo cual es una gran ventaja a la hora de actualizar la información geoespacial a escala 1:10000, ya que los datos, estructuras y formaciones expuestos en el mapa geológico propuesto en este estudio toma en consideración los criterios y datos generados previamente por otros investigadores.

**Palabras claves:** Geología Estructural, Mapa geológico, Corte Geológico, Formación Geológica

## 2.1 Abstract.

The present work "Structural Geological Survey at a Scale of 1:10000 of the Northeast Zone of the Sanguillín Parish Belonging to the Calvas Canton, of the Province of Loja" was developed considering the objectives of the project to achieve a geological map at a scale of 1:10000 of the area.

For the development of this project, a DEM (Digital Elevation Model) base was obtained, with a cell size configuration of 5m, from which the level curves were obtained from which a slope map was generated to gain a better understanding, in addition to a topographic profile with help of the 3D Analytics tool of the ArcGIS software, which allowed to interpolate the data obtained from the DEM with the line of the topographic profile and the topography was obtained in the place of study, in addition to the fact that said topographic base will serve as support for the execution of the survey in the field.

Among the inputs used for the research, the updating of the geological maps proposed by INIGEMM (2017) was used, obtaining the Macará and Las Aradas Geological maps at a scale of 1:100,000. 90% of the study area intersects with the Macará geological chart, were published in 2017, adding all the data from previous studies carried out by different authors and that these maps are being used as the basis for the geological update at a scale of 1:10,000 in the present study.

To continue with the study, in first instance, the geological sheet scale 1:1000000 established by Kernnerley in 1973 has been used. The maps proposed by INIGEMM at a 1:100000 scale provide a large amount of high quality data, this because their updates are based in previous studies carried out by different authors in different years, which is a great advantage when updating geospatial information at a scale of 1:10000 since the data, structures and formations exposed in the geological map proposed in this study take into account the criteria and data previously generated by other researchers.

**Keywords:** Structural Geology, Geological Map, Geological Section, Geological Formation

### **3. Introducción.**

Un levantamiento geológico aporta datos técnico-científicos del área donde se realiza, uno de los principales problemas que enfrenta el Ecuador, es la carencia de información cartográfica a detalle, por esa razón el Instituto Geográfico tiene como proyecto la actualización cartográfica a diferentes escalas en el territorio ecuatoriano, el presente proyecto de investigación forma parte del proyecto mencionado. Las razones que motivan estos proyectos son muy variadas, pero tienen en particular, que contribuyen al bienestar del ser humano, en este proyecto se pretende levantar información escala 1:10000, con el fin de mejorar la precisión espacial, y que dicha información sirva como base para futuros proyectos.

En la zona noroeste de Sanguillín solo existen estudios a escala 1:100000, en el presente estudio se detallará a escala 1:10000 por esa razón el levantamiento geológico- estructural a detalle comprenderá los barrios San Joaquín y Camayos siendo en particular el interés en esta área, por ser atravesada por una carretera de tercer orden que comunica estos barrios con el resto del país, sirviendo este estudio a más de 5000 personas que habitan y que frecuentan esas zonas y es de vital importancia para el desarrollo local, además de la existencia de indicios mineralógicos, lo que permitirá conocer las características del terreno, tipos de roca, dirección, rumbo, buzamiento, fallas, fracturas, diaclasas.

## ❖ **Objetivos**

### • **Objetivo General**

- Realizar el levantamiento geológico estructural de la zona Noreste de la Parroquia Sanguillin perteneciente al Cantón Calvas en un área que abarca 2535.19 hectáreas a Escala 1:10000.

### • **Objetivos Específicos**

- Realizar un Mapeo Geológico y la distribución espacial de las unidades litológicas y definición de límites de rocas y suelos en el área de estudio.
- Ejecutar la caracterización de las estructuras geológicas que yacen y corresponden a la zona de estudio.
- Elaborar el mapa-geológico estructural a escala 1:10000 de la zona noreste de la parroquia Sanguillin.

## 4. Marco Teórico.

### 4.1 Topografía

La topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, según (García, Rosique, Segado, 1994), señalan que todo estudio ingenieril precisa una representación clara y confiable del terreno que se va a estudiar.

La topografía nos indica el relieve de un sector, clasifica los puntos más altos y más bajos cuantitativamente, estos se representan sobre una superficie plana georreferenciada, mediante iso-líneas con los valores numéricos de las alturas en los diferentes puntos de la superficie a estudiar como se muestra en la figura 1.

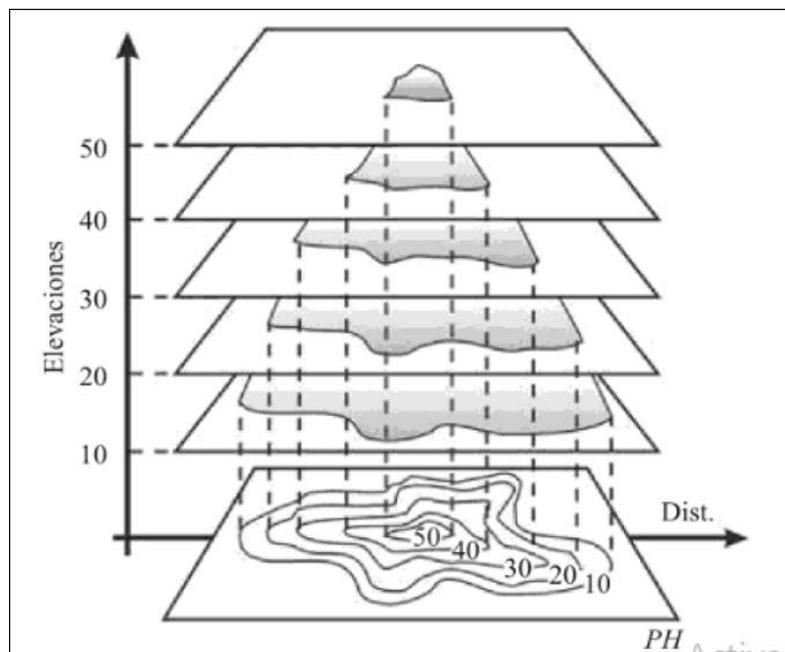


Figura 1 Proyección de una elevación.  
Fuente: Dante a. Topografía y sus Aplicaciones. (2014).

### 4.2 Geología.

Según (Martín H. Iriondo, 1993), la geología es la rama de las ciencias naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta cientos de kilómetros de profundidad se menciona que la geología como ciencia aplica métodos y teorías de la física, química, matemáticas y de la biología.

#### 4.2.1 Geología Estructural

Según (Martín H. Iriondo, 1993), en su obra “introducción a la Geología” dice que la

geología estructural estudia las propiedades físicas de las rocas y sedimentos, sus deformaciones, fracturas, y la mecánica de las fuerzas que actúan sobre ellas. La corteza terrestre está sometida a una serie de tensiones provocado por las placa tectónicas.

#### 4.2.2 Clasificación y ciclo de las rocas.

Las rocas son un agregado de uno o más minerales, en función de sus propiedades físico-químicas, se puede determinar qué tipo de roca, si es ígnea, metamórfica o sedimentaria; la naturaleza de las rocas nos permite establecer y reconstruir los escenarios o procesos de formación, la edad de las capas litológicas, si poseen o no, interés económico.

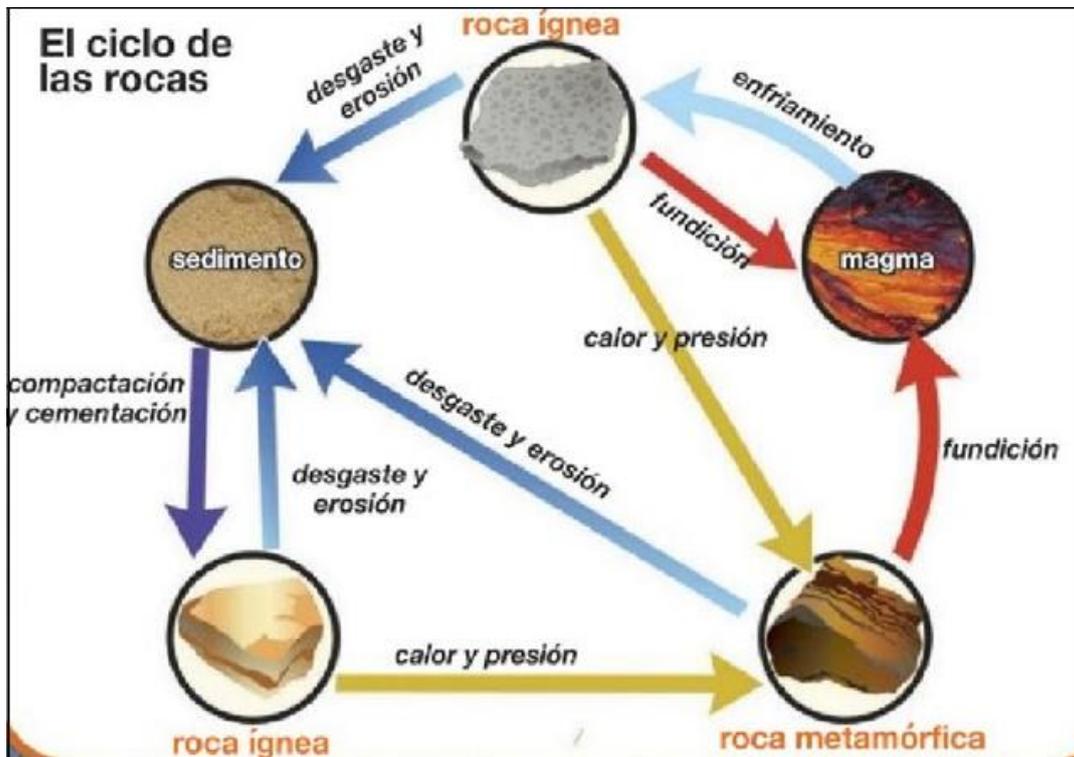


Figura 2 Ciclo de las Rocas  
 Fuente: Kirsten L. Rock Cycle. (2016)

En la figura 2 podemos apreciar que las rocas cumplen un proceso cíclico, desde su generación en los procesos eruptivos, para luego ser meteorizadas, deformadas, sujetas a tensiones, enfrentan procesos de erosión generando sedimentos; todos los procesos mencionados anteriormente contribuyen a que los cuerpos de rocas cumplan un ciclo y se subdividan en su forma más general en 3 tipos de roca ígneas, metamórficas y sedimentarias. Cada tipo de roca se va transformando de un tipo a otra, en dependencia directa de las condiciones a la que está sujeta, por ejemplo, una roca sedimentaria se puede convertir en metamórfica si está sometida a una gran presión por periodos prolongados de tiempo (tiempo geológico) o su vez una roca metamórfica se puede convertir en roca sedimentaria si está

expuesta a condiciones ambientales extremas como erosión, precipitaciones, viento; a su vez una roca ígnea se puede transformar en una roca sedimentaria si está expuesta a procesos de erosivos y de meteorización, o esa misma roca ígnea se puede transformar en roca metamórfica si se está expuesta a una presión extrema que provoque una reducción en su volumen y por tanto en sus propiedades fisicoquímicas.

#### **4.2.3 Formación Geológica.**

Según Hollist D. (1980) define una unidad estratigráfica formal como un estrato o conjunto de estratos susceptibles a reconocerse en su conjunto.

Según la Comisión Internacional de Estratigrafía, el conjunto de rocas sedimentarias de la corteza terrestre debería estar completamente definido mediante formaciones, mientras que no sería obligatorio hacerlo con otros tipos de unidades lito estratigráficas<sup>1</sup>.

Basados en los dos conceptos anteriores se puede decir que una formación geológica es un conjunto de rocas con características similares que se diferencian de otro conjunto de rocas, ya sea en su edad o composición química, procesos de formación y el tipo de roca.

#### **4.2.4 Deformación y las Estructuras geológicas**

La deformación se refiere al cambio en la forma y volumen de las rocas según (Monroe, Pozo, Wicander 2008) en su obra “Geología Dinámica y evolución de la Tierra” mencionan que durante una deformación las rocas pueden arrugarse y formar pliegues, o fracturarse.

Cualquier resultado de un proceso de deformación se le llama estructura geológica.

#### **4.2.5 Pliegues**

Los pliegues son resultado de fuerzas de compresión, así como una hoja de cuaderno a tomarla de ambos extremos y unir las manos, se forman superficies curvas eso es lo que se denomina como pliegue, en las rocas estos pliegues se forman respondiendo al mismo principio, las rocas siendo materiales más consolidados y resistentes al ser sometidas a fuerzas de compresión mantienen la deformación plasmada en sus estructuras por millones de años, y eso le permite al geólogo poder estudiar estas estructuras para determinar la historia geológica, la forma de un yacimiento, calcular el factor de seguridad en taludes entre otras utilidades.

---

<sup>1</sup> Murphy, Michael A. y Salvador, Amos. «International Stratigraphic Guide - An abridged version» . International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS. International Commission on Stratigraphy

#### 4.2.5.1 Pliegues monoclinales.

Este tipo de pliegues se forman por una doblez o flexión en capas de roca horizontales o uniformemente inclinadas, en la figura 3b. se observa el gran pliegue monoclinal que se formó cuando las montañas Bighorn, en Wyoming, se elevaron verticalmente a lo largo de una fractura.

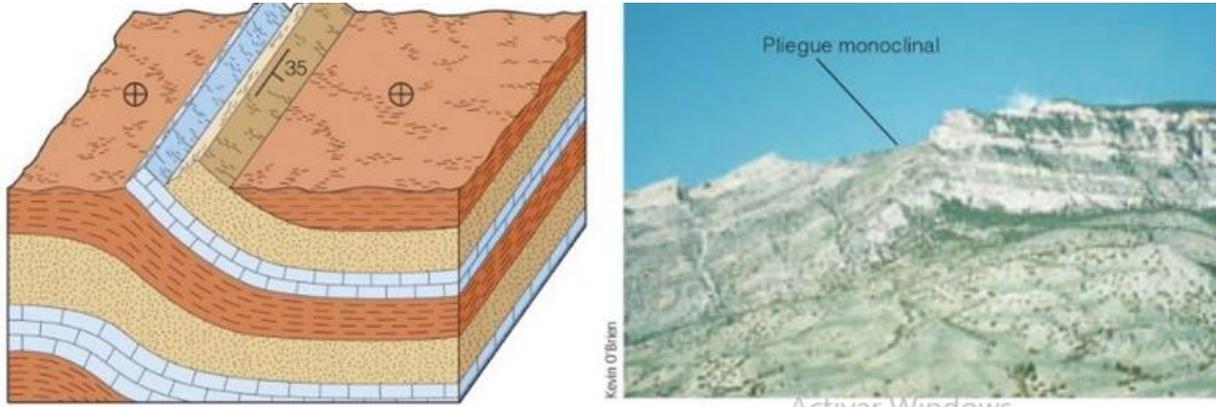


Figura 3 Las estructuras geológicas conocidas como pliegues, en las que los rasgos planos. A). Un pliegue monoclinal. Observemos el símbolo de dirección y buzamiento y la cruz en un círculo, que es el símbolo de las capas horizontales B). Un pliegue

Fuente: (Monroe, Pozo, Wicander, 2008)

#### 4.2.5.2 Pliegues anticlinales y sinclinales.

Según (Monroe, et al. 2008), un pliegue anticlinal es un pliegue arqueado convexo ascendente con las capas de roca más antigua en su núcleo mientras que un pliegue sinclinal es un pliegue arqueado o cóncavo descendente en el que las capas más jóvenes están en su núcleo.

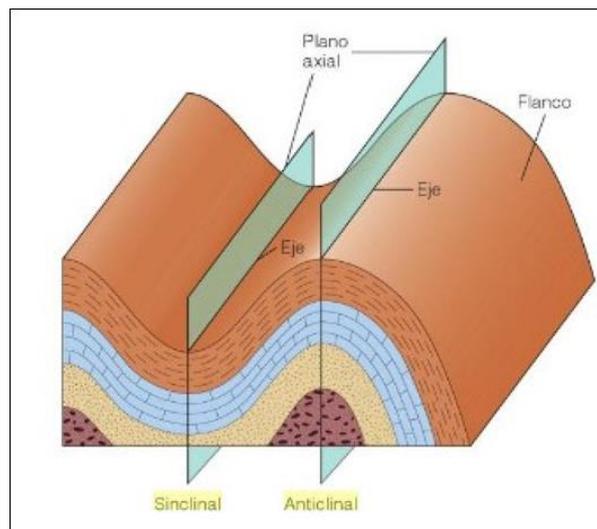


Figura 4 Pliegue anticlinal y sinclinal.

Fuente: Monroe et al. (2008)

#### 4.2.6 Fallas

Es una fractura, generalmente plana, en el terreno a lo largo de la cual se han deslizado los

dos bloques el uno respecto al otro. Las fallas se producen por esfuerzos tectónicos, incluida la gravedad y empujes horizontales, actuantes en la corteza. La zona de ruptura tiene una superficie ampliamente bien definida denominada plano de falla, aunque puede hablarse de banda de falla cuando la fractura y la deformación asociada tienen una cierta anchura<sup>2</sup>.

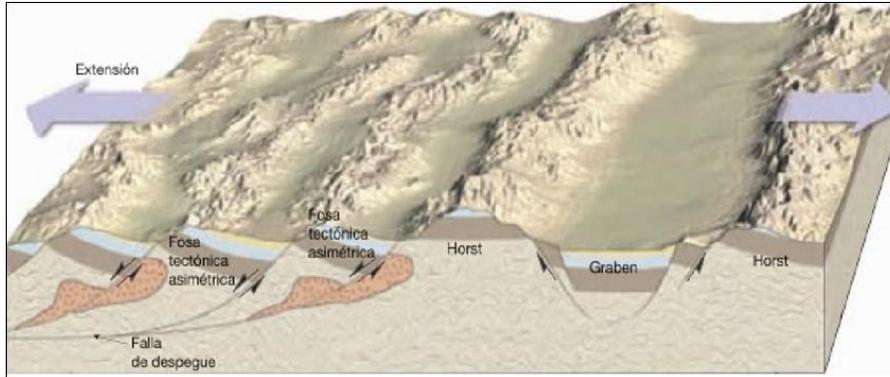


Figura 5 Fracturación normal de la provincia Basin and Range. Aquí, los esfuerzos tensionales han alargado y fracturado la corteza en numerosos bloques  
 Fuente: Tarbuck, E. & Lutgens, F (2005)

#### 4.2.6.1 Tipos de Fallas

Segun. (Monrroe, al et. 2008). La mayoría de fallas se encuentran en los tres tipos principales de bordes de placa: convergente, divergente y transformante, según estos autores las fallas se dividen en tres tipologías diferentes.

##### a) Falla Normal

Según Tarbuck, E. & Lutgens, F., 2005, una falla normal se produce cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación al bloque de muro como se observa en la figura 6, según este autor las fallas normales tienen buzamientos de 60°, y que tiene a disminuir con la profundidad.

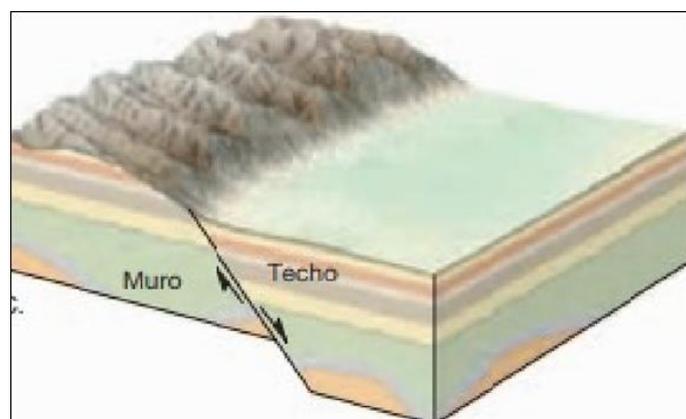


Figura 6 Falla normal  
 Fuente: Tarbuck, E. & Lutgens, F (2005)

<sup>2</sup> Anguita, F. y Moreno, F. (1991). «Tectónica». Procesos geológicos internos. Editorial Rueda. pp. 103-137. ISBN 84-7207-063-8.

### b) Falla inversa

Las fallas inversas y los cabalgamientos son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro (Figura 7). Recordemos que las fallas inversas tienen buzamientos superiores a  $45^\circ$  y que los cabalgamientos tienen buzamientos inferiores a  $45^\circ$ . Dado que el bloque de techo se mueve hacia arriba y sobre el bloque de muro, las fallas inversas y los cabalgamientos reflejan un acortamiento de la corteza<sup>3</sup>.

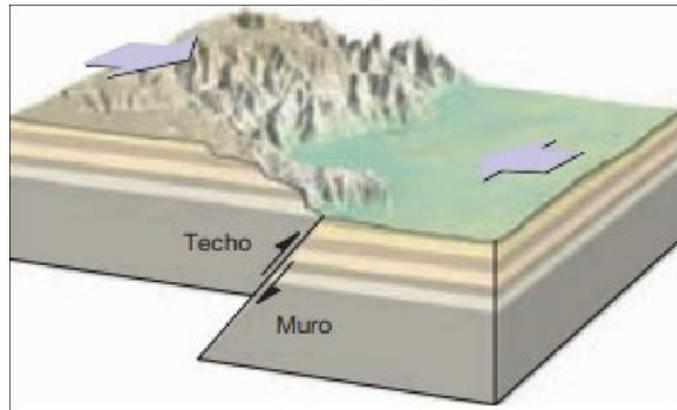


Figura 7 Falla Inversa  
 Fuente: Tarbuck, E. & Lutgens, F (2005)

### c) Fallas de desplazamiento horizontal

Muchas grandes fallas de desplazamiento horizontal atraviesan la litosfera y acomodan el movimiento entre dos grandes placas de corteza. Recordemos que este tipo especial de falla direccional se denomina falla transformante (trans=a través; forma forma). Numerosas fallas transformantes cortan la litosfera oceánica y conectan las dorsales oceánicas. Otras acomodan el desplazamiento entre placas continentales que se mueven en sentido horizontal una con respecto a la otra<sup>4</sup>.

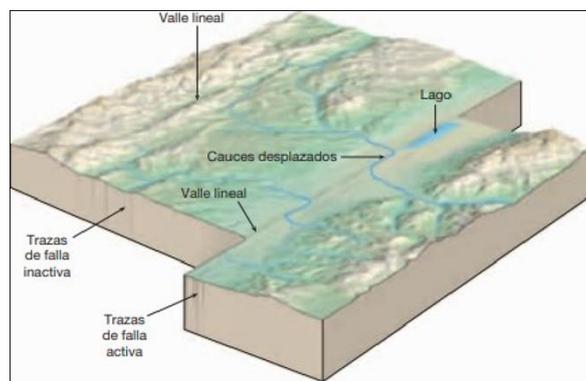


Figura 8 Bloque diagrama que ilustra las estructuras asociadas con las fallas con desplazamiento horizontal.  
 Fuente: Tarbuck, E. & Lutgens, F (2005)

<sup>3</sup> Tarbuck, E. & Lutgens, F, 2005 Ciencias de la tierra Introducción a la Geología física, octava edición. pág. 299.

<sup>4</sup> Tarbuck, E. & Lutgens, F, 2005 Ciencias de la tierra Introducción a la Geología física, octava edición. pág. 301.

#### 4.2.7 Diaclasas.

Según Tarbuck, E. & Lutgens, F., (2005), Las diaclasas son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos.

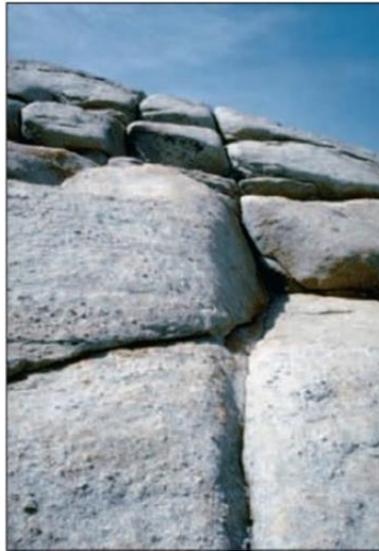


Figura 9 Sistema de dos familias de diaclasas conjugadas, diaclasas en las rocas graníticas de la parte superior del domo Lember.

Fuente: Tarbuck, E. & Lutgens, F (2005)

### 4.3 Estratigrafía.

Según Inmaculada C, et al. (1977), las concepciones han variado a lo largo de la historia debido a que cada vez se descubren nuevos datos, nuevos métodos de estudio, entre otros, por ello estos autores definen la estratigrafía como el estudio e interpretación de los procesos registrados en las sucesiones sedimentarias, que van a permitir, además de conocer la naturaleza y disposición de las rocas estratificadas, la correlación de materiales como los sucesos y una orientación temporal correcta de la secuencia de materiales y procesos.

La Estratigrafía puede definirse como el estudio de las sucesiones de roca y la correlación de eventos y procesos geológicos en tiempo y espacio (Koutsoukos, 2005).

#### 4.3.1 Principios de relación Estratigráfica

- a) **Principio del uniformismo o actualismo:** en la obra Estratigrafía de Inmaculada C, et al. (1977) se menciona que según el uniformismo las leyes y procesos naturales han permanecido uniformes a lo largo del tiempo geológico, el actualismo refiere a los fenómenos que hoy están actuando han producido los mismos efectos que el pasado.
- b) **Principio de la sucesión de eventos:** Todo acontecimiento que afecte a las rocas es posterior a las mismas. Así una falla o un dique es posterior a la roca afectada.

- c) **Principio de la superposición de estratos:** Fue Steno (1669) el primero en observar el hecho de que, en una serie estratigráfica, el orden de superposición de capas es el mismo de su depósito, es decir toda capa superpuesta a otra es más moderna que aquella <sup>5</sup>
- d) **Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos:** Los estratos se depositan siempre de forma horizontal o subhorizontal y están limitados por dos planos que muestran continuidad lateral. Los estratos tienen la misma edad a lo largo de toda su extensión horizontal y permanecerán horizontales si no actúa ninguna fuerza sobre ellos.



Figura 10 Aplicación del principio de la superposición de los estratos.  
Fuente: Tarbuck y Lutgens (2005).

- e) **Principio de sucesión faunística o de la correlación:** Inmaculada et al, (1977) mencionan que los grupos de organismos fósiles no se distribuyen de manera casual o al azar, más bien se desarrollan en un orden determinado por el tiempo, cada grupo de capas litológicas pueden reconocerse por contenido biológico o en otras palabras las capas con mismo contenido fosilífero se les atribuye la misma edad.

---

<sup>5</sup> Inmaculada C, Juan R, Luis T, Juan A, Lorenzo Vilas. (1977), Estratigrafía, Pag 3.



necesariamente atraviesa por todas las etapas, ya que el ciclo puede ser interrumpido por movimientos tectónicos. El ciclo completo requiere de varias decenas de millones de años y las distintas etapas no son de igual duración<sup>6</sup>.

## **4.5 Mineralogía**

Según Hurburt y Cornelis (1982) la mineralogía es el estudio de las sustancias cristalinas que se encuentran en la naturaleza es decir los minerales, todo el mundo está familiarizado con los minerales, ya que estos se encuentran presentes en las rocas de las montañas, en la arena de la playa y en el suelo de nuestro jardín. Menos conocidos, pero también constituidos por minerales son los meteoritos. Un conocimiento como que son los minerales y donde se encuentran es básico para la comprensión de los minerales que son responsables de la tecnología actual. Todos los artículos inorgánicos que se comercializan si no son minerales son de origen mineral.

### **4.5.1 Mineralogía descriptiva**

Es aquella parte de la mineralogía general que describe las características físicas como químicas y otras particularidades de cada uno de los minerales, previa clasificación.

Para que un mineral pueda ser identificado, es necesario describir sus características tales como cristalografía, propiedades físicas (exfoliación, color, dureza, raya, tenacidad, brillo, fractura) y propiedades químicas.

Casi todas las rocas ígneas están compuestas principalmente por minerales silicáticos: feldespatos, feldespatoides, cuarzo, moscovita, biotita, hornblenda, piroxenos y olivino. De estos los cuatro primeros son minerales félsicos (de álcali - calcio + sílice) y los restantes son minerales máficos (de magnesio - férrico y ferroso + sílice). Generalmente, el término félsico se refiere a los silicatos de colores claros, mientras que los máficos se refieren a los silicatos de colores oscuros. Adicionalmente a estos minerales principales, hay minerales presentes en pequeñas cantidades, representados entre otros por, apatito, zircón, titanita, epidota y monacita, junto a óxidos, sulfuros y productos de alteración como cloritas, epidota y arcillas.

Le Maitre (2002), para clasificar una roca ígnea en base a su moda, se utilizan diagramas ternarios en los que se representan los contenidos de minerales primarios (no se utilizan los secundarios, formados después de la cristalización del magma).

---

<sup>6</sup> Santiago J, E. (2014). "Definición de Geomorfología"

Se utilizan los siguientes parámetros:

- Q: Polimorfos de SiO<sub>2</sub> (típicamente cuarzo, aunque también tridimita y cristobalita en algunas rocas ígneas cristalizadas a altas temperaturas).
- A: Feldespato alcalino, incluyendo feldespato potásico (sanidina, ortosa y/o microclina) y albita (término de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 0 y 5 %).
- P: Plagioclasa (todos los términos de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 95 y 100 %) y escapolita.
- F: Feldespatoides (leucita, pseudoleucita, nefelina, analcima, sodalita, noseana, kalsilita, haiiyana, cancrinita).
- M: Minerales máficos (micas, anfíboles, piroxenos, olivino), minerales opacos en luz transmitida (magnetita, ilmenita), epidota, allanita, granate, melilita, monticellita, carbonatos primarios y accesorios (circón, apatito, titanita, etc).

Existen diferentes gráficas que permitirán clasificar el tipo de roca ígnea dependiendo de la cantidad de minerales presentes en las mismas.

#### **4.6 Mapa geológico.**

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de unidades geológicas que afloran en la superficie terrestre, así como de sus respectivos contactos (Martín et al., 2010).

El mapa geológico, es la representación espacial de litologías diferentes sobre un mapa topográfico, normalmente se usan colores y símbolos para representar los diferentes tipos y edades de las rocas, así mismo se usa símbolos para representar contactos, fallas, dirección de buzamiento de estructuras de mayor interés, y tipos de estructuras (anticlinal, sinclinal, monoclinal).

##### **4.6.1 Corte Geológico.**

(Martín et al., 2010) menciona que es la interpretación gráfica, en un plano vertical, de la estructura geológica del subsuelo. Para construirlo hace falta situar sobre un perfil topográfico, los datos geológicos que se observan sobre el mapa a lo largo de la sección considerada: los tipos de roca, el buzamiento (dirección y ángulo de inclinación), la potencia (es decir, el espesor

de las capas), los tipos de contacto, las estructuras tectónicas, así como toda aquella información que se disponga referente al subsuelo (pozos petrolíferos, perfiles sísmicos, entre otras).

#### **4.6.2 Mapeo Geológico.**

El mapeo geológico es el proceso de transferir las observaciones de la geología realizadas en el campo de las rocas y sus estructuras, mostrando como tal los datos observados positivamente como lo interpretado. Ayala, (2016) menciona que el mapeo es plasmar las características físicas de la naturaleza sobre un formato entendible utilizando el papel o cualquier medio digital, asimismo según el Servicio geológico de los estados unidos (SUGS) estipula que el mapeo geológico es útil para conocer sobre peligros geológicos, recursos minerales y acuíferos subterráneos presentes en un sitio objeto de estudio.

#### **4.6.3 Métodos de mapeo geológico.**

Según (Echeveste, 2017) menciona que tradicionalmente se han dividido los métodos de mapeo geológico en los siguientes:

##### **4.6.3.1 Mapeo de contactos.**

La ubicación de contactos entre unidades litológicas o formaciones constituye el objeto principal del levantamiento geológico. El mapeo de contactos es el método empleado en los mapeos regionales, de escala pequeña a intermedia, 1:20.000 y más pequeña; consiste en volcar en el mapa la traza de los contactos entre las distintas unidades de mapeo en su intersección con la superficie topográfica.

##### **4.6.3.2 Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos.**

El mapeo de afloramientos es la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escala 1:10.000 y más grande. Muchos terrenos están compuestos de exposiciones de rocas más o menos dispersas separadas por zonas cubiertas por depósitos superficiales, vegetación, hielo, agua, etcétera. En este método, el geólogo debe examinar tantas exposiciones como sea posible. La extensión de cada afloramiento, o el grupo de afloramientos, se indica en el mapa de campo con el lápiz de color apropiado para ese tipo de roca o formación.

##### **4.6.3.3 Mapeo por perfiles.**

Se suele adoptar este método para el mapeo de reconocimiento de grandes regiones, a escalas relativamente pequeñas (1:250.000 a 1:50.000). También suele ser el único método posible donde las exposiciones de las rocas están restringidas a cortes de carreteras, arroyos o filos. Es

un método apropiado en zonas donde la estructura no es muy compleja y adecuado para llevar un buen control de la densidad de las observaciones.

De los métodos antes expuesto el mapeo por afloramientos es el que correspondería realizar en la zona de estudio.

#### **4.6.3.4 Mapeo litológico:**

##### **a) Mapeo por material suelto**

En este caso los pocos afloramientos que existen son de alto valor. Con las informaciones de estos afloramientos (cortes de carreteras, canteras, minas, riberas de ríos, acantilados, excavaciones profundas, perforaciones) y la ayuda de bloques sueltos, de la morfología y de la vegetación se puede interpolar las informaciones.

##### **b) Mapeo por morfología**

La idea principal es, que cada roca o estrato tiene su propia resistencia contra la erosión y meteorización. Estratos duros forman lomos con pendientes fuertes, estratos blandos muestran pendientes suaves o producen depresiones, valles o quebradas. Además, se puede determinar la manera del desgaste: Estratos duros producen mares de bloques del tamaño grande; estratos blandos producen partículas más finas o un polvo. Igualmente, muchas fallas tectónicas se pueden manifestar por la dirección de una quebrada o un valle, pero mejor sería verificar estas conclusiones en el afloramiento.

##### **c) Mapeo en regiones cubiertas de vegetación**

La idea es, que cada tipo de rocas permite el crecimiento de un conjunto de plantas especiales. En la naturaleza se observa entonces un cambio de la vegetación brusco arriba de un límite litológico. Este método de mapeo "indirecto" solo funciona en conjunto de informaciones litológicas directas. Entonces se necesita un afloramiento que indica el cambio litológico y se nota las diferencias de la vegetación.

#### **4.6.3.5 Mapeo Estructural.**

Según Ayala (2016), el mapeo estructural se basa en la observación, identificación, medición, ploteo, procesamiento, análisis e interpretación de datos provenientes del mapeo Geológico. W. Griem (2015), propone un procedimiento para realizar un levantamiento estructural el cual consta de los siguientes pasos:

- Conocimiento de la orientación de los planos geológicos. Se usan la brújula para medir los planos.
- Identificación y clasificación de los planos geológicos: Estratificación - Diaclasas – Fallas.
- Descripción de los planos y fracturas (foliaciones).
- Análisis estadística de las foliaciones (Red de Schmidt / Roseta)
- Entender la cronología de la formación de las fracturas.
- Fines especiales (aquí se divide según el objetivo: Levantamiento general, cinemático o geotécnico).

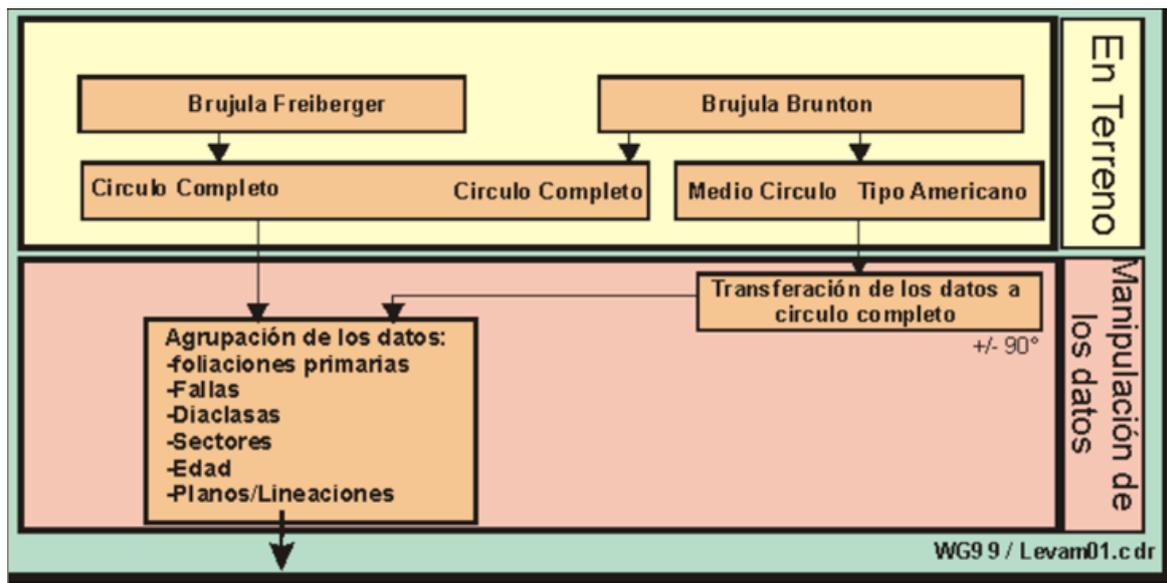


Figura 12 Diagrama de flujo para un levantamiento.  
Fuente: W. Griem (2015)

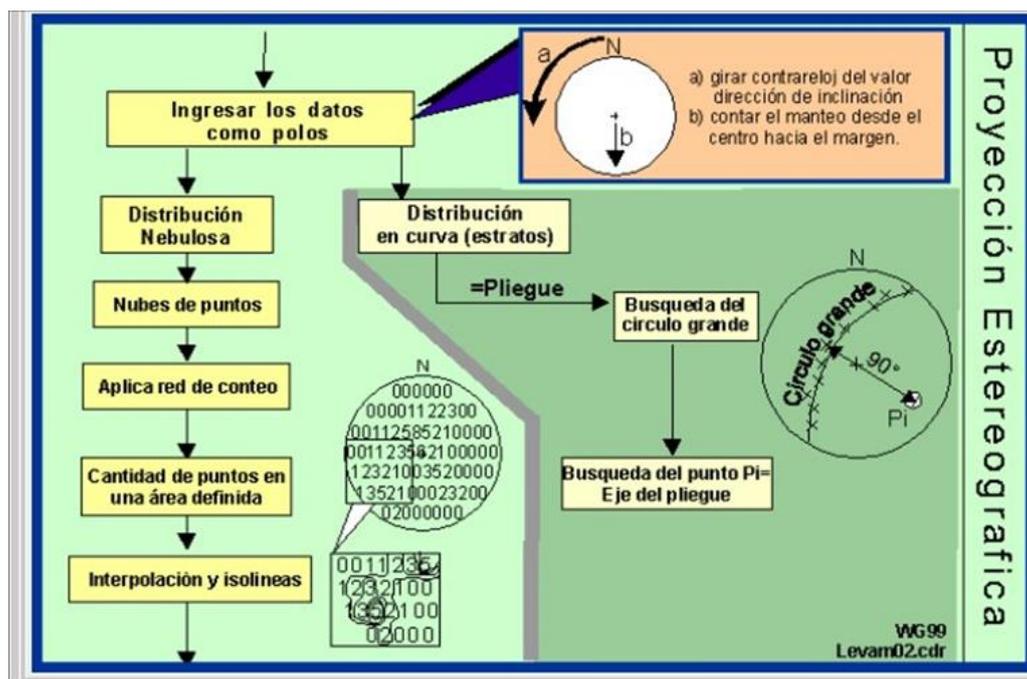


Figura 13 Uso de proyección estereográfica.  
Fuente: W. Griem (2015)

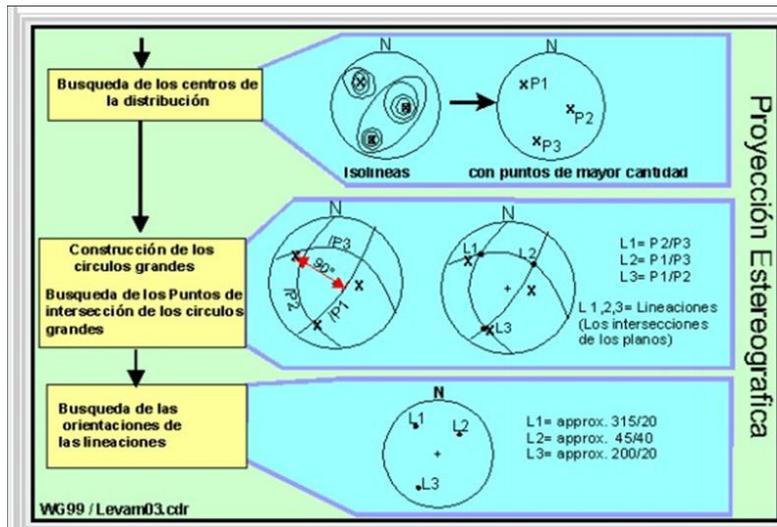


Figura 14 Círculos máximos.  
 Fuente: W. Griem (2015).

## 4.7 Software y herramientas.

### 4.7.1 ARCGIS

Según el Portal Esri de los creadores del programa se menciona que ArcGIS es un completo sistema de información geográfica que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

Dentro del campo de la geología ArcGIS nos permite representar información obtenida en campo sobre una base cartográfica, además posee herramientas que simplifican métodos algebraicos y matemáticos a segundos, mientras que si se lo haría manualmente son procesos que toman varios días.

### 4.7.2 Avenza Maps

Según el portal web del programador Avenza Maps se trata de un potente visor de mapas sin conexión ligado a una Map Store donde encontrar, comprar y descargar mapas profesionales con diversos fines como senderismo, ciclismo, camping, ocio al aire libre o viajes de aventura<sup>7</sup>.

Su mecanismo de funcionamiento está basado en una geo-data base, sistema de coordenadas, enlazado a un mapa con un sistema de coordenadas, y geolocaliza la ubicación gps del

<sup>7</sup> Avenzamaps.com consultado el 26/03/2021

dispositivo móvil con un margen de error mínimo de 1m.

### **4.7.3 DIPS 7.0**

Dips está diseñado para el análisis interactivo de datos geológicos basados en la orientación. El programa es capaz de muchas aplicaciones y está diseñado para el usuario novato u ocasional, y para el usuario consumado de Proyección estereográfica que desea utilizar herramientas más avanzadas en el análisis de datos geológicos<sup>8</sup>.

## **4.8 Estudios previos**

En el área de estudio no se han realizado investigaciones geológicas a la escala que se pretende detallar, pero, se ha recopilado información de investigaciones geológicas regionales en sectores cercanos al área de estudio. Entre las referencias generales de la geología del Ecuador se mencionan autores como Wolf (1892), Tschopp (1948,1953) y Sauer (1957,1965). El primer mapeo geológico del Ecuador fue realizado a escala 1:1 000 000 en 1969, específicamente para base de estudios petroleros.

Para el año 1974 la DDGM (Dirección General de Geología y Minas) basados en los estudios de Kennerley presentan la hoja geológica Macará, definiendo las formaciones geológicas ampliamente y a escala muy general, correspondiendo al área de estudio según este autor la formación Sacapalca, con variaciones litológicas de tobas riolíticas y andesita basáltica; se les atribuye la era del Mesozoico y el periodo del cretácico superior (72Ma – 100Ma).

Años posteriores Jaillard, et al. (1996), aportan el estudio “Evolución sedimentaria y tectónica de la zona del arco del suroeste de Ecuador durante el Cretácico tardío y el Terciario temprano”. Además, Hungerbuhler (1997), realiza su aporte mediante el estudio “Tertiary basins in the Andes of southern Ecuador: sedymentary evolution, deformation and regional tectonic implications.” lo que en español se traduce como "Cuencas terciarias en los Andes del sur de Ecuador: evolución sedimentaria, deformación e implicaciones tectónicas regionales”.

Eguez y Poma en el año 2001, presentan el estudio “La cuenca Alamor- Lancones en el contexto geodinámico de los Andes de Huancabamba

El INIGEMM en trabajo conjunto con el INGEMMET, colaboran entre los años 2003 al 2007 en la elaboración de un mapa binacional Ecuador-Perú aportando así más datos para a

---

<sup>8</sup> Rocks Science, Graphical & Statistical Analysis of Orientation Data, consultado el 26/03/2021

actualización de mapas geológicos.

Pilatasig, et al. 2005 presentan la obra “Geología del Ecuador y Perú entre 3°S y 6°S, para el proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas”, en donde participaron conjuntamente Ecuador, Canadá y Perú.

En el año 2012 Rodríguez, Villarreal, Valencia, y Sánchez presentan el estudio “Metalogenia, Geología Económica, y Potencial Minero de la Deflexión de Huancabamba al noroeste del Perú, el año siguiente en el 2013 Ibadango, et al, aportan una Memoria Técnica hoja Geológica Cariamanga, para el proyecto “Modelo Piloto para la determinación del Potencial geológico-mineralógico, de las Zonas Zaruma y Cariamanga a escala 1:100000”.

Con la información de todos los estudios mencionados anteriormente se procede a realizar la actualización de los mapas geológicos por parte del INIGEMM, obteniendo los mapas Geológicos Macara y las Aradas a escala 1:100000 al primero le corresponde aproximadamente del 90% del área de estudio, se publicaron en el año 2017 añadiendo todos los datos de los estudios mencionados y que dichos mapas sirvieron de base para la actualización geológica a escala 1:10000 en el presente estudio.

## 5. Metodología.

### 5.1 Materiales

Los materiales empleados para el desarrollo del proyecto se detallan en una sub clasificación de materiales de campo y de oficina:

Tabla 1 Materiales de campo

MATERIALES DE CAMPO	
- Pinturas, marcadores y bolígrafos.	- GPS Garmin Montana 650
- Navaja y ácido clorhídrico al 10%	- Ácido Cítrico
- Martillo geológico	- Libreta de campo
- Fundas Ziploc y etiquetas de muestreo.	- Lupa 10X-20X
- Brújula marca Brunton	- Equipo personal para campo (chaleco, zapatos, botas de caucho).
	- Mapa geológico de las Aradas y Macará 1:100000 (2017)

Tabla 2 Materiales de Oficina

MATERIALES DE OFICINA	
- Impresora	- Copiadora
- Computadora	- Ácido Cítrico, ácido clorhídrico.
- Software (ArcGIS 10.5, Google Earth, Bings Maps, Avenza Maps, Dips 5.0)	- Software (Excel 2016, Word 2016)

### 5.2 Metodología

Para la elaboración del presente proyecto se utilizó el método científico específicamente en este estudio se ha tomado como guía la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) 2017 actualmente IIGE; y consta de algunas etapas:

1. Fase de preparación.
2. Fase de campo.
3. Fase de gabinete.
4. Fase de resultados.

#### 5.2.1 Fase de Preparación.

Para la ejecución de este proyecto, se recopilaron todos los datos existentes y antecedentes de la zona de estudio, como el apartado de Geología en los PDOT del cantón Calvas (2018) y el PDOT de la parroquia Sanguillín (2019), se procesó los datos topográficos en ArcGIS 10.5 a partir del DEM obtenido del SIGTIERRAS a 5 metros de resolución, se usó las cartas geológicas de las Aradas y Macará propuestas por el INIGEMM en el 2017 a escala 1:50000,

se georreferenció los mapas mediante el software ArcGIS 10.5 y se digitalizó la información obteniendo un mapa preliminar de la zona de estudio para tener mejores referencias y orientación en campo.

Mediante el uso de ortofotos obtenidas del SASPlanet, e imágenes satelitales proporcionadas por los softwares Bing maps (alta resolución), Google Earth, el Earth Explorer de la Nasa, Data SIO, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Data LDEO-COLUMBIA, NFS, NOAA, Lansat/Copernicus, se identificó estructuras geológicas, redes de drenaje y su distribución espacial, además de facilitar la foto interpretación y planificación para la fase de campo.

Las imágenes satelitales, permitieron identificar la forma de las redes de drenaje mediante la digitalización y se pudo identificar y obtener el rumbo general de las principales estructuras, lo que permitió tener una mejor orientación y referencias en el campo para su mapeo.

En esta fase también se mantuvo una socialización del proyecto con el GAD Parroquial de Sanguillín, y con la comunidad ya que la mayoría del área de estudio son propiedades privadas y de esta forma se obtuvo los permisos respectivos para acceder a las diferentes zonas. A continuación, se describe un diagrama del método usado en la fase de preparación.

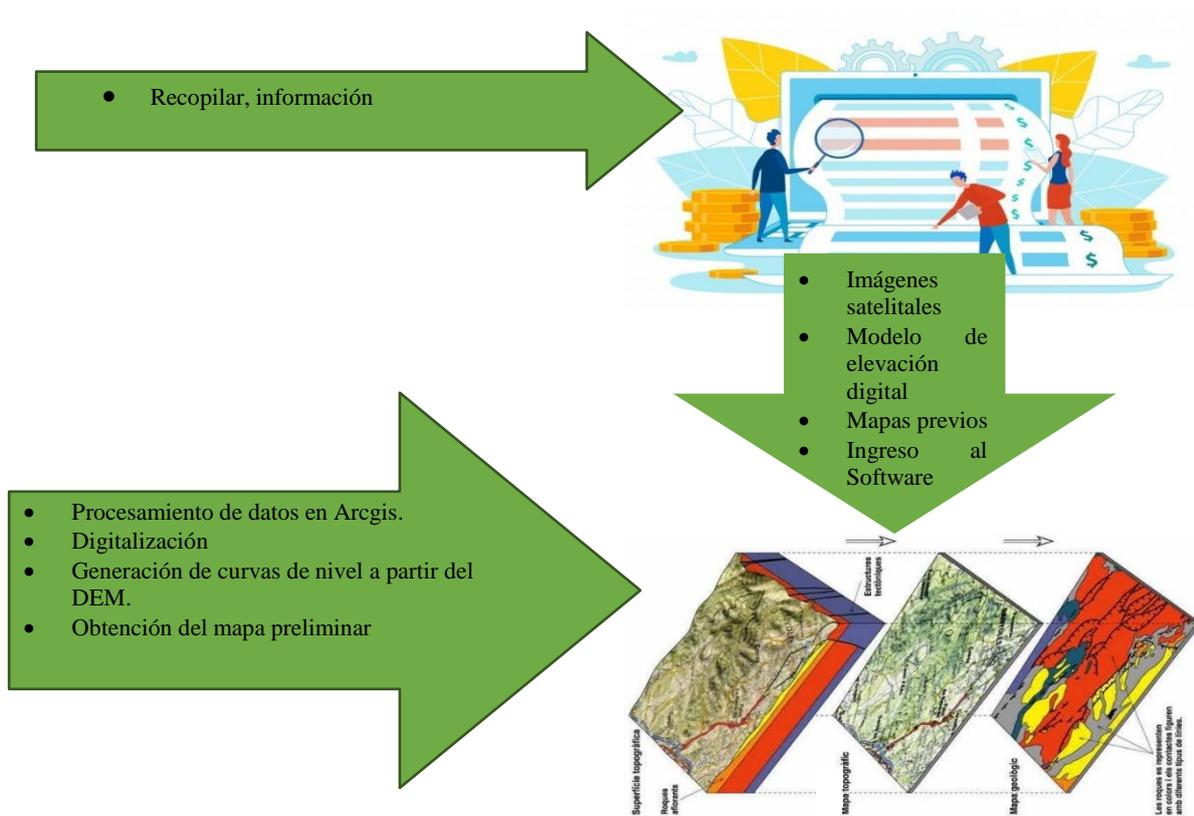


Figura 15 Esquema de la fase de preparación

### **5.2.2 Fase de campo.**

En esta fase se mapeo 180 afloramientos a lo largo de la vía que conecta Chullafaique-San Joaquín-Camayos y Sanguillin, además por caminos de herradura y zonas descubiertas, por origen antrópico u origen natural, en esta vía se puede diferenciar algunos tipos de litologías mencionadas en el mapa geológico preliminar, añadido a ello también se mapeó las zonas que han sido descubiertas ya sea por medios naturales o antrópicos dejando expuestas las rocas.

La cartografía escala 1:10000 según el INIGEMM basa sus datos en el mapeo por afloramientos, es por eso que el levantamiento en campo tomo un tiempo de dos meses debido a los largos recorridos, diferencias de altura y la presencia de una espesa y densa vegetación.

Se recopiló información, se identificó algunas zonas de contacto mediante ortofotos y siguiendo los patrones como las redes de drenaje, y se logró establecer las zonas de contacto , se identificó la presencia de dos fallas dentro de los límites del área de estudio mediante fotointerpretación y posteriormente se corroboró en campo mediante puntos de control, se diferenció algunos tipos de rocas y para una mejor organización se usaron fichas de campo donde se recopiló toda la información, esquemas, gráficos, datos geográficos y espaciales, datos geológicos y estructurales. Se validó las Unidades Litológicas y estructuras mayores descritas a nivel regional en las cartas Geológicas Macará y las Aradas.

Mediante el uso de la aplicación Avenza Maps se facilitó la ubicación en campo; y recolección de datos, se encontraron zonas de interés geológico como fallas, diaclasas, contactos y se midió las estructuras con la brújula brunton y se obtuvo los datos espaciales en el campo como: rumbo, dirección de buzamiento, y buzamiento, se correlacionó todos los datos obtenidos con los propuestos en las cartas geológicas existentes de zona y se denotaron las respectivas diferencias mediante el uso del software DIPS 7 se generó un modelo estereográfico con los datos estructurales de la zona.

Los 180 puntos de control se encuentran representados en el mapa de afloramientos y se recogieron 25 muestras representativas de roca, se tomaron fotografías y se recogió datos estructurales. Para describir los afloramientos se tomó como guía el formato propuesto por el INIGEMM, que fue modificado según el ambiente ígneo de la zona de estudio.

Se recogió 25 muestras representativas del área de estudio y que definen los diferentes tipos de litología encontrados en la zona, se analizó e identificó las rocas mediante, análisis de gabinete, observación macroscópica de los minerales presentes en la roca, y se signó un nombre

a sus minerales.

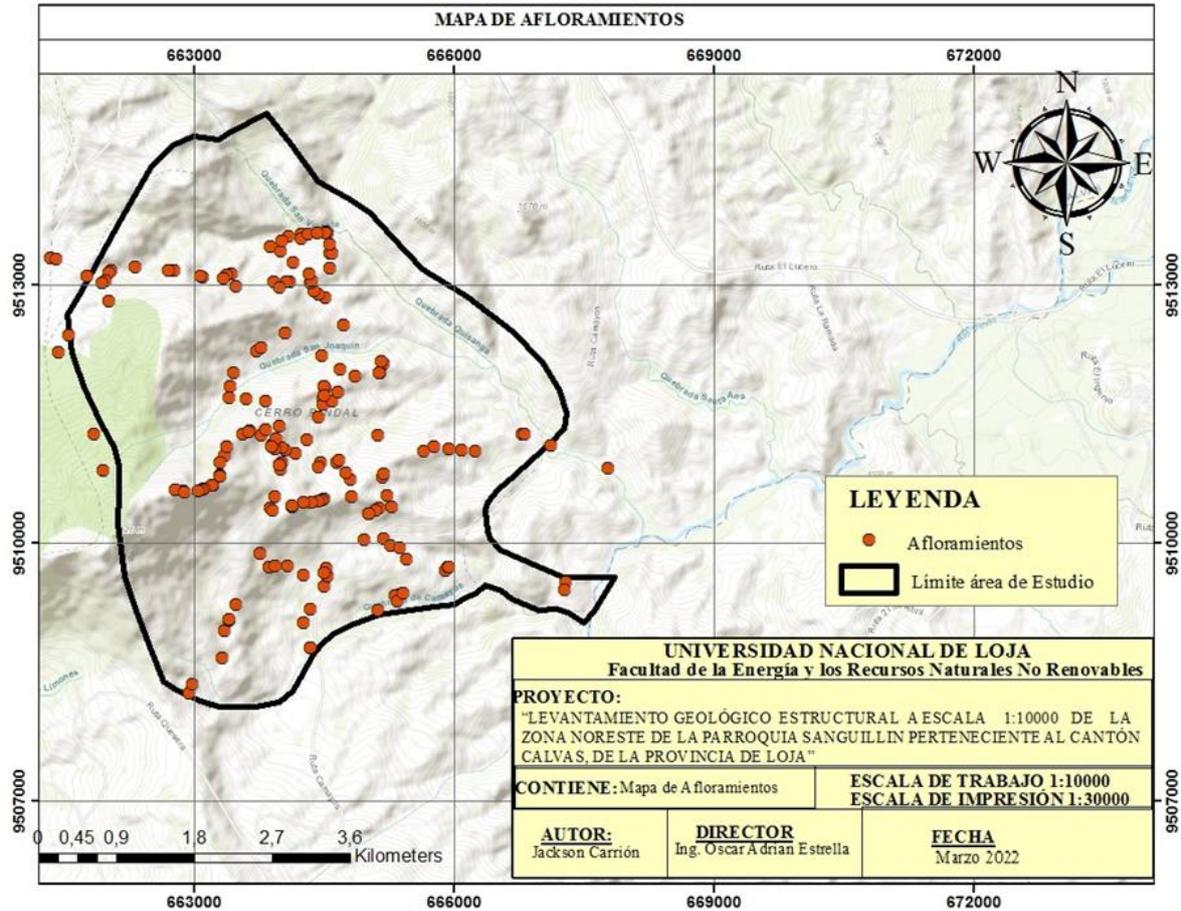


Figura 16 Mapa de afloramientos

Las muestras fueron codificadas tomando como referencia el modelo del INIGEMM, donde propone usar las siglas del proyecto **LGS** (Levantamiento Geológico de Sanguillín), seguido por un espacio las iniciales del nombre del recolector **JC**, (Jackson Carrión) y finalmente el número de muestra **001** y la inicial de la roca **I** (ígneas), finalmente obtendríamos el siguiente nombre **LGS--JC—001-I**.

Tabla 3 Ficha para descripción de afloramientos.

<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b>			
Responsable:		Afloramiento N°	
Muestra:			
<b>UBICACION</b>			
Provincia:		Cantón:	
		Parroquia:	
<b>CROQUIS:</b>		Sector	
		Localización	X:            Y:
		Datum	WGS 84
		Tipo de Afloramiento	
		Natural	
		Antrópico	
		Medidas	
		Largo:	12,20 m

		<b>Ancho:</b>	3,00 m
<b>TIPO DE MATERIAL</b>			
<b>Ambiente:</b>	Ígneo ( )	Metamórfico ( )	Sedimentario ( )
<b>Tipo de Roca</b>	Plutónica (i)		Volcánica (e)
<b>Meteorización</b>	Media-alta		
<b>Datos estructurales</b>			
<b>DESCRIPCION</b>			
<b>FOTOGRAFIA</b>			

Fuente: INIGEMM (2018)

### 5.2.3 Fase de Gabinete.

Las rocas muestreadas se interpretaron por métodos macroscópicos la mayoría de estas rocas poseen textura porfirítica con minerales observables además todas son rocas ígneas y su textura porfirítica y fanerítica facilitó su reconocimiento, este proceso se realizó observando y analizando las muestras de roca, se identificó el tamaño de grano, su color, su textura, su dureza tomando como referencia la escala propuesta por Mohs se estableció el porcentaje de fenocristales y de matriz, se determinó los tipos de alteración, y tomando como guía el libro Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas (2015), del autor español Antonio Castro Dorado, poniendo especial énfasis en los capítulos 3. Minerales formadores de rocas 4. Cristalización de Rocas Igneas, 7. Rocas Volcanicas y subvolcánicas, texturas y clasificación, además se usó la información complementaria propuesta por el INIGEMM en las cartas geológicas Macará y las Aradas.

Tabla 4 Ficha para descripción de Rocas.

<b>FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS</b>			
Responsable:		N° Ficha	
Tipo de la muestra:		Código de la muestra	
<b>FOTOGRAFÍA:</b>	<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>		
	<i>Características de los componentes</i>		
	Color		
	Textura		
	Estructura		
	Tamaño del grano		
	Forma de los clastos		
	% Fenocristales		
	% matriz		
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)</b>	
Ubicación geográfica (Prov/Cantón/Parroquia):		X	

Acceso al lugar:		Y	
<b>DATOS ESTRUCTURALES</b>		<b>CONTENIDO DE MINERALES</b>	
		Minerales Principales	
		Minerales accesorio	
		Mineralización	
<b>Análisis de Laboratorio:</b>  <b>delgada:</b>		Grado de meteorización	
		Tipo de alteración	
		Nombre de la roca	

Fuente: INIGEMM (2018)

### 5.2.4 Fase de resultados

En esta fase se procedió a analizar y tratar todos los datos en el software ArcGIS 10.5, donde se elaboró un shape de afloramientos de todos los puntos de control etiquetándolos con el nombre de las rocas a las que corresponde cada coordenada, además se etiqueto los puntos de las diaclasas y vetillas, contactos y fallas con sus respectivas direcciones de buzamiento y se las represento en el mapa geológico, se georreferenció estos puntos dentro del polígono del área de estudio y se procedió a digitalizar los diferentes tipos de litología, se usó como apoyo ortofotos desde el SASPlanet a una escala 1:3000, las ortofotos poseen una resolución de 1.5m para llevar ese dato a escala se multiplica por 2 y posteriormente por 1000 es decir: resolución \* 2 \* 1000 = escala de la ortofoto, las que permiten realizar diferentes tipos de zoom en la imagen satelital permitiendo observar un gran número de detalles, se identificó 2 fallas las cuales fueron validadas en campo, también las formas de las redes de drenaje junto con la información levantada en campo permitieron establecer zonas de contacto entre litologías diferentes, además se usó como apoyo el mapa de pendientes que guarda una estrecha relación con zonas de erosión y meteorización, cabe recalcar que la densa vegetación y las pendientes abruptas del área de estudio no permitieron el acceso a varios puntos, resultando imposible datar ciertos lugares, razón por la cual se estudió y se recogió el mayor número de datos, fotografías y muestra posibles, a fin de establecer los factores geológicos que incidieron en las zonas accesibles para poder predecir y establecer la disposición de las rocas en las zonas no accesibles, los datos del clima juegan un papel muy importante en los procesos de erosión y meteorización y evolución del relieve de un paisaje, permitieron establecer y predecir mejores modelos de depositación, y arrastre de materiales, permitiendo conocer su depositación en la superficie, se elaboró un shape para cada tipo de litología muestreado y se representó en el mapa geológico.

Se determinaron cuatro tipos de unidades geológicas diferentes, para nombrarlas se tomó en cuenta primero su edad seguido de las primeras dos iniciales del nombre de la unidad geológica, en ese sentido se nombró a la unidad **Changaimina** del mapa geológico con las siglas **PCCh**, dónde la letra **P** hace referencia a que esta unidad pertenece al plioceno y la **C** y la **h** a su nombre Changaimina. la Unidad el ingenio se nombró con las siguientes siglas **M?Ei** dónde la **M** hace referencia al **mioceno** mientras que el signo de pregunta **?** se refiere a que no sea datado la edad de esta unidad geológica con métodos radiométricos directos solo se la correlacionado con otras unidades que afloran en otras áreas de las hojas geológicas del Ecuador mientras que la **E** y la **i** hacen referencia a El Ingenio. Para nombrar la unidad geológica Ahuaca se utilizó las siglas **MAh** dónde la **M** significa mioceno y la **A** y la **h** Ahuaca, y para nombrar los depósitos aluviales del cuaternario se usó las siglas **Qco**, dónde la **Q** significa cuaternario por sus nombres en inglés y la **c** y la **o** coluvios. Para establecer los contactos entre estas unidades geológicas se tomó en cuenta lineamientos como las redes de drenaje, análisis de ortofotos de la zona y posterior corroboración en campo mediante puntos de control, siendo así se determinó la zona de contacto entre la unidad Ahuaca y la unidad Changaimina, por otro lado se identificó algunas zonas de contacto debido a los puntos de control observados en campo y con ayuda de los parámetros geomorfológicos propuestos para la zona y el mapa de pendientes.

Para la elaboración del corte geológico se usó la herramienta del software **ArgGIS 3D analysts**,  dentro de esta herramienta encontramos la opción **Interpolar Línea** la que permite interpolar un DEM (modelo de elevación digital) con una línea, y generar un modelo 3D de la superficie por donde se traza la línea y obtener un perfil topográfico a escala, en ese sentido se determina que la unidad Changaimina presenta más de 1200 metros de espesor según los estudios y dataciones preliminares, mientras que la unidad el Ingenio se trata de una pequeña facie de no más de 80 metros de espesor dados en el estudio geológico realizado en el 2017 por el INIGEMM, por otro lado la unidad Ahuaca según los estudios preliminares se ha determinado que tiene una profundidad de 400 metros a 600 metros y subyace discordantemente sobre la unidad Changaimina, mientras que los depósitos fluviales y coluviales del cuaternario presentan espesores de entre 20 metros a 60 metros, datos con los que se procedió a trazar el perfil geológico y los espesores de cada capa.

En el mapa geológico también se representó el diagrama de polos, con lo cual se indica hacia dónde se da la mayor tendencia de esfuerzos en la zona de estudio, se representó de esta forma ya que representar todas las diaclasas dentro del mapa resultaba visualmente poco

estético y al tener el diagrama de polos se puede tener la información precisa de hacia dónde se concentra la mayor cantidad de esfuerzos en la zona de estudio.

Para la representación de diques algunas diaclasas, estructuras como escarpe erosivo, fallas normales, vetas, y el corte geológico, se tomó como fundamento los lineamientos propuestos en la metodología del INIGEMM 2017 actualmente denominado IIGE.

## 6. Resultados

### 6.1 Descripción del área de estudio

#### 6.1.1 Ubicación y acceso

La parroquia Sanguillín se ubica al sur de la provincia de Loja, limitando al sur con el Perú, pertenece al cantón Calvas, la zona de estudio comprende un área de 2545 ha y le corresponden las siguientes coordenadas:

Tabla 5 Coordenadas del Área de Estudio

	Norte (m)	Este (m)	Cota(m)
<b>Norte</b>	X: 9515011m	Y:663827m	1795m
<b>Sur</b>	X: 9508095m	Y:663426m.	1690m
<b>Este</b>	X: 9512655m	Y: 661520m	2095m.
<b>Oeste</b>	X:9511498m	Y:667279m	1275m.

Limita al **norte** y al **oeste** con la parroquia El Lucero, al este con la parroquia Cariamanga, al sur limita con la quebrada Camayos que a su vez divide los barrios de Sanguillín y Camayos y se distancia a 131km por carreta de la ciudad de Loja.

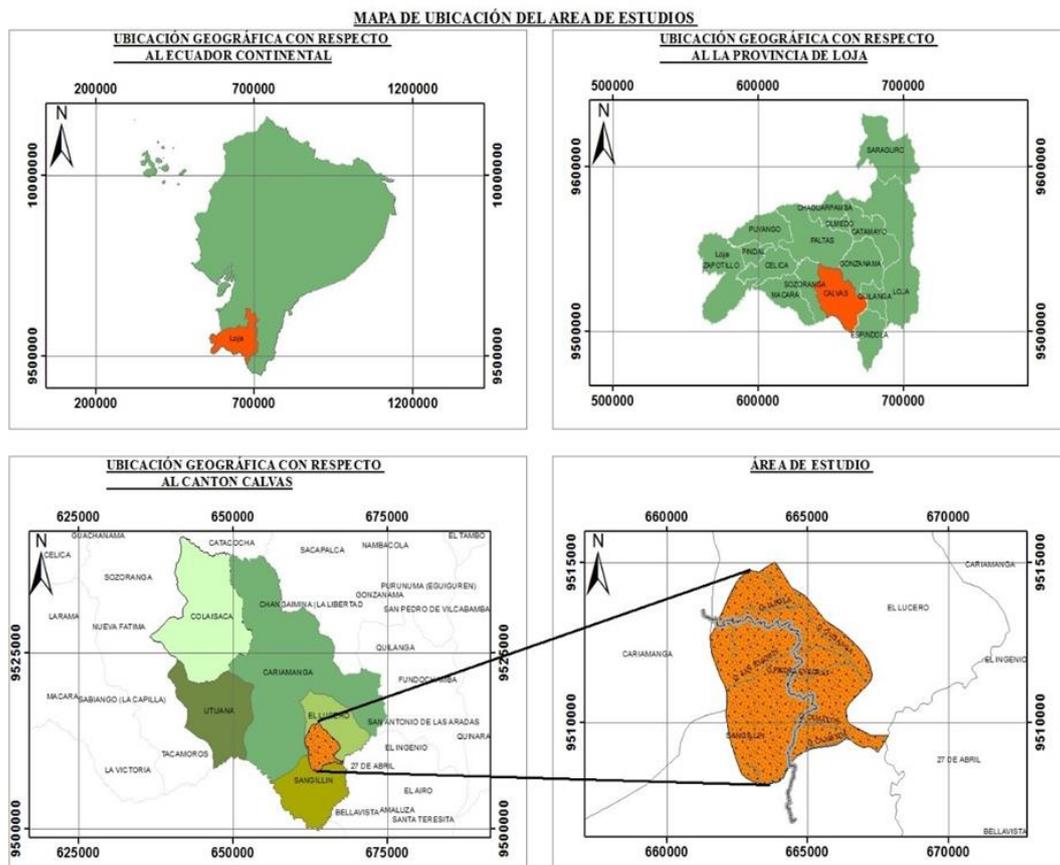


Figura 17 Ubicación de la zona de estudio según el SIG Tierras.

Para llegar al área de estudio desde la ciudad de Quito, se debe direccionar a la provincia de

Loja, vía terrestre o Aérea, luego viajar a la ciudad de Cariamanga, perteneciente al cantón Calvas, una vez en la ciudad de Cariamanga dirigirse en la av. Macará y tomar la vía de tercer orden hacia Sanguillín, continuar hasta el sector denominado Chullafaique, allí se visualizará el imponente cerro Huachingue, tomar la ruta de tercer orden que se dirige hacia San Joaquín, y se habrá llegado a la zona de Estudio.

La zona de estudio es atravesada por una vía de tercer orden que comunica al barrio Sanguillín, con tres barrios; Camayos, San Joaquín y Chullafaique, un eje vial de vital importancia para mantener interconectados estos sectores tanto económica como productivamente, Cariamanga siendo la ciudad más cercana se convierte en el centro de negocios y comercio que les permite un buen vivir a los moradores de los barrios San Joaquín y Camayos, beneficiarios del presente estudio geológico.

### 6.1.2 Hidrografía.

Según el PDOT del GAD rural de Sanguillín, el sistema hídrico de la parroquia en general consta de algunas quebradas que son afluentes del río Pindo y del río Calvas.

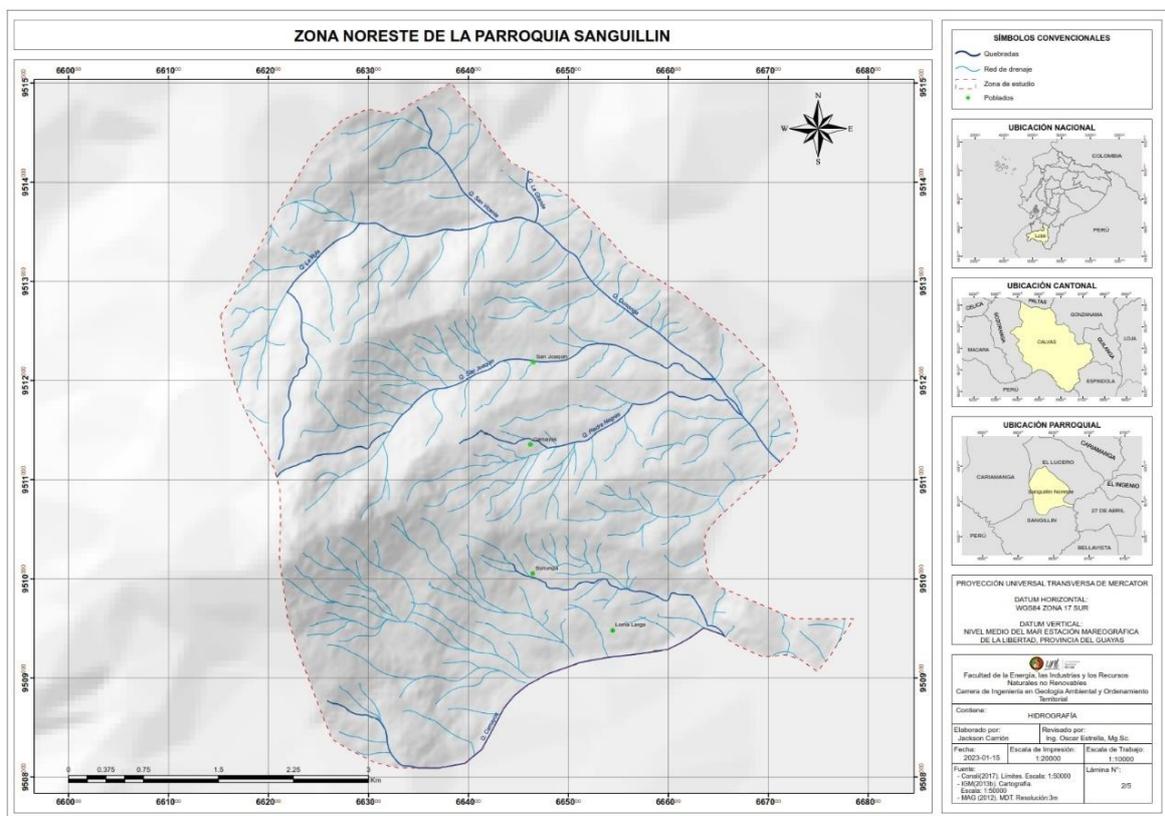


Figura 18 Mapa de red Hidrográfica

Además, se menciona que gran parte de la red de drenaje solo conduce grandes cantidades de agua en la época invernal que comprende los meses de Diciembre a Abril, la parroquia

Sanguillín está situada en torno a la cuenca Chira, y sub cuenca del Río Macará, en lo que respecta al área de estudio engloba dos microcuencas, la microcuenca quebrada Camayos y la microcuenca Quebrada Quisanga. Siete quebradas atraviesan el área de interés en orden de norte a sur se ubica la Quebrada San Vicente, quebrada la Pola y quebrada la Grande, hacia el sur en la parte central de la zona de estudio se encuentra la quebrada San Joaquín estas cuatro quebradas se convierten en afluentes de la Quebrada Quisanga que a su vez deposita sus aguas en el río Pindo, mientras que quebrada Camayos delimita la parte sur de la zona de estudio y deposita sus aguas directamente en el Río Pindo.

### 6.1.3 Geomorfología.

Según el "Proyecto de Generación de Geo-información a Escala 1:25000 a nivel Nacional" del (IGM, 2013), la zona Noreste de la parroquia Sanguillín presenta nueve unidades geomorfológicas, de las cuales, predominan en la zona relieves montañosos, alta-planicies disectadas y relieves colinados altos con cimas agudas y vertientes cóncavas y convexas. Sin embargo, en menores porcentajes, el área de trabajo exterioriza superficies de chevron, coluvios aluviales antiguos y superficies de cuesta.

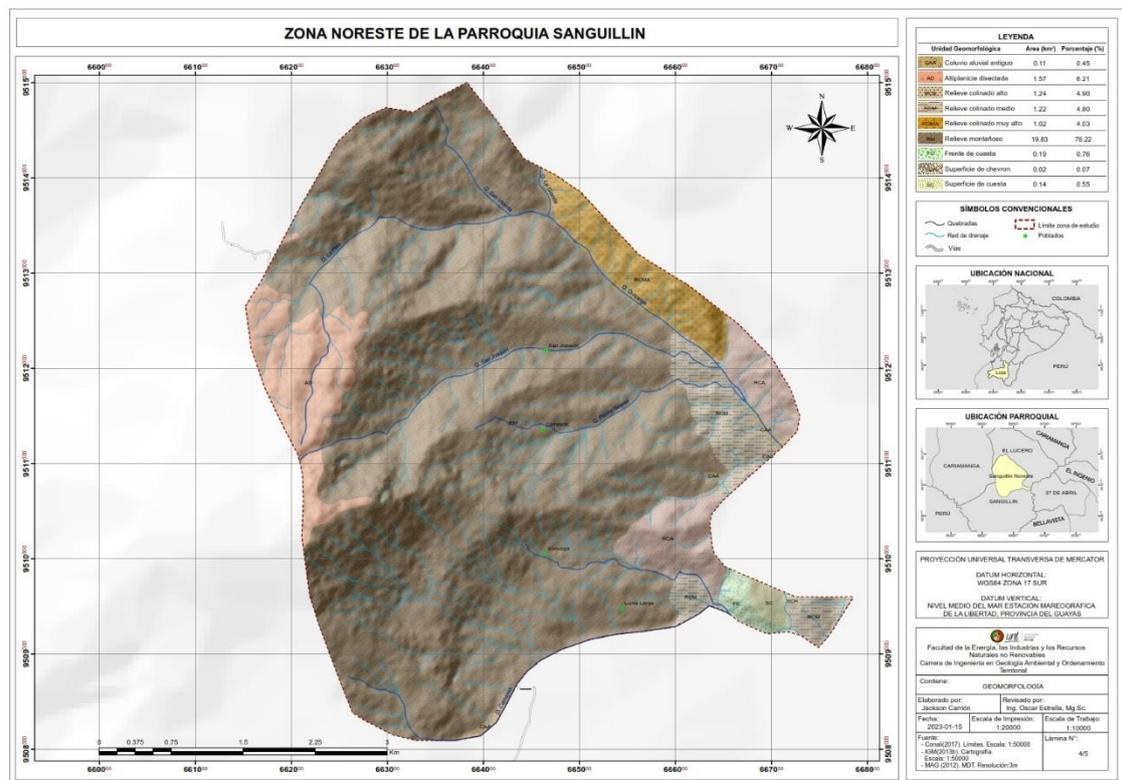


Figura 19 Mapa geomorfológico

Tabla 6 Unidades geomorfológicas de la Parroquia Sanguillín.

DESCRIPCIÓN	AREA	PORCENTAJE
SUPERFICIE DE CHEVRON	0.02	0.07

COLUVIO ALUVIAL ANTIGUO	0.11	0.45
SUPERFICIE DE CUESTA	0.14	0.55
FRENTE DE CUESTA	0.19	0.76
RELIEVE COLINADO MUY ALTO	1.02	4.03
RELIEVE COLINADO MEDIO	1.22	4.80
RELIEVE COLINADO ALTO	1.24	4.90
ALTIPLANICIE DISECTADA	1.57	6.21
RELIEVE MONTAÑOSO	19.83	78.22

### 6.1.3.1 Altiplanicie Disectada:

Se menciona que está formada por rocas mayoritariamente calcáreas, aparentemente de bajos ángulos de buzamiento propiciando la formación de superficies tabulares, que luego al ser afectadas por la erosión subsiguiente han formado zonas colinosas poco accidentadas, de topografía bastante regular, con bajas tasas de disección, lo que se debe a substratos geológicos permeables, como son las rocas calcáreas fuertemente fisuradas.

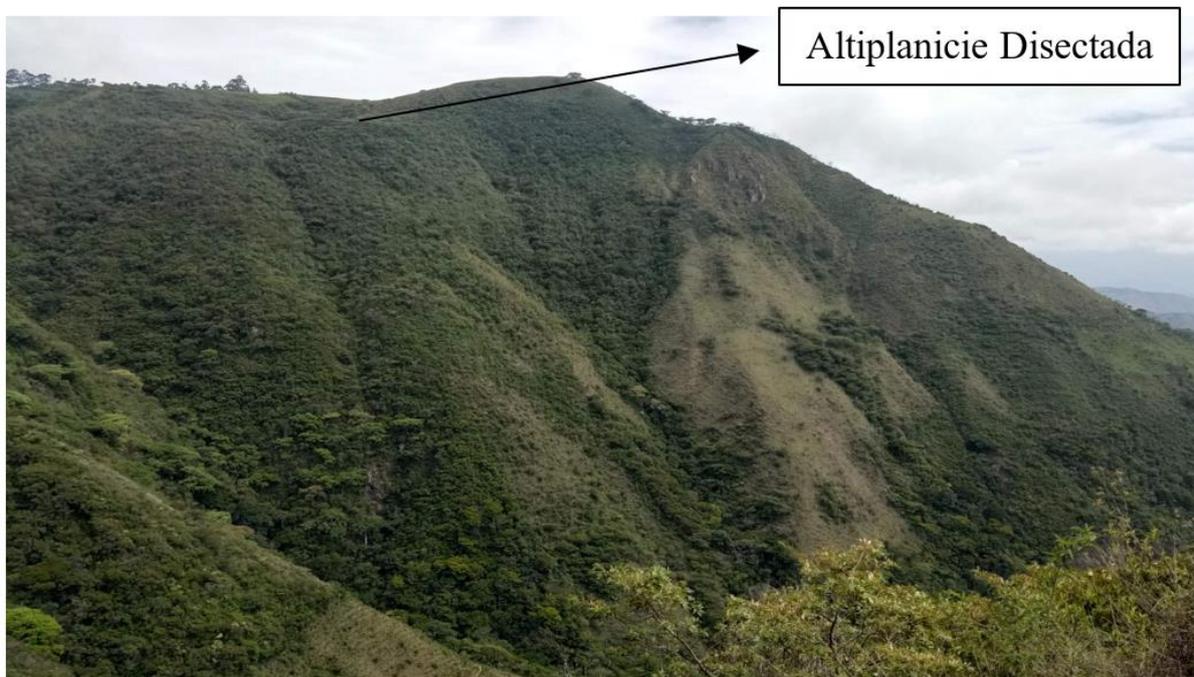


Figura 20 Altiplanicie disectada

### 6.1.3.2 Relieve Montañoso:

Estos relieves tienen desniveles relativos que sobrepasan los 300 m, lo que ocasiona en algunas zonas deslizamientos como flujos y caídas de rocas, en vista de que las tobas andesíticas están altamente meteorizadas. Las geoformas están cubiertas por vegetación de tipo arbustiva. Esta unidad morfológica tiene cimas agudas con pendiente fuerte de 40% a 70% y con intensa erosión hídrica en surcos, formando valles en V. Obsérvese la figura 22, Litológicamente se encuentra sobre las rocas volcánicas de la Unidad Sacapalca.



Figura 21 Relieve Montañoso predominante del área de estudio

### 6.1.3.3 Relieve Colinado Alto:

Constituyen elevaciones cuyas pendientes están entre media a fuerte, aproximadamente de 40 a 70 %, con desnivel relativo de 100 a 200 metros, tiene cimas agudas con erosión hídrica concentrada en cárcavas. Litológicamente se encuentra sobre las rocas volcánicas de la Unidad Sacapalca.



Figura 22 Relieve colinado alto del área de estudio.

### 6.1.3.4 Relieve Colinado Medio:

Constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 100 m. con un rango de pendiente de hasta 70 %. La mayoría está cubierta de vegetación arbustiva y herbácea, con erosión hídrica laminar, tiene cimas redondeadas con valles en forma de U.



Figura 23 Relieve colinado medio del área de estudio.

#### 6.1.3.1. Frente Cuesta y superficie de cuesta:

Superficie de cuesta: La superficie de cuesta es una geoforma que se forma como resultado de procesos geológicos y estructurales. Se caracteriza por ser una pendiente inclinada y continua que se extiende a lo largo de un área determinada. La superficie de cuesta muestra una inclinación uniforme y suave a lo largo de su extensión. Puede ser el resultado de procesos tectónicos, como la elevación o la subsidencia de la corteza terrestre, así como de la erosión diferencial en rocas de diferente resistencia.

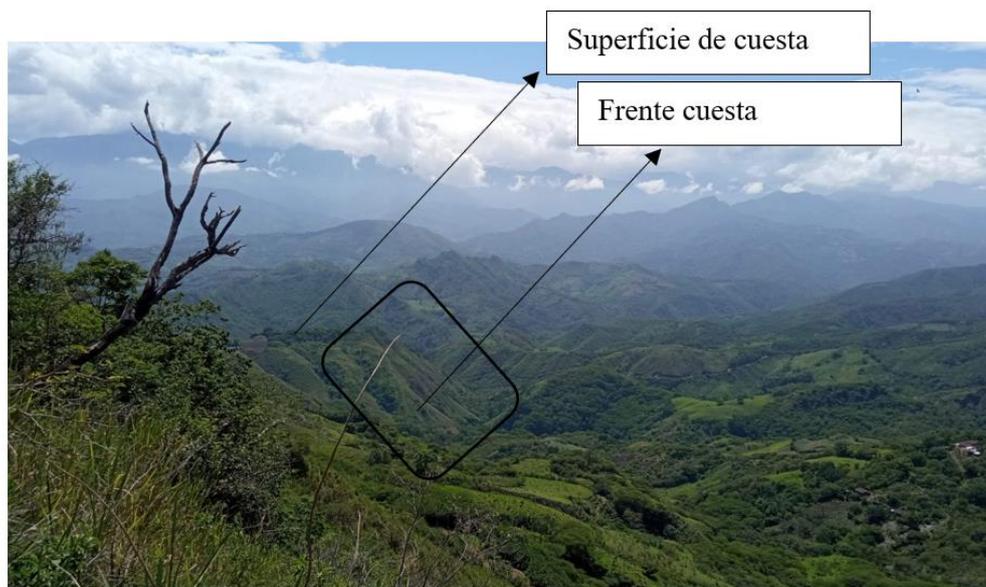


Figura 24 Frente cuesta y superficie de cuesta.

Frente de cuesta: El frente de cuesta es una geoforma que se encuentra en la parte inferior de una pendiente pronunciada o escarpada. Se forma como resultado de la interacción entre los

procesos tectónicos y erosivos. El frente de cuesta se caracteriza por una transición abrupta entre una pendiente empinada y una llanura o un valle. Este tipo de geoforma suele ser el resultado de la erosión diferencial entre las capas de roca subyacentes, donde las capas más resistentes se erosionan más lentamente que las capas más blandas. Como resultado, se forma un borde o frente pronunciado en la base de la pendiente, que marca el límite entre la zona empinada y la zona de menor pendiente.

### 6.1.4 Topografía.

Este punto de topografía fue obtenido mediante el uso de un modelo de elevación digital de alta precisión. El modelo fue creado con una configuración de celda de 5 metros, lo que significa que cada punto de elevación en el terreno se registró con una resolución de 5 metros. A partir de este modelo de elevación digital, se generaron curvas de nivel con una distancia entre isolíneas de 10 metros. Estas curvas de nivel representan las líneas imaginarias que conectan puntos del terreno con la misma elevación. Al analizar el terreno, se determinó que la diferencia de altura entre la cota más alta y la cota más baja es de 1200 metros. Esto indica que existe una variación significativa en la altitud dentro de la zona estudiada. Esta información topográfica es de gran importancia para diversas aplicaciones, como la planificación de proyectos de construcción, el diseño de infraestructuras y la gestión del agua y los recursos naturales.

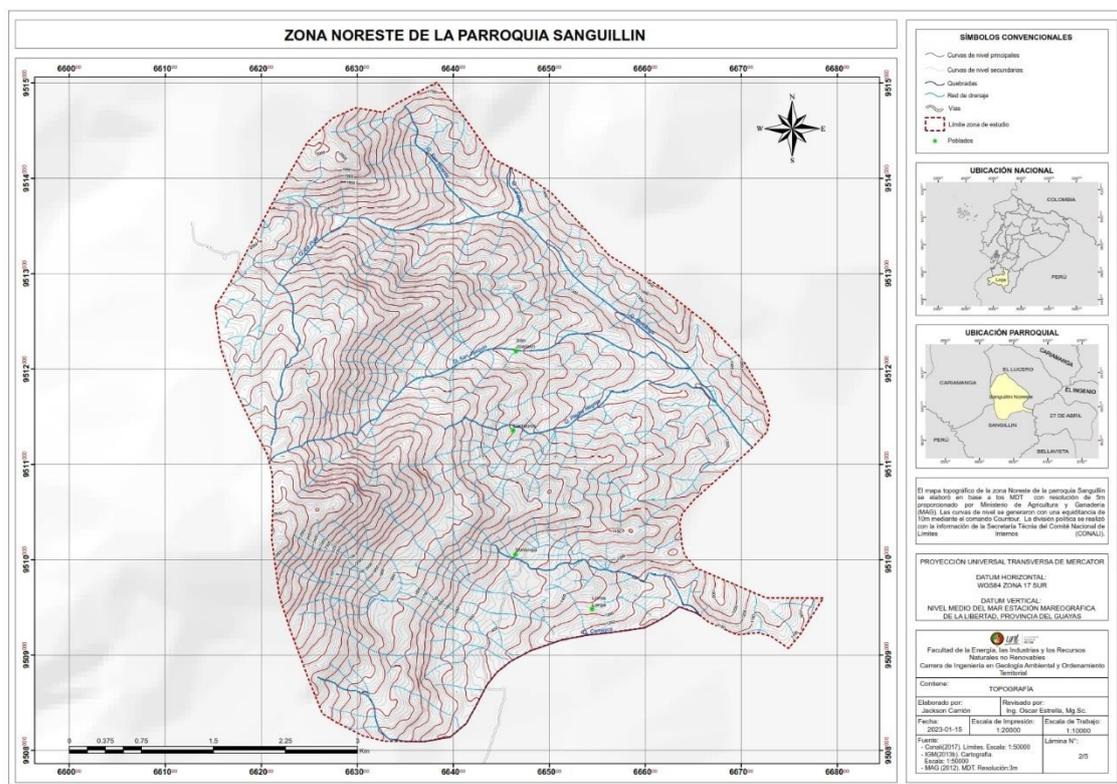


Figura 25 Topografía.

### 6.1.5 Clima

En el PDOT del GAD de Sanguillín (2018) se menciona que la parroquia presenta un clima tropical, los datos disponibles en estaciones meteorológicas y en el INHAMI muestran una tasa de precipitación anual de 1200 mm/año a 2000 mm/año, la influencia de la corriente cálida produce una temporada lluviosa de enero a mayo, con precipitaciones que se caracterizan por ser concentradas y de alta intensidad, en este periodo se presentan las consecuencias del fenómeno del niño, que en determinados años causa lluvias torrenciales y en otros sequía, como en el fenómeno de la niña en 1970, entre los meses de mayo a diciembre prevalece la corriente fría de Humbolt que produce una larga época-seca.

Según el PDOT del GAD de Sanguillín (2018), el tramo medido en la cota más elevada se encuentran los barrios de Sununga, Usaime y Melva Usaime con temperaturas desde los 16 a 20° y en la parte baja la temperatura promedio es de 22°C, abarcando los barrios de Loma Larga, Pasallal, Cachaco, Sanguillín, Camayos y San Joaquín; es importante indicar que la diferencia de temperatura a nivel de toda la parroquia no es significativa.

### 6.1.6 Vegetación

Según Cueva y Chalan (2010) la formación vegetal a la que pertenece la vegetación de la parroquia Sanguillín es Matorral Seco Alto: Vegetación con arbustos caducifolios no superiores a los 6m de alto, con especies como faique (*Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. Ex Will), ceibo blanco (*Chorisia signis* Kunth), chamana (*Dodonaea* sp.), arabisco (*Jacaranda mimosifolia*), huilco (*Anadenanthera colubrina*), porotillo (*Erythrina mitchiana* Krukoff). En la zona de estudio se identificaron los siguientes tipos de vegetación: Bosques intervenidos, Matorrales, pastizales y cultivos.



Figura 26 Arbustos caducifolios, Faique

### **6.1.6.1 Bosques intervenidos:**

Existe una pequeña área de cobertura bosque, donde se encuentran relegadas en torno a los cauces de agua en sitios de fuertes pendientes, la mayoría de la cobertura original ya ha sido transformada a pastizales o cultivos.

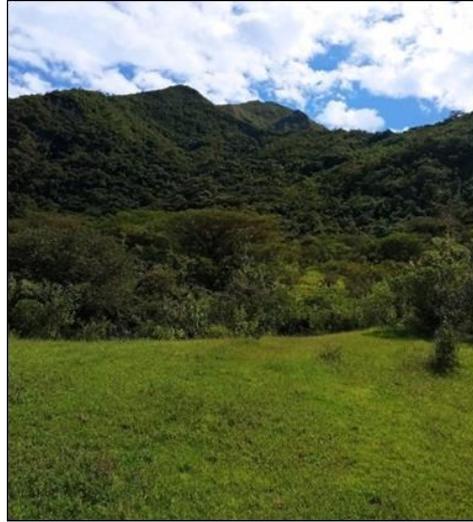


Figura 27 Bosque intervenido.

### **6.1.6.2 Matorrales:**

Este tipo de cobertura se encuentra en las zonas onduladas, donde se dejan áreas en barbecho que normalmente conforme se recuperan son transformadas a cultivos. Esta cobertura es común ver en áreas intervenidas junto a las quebradas.

### **6.1.6.3 Pastizales:**

Este tipo de cobertura es predominante con el 70% del total del paisaje, está constituido por pastizales de Jenaira (*Eryochloa polystachya*) y chilena (*Panicum*) estos últimos en mayor cantidad. Esta cobertura presenta en sus contornos cercas vivas, en el cuadro se presentan algunos elementos florísticos utilizados con estos fines.



Figura 28 Pastizales

#### 6.1.6.4 Cultivos:

Esta cobertura representa el 5% dentro del paisaje y se cultiva principalmente maíz, yuca y caña de azúcar, generalmente para autoconsumo y pocas veces para comercialización. En este tipo de cobertura se identifican sistemas agroforestales por las diferentes asociaciones de especies arbóreas que incluye.



Figura 29 Cultivos

#### 6.1.7 Pendientes

Mediante el uso de un modelo de elevación digital de la zona usando el DEM proporcionado por el MAGAP, con una configuración de celda de 5m se procedió a obtener el mapa de pendientes reclasificando en 5 clases, y se ha tomado como referencia la clasificación propuesta por el MAGAP ( ver tabla 7).

Tabla 7 Categorías utilizadas en el mapa de pendientes

<b>PENDIENTES</b>			
<b>TIPOS DE PENDIENTE</b>	<b>Rango</b>	<b>Área Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Planos a casi planos	0°-5°	0,420	19,51
Ligeramente ondulados	5-12°	2,491	29,62
Moderadamente ondulados	12-25°	10,624	32,51
Colinado	25-50°	11,672	15,62
Escarpado	50-70°	0,092	2,74

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Según el análisis de resultados del mapa de pendientes de la zona de estudio, se han obtenido 5 tipos de pendiente entre ellas predominan las pendientes colinadas con rangos que van de (25°-50°), ocupan una superficie de 1062,4Ha representado un 46,24% del total de la superficie, se presentan pendientes Moderadamente Onduladas en un rango de (12°-25°), cubren una superficie de 1062,4 Ha y representan 41,91% de la zona de estudio, además existen pendientes Ligeramente Ondulada (5°-12°) ocupan una superficie de 249,1 Ha, representando así un 9,83% del total de la superficie, en menor proporción se presentan Pendientes Planas a casi planas,

ocupan un área de 42 Ha, y representan un 1,65% de la Superficie, y escasamente se presentan pendientes Escarpadas, ocupan una superficie de 9,2 Ha y representan 0,363% del total de la zona de estudio.

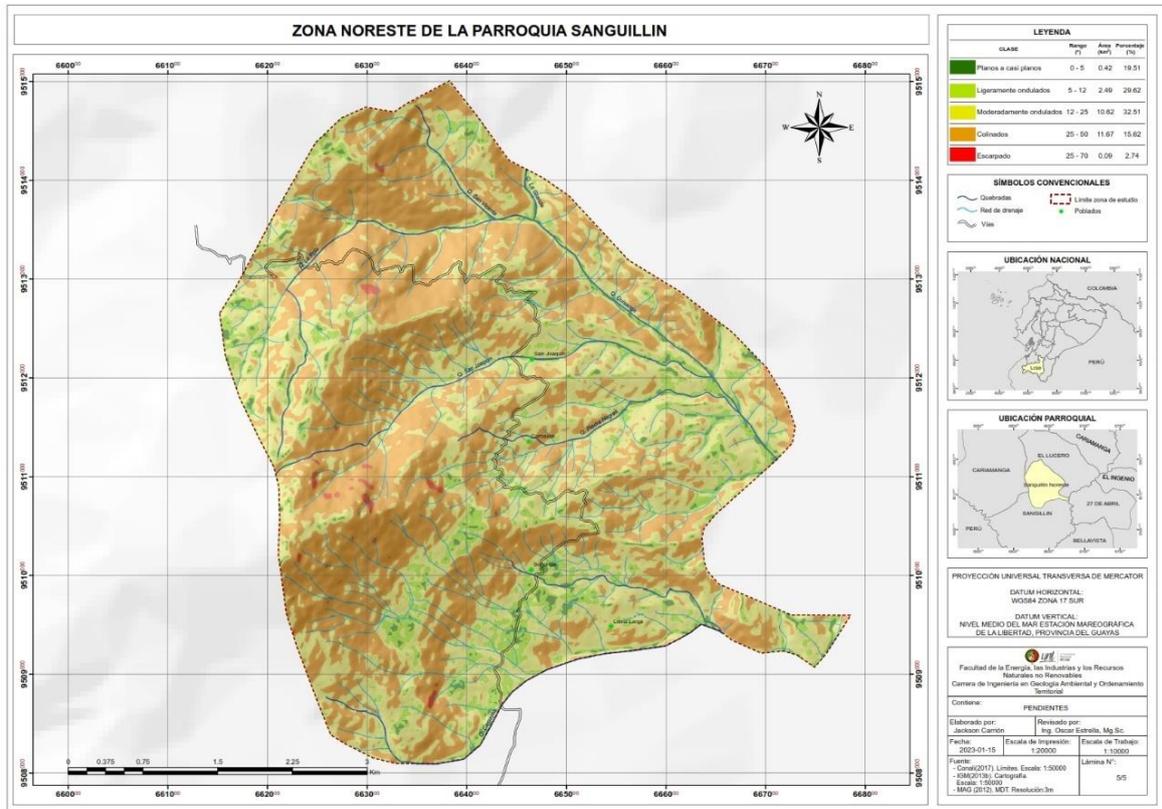


Figura 30 Mapa de pendientes

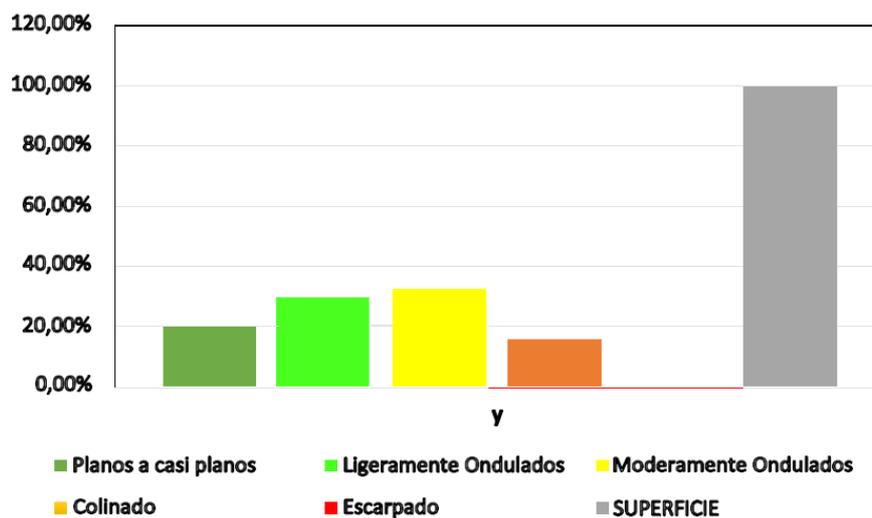


Figura 31 Porcentaje de superficie delimitada por tipos de pendientes

## 6.2 Geología

### 6.2.1 Geología regional

El marco geológico regional de la zona de estudio forma parte del sistema montañoso austral

interandino, según Kennerley (1973) las principales unidades que se encuentran aflorando en la zona de estudio son la formación Sacapalca data de la era del Mesozoico, y el periodo del cretácico superior (72Ma – 100Ma), está constituida por piroclastos y lavas que afloran en un graben en la zona oriental de la hoja Geológica Macará escala 1:100000 edición 1973.

- Las lavas: poseen una mayor resistencia a la erosión y conforman los terrenos más con cotas mayores, las lavas son pórfidos andesíticos, de color café, castaño o gris, en contraste con las andesitas verdes de la Formación Piñón. Son ricas en fenocristales andesino-labradorita con zonado oscilatorio.
- Los piroclastos: presentan tobas andesíticas, tobas aglomeráticas, y aglomerados en proporciones menores, las tobas son ligeramente coloreadas usualmente verde claro, morado, amarillo o café, y compuestas de fragmentos cristalinos, líticos y vítreos en una matriz vítrea parcialmente desvitrificada, los fragmentos cristalinos son oligoclase y muestran zonado oscilatorio, los fragmentos de ortoclasa y cuarzo son abundantes en la toba riolítica.
- Las tobas aglomeráticas: consisten de bloques andesíticos de más de 50 cm de diámetro, dispersas en matriz tobácea y constituye el 5 al 10 % de toda la roca. Los piroclastos se encuentran en capas de espesor irregular y extensión lateral limitada la cual rara vez se puede ver en estratificación.
- Los minerales máficos incluyen enstatita, hipersteno, augita y ocasionalmente hornblenda, aunque rara vez ellos constituyen más del 15% de la roca. La composición de las lavas es muy cercana a la del basalto, aunque debido a que son muy leucocráticas, son preferentemente denominadas andesitas basálticas.

Según el PDOT Calvas 2015, en la zona Sur del Ecuador, las elevaciones constituidas por rocas eminentemente volcánicas, parecen haber sido formadas subarealmente con depósitos parciales del mesozoico. Según los estudios del INIGEMM en 2017 regionalmente en la zona de estudio se presentan las siguientes formaciones.

### **6.2.1.1 Formación Sacapalca**

Descansa discordantemente sobre el Batolito de Tangula que intruye a la formación Piñón, la Formación Sacapalca está recubierta concordantemente por la Formación Gonzanamá, datada como maestrichtiana (Sigal, 1968). Se desconoce el espesor de la Formación Sacapalca porque ocupa un graben, pero probablemente es del orden de varios miles de metros.

En el mapa propuesto en 2017 de la hoja geológica Macará, y tomando como base las investigaciones descritas en el punto anterior, se han logrado diferenciar algunas unidades geológicas en la zona de estudio pertenecientes al arco volcánico continental, con edades que datan del Mesozoico temprano hasta el mesozoico tardío.

La zona de estudio está conformada en su mayor parte por la unidad geológica Changaimina (Plioceno) y la Unidad Ahuaca (Mioceno), además de la unidad Río Guayuco (Plioceno), y la Unidad el Ingenio (Oligoceno), y un depósito Aluvial (cuaternario).

#### **6.2.1.2 Unidad Changaimina**

El INIGEMM (2013) diferenció esta unidad como las facies lávicas del grupo Sacapalca definido por Kennerley (1973). Se localiza al este de la hoja y aflora extensamente al sur de la ciudad de Cariamanga, en el cerro Huachingue y en sus inmediaciones (UTM: 663 056E, 9 513 167N; 660 609E, 9 508 633N), donde forma un relieve muy marcado por pendientes abruptas y prominentes escarpes. Además, esta unidad se extiende hasta el Cerro las Cementeras, al oeste de Cariamanga (UTM: 654 697E, 9 517 653N).

La unidad está constituida por lavas andesíticas, principalmente de color púrpura a marrón debido a procesos meteóricos, que en se ocasiones genera meteorización esferoidal, y en zonas frescas exhibe una coloración gris con tonalidades verdes. Además, existen andesitas basálticas de color gris oscuro a negro, con alto contenido de magnetita y muy localmente se encuentra niveles de tobas andesíticas compactas.

#### **6.2.1.3 Unidad Ahuaca**

El INIGEMM (2013) definió esta unidad como una secuencia de rocas volcánicas y volcano-clásticas de composición dacítica. Está constituida principalmente de tobas dacíticas de color gris claro a blanco con tonos rosa, debido al alto contenido de arcillas y óxidos como hematita, y por fuertes procesos de meteorización que se observan claramente en estas rocas.

#### **6.2.1.4 Unidad el Ingenio**

Comprende tobas líticas de color gris claro verdes, presentan textura volcano clástica, en ocasiones con gran cantidad de bombas por lo cual también se puede denominar a estas rocas como aglomerados, compuestos por fragmentos sub- redondeados de rocas volcánicas (principalmente tobas) y rocas metamórficas de grano fino. En estas rocas, casi un 65% aproximadamente lo conforma su matriz compuesta de ceniza o vidrio volcánico, y en menor

cantidad se encuentra acompañado de arcillas y en ocasiones carbonatos. Esta unidad presenta una potencia baja dentro del área de estudio, alcanza a un espesor de aproximadamente 80a 100metros. La edad de esta unidad es desconocida, sin embargo, INIGEMM (2016) la correlaciona con la Formación Loma Blanca definida por Kennerley (1973), en la cual también se describen aglomerados y tobas que contienen fragmentos de filitas, Oligoceno para esta unidad y la interpreta como remanentes volcánicos de composición intermedia-ácida.

### 6.2.1.5 Depósitos superficiales

Se encuentran principalmente en zonas de fuerte pendiente hacia el sur del área, margen derecha del Río Macará-Calvas. Están compuestos principalmente por material poco consolidado, cantos rodados, gravas y arena.

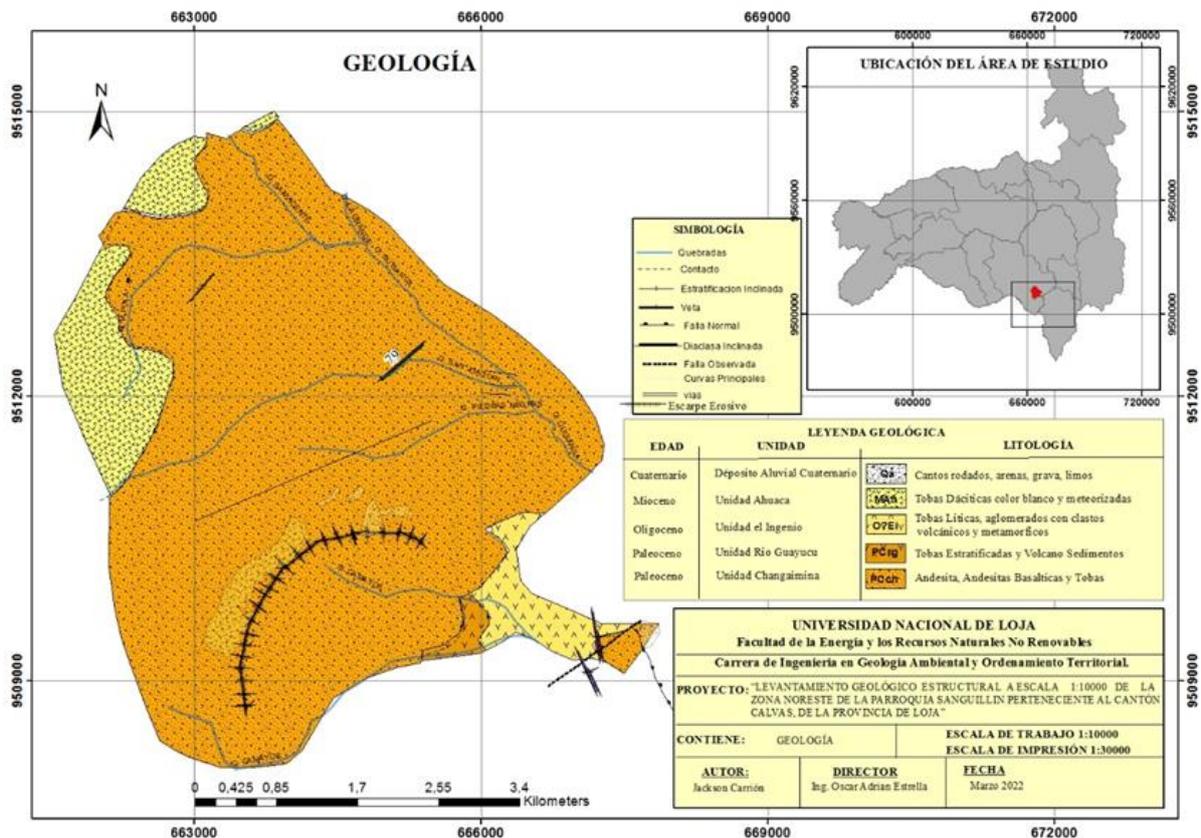


Figura 32 Mapa preliminar de la Geología de la Zona de estudio basado en la carta Geológica Macará y las Aradas 2017.

En la parroquia Sanguillín tomando como base los datos del IGM, se analizan y describen las siguientes fallas geológicas, en la tabla 8, se muestran los barrios y poblados que son atravesados por fallas.

Tabla 8 Fallas geológicas presentes en la parroquia Sanguillín

ALERTA.	UBICACIÓN	AFECTACIONES PRINCIPALES	DESCRIPCIÓN
Falla geológica	Quesería	Vías,	

	infraestructuras de viviendas	Las Fallas Geológicas pueden romper aceras, tuberías, viviendas, surcos, de cultivos, entre otros, o bien, pueden desencadenar deslaves o derrumbes en las áreas inmediatas a las fallas, por lo que el peligro aparece cuando se
Cachaco, Melva, Usaime, Calvas	Vías	
Sanguillín	Vías, Infraestructura de Viviendas	

Fuente: IGM.

### 6.2.2 Geología local

En la zona de estudio se pueden identificar cuatro unidades geológicas distintas que se formaron en un ambiente volcano-clásico en la cordillera de los Andes, al sur del Ecuador. Todas las unidades geológicas pertenecen al Cenozoico, lo que significa que se formaron en los últimos 66 millones de años.

La unidad más joven geológicamente es la unidad depósitos aluviales del Cuaternario, que se compone de sedimentos que se depositaron en la región durante el período Cuaternario, es decir, en los últimos 2.6 millones de años. Estos depósitos sugieren que la región ha experimentado cambios significativos en el clima y en el régimen hidrológico durante el período Cuaternario.

La segunda unidad, llamada unidad Ahuaca, se compone de arcillas rojizas y tobas blancas de composición riolítica y tiene una edad de Mioceno, es decir, se formó hace entre 23 y 5 millones de años. Estas rocas sugieren una historia de actividad volcánica explosiva y la deposición de material piroclástico en la región.

La tercera unidad, llamada unidad El Ingenio, se compone de aglomerados con grandes líticos volcánicos y tiene una edad de Oligoceno, es decir, se formó hace entre 34 y 23 millones de años. La presencia de líticos volcánicos sugiere que esta unidad se formó a partir de la deposición de materiales volcánicos en un ambiente fluvial.

La cuarta y más antigua unidad es la unidad Changaimina, que es un pórfido andesítico de más de 1000 metros de potencia y tiene una edad de Paleoceno, es decir, se formó hace entre 34 y 66 millones de años. Esta unidad se compone principalmente de andesitas y está asociada con facies lávicas. Se puede diferenciar las zonas de alteración hidrotermal en base a la altura, lo que sugiere la existencia de procesos geológicos complejos en la región.

En resumen, la descripción geológica sugiere que la región ha experimentado una historia compleja de actividad volcánica y sedimentación en un ambiente volcano-clásico durante el

Cenozoico en la cordillera de los Andes al sur del Ecuador. Los diferentes tipos de rocas presentes en la región ofrecen pistas valiosas para comprender la evolución geológica de la zona de estudio y sus implicaciones para la geología regional.

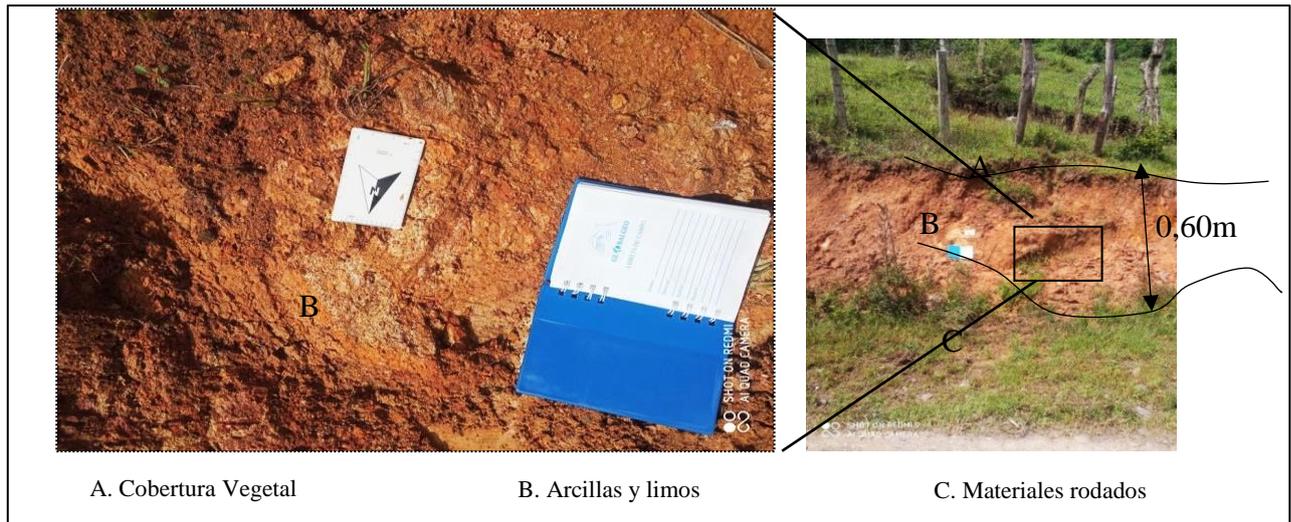
### **6.2.2.1 Unidad Ahuaca (mioceno)**

La unidad Ahuaca está compuesta por dos tipos de litologías que son las arcillas rojizas y todas blancas de composición riolítica, se encuentra aflorando en las cotas más altas del cerro Huachingue especialmente en superficies con pendiente baja como el denominado plan del Limo en las coordenadas (UTM: 663926E, 9510548N) obsérvese la **fotografía 5**, también aflora en las coordenadas (UTM: 664483E, 9411692N), y en el sector plan de Limo (UTM: 663901E, 9510406N), además aparece dispersa indistintamente en varias áreas de la zona de estudio, arrastrada por flujos de agua, en ocasiones forma una fina capa del orden de pocos centímetros depositada discordantemente sobre andesitas porfiríticas de la unidad Changaimina, presentándose como arcillas y Limos naranjas a rojos producto de la meteorización y oxidación. El origen de estas tobas se da por depósitos de cenizas volcánicas y presentan una estructura homogénea sin presencia de clastos. Estas cenizas proceden de diferentes eventos eruptivos, se depositan y tienden a consolidarse y compactarse con el tiempo por su propio peso y se le atribuye una edad del Mioceno de (23 – 5 Ma.).

#### **6.2.2.1.1 Tobas blancas y Arcillas.**

##### **- Arcillas y limos.**

En la **fotografía 1**, podemos observar un afloramiento de origen antrópico, altamente meteorizado, ubicado en el sector Chullafaique con dimensiones de 0,60 metros de potencia y 2 metros de largo, presenta una coloración naranja-rojiza, al realizar el análisis de las muestras de mano se determinó que posee una textura detrítica, granulometría fina (1/16mm-1/256mm), muy angulosa, es áspera al tacto, estas arcillas y limos presentan una resistencia media, poseen una dilatancia rápida, es decir su superficie se humedece muy rápido al agitar junto con agua, según el análisis mineralógico se componen de cuarzo, feldespatos, y óxidos de hierro, se trataría de tobas riolíticas meteorizadas, poseen una estructura homogénea sin presencia de clastos, se les denominan tierras coloradas por su coloración naranja a rojizo y se trata de arcillas y limos que adquieren esta coloración debido a la oxidación de minerales de hematita asociados a moléculas de hierro.

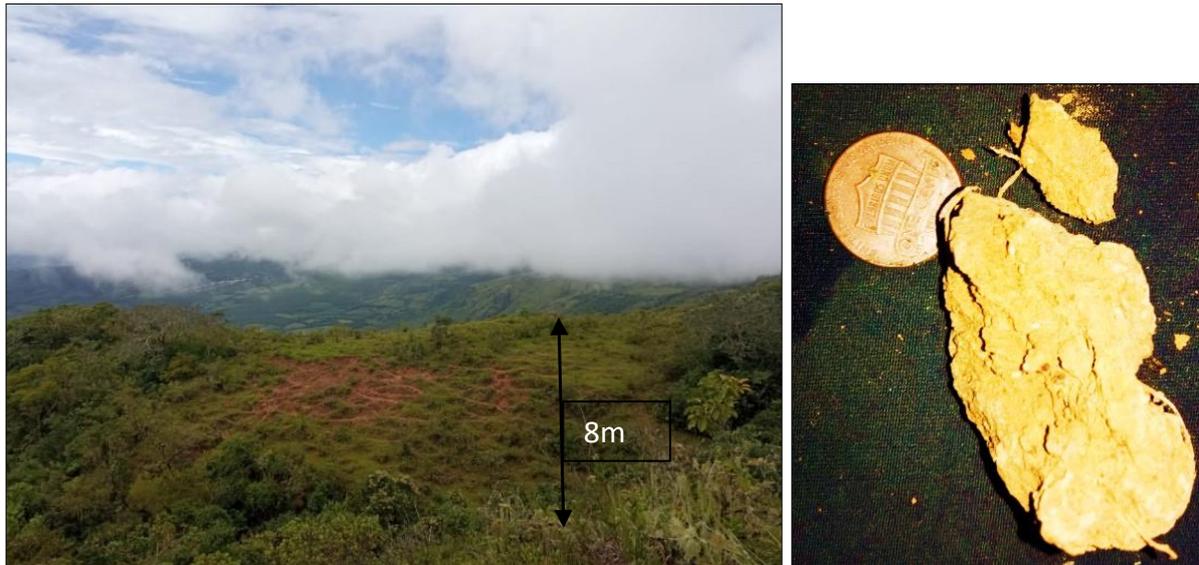


Fotografía 1 Afloramiento con presencia de arcillas en la vía al sector Chullafaique (UTM: 661341E, 9513319N, altura:1974m)



Fotografía 2 Afloramiento con presencia de arcillas en la vía al sector Chullafaique (UTM: 661834E, 9513009N)

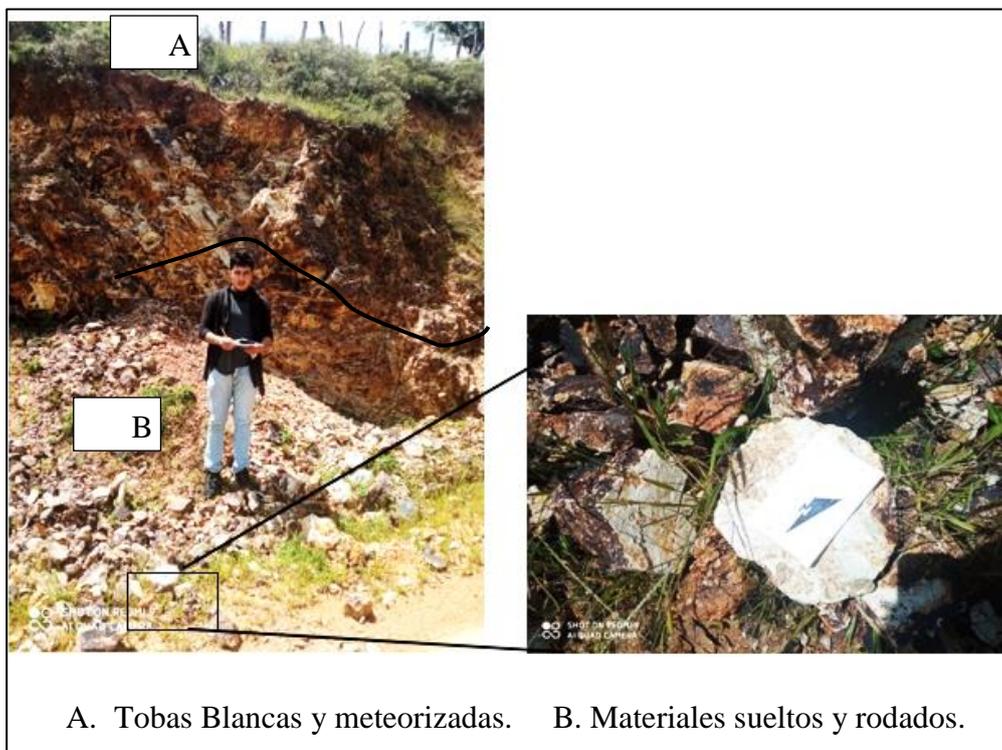
En la **fotografía 3**, las arcillas han formado un depósito del orden de varios metros, observado en las coordenadas (UTM: 664181E, 9510495N), hasta 8 m de potencia en una zona relativamente plana, a diferencia de zonas de pendiente pronunciada donde los espesores son de pocos centímetros, la formación de estas arcillas empieza en la parte alta del cerro Huachingue con la meteorización y transporte, formando sedimentos que son arrastrados por el agua en épocas invernales y estos son depositados en zonas de pendiente plana a casi plana, la relación que guardan estos depósitos con el tipo pendiente esta denotada en su espesor, tenemos zonas planas donde se observan potencias de hasta 8 metros como en la **fotografía 3**, y zonas colinadas donde se observan potencias de varios centímetros, cabe destacar que estas arcillas afloran indistintamente en varios puntos de la zona de estudio producto de erosión y arrastre en las épocas invernales.



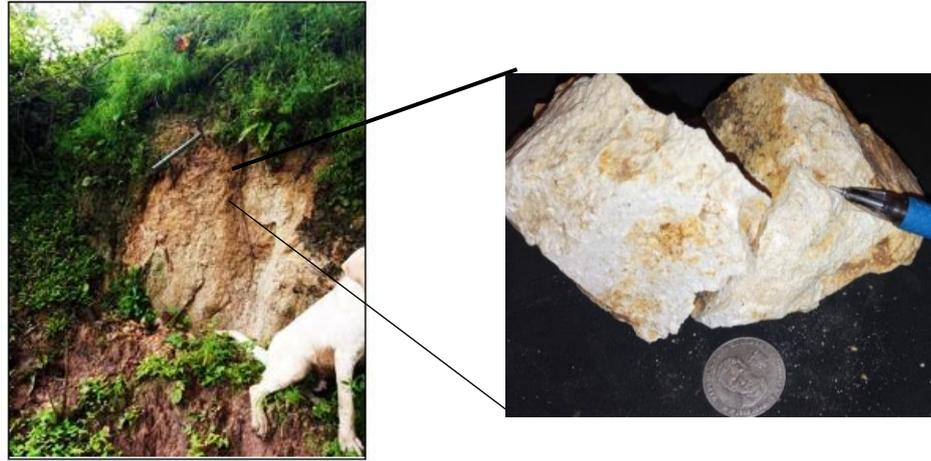
Fotografía 3 Depósito de arcillas en el sector Plan del Limo. (UTM: 664181E, 9510495N)

**- Tobas Blancas.**

En la **fotografía 4**, se visualiza un afloramiento de origen antrópico altamente meteorizado, de 3,20m de alto y 5 m de ancho, se ubica en el sector Chullafaique, en el kilómetro 1 junto a la carretera de tercer orden que comunica los barrios Sanjoaquin-Camayos, tiene una coloración blanca con intercalaciones de tonos marrón a rojizos se trata de tobas riolíticas, de la unidad Ahuaca, además es el estado inicial de la roca que posteriormente es meteorizada y erosionada por flujos de aguas, y se dispone como arcillas de color rojizo vistas en la **fotografía 1, 2 y 3**.

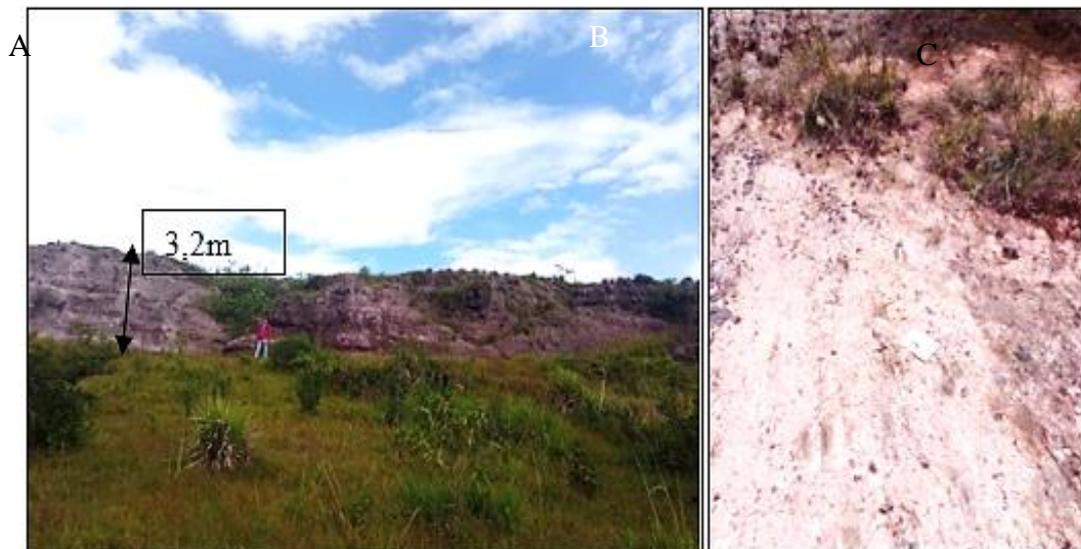


Fotografía 4 Afloramiento con presencia de tobas riolíticas en la vía al sector Chullafaique (UTM: 661341E, 9513319N)



Fotografía 5 Afloramiento con presencia de tobas riolíticas, en el sector plan del Limo. (UTM: 664188E, 9510506N)

La **fotografía 5** muestra un afloramiento de origen antrópico situado en el sector Chullafaique y en el sector plan del limo respectivamente, según el análisis petrográfico de la muestra LGS-JC-0011-I, véase anexo 13, ficha 11, se trata de una roca de coloración blanca su coloración clara desde el punto de vista del índice de color se trata de una roca haloleucocrática asociada a un porcentaje entre el 0 y 10% de minerales máficos, de textura afanítica pues no se visualiza minerales cristalizados, lo que indica que son rocas volcánicas y su proceso de enfriamiento se dio en superficie, poseen una estructura porosa, presentan un porcentaje de fenocristales del 0% y un 100% de matriz microcristalina, está compuesta principalmente de cuarzo y plagioclasas, se trataría de una toba con composición riolítica, se forman por la litificación de productos volcánicos que han sido expulsados por una erupción volcánica explosiva, al hacer contacto con el oxígeno del agua y el aire, se da un proceso de oxidación y toman una coloración naranja-rojiza como se observa en la **fotografía 1**.



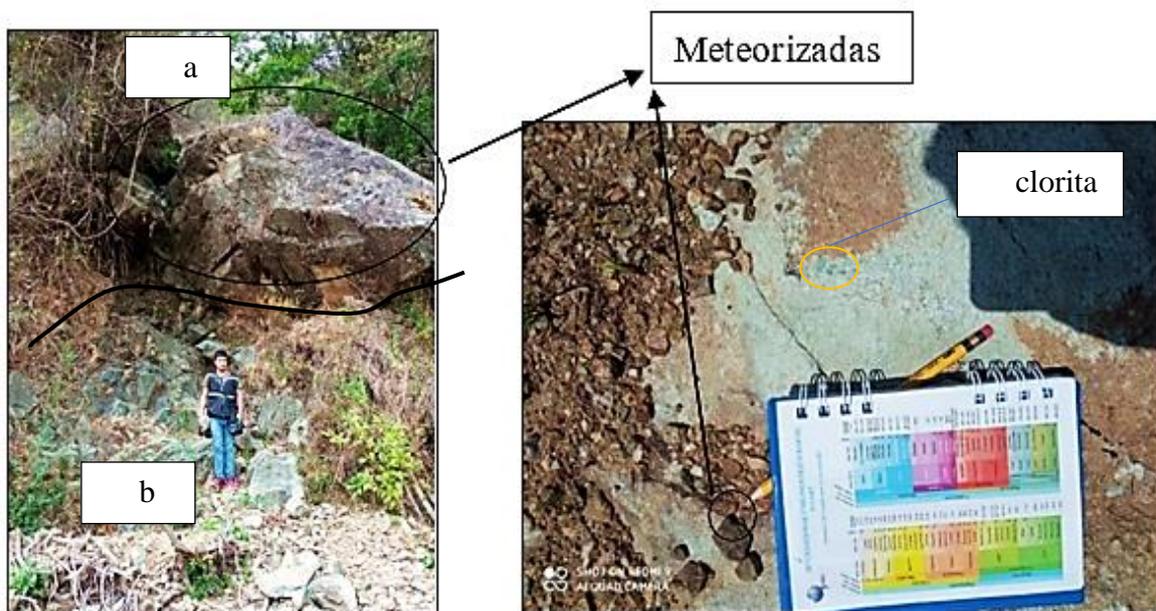
Fotografía 6 Depósito de tobas riolíticas purpuras por oxidación. (UTM: 661824E, 9511306N)

En la **fotografía 6** se observa un afloramiento de origen natural, es otro ejemplar de las tobas volcánicas de unidad Ahuaca, presenta una potencia de 3,2m y un largo de 60m, se trata de un escarpe de falla, véase *geología estructural apartado de fallas*, según el análisis petrográfico se trata de tobas riolíticas su tonalidad púrpura la adquieren debido a la exposición al ambiente y oxidación de minerales de hierro, al golpear con el martillo presenta una baja competitividad y este se hunde, se trata de rocas de coloración blanca originalmente como se muestra imagen C, se trataría de las tobas blancas de la unidad Ahuaca, es importante destacar que estas rocas afloran en gran parte de la altiplanicie del cerro Huachingue, diferenciándose de las tobas bancas depositadas en cotas más bajas por la coloración pero al extraer la zona oxidada muestran una coloración típica blanquecina, presentan una estructura poco consolidada debido a que se encuentran a una altura de más de 2000msnm y no han estado expuestas a ambientes de presión suprayacente que las compacte, descansan discordantemente sobre las andesitas porfíricas de la unidad Changaimina .

### 6.2.2.2 Unidad Changaimina. (plioceno)

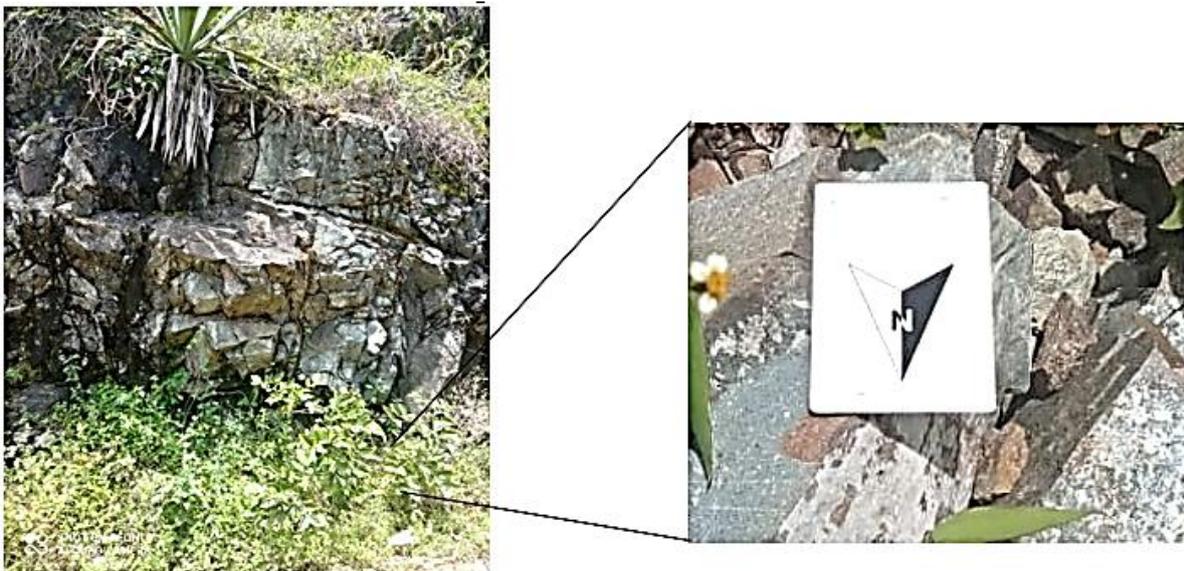
La unidad Changaimina está compuesta de algunas variaciones de pórfidos andesíticos, flujos lávicos, aglomerados volcánicos, y tobas, constituye la mayor parte del área estudiada, la potencia de esta unidad puede llegar a más de 1200m, las variaciones de rocas se describen a continuación.

#### 6.2.2.2.1 Andesitas afaníticas verdes.



Fotografía 7 Afloramiento con presencia de andesita con textura afanítica, en la vía al sector Cabuyal (UTM: 661341E, 9513319N)

En la **fotografía 7** observamos un afloramiento de origen antrópico con una altura de 4,5 m y 3m de ancho, se distinguen dos zonas, en la zona A, se observa una coloración oscura, y en la zona B una coloración más clara con tono verdoso, se trata de la misma roca la diferencia de coloración se debe a la meteorización, la coloración oscura se produce por la exposición al oxígeno y agua del ambiente, el afloramiento se encuentra moderadamente fracturado, diaclasas abiertas hasta 1mm, exhiben una coloración con tonalidades verdosas, estas rocas afloran en las coordenadas UTM (662039E 9513173N), debido a la fracturación se encuentran distribuidas en el entorno a manera de clastos angulosos, sus diámetros varían desde 20 cm hasta varios metros, al realizar el análisis petrográfico (obsérvese anexo 13 ficha 6), se determina que se trata de una roca con textura afanítica, es decir que sus minerales no son observables a simple vista, lo que indica que su enfriamiento se dio en superficie, entre los minerales que componen la roca se presentan plagioclasas en un 30%, piroxenos en un 20%, posee una matriz de brillo vítreo con cuarzo y se presentan minerales accesorios como clorita y epidota que le dan la tonalidad verdosa a la roca, mismos que se relacionan con una alteración propílica.



Fotografía 8 Afloramiento andesítico coloración verde con textura afanítica, en la vía al sector Cabuyal (UTM: 663487E, 9512987N.)



Fotografía 9 Andesitas verdes con textura afanítica, en la vía al sector Cabuyal

Además, se encontraron otros ejemplares de estas andesitas de textura afanítica aflorando en la zona NO del cerro Huachingue, en las coordenadas, UTM: 663487E, 9512987N, UTM: 662860E, 9513309N, también en el denominado plan del limo en la zona escarpada en las coordenadas UTM: 663776E, 9509969N, podrían estar relacionadas a facies lávicas y enfriamiento en superficie pues no se han formado grandes cristales visibles.



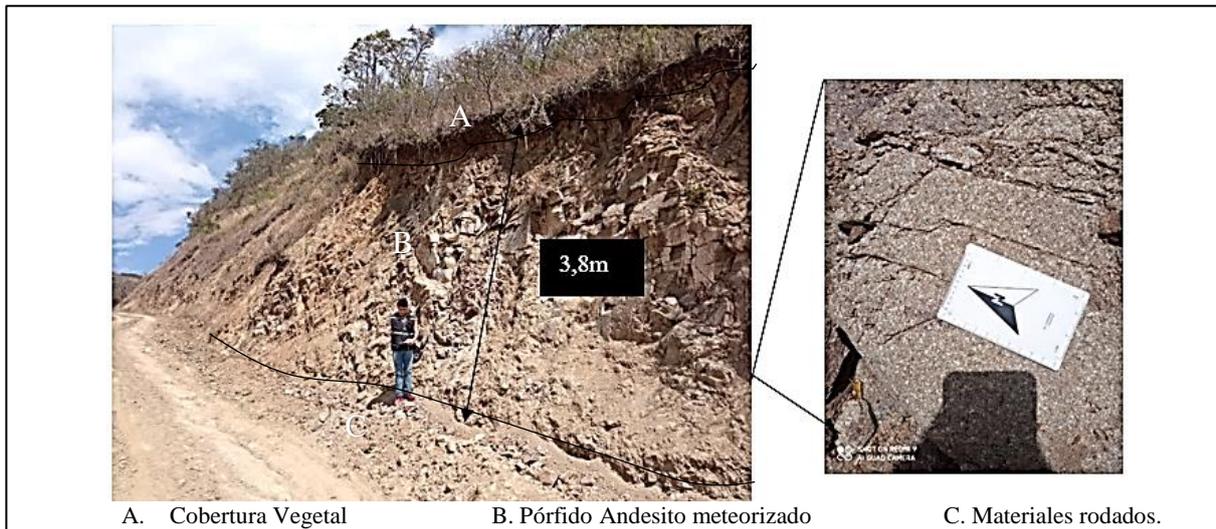
Fotografía 10 Andesitas verdes con textura afanítica y presencia de carbonatos, en la vía al sector Cabuyal (UTM: 662860E, 9513309N.)

En el lado NO del cerro Huachingue en la vía que conecta Chullafaique con San Joaquín, se encontró un afloramiento antrópico en las coordenadas (UTM: 662860E, 9513309N.) , que presenta andesitas verdes de textura afanítica y una alta concentración de material blanco tipo limoso, el cual reaccionó con ácido cítrico efervesciendo lo que indica que se trata de carbonatos, el afloramiento se dispone en forma de clastos andesíticos y una matriz arcillosa-limosa de carbonatos, cabe destacar que este tipo de carbonato solo se encontró en este punto de la zona de estudio.

#### 6.2.2.2 Pórfido Andesítico Meteorizado

En la **fotografía 11** observamos un afloramiento de origen antrópico en el kilómetro 2 de la vía de tercer orden que anexa el sector Chullafaique con el barrio Sanjoaquin, se trata de un afloramiento con una altura de 3,8m y más de 100m de largo, aflora en las coordenadas UTM, 662318E, 9513215N, se distinguen 3 zonas, en la zona A un horizonte de cobertura vegetal y materia orgánica de coloración marrón oscuro, un horizonte B donde afloran el pórfido andesítico, y en la zona C materiales sueltos y rodados, el afloramiento expone una tonalidad

marrón claro, presenta una resistencia muy baja a los golpes con el martillo geológico, el macizo rocoso se encuentra altamente meteorizado, según el análisis petrográfico de la muestra LGS-JC-007-I, del anexo 13 ficha 7, se determina que la muestra presenta una textura fanerítica y un tamaño de grano medio que varía entre de 2mm a 5mm, en una estructura masiva con un contenido inferior al 10% de minerales oscuros por lo que según su índice de color se clasificaría como una roca hololeucocrática, posee un porcentaje de fenocristales del 55% y un 45% de matriz arcillosa, del análisis de fenocristales se determina que contiene plagioclasas, composición de cuarzo, y feldespato potásico, de grano medio. El cuarzo es el mineral que se presenta distribuido en toda muestra, presenta un brillo vitreo, y los feldespatos y las plagioclasas se representan por los minerales blanquecinos, no se encontró la presencia de minerales máficos, esta roca ha sufrido una alteración argílica avanzada es decir sus minerales han sido remplazados por arcillas.



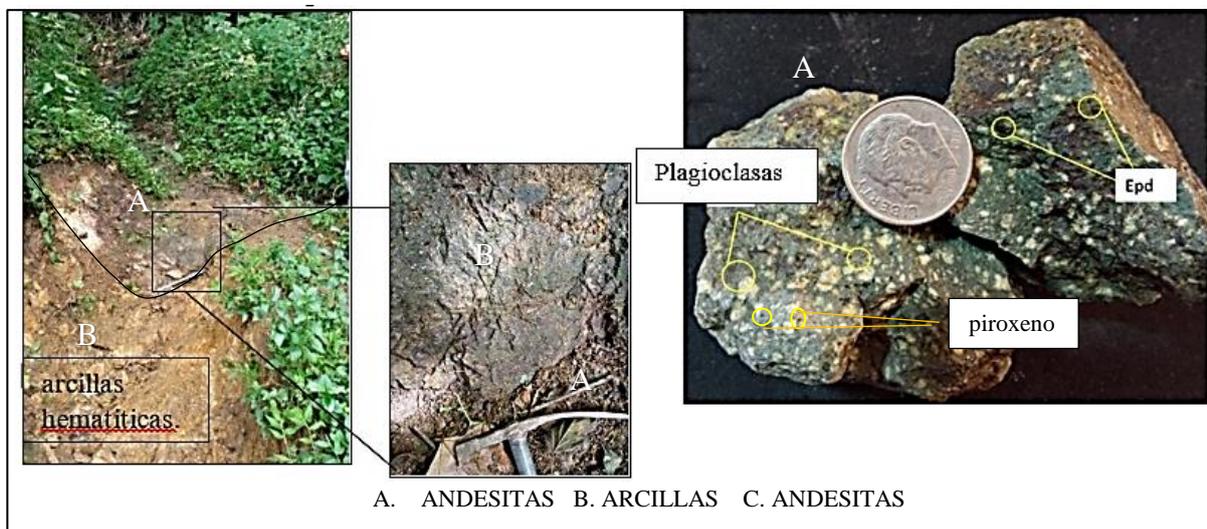
Fotografía 11 Afloramiento de roca arenosa, pórfido andesítico con textura porfirítica, presencia dos familias de Diaclasas, en el sector Cabuyal (UTM: 662318E, 9513215N.)



Fotografía 12 Muestra de mano del pórfido andesítico meteorizado (UTM: 662318E, 9513215N.)

### 6.2.2.2.3 Andesita porfirítica con minerales de Clorita.

En la **fotografía 13**, en la figura de la izquierda se distingue un afloramiento de origen antrópico, ubicado en un camino de herradura que conecta el barrio Camayos con propiedades y fincas hasta la quebrada Quisanga, su punto referencial corresponde a las coordenadas (UTM: 95110089N 666090E), en este afloramiento se denotan dos litologías diferentes en la zona A se presenta una roca de tonalidad oscura, y en la zona B arcillas de tonalidad naranja de la unidad Ahuaca. Al realizar el análisis petrográfico de la muestra LGS-JC-003-I posee una tonalidad verde oscura considerando los criterios de tonalidad de rocas ígneas, se trata de una roca leucocrática ya que posee un porcentaje de minerales máficos del 12% además se determina que se trata de una roca de textura porfirítica, con una estructura masiva, el tamaño de grano es de 2mm a 3mm, presenta un 35 % de fenocristales y un 65% de matriz, entre los minerales principales se observan plagioclasas y en los accesorios clorita o epidota, además algunos piroxenos se trata de una andesita de la unidad Changaimina con un grado de meteorización baja-media, su coloración es verdosa, su característica principal es su estructura porfirítica con presencia de plagioclasas, afloran en zonas que han sido descubiertas por efectos de la erosión y en zonas de pendientes escarpadas donde no se han dado deposiciones de materiales suprayacentes.

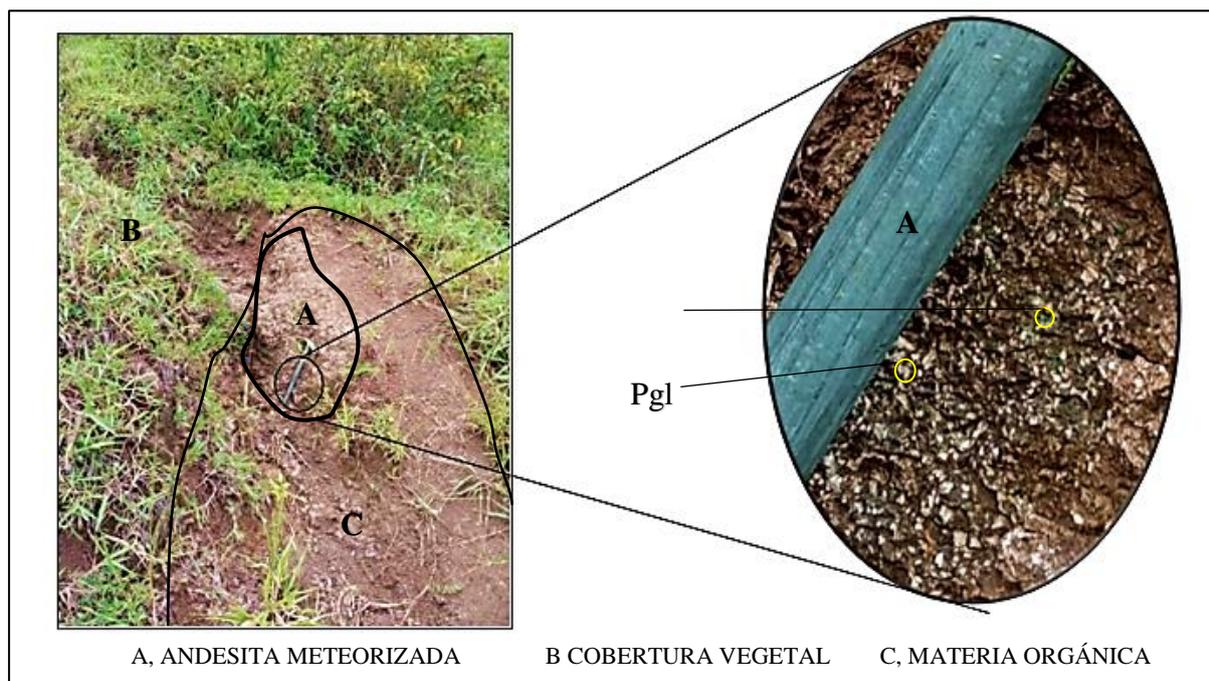


Fotografía 13 Andesitas verdes con textura porfirítica y arcillas de la U. Ahuaca, en el sector Camayos bajo (UTM: 95110089N 666090E.)

### 6.2.2.2.4 Andesita Porfirítica meteorizada verdosa.

En la fotografía 14 se observa un afloramiento de origen natural, se encuentra ubicado cerca al sector plan del limo sus coordenadas corresponden a UTM: 663487E, 9512987N, aflora cerca de un camino de herradura que comunica este sector con la carretera que une los barrios

Sanjoaquin y Camayos, se distinguen tres zonas, la zona A se trata de la roca meteorizada mientras que la zona B se trata de cobertura vegetal y la zona C se trata de material suelto y materia orgánica. La roca C es parte del basamento de mayor potencia que se corresponde a una de las variaciones de los pórfidos andesíticos de la unidad Changaimina y posee una coloración oscura tomando en cuenta los criterios de tonalidad de rocas ígneas, se clasificaría como una roca leucocrática puesto que el porcentaje de minerales oscuros en la matriz es del 30%, la coloración oscura de la matriz se debe a la presencia de minerales ferromagnesianos, al realizar una prueba de magnetismo la roca reacciona de forma positiva, los minerales ferromagnesianos se relacionan con minerales de hierro y magnetita, según el análisis petrográfico se determinó una textura porfirítica lo que indica que su enfriamiento se dio en profundidad, presenta un 50% de plagioclasas, un 10% de feldespatos alcalinos y como minerales accesorios se identificó la presencia de clorita, según los criterios de zonas de alteración de rocas ígneas la roca descrita presenta una alteración propílica.

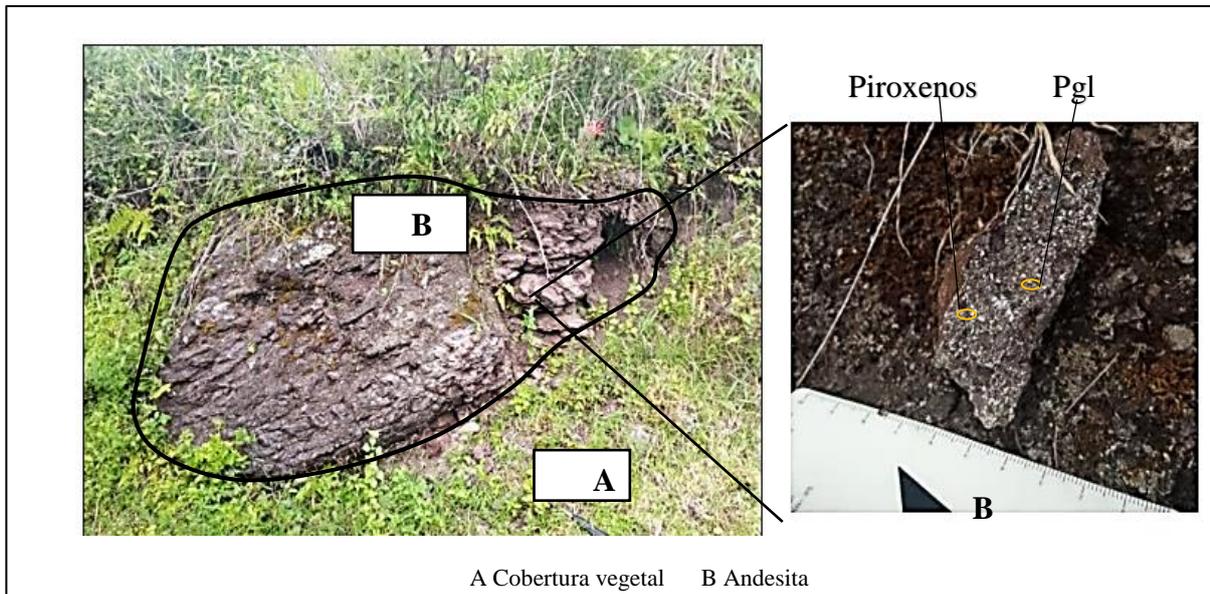


Fotografía 14 Pórfidos andesíticos meteorizado en el sector Plan de Limo (UTM: 663487E, 9512987N.)

#### 6.2.2.2.5 Andesita Porfirítica meteorizada gris-purpura.

En la fotografía 15 se observa un ejemplar de los pórfidos andesíticos de la unidad Changaimina ubicado en la parte baja del barrio Camayos a una altura de 1320 m, se identificó un afloramiento de origen natural que corresponde a las coordenadas (UTM: 662015E, 9512817N.), en la zona A se identifica cobertura vegetal y en zona B aflora la roca en mención, presenta una coloración gris a purpura tomando en cuenta los criterios de tonalidad de rocas ígneas por porcentaje de minerales máficos entre un 25% a 30% se trataría de una roca

leucocrática, altamente fracturada, al golpear con el martillo geológico presenta una resistencia media, según el análisis petrográfico se identificó una textura porfirítica, es decir que el enfriamiento de esta roca se dio en profundidad, en base a este concepto es una roca plutónica, se identifican plagioclasas hasta en un 45% y como minerales accesorios piroxenos en un 20%, sobre una matriz de coloración púrpura con contenido de cuarzo mayor al 20%, la coloración oscura de su matriz se relaciona con la presencia de minerales ferromagnesianos al realizar la prueba de magnetismo reaccionaron positivamente, se trata de andesitas porfiríticas con alteración propílica, las diferencias de colores son atribuidas a diferentes procesos eruptivos y a variación del contenido de minerales ferromagnesianos, y zonas de alteración hidrotermal.

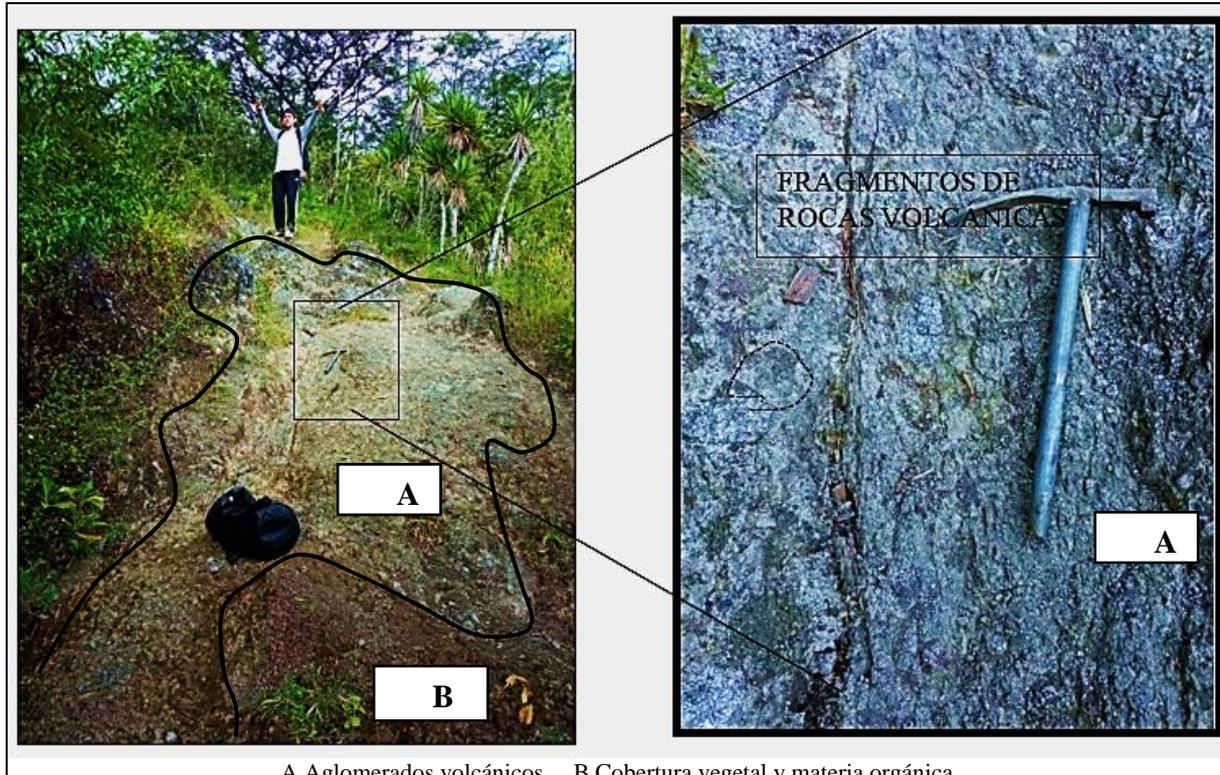


Fotografía 15 Andesítico porfirítica meteorizada en el sector Plan de Limo (UTM: 662015E, 9512817N.)

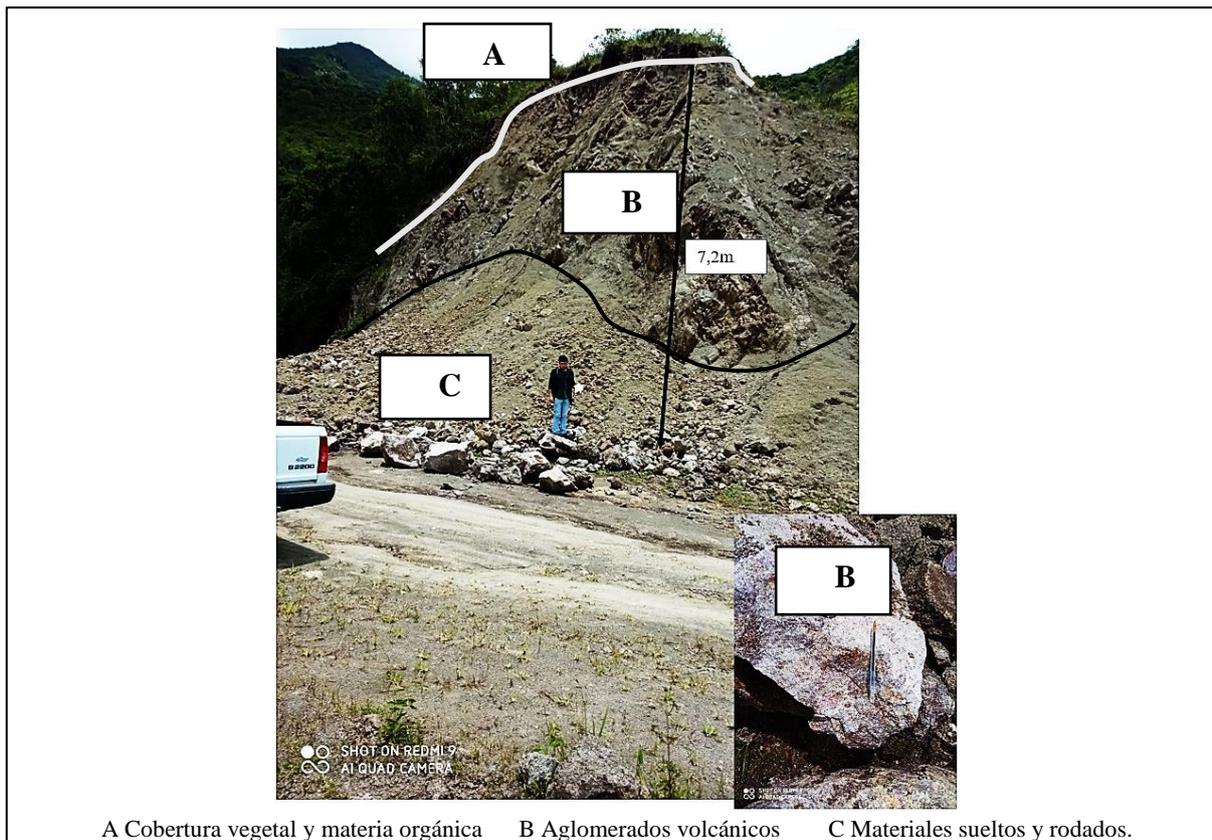
#### 6.2.2.2.6 Aglomerado Volcánico.

En la **fotografía 16** observamos un afloramiento de origen antrópico situado en un camino de herradura que se conecta con la carretera que comunica los barrios Sanjoaquín y Camayos y a su vez comunica con fincas y predios hacia la quebrada Quisanga, posee 3m de ancho y 4m de largo, sus coordenadas corresponden a (UTM: 662318E, 9513215N.), se identifican dos zonas una zona A que corresponden a un aglomerado volcánico y una zona B compuesta de cobertura vegetal, al realizar golpes con el martillo geológico se corrobora que es una roca bastante competente, se encuentra moderadamente meteorizada y se compone de varios fragmentos de rocas con composición andesítica, envueltas en una matriz de composición andesítica, los trozos angulares contenidos en la matriz poseen diámetros de hasta 2cm, en la **fotografía 17** observamos otro afloramiento ejemplar de aglomerados volcánicos, este afloramiento es de origen antrópico y se ubica en el tramo de vía que comunica el barrio

Sanjoaquin con la escuela de mismo nombre, sus coordenadas corresponden a (UTM: 664298E, 9511205N.), con una altura de 7,2m y un ancho de 12 metros.



A Aglomerados volcánicos B Cobertura vegetal y materia orgánica  
 Fotografía 16 Afloramiento de aglomerados volcánicos (UTM: 662318E, 9513215N.)



A Cobertura vegetal y materia orgánica B Aglomerados volcánicos C Materiales sueltos y rodados.

Fotografía 17 Afloramiento de aglomerados volcánicos (UTM: 664298E, 9511205N.)

En la fotografía 17 se identificaron tres zonas una A, compuesta por una capa de materia orgánica y cobertura vegetal, la zona B corresponde a aglomerados volcánicos, y la zona C corresponde a materiales rodados, al golpear con el martillo geológico se corrobora que se trata de una roca altamente competente, al realizar el análisis petrográfico de la muestra LGS-JC-001-I se determina que tanto la matriz como los trozos angulares contenidos en el aglomerado presentan una textura porfídica, lo que indica que su enfriamiento se dio en profundidad, según los criterios de tonalidad de rocas ígneas se determina que poseen un porcentaje menor al 10% de minerales máficos por lo que se considera como hololeucocrática, se compone en un 25% de plagioclasas, 20% de feldespatos alcalinos con asociaciones de cuarzo hasta un 10%, grano medio de 2mm – 5mm en la matriz y clastos angulosos de 1cm hasta 4cm, con la misma composición mineralógica que la matriz, se trata de un aglomerado volcánico andesítico.

#### 6.2.2.2.7 Aglomerado Volcánico meteorizado.



Fotografía 18 Aglomerado volcánico meteorizado (UTM: 664007E, 9510935N, H:1773m.)



Fotografía 19 Afloramiento de aglomerado volcánico meteorizado (UTM: 665182 E, 9510761N, H:1532.)

En la fotografía 18 y 19 observamos otro ejemplar de aglomerados volcánicos, presentan clastos poco redondeados y angulosos en una matriz de sedimentos e incrustaciones de rocas andesíticas, la génesis de este sustrato rocoso indica que son aglomerados volcánicos que han sido meteorizados, y están en proceso de una alteración argílica, se encuentran sobreyaciendo discordantemente sobre andesitas porfiríticas y en ocasiones aglomerados volcánicos, esto se observa en las coordenadas(UTM: 664237 E, 9510476N).

Se diferencia de los aglomerados volcánicos ya que su matriz posee una estructura poco consolidada y fácilmente disgregable con los golpes del martillo geológico, afloran en relieves colinados bajos y además bajo las redes de drenaje principalmente afloran en la vía que conecta San Joaquín con Camayos después del 1 kilómetro pasando la quebrada San Joaquín en

dirección a la quebrada Camayos a lo largo de la microcuenca de la quebrada piedras negras, y de la microcuenca quebrada Camayos.

### 6.2.2.3 Unidad el Ingenio. (Oligoceno).

#### 6.2.2.3.1 Tobas Líticas, aglomerados con clastos volcánicos y metamórficos.

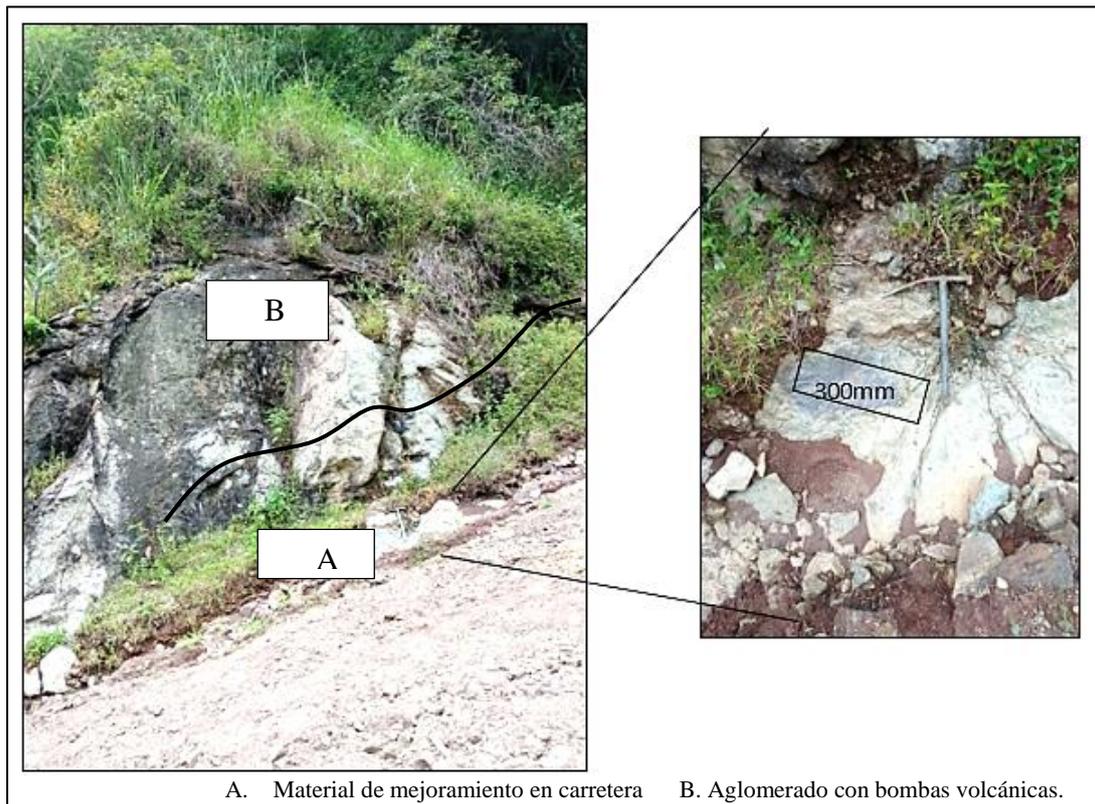
La unidad el ingenio comprende tobas líticas, aglomerados con clastos volcánicos y metamórficos, el INIGEMM (2008), se diferenció esta unidad como otra facie volcanoclástica, se comprende tobas líticas de color gris claro a verdes, presentan textura volcanoclástica, en ocasiones se presentan con bombas, por lo que algunas se consideran como aglomerados, están constituidas por fragmentos subredondeados de rocas volcánicas, y rocas de grano fino.



Fotografía 20 Afloramiento aglomerados con clastos volcánicos y metamórficos (UTM: 667117E, 95095147N.)

En la **fotografía 20** en la vía de tercer orden que conecta la parroquia Sanguillín con la parroquia Lucero en la intersección entre la quebrada Quisanga y la vía mencionada observamos un afloramiento de origen natural sus coordenadas UTM corresponden a 667117E, 95095147N, posee un ancho de 2,5m y un largo de 3m, al realizar golpes con el martillo geológico se determina que posee una alta competitividad, al realizar el análisis petrográfico se determina de que trata de una roca con una matriz clara, con textura volcanoclástica, muy dura, ligeramente alterada, compuesta de plagioclasas, con asociaciones de cuarzo, grano medio de 2mm – 5mm en la matriz encontramos bombas con diámetros desde 30cm, la estructura de las bombas es masiva, moderadamente fracturado, diaclasas abiertas hasta 2mm, exhiben una coloración con tonalidades gris claro, estas rocas afloran en las coordenadas UTM: (667117E, 9509514N).

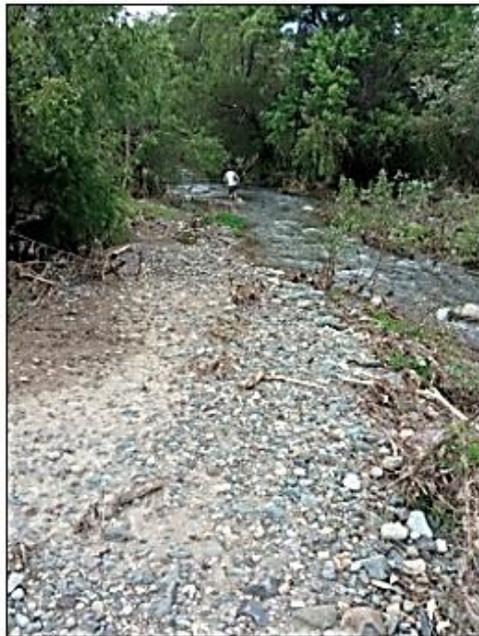
La roca está compuesta por varios fragmentos angulosos de bombas volcánicas presentan una matriz gris de ceniza y vidrio volcánico, este tipo de roca tiene una génesis relacionada con la presencia de facies lávicas y arrastre de materiales los cuales tienden a compactarse y litificarse en áreas donde la pendiente del terreno es muy baja, lo que por efectos de la gravedad, dando lugar a la formación de tobas líticas, la mayor parte de este tipo de rocas se concentran en zonas de pendientes bajas en toda el área de estudio afloran en zonas de vaguadas o quebradas, y en la parte baja del cerro Huachingue en la quebrada Camayos.



Fotografía 21 Afloramiento de aglomerados con líticos y clastos andesíticos (UTM: 667301E, 9509547N.)

En la **fotografía 21**, se observa un afloramiento de origen antrópico se trata de otro ejemplar de los aglomerados volcánicos de la unidad el ingenio algunas erupciones se caracterizan por un rompimiento de la roca de caja lo cual permite que el magma ascienda por grietas, y lleve a su paso rocas desprendidas de las paredes de la grieta, lo cual permite conocer como son las rocas que se encuentran a mayores profundidades. Según el análisis petrográfico se observa una roca con una matriz verdosa y con contenido de clastos andesíticos de hasta 30cm de diámetro, posee una textura volcanoclástica, muy dura, inalterada, compuesta de plagioclasas y anfíboles, con asociaciones de cuarzo, grano fino en la matriz y clastos angulosos, masivo, moderadamente fracturado, diaclasas abiertas hasta 2mm, exhiben una coloración con tonalidades verdosas en la matriz y azuladas en los clastos, estas rocas afloran en las coordenadas UTM: 667301E, 9509547N).

#### 6.2.2.4 Depósitos coluviales y depósitos aluviales.



Fotografía 22 Depósitos aluviales Q. Quisanga (UTM: 667279E, 9509458N.)



Fotografía 23 Depósitos coluviales y bombas volcánicas (X:664967 Y:9510041)

Estas facies litológicas se componen de depósitos aluviales que se encuentran aflorando en los valles de la quebrada Quisanga, parte baja de la quebrada San Joaquín y en las cercanías del río Calvas, forman terrenos bajos y terrazas. Los depósitos coluviales se observan en la **fotografía 22** trata de arenas y gravas sueltas poco consolidadas producto de la erosión de las andesitas que conforman la unidad Changaimina y se distribuyen temporalmente en cauces y drenajes naturales secos.



Fotografía 24 Depósitos coluviales y bombas volcánicas(X:664536 Y:9509589)

### **6.2.3 Geología Estructural.**

En un ambiente volcano clástico de un área de 2500 hectáreas con una diferencia de altura de hasta 1200 metros, se pueden observar diversos elementos de geología estructural que dan lugar a una variedad de características geológicas. En primer lugar, se encuentra un escarpe erosivo, que es una pendiente pronunciada o un acantilado creado por la erosión diferencial en el terreno. Este escarpe erosivo indica una clara diferencia de resistencia entre las rocas presentes en esa zona. Además, se identifican dos fallas normales en el área. Las fallas normales son aquellas en las que el bloque que se encuentra por debajo de la falla se desplaza hacia abajo en relación con el bloque que se encuentra por encima. Estas fallas pueden ser indicativas de procesos tectónicos activos en la región. En cuanto a los contactos litológicos, se pueden observar las interfaces entre diferentes tipos de rocas presentes en el área. Estos contactos litológicos pueden ser resultado de diferentes procesos geológicos, como cambios en el ambiente deposicional o intrusiones ígneas. Los contactos erosivos son aquellos en los que se produce un desgaste o remoción de material debido a la acción de la erosión. Estos contactos pueden evidenciar procesos de erosión diferencial, en los cuales ciertas capas de roca son más resistentes a la erosión que otras, creando discontinuidades y cambios en la topografía del área.

Además de los contactos erosivos, también se pueden encontrar contactos discordantes en el área. Los contactos discordantes son aquellos en los que las capas de roca adyacentes tienen una orientación o inclinación diferente. Estos contactos discordantes pueden ser el resultado de procesos tectónicos que han deformado y plegado las capas de roca originalmente horizontales.

Otro aspecto importante a considerar son las diaclasas, que son fracturas en la roca sin desplazamiento significativo a lo largo de la fractura. Las diaclasas pueden formarse debido a

tensiones tectónicas o procesos de enfriamiento y contracción de la roca. Estas fracturas pueden tener una influencia significativa en la permeabilidad y la deformación de las rocas.

**- Escarpe Erosivo**

En la zona sureste del cerro Huachingue y del área de estudio, se encontró una abrupta diferencia de altura y un cambio accidentado de la topografía, lo que al visualizar desde un punto de vista panorámico se denota un escarpe erosivo que se extiende por toda parte alta de Camayos, cuatro puntos referenciales de sus coordenadas corresponden a UTM (665359 E 9510459 N; 664362 E 9510475 N; 663835 E 9510049 N; 663518 E 9508745 N) aproximadamente se extiende por dos kilómetros en el sector plan del limo y forma una abrupta pendiente, se trataría de un deslizamiento antiguo que arrastró materiales coluviales en dirección SE y que se corresponden con la dirección de buzamiento de la mayoría de diaclasas presentes en esta área véase apartado 6.2.4. *Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades*; la fotografía 25 ha sido tomada desde la parroquia Sanguillín y en ella se aprecia el cerro Huachingue, y en su lado SE se distingue el escarpe erosivo, que ha dado lugar a un depósito de materiales sueltos y coluvios, en la parte baja del escarpe que se extienden hasta la quebrada Quisanga y el río Calvas.



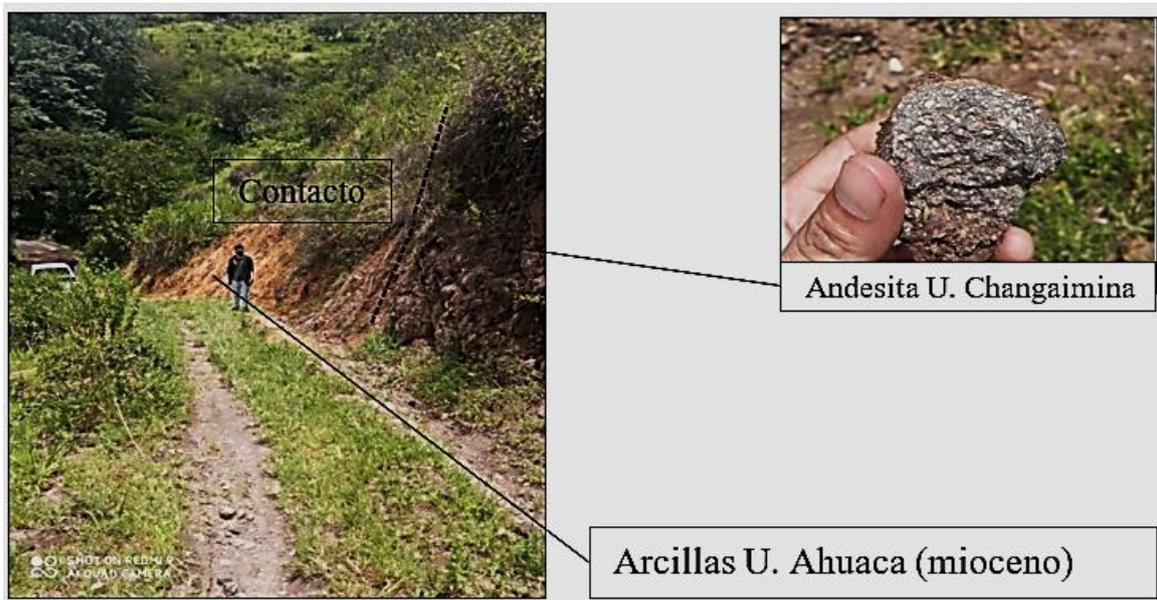
Fotografía 25 Escarpe erosivo

**6.2.3.1 Contactos**

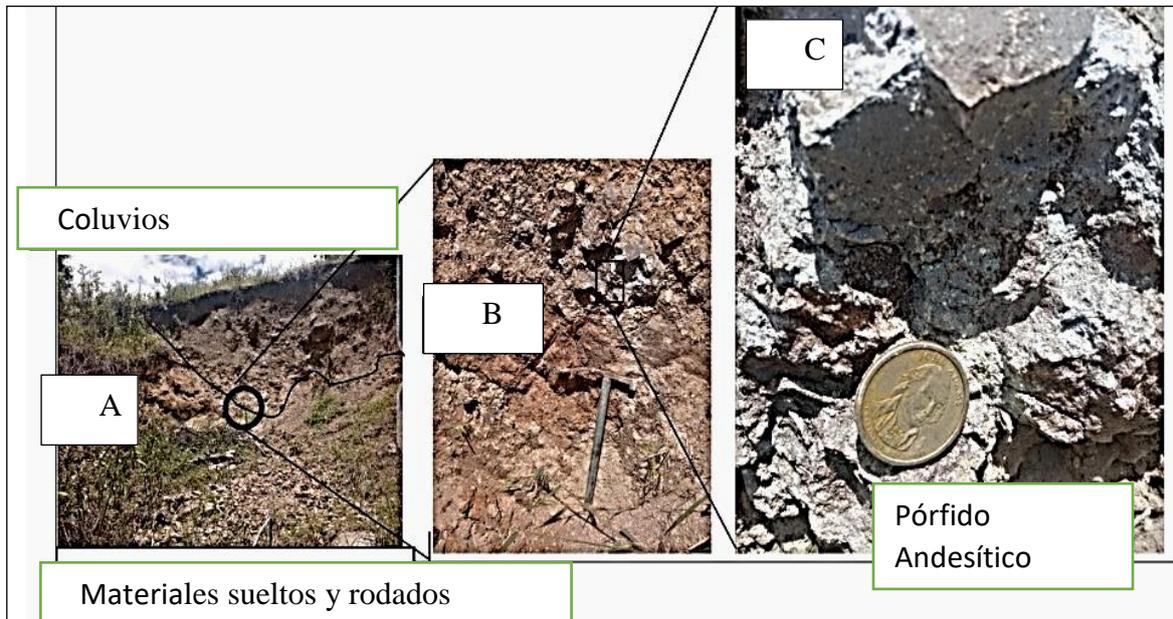
**- Contacto Erosivo**

En el barrio San Joaquín en las coordenadas (UTM: 664493 E, 9511685N) aflora en un talud de origen antrópico donde se evidencia un contacto entre la unidad Changaimina andesitas, (Plioceno) y la Unidad Ahuaca tobas riolíticas y arcillas (Mioceno), dicho contacto no se

encuentra mapeado en las hojas geológicas a nivel regional, se trata de un contacto de tipo erosivo que se da cuando una unidad geológica ha sido expuesta a la erosión y se encuentra en contacto con una unidad adyacente de roca erosionada. En este caso, el contacto es el resultado de la eliminación de las capas superiores de las rocas debido a procesos como la acción de los ríos, el viento, el contacto posee un buzamiento vertical y en este caso las arcillas de la unidad Ahuaca se depositaron sobre las andesitas de la unidad Changaimina.



Fotografía 26 Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas de la Unidad Ahuaca (UTM: 664493 E, 9511685N.)



Fotografía 27 Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas de la Unidad Ahuaca (UTM: 664174 E, 9511051N)

En la fotografía 27A observamos un afloramiento de origen natural con presencia de coluvios en una zona donde se ha producido un pequeño deslizamiento, estos materiales

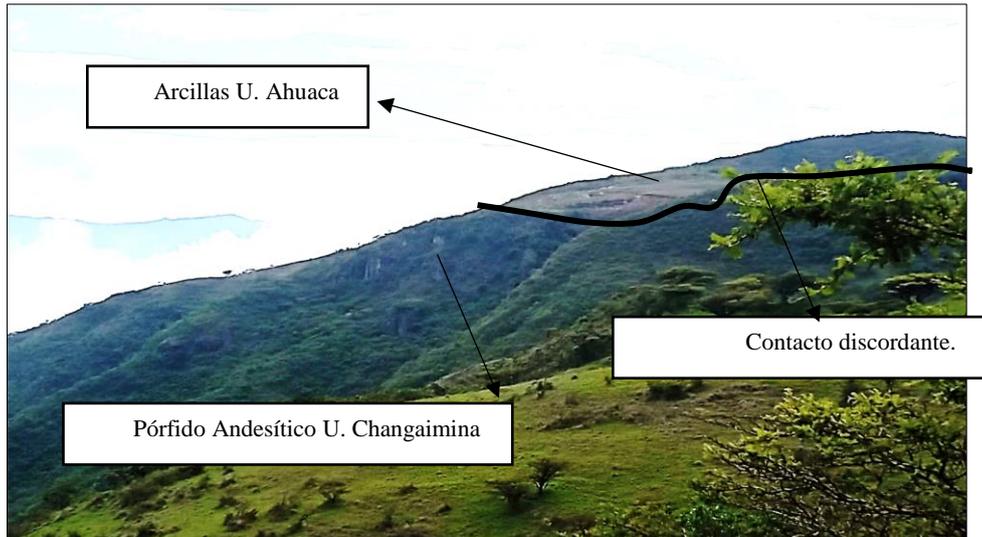
coluviales se disponen discordantemente sobre las andesitas de la unidad Changaimina, y forman capas de espesores no mayores a 60 cm, que se acomodan sobre el relieve y las pendientes, en fotografía 27B se observa una ampliación de las andesitas de la unidad Changaimina que forman parte del basamento del área estudiada, y la fotografía 27C se trata de una ampliación con mayor zoom de estas andesitas, presentan una coloración gris claro, y se distinguen algunos piroxenos y plagioclasas. Sobre esta formación de Porfido andesítico, han ocurrido procesos geológicos, meteóricos y gravitatorios que han depositado materiales coluviales, arcillas y arenas. Los procesos geológicos pueden incluir la erosión de rocas cercanas, la acción de ríos, la actividad tectónica o la acumulación de sedimentos en cuencas. Los procesos meteóricos involucran las influencias de la atmósfera, como la lluvia, el viento y los cambios de temperatura. Los procesos gravitatorios se refieren a movimientos de masa, como deslizamientos o deslaves, que pueden transportar y depositar material en la zona de contacto.

Los materiales coluviales son fragmentos de rocas y suelo que se acumulan por la acción de la gravedad, generalmente cerca de pendientes pronunciadas. Estos materiales pueden variar en tamaño y pueden estar compuestos por fragmentos del Porfido andesítico y de otras rocas presentes en la zona. Las arcillas y arenas, por otro lado, son sedimentos finos depositados por la acción del agua o el viento. Estos materiales pueden haber sido transportados desde áreas circundantes y acumulados sobre el Porfido andesítico.

- ***Contacto discordante.***



Fotografía 28. Zona de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas Unidad Ahuaca.



Fotografía 29. Vista Panorámica de contacto entre las rocas andesíticas de la Unidad Changaimina y las arcillas Unidad Ahuaca.

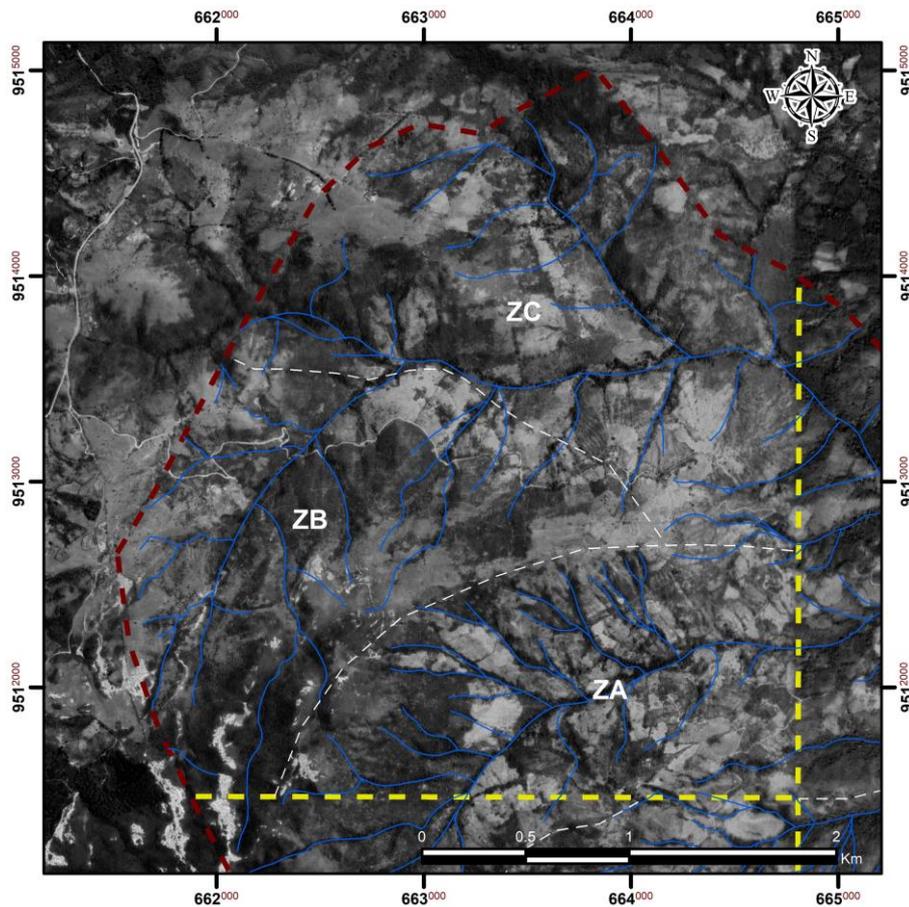
En la fotografía 28 en la altiplanicie del cerro Huachingue se identificó una zona de contacto donde las Arcillas rojizas de la unidad Ahuaca sobreyacen las andesitas de la unidad Changaimina formando una capa de baja potencia que se adapta a la forma de la roca subyacente a medida que se sube en altura aumenta la potencia de la capa de arcillas, esto se observó en la altiplanicie del cerro Huachingue en las coordenadas UTM 662050 E 9512550 N y se puede evidenciar en la fotografía 29 y 46. El contacto geológico entre las unidades Changaimina y Ahuaca es discordante. La unidad Changaimina consiste en un pórfido andesítico del Paleoceno, con una antigüedad de aproximadamente entre 66 y 56 millones de años. Por encima de ella, se encuentran tobas riolíticas y arcillas de la unidad Ahuaca, que datan del Mioceno, hace alrededor de 23 a 5 millones de años.

Este contacto discordante se debe a procesos eruptivos posteriores al Paleoceno, donde las tobas riolíticas se depositaron sobre el pórfido andesítico existente. Las tobas riolíticas son rocas volcánicas de composición félsica, de color claro, y se forman a partir de la consolidación de depósitos piroclásticos y cenizas volcánicas.

El contacto geológico discordante entre las unidades Changaimina y Ahuaca se caracteriza por la deposición de tobas riolíticas y arcillas de la unidad Ahuaca, de edad Mioceno, sobre el pórfido andesítico de la unidad Changaimina, de edad Paleoceno, debido a procesos eruptivos posteriores al Paleoceno.

En la fotografía 30 en la zona ZA se denota una microcuenca que tiene como centro de discurrencia de aguas la quebrada San Joaquín, sobre la misma se denota una diferencia entre la red de drenaje, se presenta un drenaje dendrítico hacia la zona norte de quebrada, y en la

parte sur un drenaje mucho más espaciado lo que indica que se trata dos materiales diferentes en cuanto a su competitividad y resistencia a la erosión, lo cual se corroboró en campo mediante puntos de control y se determinó que la zona donde se presenta la red de drenaje dendrítica se trata de tobas de la unidad Ahuaca y en la zona con red de drenaje espaciada se trata andesitas de la unidad Changaimina obsérvese la fotografía 31, mismo contacto que estaría delimitado por la quebrada San Joaquín.



Fotografía 30 Zona de contacto.



Fotografía 31 Zona de contacto entre U. Ahuaca y U. Changaimina.

- **Contacto intrusivo.**

En la fotografía 32 se observa un contacto intrusivo que ocurre cuando una masa de roca ígnea intruye o penetra en una masa de roca preexistente. La roca ígnea intrusiva, conocida como intrusión, se introduce en la roca hospedante y puede tener diferentes formas, como diques, sillares o plutones. El contacto entre la intrusión y la roca hospedante puede ser discordante. Este afloramiento se ubica en la vía que conecta a escuela Sanjoaquin con el barrio del mismo nombre en las coordenadas UTM (X:664663 Y:9511758), y se presentan dos tipos de rocas con tonalidades diferentes, una andesita color gris que corresponde a las andesitas de la unidad Changaimina y una roca de coloración naranja que corta la andesita con una dirección 30°NE una dirección de buzamiento 300° y un buzamiento vertical y que presenta una resistencia bastante alta a los golpes con el martillo geológico.



Fotografía 32 Dique en una andesita (X:664663 Y:9511758).

El contacto intrusivo entre la unidad geológica Changaimina y el dique de la unidad Ahuaca se caracteriza por la penetración del dique riolítico de coloración clara y naranja en la roca pórfido andesítica de la unidad Changaimina. El dique, con una potencia de 40 cm, se extiende en dirección noreste.

El dique, perteneciente a la unidad Ahuaca compuesta por tobas riolíticas, muestra una correlación estrecha con los esfuerzos estructurales regionales. Esto sugiere que su intrusión está relacionada con las fuerzas tectónicas que actuaron durante el Mioceno. La presencia de fracturas preexistentes en la unidad Changaimina pudo haber facilitado el ascenso del magma riolítico a lo largo de estas estructuras debilitadas.

En este afloramiento encontramos un dique compuesto principalmente de cuarzo de

coloración lechosa a lado de esta roca se presenta una andesita con alta presencia de plagioclasas, y minerales verdosos como clorita, el ancho del dique es de aproximadamente 80 cm, y corta la roca andesítica, su dirección con respecto al norte es de 35°NE la dirección de buzamiento es de 315° y el ángulo de buzamiento es de 85°.



Fotografía 33 Dique de cuarzo en una andesita (X:664535 Y:9513632).

### 6.2.3.2 Diaclasas

Las diaclasas son fracturas o grietas que se forman en las rocas sin la presencia de un desplazamiento significativo a lo largo de ellas. Son muy comunes en muchas áreas de estudio geológico y tienen una importancia significativa. Estas grietas pueden formarse debido a diferentes procesos, como la contracción térmica, la expansión de minerales, la presión tectónica o incluso la erosión.

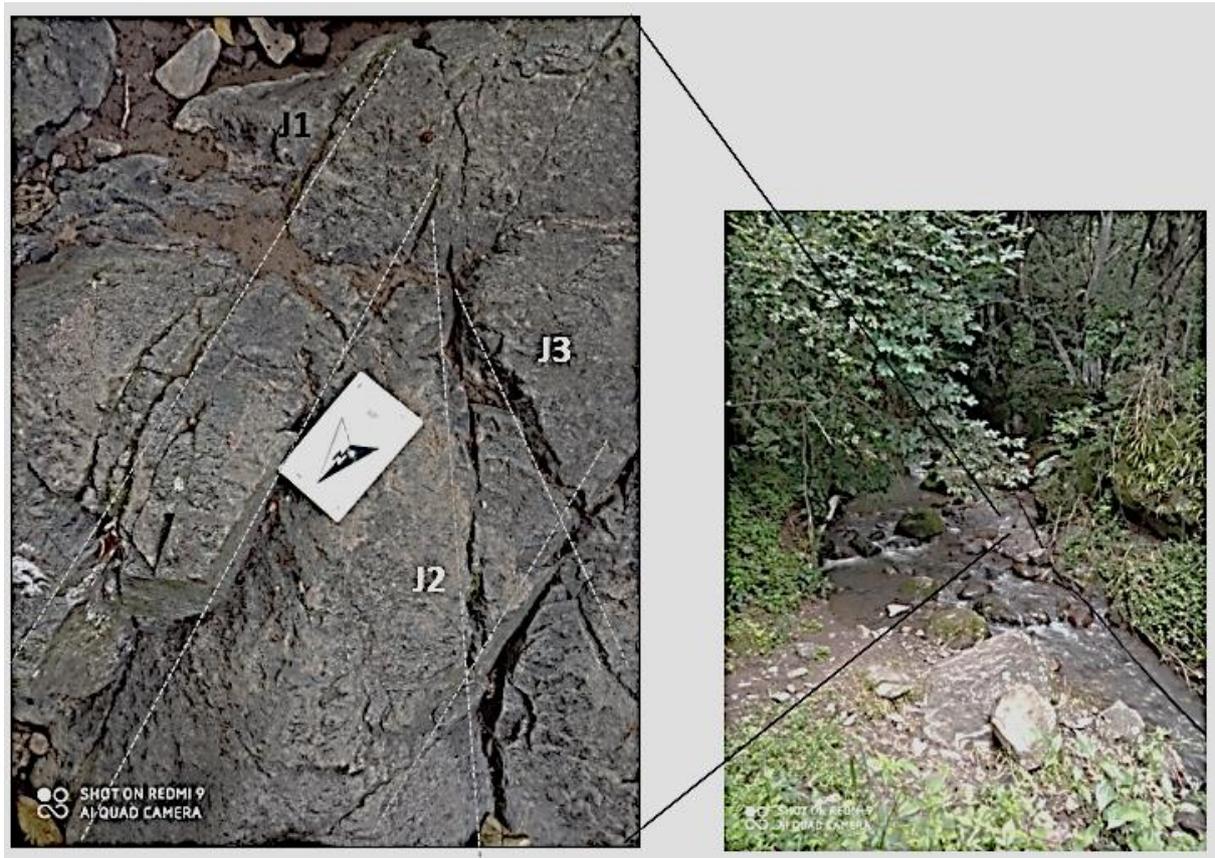
Las diaclasas juegan un papel crucial en diversos fenómenos geológicos. Por ejemplo, pueden afectar la permeabilidad de las rocas y facilitar la circulación de fluidos, como agua subterránea o hidrocarburos. Además, pueden influir en la estabilidad de las laderas de las montañas y tener implicaciones en la planificación y construcción de infraestructuras.

En la quebrada camayos se observó la presencia de un diaclasamiento en una andesita basáltica, se presentan tres familias de diaclasas se describen a continuación (ver figura 33).

**J1:** dirección con respecto al norte de 356°; dirección de buzamiento de 266°; y un buzamiento de 85°.

La separación entre juntas es de 150 mm a 3000 mm lo que las clasifica como separadas, la longitud en metros del rumbo es de 600mm, la apertura de las diaclasas es de 3 mm lo que las clasifica como moderadamente abiertas, posee una rugosidad escalonada lisa, se encuentra

moderadamente meteorizada, se encuentra en estado húmedo y las grietas no poseen relleno.



Fotografía 34 Diaclasas en andesitas porfíricas. (UTM: 664493 E, 9511685N.)

**J2:** dirección con respecto al norte de  $310^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $220^\circ$ ; y un buzamiento de  $86^\circ$ .

La separación entre juntas es de mayor a 2500 mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 1000mm, la apertura de las diaclasas es de 10 mm lo que las clasifica como anchas, posee una rugosidad escalonada lisa, se encuentra moderadamente meteorizada, se encuentra en estado húmedo y las grietas no poseen relleno.

**J3:** dirección con respecto al norte de  $290^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $200^\circ$ ; y un buzamiento de  $70^\circ$ .

La separación entre juntas es de mayor a 2000 mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 400mm, la apertura de las diaclasas es de 8 mm lo que las clasifica como anchas, posee una rugosidad escalonada lisa, se encuentra moderadamente meteorizada, se encuentra en estado húmedo y las grietas no poseen relleno.

En una red de drenaje secundaria ubicada entre el barrio Camayos y el barrio San Joaquin aflora una brecha volcánica, que se encuentra cortada por dos familias de diaclasas sus

características se describen a continuación:

**J4:** dirección con respecto al norte de  $335^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $245^\circ$ ; y un buzamiento de  $80^\circ$ .

La separación entre juntas es mayor a 400mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 900mm, la apertura de las diaclasas es de 2 mm lo que las clasifica como moderadamente abiertas, posee una rugosidad escalonada lisa, se encuentra moderadamente meteorizada, se encuentra en estado húmedo y las grietas no poseen relleno.

**J5:** dirección con respecto al norte de  $290^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $200^\circ$ ; y un buzamiento de  $82^\circ$ .

La separación entre juntas es de mayor a 1900 mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 450mm, la apertura de las diaclasas es de 10 mm lo que las clasifica como anchas, posee una rugosidad escalonada lisa, se encuentra moderadamente meteorizada.



Fotografía 35 Diaclasas en brechas volcánicas. (UTM: 664493 E, 9511685N.)

**J6:** dirección con respecto al norte de  $65^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $335^\circ$ ; y un buzamiento de  $79^\circ$ .

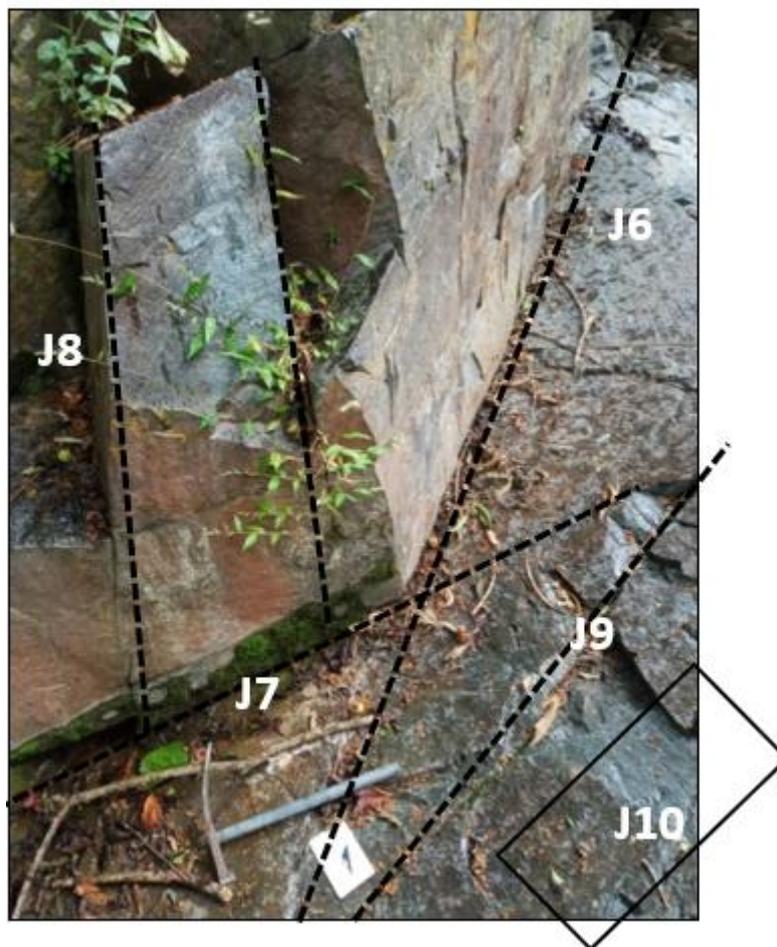
La separación entre juntas es de 4000mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 600mm, la apertura de las diaclasas es de 0 cm lo que las clasifica como muy cerradas, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada.

**J7:** dirección con respecto al norte de  $112^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $15^\circ$ ; y un buzamiento de  $75^\circ$ .

La separación entre juntas es de 900mm lo que las clasifica como separadas, la longitud en metros del rumbo es de 800mm, la apertura de las diaclasas es de 0 cm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada y presentan humedad.

**J8:** dirección con respecto al norte de  $15^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $118^\circ$ ; y un buzamiento de  $85^\circ$ .

La separación entre juntas es de 200mm lo que las clasifica como juntas, la longitud en metros del rumbo es de 800mm, la apertura de las diaclasas es de 1mm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada.



Fotografía 36 Diaclasas en una andesita. (UTM: 664509 E, 9513612N.)

**J9:** dirección con respecto al norte de  $60^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $330^\circ$ ; y un

buzamiento de  $70^\circ$ .

La separación entre juntas es de 1000mm lo que las clasifica como separadas la longitud en metros del rumbo es de 700mm, la apertura de las diaclasas es de 0 mm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada.

**J10:** dirección con respecto al norte de  $140^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $50^\circ$ ; y un buzamiento de  $25^\circ$ .

La separación entre juntas es de más de 1000mm lo que las clasifica como separadas, la longitud en metros del rumbo es de 700mm, la apertura de las diaclasas es de 0 mm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada.



Fotografía 37 Diaclasas en una andesita. (UTM: 665236 E, 9509230N.)

**J11:** dirección con respecto al norte de  $30^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $115^\circ$ ; y un buzamiento de  $66^\circ$ .

La separación entre juntas es de 1500mm lo que las clasifica como muy separadas, la

longitud en metros del rumbo es de 1200mm, la apertura de las diaclasas es de 2 mm lo que las clasifica como cerradas y no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada y presentan flujos.

**J12:** dirección con respecto al norte de  $10^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $105^\circ$ ; y un buzamiento de  $75^\circ$ .

La separación entre juntas es de 1300mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 800mm, la apertura de las diaclasas es de 0 cm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad lisa, se encuentra moderadamente meteorizada y se presentan flujos de agua.

**J13:** dirección con respecto al norte de  $110^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $195^\circ$ ; y un buzamiento de  $80^\circ$ .

La separación entre juntas es de 2000mm lo que las clasifica como muy separadas, la longitud en metros del rumbo es de 1200mm, la apertura de las diaclasas es de 2 mm lo que las clasifica como cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad escalonada lisa, y se encuentra moderadamente meteorizada además se presentan flujos.



Fotografía 38 Diaclasas en una Andesita. (UTM: Y:9513481 X:664565)

**J14:** dirección con respecto al norte de  $100^\circ$ ; dirección de buzamiento de  $179^\circ$ ; y un buzamiento de  $76^\circ$ .

La separación entre juntas es de 150mm lo que las clasifica como muy juntas, la longitud en metros del rumbo es de 900mm, la apertura de las diaclasas es de 0 mm lo que las clasifica como muy cerradas no poseen relleno, posee una rugosidad escalonada a lisa, y se encuentra moderadamente meteorizada además se presenta seca.

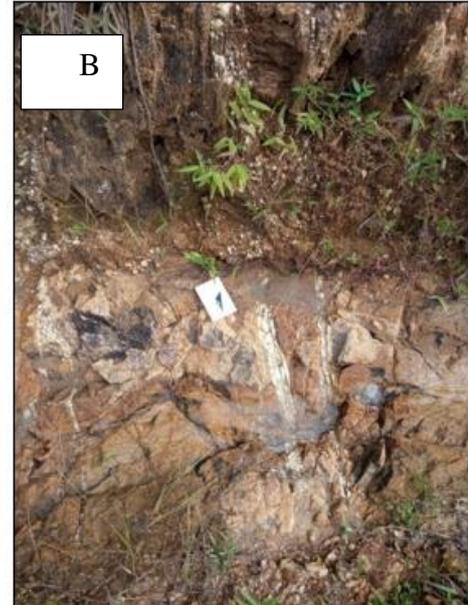
Para tener un análisis más a detalle en el levantamiento geológico estructural se tomaron las orientaciones de las diferentes vetillas y diaclasas, encontradas dentro de la zona de estudio, vetas y diques, y se ha detallado sus datos estructurales en la tabla 9 y realizar un tratamiento de datos en el software Dips 7.

### 6.2.3.3 Vetillas

En la zona noreste de la parroquia Sanguillín aflora un sistema de vetillas de cuarzo con presencia de drusas, estructuras que cortan andesitas de la unidad Changaimina y tobas de la unidad Ahuaca, mismas que afloran en gran parte de la carretera que comunica el sector Chullafaique con los barrios Sanjoaquin y Camayos en las coordenadas (UTM: Y: 9510821 X: 664747); (UTM: X: 666245 Y:9511074); (UTM: X: 661934 Y:9513029); (UTM: X: 666245 Y: 9511074), sus datos estructurales se describen en la *Tabla 9*, mismos datos que fueron tratados en el software DIPS 7, para establecer una tendencia de la concentración de esfuerzos en la zona de estudio, véase apartado 6.2.4. *Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades*.

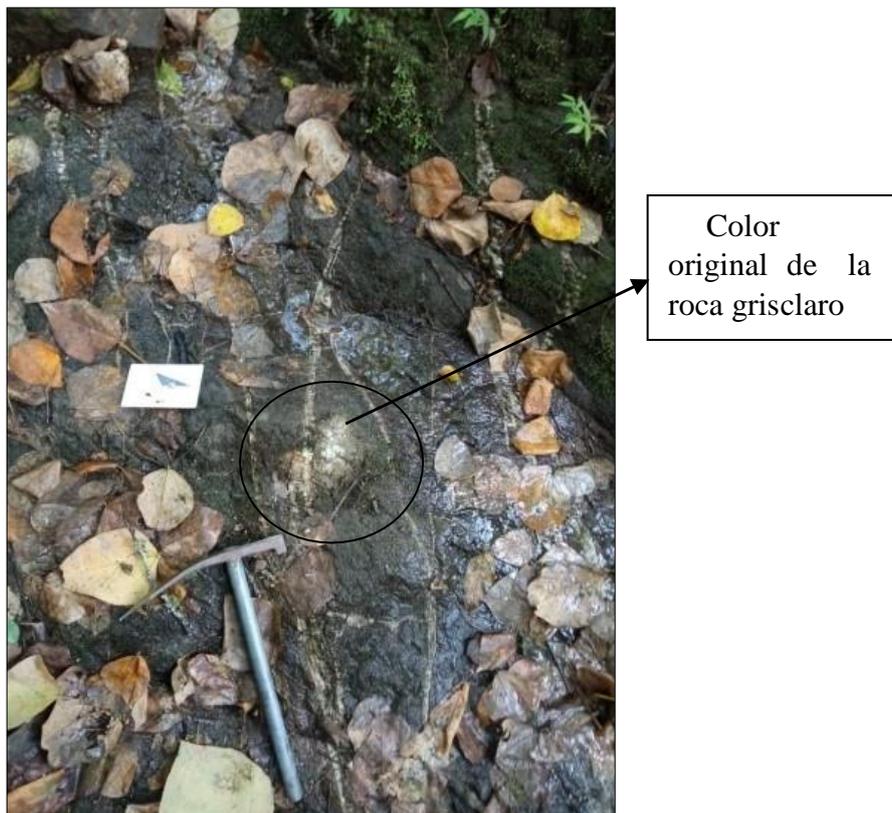


Fotografía 39 Vetillas de Cuarzo en una brecha volcánica. (UTM: Y: 9510821 X: 664747)



Fotografía 40 A. Vetillas de cuarzo en una andesita. (UTM: X: 666245 Y:9511074) B. Vetillas de cuarzo en una toba riolítica. (UTM: X: 661934 Y:9513029)

En la fotografía 41 se observa un afloramiento ubicado en el sector Cabuyal, se presenta vetillas de cuarzo tipo stockwork, instruidos en una andesita de la unidad Changaimina, misma que presenta una resistencia alta a los golpes con el martillo geológico, se evidenció que al golpear con el martillo geológico internamente la roca presenta una coloración clara y su tonalidad oscura se debe a la meteorización.



Fotografía 41 Vetillas de cuarzo en una andesita porfírica. (UTM: X: 666245 Y: 9511074)



Fotografía 42 Ejemplares de drusas de cuarzo (UTM:X 663377 Y: 9513120)

#### 6.2.3.4 Fallas.

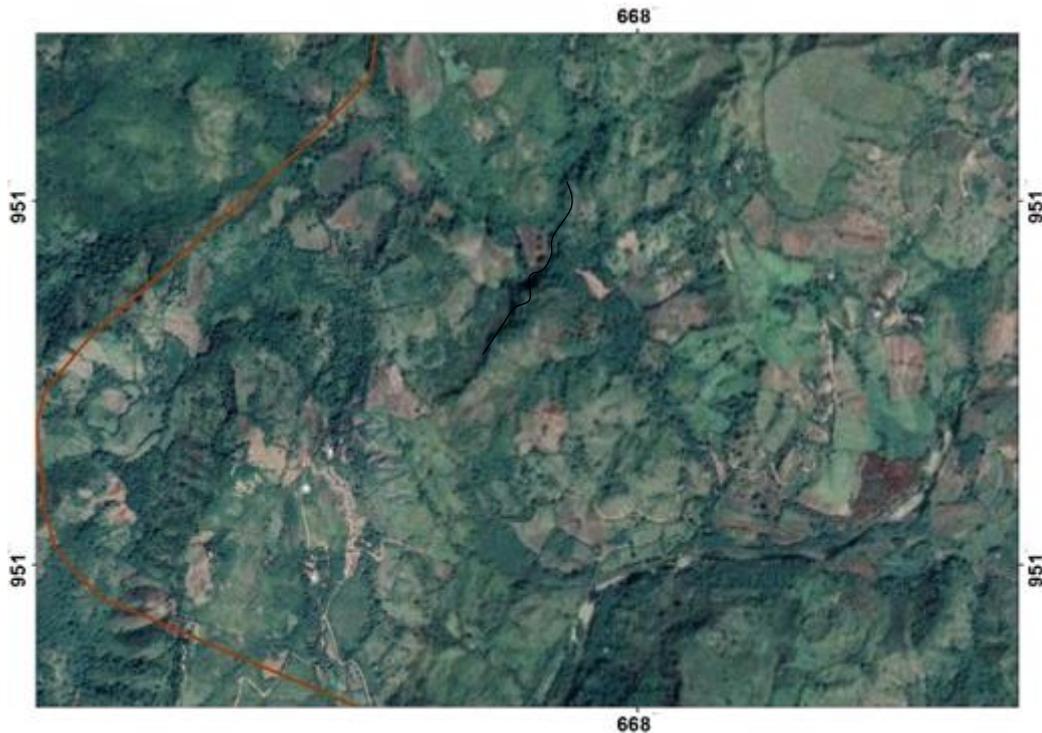
##### - *Micro Falla Dextral*

En la zona noreste de la parroquia Sanguillín, se identificó un sistema de fallas localizadas en la zona Norte y en la zona sur, se distribuyen en 2 fallas normales observadas y una micro falla dextral observada, mismas que presentan una dirección preferencial NE-SW. Se identificaron por medio de un análisis foto interpretativo de las ortofotos y corroboración en campo, dentro del análisis foto interpretativo se tomó en cuenta criterios como lineamientos en la vegetación, diferencias de altura entre bloques, lineamientos estructurales y escarpes de falla.



Fotografía 43 Falla dextral. UTM (X:667784 Y:9510872)

En la fotografía 43 en la quebrada Quisanga a una altura de 1050m, en las coordenadas UTM (X:667784 Y:9510872) aflora una micro falla dextral en una andesita que además presenta un alto diaclasamiento y presenta un rumbo de  $359^\circ$ , una dirección de buzamiento de  $89^\circ$ , y un buzamiento de  $87^\circ$ , misma que se observa en la ortofoto de la fotografía 44 donde se puede visualizar un lineamiento en la vegetación, posee una forma dentada, y atraviesa la quebrada Quisanga, en el plano de falla se producen materiales sueltos lo que permite que la vegetación pueda formar un lineamiento, dejando en evidencia el plano de falla.



Fotografía 44 Falla dextral identificada en ortofoto.

#### - *Falla normal 1*

En la zona norte de la parroquia Sanguillín en las coordenadas (X:662721 Y:9512787), se identificó una falla normal mediante fotointerpretación debido a un lineamiento en la vegetación y se visualiza una estructura que corta un relieve colinado medio y es perpendicular al sentido de las redes de drenaje, motivo por el cual se procedió a fijar dos puntos de control en campo para verificación de la misma y se confirmó que se trataría de una falla normal, para lo cual se adjunta el respectivo registro fotográfico en la fotografía 46 y 47, en donde se observa un escarpe de falla y un bloque deprimido con respecto al otro bloque, lo que indica que se trata de una falla normal en la fotografía 46 se observa la falla normal en tobas volcánicas de la unidad Ahuaca y en la fotografía 47 se observa la falla en andesitas de la unidad Changaimina, Esta falla posee una dirección de  $110^\circ$  con respecto al norte, y un buzamiento de  $85^\circ$  y una dirección de buzamiento de  $200^\circ$  se encontró en la zona alta de cerro Huachingue.



Fotografía 45 Falla normal



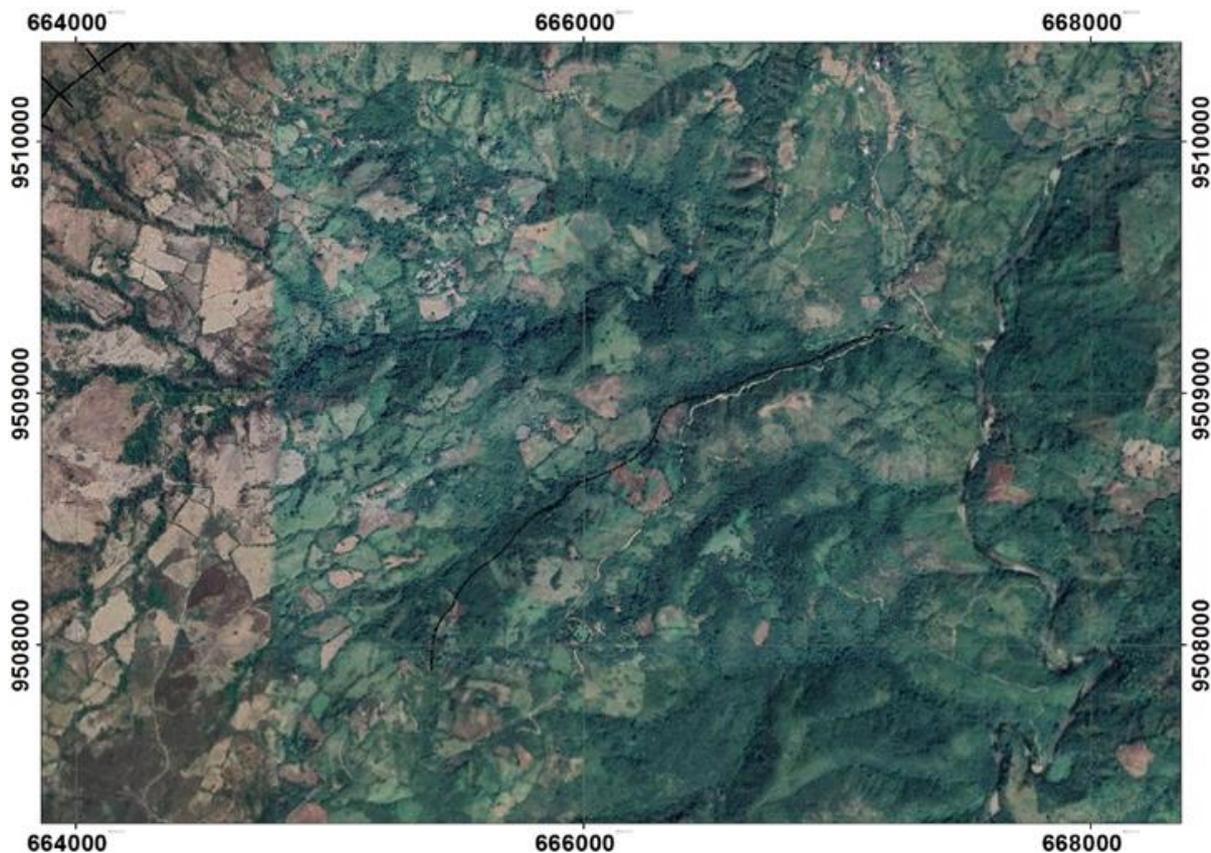
Fotografía 46 Falla normal en tobas de la U. Ahuaca (X:661706 Y:9512511).



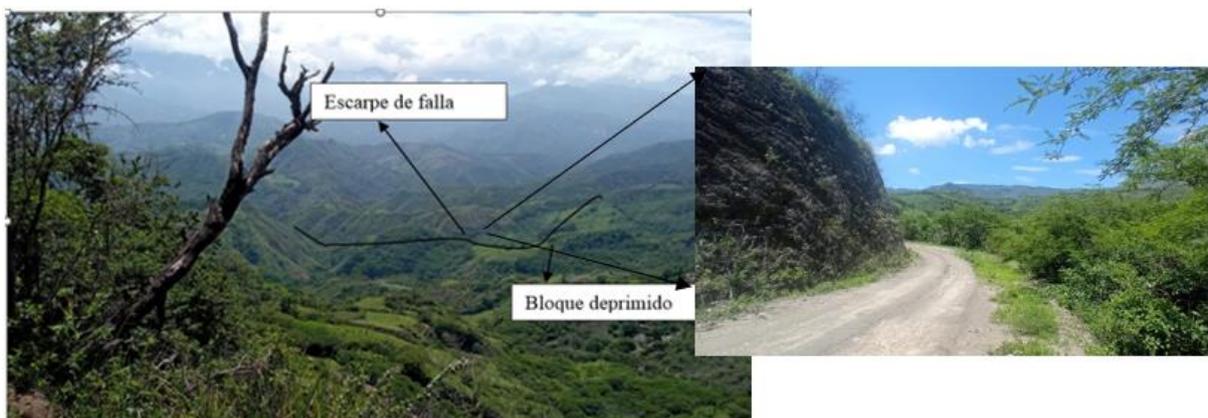
Fotografía 47 Falla normal en Andesitas U. Changaimina (X:662721 Y:9512787).

## - *Falla normal 2*

En la zona sur del área de estudio al este de la cabecera parroquial de la parroquia Sanguillín se identificó una falla normal mediante foto interpretación, debido a un lineamiento en la vegetación y además una diferencia de altura en ambos los bloques, la falla se representa en la figura 48, y se procedió a identificar en campo el escarpe de falla representado en la fotografía 49, donde se identifica un gran escarpe y un bloque deprimido con respecto al otro bloque, lo que indica que se trata de una falla normal, con una dirección de buzamiento al noroeste, y una dirección del escarpe con respecto al norte de  $59^\circ$  y un buzamiento de  $85^\circ$ ,



Fotografía 48 Falla normal vista desde la ortofoto



Fotografía 49 Falla normal observada (X:666632 Y:9510913).

## 6.2.4 Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades.

Tabla 10 Datos estructurales de vetillas y diaclasas

Afloramiento	Estructura	X	Y	Rumbo	Azimut	Buzamiento
1	Diaclasa J1	664493	9511685	350°	266°	85°
	Diaclasa J2			310°	220°	86°
	Diaclasa J3			290°	200°	70°
2	Diaclasa J4	664811	9510735	335°	245°	80°
	Diaclasa J5			290°	200°	82°
3	Diaclasa J6	664509	9513612	65°	335°	79°
	Diaclasa J7			112°	15°	75°
	Diaclasa J8			15°	118°	85°
	Diaclasa J9			60°	330°	70°
	Diaclasa J10	664509	9513612	140°	50°	25°
4	Diaclasa J11	665236	9509230	30°	115°	66°
	Diaclasa J12			10°	105°	75°
	Diaclasa J13			110°	195°	80°
5	Diaclasa J14	664565	9513481	100°	179°	76°
6	Diaclasa J15	664259	9510470	20°	100°	79°
	Diaclasa J16			100°	195°	81°
7	diaclasa J17	665192	9510806	30°	125°	79°
8	Vetilla cz 1	664747	9510821	35°	120°	81°
9	Diaclasa J18	666030	9511110	54°	145°	62°
	Diaclasa J19			10°	102°	65°
	Vetilla cz 2			100°	190°	90°
10	Vetilla cz3			54°	139°	65°
11	Diaclasa J20	665450	9509810	55°	136°	79°
	Diaclasa J21			115°	205°	85°
	Diaclasa J22			2°	96°	60°
12	Diaclasa J23	665341	9509328	30°	120°	85°
	Diaclasa J24			110°	200°	88°
13	Vetilla cz4	663979	9512982	80°	170°	80°
14	Diaclasa J25	663317	9508656	72°	130°	60°
	Diaclasa J26			160°	250°	80°
	Diaclasa J27			100°	190°	50°
15	Diaclasa J28	664509	9513612	316°	226°	85°
	Diaclasa J29			2°	94°	66°
	Diaclasa J30			356°	266°	75°
	Diaclasa J31			65°	133°	80°
16	Diaclasa J32	664541	9513615	30°	122°	80°
17	Vetilla cz5	664059	9513044	30°	125°	85°
18	Vetilla cz6	661934	9513029	20°	110°	85°

<b>19</b>	Diaclasa J33	665116	9509221	10°	101°	80°
	Diaclasa J34			110°	201°	90°
<b>20</b>	Vetilla cz7	662973	9508352	12°	100°	80°

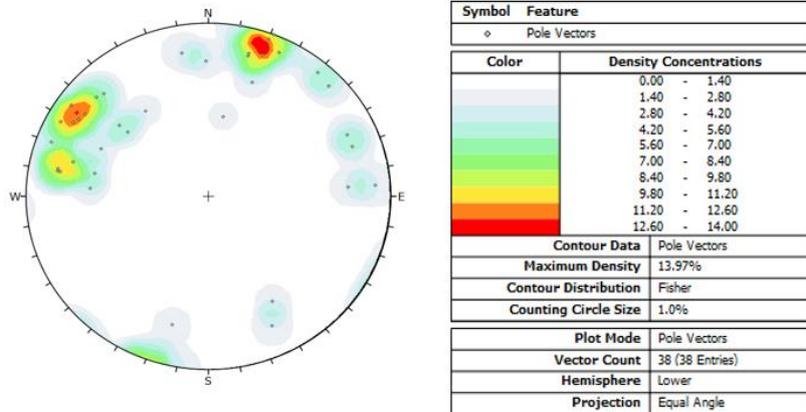


Figura 33 Representación estereográfica del diagrama de polos y densidades de diaclasas.

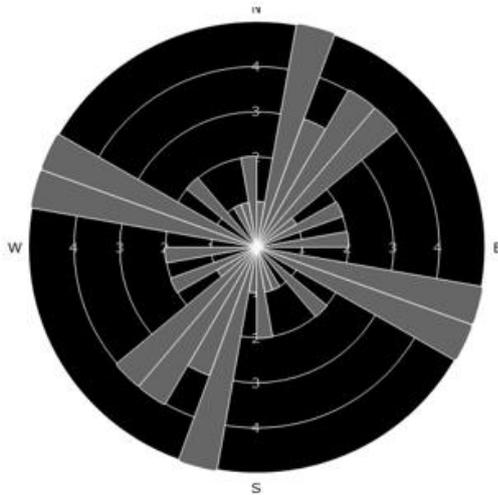
El diagrama de polos de diaclasas es una herramienta utilizada en geología estructural para analizar la orientación preferencial de las diaclasas (fallas en las rocas que no presentan desplazamiento significativo). Este diagrama es útil para identificar patrones y estructuras en las rocas de una determinada área de estudio.

El diagrama se construye trazando una rosa de los vientos en un plano cartesiano y colocando un punto en la dirección de cada diaclasa medida. La frecuencia de las mediciones en cada dirección se indica mediante la longitud de la línea que se extiende desde el centro de la rosa hasta el punto correspondiente.

A partir de este diagrama, se pueden identificar patrones de orientación preferencial de las diaclasas, lo que puede indicar la presencia de estructuras geológicas en el área, como fallas, pliegues o intrusiones. Además, el análisis de la distribución de las diaclasas puede proporcionar información sobre la historia tectónica y la deformación de las rocas en el área.

En resumen, el diagrama de polos de diaclasas es una herramienta importante para el análisis de la estructura geológica de un área y puede proporcionar información valiosa para la exploración de recursos naturales y la comprensión de la evolución geológica de la región.

En el análisis del diagrama de rosetas de la figura 34, se puede determinar que la mayoría de esfuerzos, y la dirección preferencial del buzamiento de las diaclasas se dirigen en sentido NWW-SEE, y otra confluencia de esfuerzos en sentido NE-SO, lo que guarda una estrecha relación con las fallas descritas a nivel regional por el INIGEMM (2017).



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	38
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 34 Representación estereográfica del diagrama de rosetas de diaclasas

### 6.2.5 Mapa geológico

Después del análisis de los datos recolectados en campo tanto estructurales como litológicos se ha establecido el modelo geológico representado en la **figura 35**, para su digitalización se ha tomado como referencia 180 puntos de control que sirvieron de guía de la ubicación en campo de los diferentes tipos de litología, se procedió a digitalizar las diferentes capas litológicas dentro de la zona de estudio tomando como base la topografía de terreno, además considerando puntos observados en campo de los lugares donde se han producido zonas de depositación de materiales, como es el ejemplo del sector plan del Limo, en esta zona se ha producido un escarpe erosivo observe (*geología estructural apartado; escarpe erosivo*) que posterior a este evento se depositaron materiales que fueron arrastrados a la parte baja del escarpe formando un depósito significativo de coluvios en la parte baja del barrio Camayos obsérvese la **fotografía 24**.

El pórfido andesítico representado de color naranja, forma parte de casi todo el cerro Huachingue mapeado a nivel regional como unidad Changaimina, pues aflora en todos los puntos donde la pendiente es muy pronunciada obsérvese la **fotografía 49**, sobre el pórfido andesítico se han producido otros eventos como erosión, meteorización, procesos de arrastre que han sido formadores de depósitos y aglomerados volcánicos que posteriormente se consolidan en zonas donde la gravedad lo permite. Dentro de la unidad Changaimina también tenemos andesitas cloritizadas, obsérvese la **fotografía 13**, además se identificaron andesitas afaníticas verdosas obsérvese la **fotografía 11 y 12**, corresponde a una facie lávica solo aforan en el lado NE del cerro Huachingue.

El mapa geológico del área de estudio muestra cuatro unidades geológicas. La unidad más antigua es la Changaimina, la cual tiene una edad del plioceno y abarca un área con respecto a la superficie de 53,41% el equivalente a 13.54km<sup>2</sup> y se trata de un pórfido andesítico de más

de 1000 m de potencia. Gracias a los procesos geológicos, se han generado otros tipos de rocas como aglomerados volcánicos, coluvios y algunas variaciones de andesitas. El pórfido andesítico presenta zonas de alteración hidrotermal, Las zonas de alteración hidrotermal en un porfido andesítico se dividen en tres categorías principales: zona de alteración propilítica, zona de alteración fílica y zona de alteración argílica.

La zona de alteración propilítica es la más cercana al centro de la mineralización, y se caracteriza por la presencia de minerales como epidota, clorita y sericita. Estos minerales se forman debido a la reacción de los fluidos hidrotermales con las rocas del pórfido andesítico, lo que produce una alteración de los minerales originales.

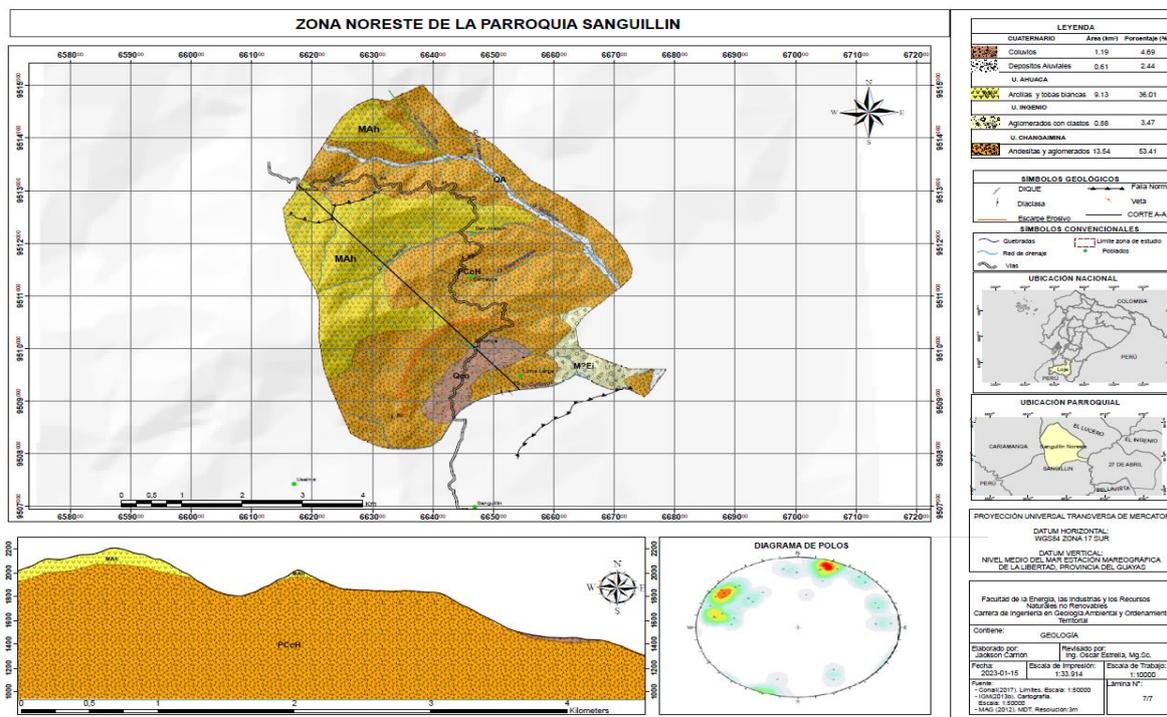


Figura 35 Mapa Geológico de la zona Noreste de Sanguillín

La zona de alteración fílica se encuentra más alejada del centro de la mineralización, y se caracteriza por la presencia de minerales como cuarzo. Estos minerales se forman debido a la reacción de los fluidos hidrotermales con el pórfido andesítico, lo que produce una alteración de los minerales originales.

La zona de alteración argílica se encuentra más alejada aún del centro de la mineralización, y se caracteriza por la presencia de minerales como caolinita y alunita. Estos minerales se forman debido a la reacción de los fluidos hidrotermales con las rocas del pórfido andesítico, lo que produce una alteración de los minerales originales.

La identificación y caracterización de las zonas de alteración hidrotermal en un pórfido

andesítico es importante para la exploración y la explotación de recursos minerales, ya que estas zonas pueden indicar la presencia de depósitos minerales y proporcionar información útil sobre la geología y la historia geológica del área de estudio.

La unidad el Ingenio es la segunda más antigua, con una edad del Oligoceno y ocupa un área de 0.86% correspondientes a 3.47km<sup>2</sup>. Esta unidad está compuesta por una serie de aglomerados con clastos volcánicos que se derivan de procesos geológicos de la unidad Changaimina.

La unidad Ahuaca pertenece al mioceno abarca un área de 9,13 km<sup>2</sup> equivalente al 36.01% del área estudiada, esta unidad se encuentra sobreyaciendo discordantemente sobre la unidad Changaimina. Tiene espesor de entre 300m a 400m según los estudios realizados por el INIGEMM en 2017 y está compuesta por un depósito de cenizas volcánicas que forman un gran depósito de tobas riolíticas y arcillas rojizas que se derivan de la erosión de la misma unidad geológica.

Finalmente, los depósitos aluviales del cuaternario se dividen en terrazas aluviales y material coluvial representan un 1.80km<sup>2</sup> equivalente a 4,59% de la superficie total. Estos depósitos son los más jóvenes del área de estudio y se caracterizan por ser depósitos sedimentarios que se formaron por la acción del agua y la gravedad.

En resumen, el mapa geológico del área de estudio muestra la presencia de cuatro unidades geológicas, cada una con características únicas y una edad diferente. Esta información puede ser utilizada para la exploración de recursos naturales y la comprensión de la historia geológica de la región.

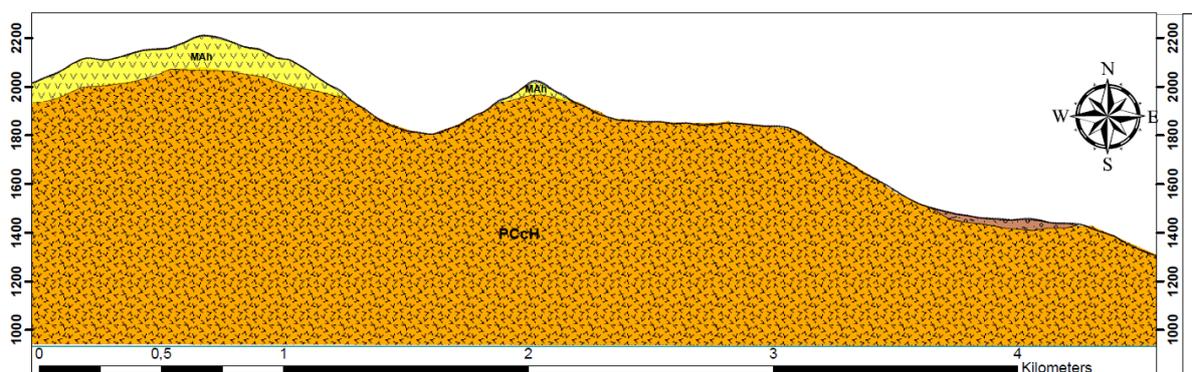


Figura 36 Perfil Geológico A-A' dirección NO-SE.



Figura 37 Cerro Huachingue visto desde el lado SE, sector Camayos.

## 7. Discusión

El presente estudio se desarrolló en el flanco NE y SE del cerro Huachingue, el ambiente geológico trata una zona de pendientes abruptas y prominentes escarpes la cota más baja registra 1140msnm y la más alta registra 2640msnm, además está expuesta constantemente a lluvias la tasa de precipitaciones según el INHAMI (2013) es de 1200mm/año a 2000mm/año, la época invernal que comprende los meses de enero a mayo, es decir que la tasa de precipitación solo se concentra en ese periodo y se caracteriza por lluvias torrenciales que provocan una fuerte crecida de las quebradas y de las zonas de drenaje natural provocando desprendimientos y el arrastre de materiales desde las cotas más altas del cerro Huachingue hacia las cotas más bajas, durante la época seca que va de junio a diciembre, no se producen arrastres de material por lo que en este periodo no se producen lluvias y el ambiente se torna seco y los materiales arrastrados en las épocas invernales tienden a compactarse y a formar, aglomerados volcánicos y depósitos de materiales arrastrados, gravas y arenas.

Kennerley (1973) menciona que las principales unidades que se encuentran aflorando en la zona de estudio corresponden a la unidad Sacapalca, y se trata de lavas andesíticas, mientras tanto Wolf (1892) menciona que la distinción entre andesitas y lavas es artificial, y no se funda en diferencias mineralógicas o químicas, pero que los principales minerales que conforman una andesita corresponden a plagioclasa o andesina, este mineral no falta nunca

en una andesita, magnetita, anfíboles, augita, biotita o mica negra y cuarzo, nombre andesita se acostumbra designar rocas que presentan masas muy grandes montañas enteras) y el nombre lavas andesíticas se usa para nombrar variedades que ocupan los terrenos más circunscritos.

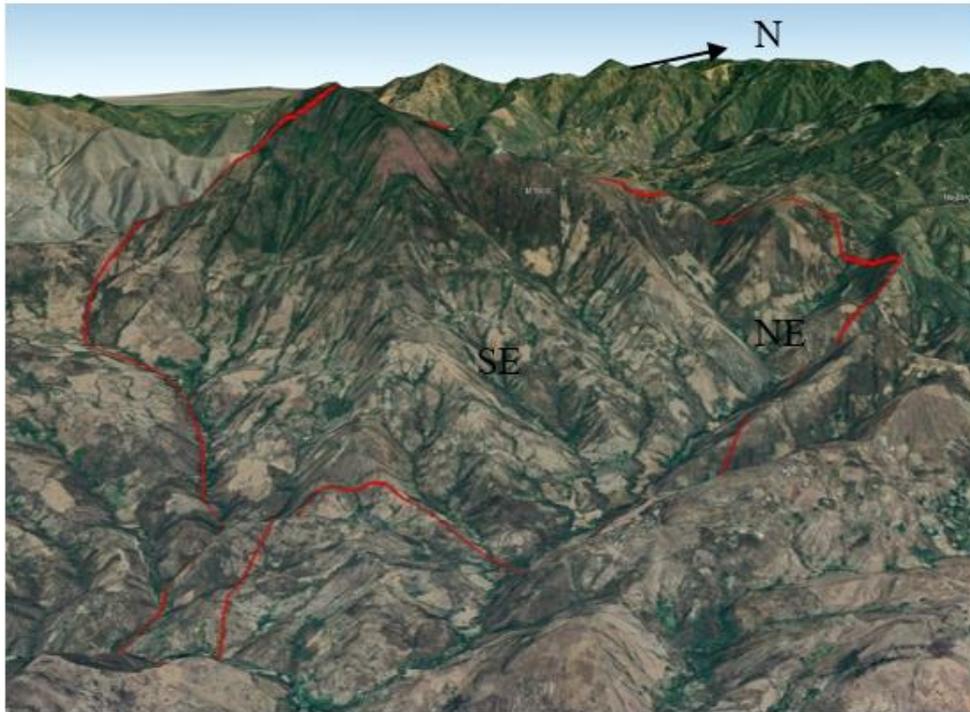


Figura 38 Flanco NE Y SE Cerro Huachingue  
Fuente: Image Lansat/ Copernicus (2022)



Fotografía 50 Diferencias de coloración entre andesitas

El basamento de la zona de estudio está compuesto por la unidad Changaimina se trata de andesitas de textura porfírica o pórfidos andesíticos con algunas variaciones en su coloración de gris a verdosas en ocasiones debido a la meteorización se presentan de colores purpura a marrones, el INIGEMM (2013) atribuye esta unidad como una serie de flujos lávicos mencionados por Kennerley (1973) y Wolf (1892), obsérvese la **figura 36**, se representa en el perfil geológico de color naranja cabe mencionar que en el cerro Hauchingue el INIGEMM (2013) atribuye una potencia para estas rocas de más de 1100 m de espesor, lo que se corrobora

en campo al tomar muestras y datar las altitudes se encontraron andesitas porfiríticas a alturas de 1140msnm y en cotas mayores a 2500msnm. Se trata de andesitas de textura porfirítica, que presentan un alto contenido de plagioclasas, en ocasiones clorita, epidota y piroxenos además todas estas andesitas reaccionan al magnetismo lo que indica que también poseen magnetita, el INIGEMM (2013) también determina presencia de meteorización esferoidal sobre estas andesitas lo que se corrobora en campo y se observa en la **fotografía 51**.



Fotografía 51 Meteorización esferoidal

Sobre esta unidad se deriva un proceso de arrastre y compactación de material. También en esta unidad afloran aglomerados volcánicos observadas en la **fotografía 17**, se trata de flujos lávicos que en su paso colina abajo por las faldas de cerro Huachingue, van atrapando detritos y restos de las andesitas porfiríticas formando una roca muy consolidada y dura se le atribuye a la unidad Changaimina porque está compuesta del mismo material andesítico solo que se trata de varios detritos en un flujo lávico solidificado. En el flanco NE, aflora en varios puntos del tramo otra facie lávica se trata de una andesita con textura afanítica y de color verde **fotografía 7,10, 11**, se estima que ese flujo lávico es uno de los últimos generados en esta zona debido a que el tamaño de sus cristales es imperceptible lo que indica que su cristalización y enfriamiento se produjo en superficie o en zonas hipoabisales muy cercanas a la superficie, en ocasiones presentan carbonatos obsérvese **fotografía 12**, por otro lado tenemos las andesitas cloritizadas verdosas, se trata de andesitas de textura porfirítica con alto contenido de plagioclasas biotita, piroxenos y minerales de clorita y se encuentran aflorando en zonas escarpadas obsérvese **fotografía 13** y que se relacionan con zonas de alteración propilitica. Se destaca que el INIGEMM (2013) menciona que en esta unidad se encuentran andesitas basálticas lo cual no se logró corroborar al menos dentro de los límites de la zona de estudio, se encontraron rocas oscuras como en las **fotografías 36 y 43**, debido a la meteorización pero al golpearlas con el

martillo se trataba de andesitas porfíricas de coloraciones verdosas y grises claro con presencia de plagioclasas tal como se indica en la **fotografía 43**, también en el estudio desarrollado por el INIGEMM (2013), no mencionan la presencia de vetillas de cuarzo presentes en la área de estudio y que en muchas ocasiones estas vetillas presentan drusas de cuarzo obsérvese las **fotografía 41**.

Así mismo en la quebrada Camayos en la parte baja de la zona de estudio aflora la unidad el Ingenio se trata de tobas líticas, el INIGEMM (2013) define esta unidad como tobas líticas o aglomeráticas obsérvese las **fotografías 20 y 21**, se trata de una secuencia de color verde claro que engloba bombas andesíticas en una matriz porosa y extremadamente resistente a los golpes con el martillo geológico, la matriz presenta una textura afanítica sin minerales observables, ni cristalización mientras que las bombas se presentan en coloraciones grises a purpuras, y verdosas, presentan un contenido considerable de plagioclasas, aunque el INIGEMM (2017) menciona que se pueden encontrar entre los líticos rocas metamórficas, en la zona de estudio no se encontraron, debido a que los accesos a esta unidad son muy limitados además que abarca un área mínima con respecto al resto de la zona de estudio.

La unidad Ahuaca se compone, de tobas blancas riolíticas y se encuentra aflorando ampliamente en el sector Chullafaique y se extiende por la cima del cerro Huachingue, se trata de tobas blancas que al hacer contacto con el agua y con el ambiente se tornan de coloraciones oscuras por lo que el INIGEMM (2013) las denomina como tobas dacíticas pero en el análisis petrográfico se determinó que se trata de tobas riolíticas por su coloración blanca obsérvese la **fotografía 4**, se trata de materiales provenientes de lavas ácidas mas no de lavas básicas, su textura es afanítica y presentan alto contenido de cuarzo y se presenta algo porosa. En algunas zonas estas tobas toman coloraciones purpuras por la meteorización como se observa en la **fotografía 6**. Los sedimentos de estas tobas se tornan de coloraciones naranjas por el alto contenido de hematita, y se observan en las **fotografías 1, 2 y 3** y en la **fotografía 28** como una capa de sedimentos recubriendo a las andesitas porfíricas de la unidad Changaimina, estas arcillas se encuentran depositadas en algunos puntos de pendiente baja en la zona de estudio provenientes de las tobas riolíticas que se encuentran en la cima del cerro Huachingue y se les atribuye una edad del mioceno.

Además del mapeo de la información litológica se procesaron los datos estructurales de la zona de estudio mostrado en la **tabla 9**, se realizó un tratamiento de estos datos en el software DIPS 7, y se obtuvo el diagrama de polos mostrado en la **figura 33**, que muestra la

concentración de polos y **figura 34** que muestra el diagrama de rosetas se interpreta que la mayor parte de los esfuerzos y empujes se concentran en sentido NE- SW y otra concentración de polos en sentido NW-SE, lo que guarda una estrecha relación con el sistema de fallas descrito en la mapa geológico a nivel regional.

En la discusión de los resultados de geología estructural, se observa la presencia de un escarpe erosivo de aproximadamente 2 km de longitud, con una diferencia de altura de más de 300 m. Este escarpe indica un proceso de erosión diferencial que ha creado una marcada discontinuidad en el paisaje.

En la zona norte del área de estudio, se identificó una falla normal. La primera de ellas, documentada en las fotografías 46 y 47, muestra una dirección de  $110^\circ$  con respecto al norte y un buzamiento de  $85^\circ$ . Esta falla indica un desplazamiento hacia abajo del bloque superior con respecto al bloque inferior.

En la zona sur, se encontró una segunda falla normal con una dirección de  $59^\circ$  NE y un buzamiento de  $85^\circ$ . Esta falla también sugiere un desplazamiento hacia abajo del bloque superior con respecto al bloque inferior en esa área se documentó en la fotografía 48.

Además de las fallas normales, se observaron contactos litológicos de tipo erosivo, lo que indica la presencia de procesos de erosión que han removido material y dejado al descubierto diferentes tipos de rocas en la superficie. También se identificaron contactos litológicos de tipo intrusivo, lo cual sugiere la presencia de intrusiones ígneas que han penetrado en las capas adyacentes de roca.

Estos hallazgos no se muestran en los mapas geológicos regionales y representan un aporte nuevo a la data nacional e indican la complejidad estructural de la zona de estudio, con la presencia de deformaciones tectónicas, procesos erosivos y cambios litológicos significativos. Estos elementos son fundamentales para comprender la evolución geológica y la historia de la región en cuestión.

## 8. Conclusiones

- En conclusión, el estudio geológico del área de estudio revela la presencia de cuatro unidades geológicas con diferentes edades y características, que han sido el resultado de procesos geológicos complejos a lo largo del tiempo. La unidad más antigua es la Changaimina, compuesta principalmente por pórfido andesítico con zonas de alteración hidrotermal. Las otras unidades incluyen la unidad Ingenio, que está compuesta por aglomerados volcánicos, la unidad Ahuaca que se compone de cenizas volcánicas y tobas riolíticas y la unidad depósitos del Cuaternario que se formaron por la acción del agua y la gravedad.
- La unidad geológica Changaimina es la más antigua en el área de estudio, con una edad del Plioceno y una potencia de más de 1300 metros. Esta unidad es un pórfido andesítico y abarca un área de 13.54 km<sup>2</sup> de la superficie total del área estudiada, equivalente al 53,41%. Se han generado otros tipos de rocas a partir de procesos geológicos, como aglomerados volcánicos, coluvios y algunas variaciones de andesitas pues se compone de andesitas porfiríticas con coloraciones gris claro, verdosas por la presencia de clorita, marrones y púrpuras debido a la meteorización y presencia de minerales ferromagnesianos, además se presentan andesitas afáníticas de coloración verdosa con presencia de clorita y en ocasiones carbonatos, así mismo una facie de aglomerados volcánicos formados por lavas y detritos de andesitas. Además, en este pórfido se identificó algunas zonas de alteración hidrotermal divididas en tres categorías principales: zona de alteración propilítica, zona de alteración fílica y zona de alteración argílica.
- La unidad geológica del Ingenio representa la segunda unidad más antigua del área de estudio, con una edad del Oligoceno y ocupando una superficie correspondiente al 0.86% del área total. Esta unidad está compuesta por aglomerados con clastos volcánicos que se derivan de procesos geológicos de la unidad Changaimina y ocupan una potencia no mayor a 80m. La identificación y caracterización de esta unidad geológica es importante para entender la evolución geológica de la región y para la exploración de recursos naturales, ya que puede proporcionar información valiosa sobre la composición y las características de las rocas en esta zona.
- La unidad geológica Ahuaca es la tercera más antigua del área de estudio, con una edad del Mioceno y abarcando el 36.01% del área total. Se encuentra sobreyaciendo discordantemente sobre la unidad Changaimina y está compuesta por un depósito de

cenizas volcánicas que forman un gran depósito de tobas riolíticas y arcillas rojizas. El espesor de esta unidad es de entre 300m y 400m según los estudios realizados. La presencia de esta unidad geológica es importante para la exploración y la comprensión de la geología y la historia geológica de la región, así como para la identificación de posibles depósitos minerales y otros recursos naturales. Además, la caracterización de esta unidad puede proporcionar información valiosa sobre los procesos geológicos que han tenido lugar en la región en el pasado.

- La unidad depósitos del Cuaternario representa una superficie de 1.80 km<sup>2</sup>, lo que equivale al 4.59% del área de estudio. Estos depósitos están compuestos principalmente por sedimentos aluviales y coluviales que se han acumulado en la zona debido a la erosión de los relieves circundantes y la acción de los ríos y arroyos, su formación se debe a procesos erosivos y sedimentarios durante el cuaternario, y están conformados por materiales como gravas, arenas y arcillas. Estos depósitos tienen una gran importancia en la hidrogeología, la geología ambiental y la geomorfología de la región. Además, son una fuente valiosa de materiales para la construcción y la industria.
- De acuerdo al perfil geológico de la zona la unidad Changaimina formaría parte del basamento del área de estudio con una potencia de más de 1200 metros datados en campo, sobre esta unidad yace discordantemente la unidad Ahuaca, la cuál presenta una potencia de 300 m a 400 m, además la unidad el Ingenio sobreyace a la unidad Changaimina en una pequeña porción del área de estudio producto de eventos geológicos derivados de la unidad Changaimina y data una potencia de 80 m, y finalmente sobre la unidad Changaimina y sobre unidad Ahuaca y parte de unidad del Ingenio sobre yacen los depósitos del cuaternario como producto de procesos erosivos y de arrastre.
- En la zona de estudio estructuralmente se encontraron algunas estructuras entre ellas un dique en dirección NE-SE, además se encontró dos fallas normales, se evidenció la presencia de varias diaclasas en la zona de estudio las cuales en su gran parte presentan una concentración de polos NWW-SEE y NE-SO, se encontró la presencia de vetas de cuarzo, un enorme escarpe erosivo en la parte alta del barrio Camayos que tiene un diámetro de más de 2 km de longitud y se identificó algunas zonas de contacto entre las unidades geológicas antes mencionadas.
- Estructuralmente se determinó la concentración de esfuerzos en el área de trabajo con ayuda del software Dips 7, y estos se producen en sentido NWW-SEE, y otra confluencia de esfuerzos en sentido NE-SE, lo que guarda una estrecha relación con

los sistemas de fallas descritos a nivel regional por el INIGEMM en la carta geológica Macará y las Aradas 2017.

- En base a los datos presentados, se puede concluir que se elaboró el mapa geológico estructural a una escala de 1:10,000 en la zona noroeste de la parroquia Sanguillín y es de gran utilidad para la comprensión de la geología de la zona. Se debe tener en cuenta la orientación de los esfuerzos, que en su mayoría se producen en sentido NWW-SEE y NE-SE, lo cual influye en la estructura de la zona. Es importante considerar las diferentes unidades geológicas presentes, sus características y relaciones espaciales. Además, de los diferentes parámetros geológicos, como la geomorfología, el clima y la foto-interpretación.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda usar los datos geológicos proporcionados por el presente estudio en el desarrollo de mapas de susceptibilidad a deslizamientos, requeridos por el GAD parroquial de Sanguillin a fin de determinar mejores estructuras en estabilidad en taludes en la vía que comunica el barrio Chullafaique, Sanjoaquin, Camayos, y Sanguillin.
- Realizar estudios geofísicos en las zonas donde se requiera mayor detalle de la disposición de las distintas capas litológicas ya que este estudio proporciona datos sobre su potencia en base a las observaciones en campo, pero varían considerablemente debido a la pendiente.
- Se recomienda realizar un estudio mineralógico y geoquímico a mayor detalle especialmente de los hallazgos no mencionados a nivel regional, como la presencia de clorita y epidota que poseen una estrecha relación con yacimientos cupríferos en zonas de alteración hidrotermal, además de las drusas de cuarzo encontradas que tampoco han sido mapeadas a nivel regional.
- Se recomienda realizar estudios hidrogeológicos y geofísicos en la zona de estudio a fin de determinar el comportamiento de aguas subterráneas ya que se encontraron 3 vertientes naturales de agua, y sería muy importante para el abastecimiento de la parroquia en épocas de sequía.
- Se recomienda realizar estudios radiométricos a fin de encontrar una mejor relación entre los tipos de roca especialmente en las unidades rio Guayucu y unidad el Ingenio ya que a nivel regional solo se las correlaciona con otras unidades, pero no se tienen dataciones radiométricas que especifiquen una edad para estas unidades

## 10. Bibliografía

- Alina R. (2000). Geomorfología, Moa, Cuba, Facultad de Geología y Minas
- Anguita, F. y Moreno, F. (1991). Tectónica. Procesos geológicos internos. Editorial Rueda.
- Ayala, L. (2016). Explorock SAC. Obtenido de <https://www.explorock.com/notas-esenciales-sobre-mapeo-geologico/>
- Adler, A. Fenchel, W. & Pilger A. (1982): Statistische Methoden in der Tektonik II.
- Brookfield. (2004). Principles of Stratigraphy reaffirms.
- Cruden, D. y Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/269710331\\_CrudenDMVarnes\\_DJ1996\\_Landslide\\_Types\\_and\\_Processes\\_Transportation\\_Research\\_Board\\_US\\_National\\_Academy\\_of\\_Sciences\\_Special\\_Report\\_247\\_36-75](https://www.researchgate.net/publication/269710331_CrudenDMVarnes_DJ1996_Landslide_Types_and_Processes_Transportation_Research_Board_US_National_Academy_of_Sciences_Special_Report_247_36-75)
- Dante A. (2014). Topografía y sus aplicaciones. México (1ra edición)
- Davis, G. (1984). Structural Geology of Rocks and Regions.
- Gobierno Parroquial Sanguillín (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Sanguillín actualización 2014 – 2019.
- Inmaculada C, Juan R, Luis T, Juan A, Lorenzo Vilas. (1977), Estratigrafía, España. Editorial Rueda.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (s.f.). Mapas Geológicos 2017 – 2018. <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/>
- Kapelusz. Vera, J. (1994). Estratigrafía. Principios y Métodos (1.a ed.). Rueda, S.L. Kirsten L. (2016). Ciclo de las Rocas. EEUU, 1ra edición.
- Koutsoukos, E. (2005). Stratigraphy: Evolution of a Concept (Vol. 23).
- Maldonado, Y. (2020). Geología, ramas y aplicaciones. Obtenido de [geologiaweb.com](http://geologiaweb.com)
- Martin H, (2006). Introducción a la Geología. Madrid, España (3ra Edición) Ministerio de Minas y Energía, ICGM.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (s.f.). Geoportal del Agro Ecuatoriano. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

- Monrroe, Pozo, Wicander, (2008). Geología Dinámica y Evolución de la Tierra. Vargas C. (2018) Imágenes de Satélite de la Exploración Geológica Minera. México
- Ortiz Rodriguez , J. (2002). Ciencias de la Tierra. España.
- James, S. M., Reed, W, & Manuel, P. V. (2008). Geología Dinámica y Evolución de la Tierra (4ta edición).
- Mattauer, Maurice (1973). Les deformations des materiaux de l'ecorce terrestre. Ediciones Omega, S.A. Métodos. Barcelona España.
- Torres, J.I. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Editorial Rueda. Madrid, España.
- Santiago J, E. (2014). Definición de Geomorfología. Chile.
- Tarbuck, E. & Lutgens, F, 2005 Ciencias de la tierra Introducción a la Geología física, octava edición
- Thornbury, W. (1960). Principios de geomorfología (4.a ed.).

## 11. Anexos

Anexo 1. Mapa de Ubicación.

Anexo 2. Mapa Hidrográfico

Anexo 3. Mapa de Pendientes

Anexo 4. Mapa de Geomorfológico

Anexo 5. Fotointerpretación (Análisis Geológico - Estructural)

Anexo 6. Mapa Geológico Preliminar

Anexo 7. Mapa Topográfico.

Anexo 8. Mapa Geológico Estructural de la Zona Noreste de la Parroquia Sanguillín

Anexo 9. Clasificación De Pendientes Según El Ministerio de Agricultura y Ganadería

Anexo 10. Datos Estructurales de Vetillas y Diaclasas

Anexo 11. Diagrama QAPF de Streckeisen que Muestra la Posición y Contenido Mineral

Anexo 12. Fichas de descripción de afloramientos

Anexo 13. Fichas de descripción de rocas

(Ubicados en el Cd- R Nro 1)

## Anexo 14. Certificado de traducción del resumen



The Youth English Project  
Academia de Inglés

Loja, 15 de junio del 2023

David Andrés Araujo Palacios.

TRADUCTOR E INTÉRPRETE DE IDIOMAS (INGLÉS-ESPAÑOL-INGLÉS)

### CERTIFICO:

Que se ha realizado la traducción de español a inglés del resumen derivado del trabajo **“Levantamiento Geológico Estructural a Escala 1:10000 de la Zona Noreste de la Parroquia Sanguillín Perteneciente al Cantón Calvas, de la Provincia De Loja”** de autoría del Sr. **Jackson Rafael Carrión Solano** portador de la cédula de identidad número **1717847204** estudiante de la carrera de **Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la **Universidad Nacional de Loja**, mismo que se encuentra bajo la dirección del **Ing. Oscar Estrella, Mg.Sc.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.



Firmado electrónicamente por:  
**DAVID ANDRÉS ARAUJO  
PALACIOS**

**Traductor**

Registro Senescyt: **MDT-3104-CCL-252098**

Teléfono: **0963660998**