



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 1:25000 de la Zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja.

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

AUTOR:

José Yasmani Infante Requenes

DIRECTOR:

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.



Certificación

Loja, 17 de marzo 2023

Fermín Alexander González Sisalima, 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 1:25000 de la Zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del señor **José Yasmani Infante Requenes** con **cédula de identidad Nro. 0706811502**, 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.



firmado electrónicamente por:
**FERMIN ALEXANDER
GONZALEZ SISALIMA**

Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

Yo, **José Yasmani Infante Requenes**, 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:

C.I: 0706811502

Fecha: 17/07/2023

Correo electrónico: jyinfanter@unl.edu.ec

Teléfono: 0960803156



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, **José Yasmani Infante Requenes**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la Zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja.**, como requisito para optar al 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 al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital 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 la constancia de esta autorización, a lo diecisiete días del mes de julio del dos mil veinte y tres.

Firma:

Autor: José Yasmani Infante Requenes

Cédula: 0706811502

Dirección: Cazaderos, Las Pampas

Correo electrónico: jyinfanter@unl.edu.ec

Teléfono: 0960803156

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg, Sc.



Dedicatoria

Dedicado a Dios por darme la fortaleza necesaria.

A mis padres Juan y Clara, quienes fueron y son el pilar fundamental durante toda mi vida, por sus consejos, por inculcarme buenos valores y principios durante este proceso:

Responsabilidad, puntualidad, perseverancia, carácter, fortaleza, respeto. Infinitas gracias a ellos, mi triunfo es de ellos.

A mis hermanas Cinthya, Yovani, Guisela y Lidia quienes estuvieron siempre apoyándome en todo sentido en los momentos complicados de mi vida.

A mis amigas y amigos que siempre estuvieron dándome aliento y el ánimo necesario para lograr mi sueño tan anhelado para mi vida.

José Yasmani Infante Requenes



Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme salud y permitirme las fuerzas necesarias para poder lograr este sueño muy importante.

A los docentes de la prestigiosa carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por la formación profesional, sus enseñanzas, conocimientos y consejos compartidos.

Al Ing. Fermín González Mg. Sc, director del Trabajo de Titulación, gracias por su tiempo, predisposición, confianza, sugerencias y la apropiada dirección del presente proyecto de investigación.

A mis padres Juan y Clara que han sido el pilar fundamental, gracias por su apoyo incondicional y el sobreesfuerzo económico para que pueda lograr este objetivo y sueño muy anhelado.

A mis hermanas, cuñados y demás familiares, a mi hermana Cinthya que ha sido uno de mis grandes apoyos.

A mis amigos y amigas que de una u otra manera me han ayudado con este trabajo investigativo. Infinitas gracias a todos.

José Yasmani Infante Requenes



Índice de contenidos

Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	6
4.1. Geología.....	6
4.1.1. Ciclo de las rocas.....	6
4.2. Geología estructural	11
4.2.1. Deformación de las rocas	11
4.2.2. Estructuras Geológicas	12
4.2.3. Estratigrafía	16
4.2.4. Unidades litoestratigráficas	18
4.2.5. Orientación de planos	19
4.3. Petrografía.....	20
4.3.1. Estudio petrográfico	20
4.4. Mineralogía.....	21



4.4.1.	Composición Mineralógica de las rocas sedimentarias.....	21
4.5.	Cartografía	21
4.5.1.	Métodos de mapeo	22
4.5.2.	Mapa geológico	23
4.5.3.	Corte geológico	23
4.6.	Sistemas de Información Geográfica	24
4.6.1.	Tipos de datos.....	24
	<input type="checkbox"/> Ráster.....	24
	<input type="checkbox"/> Vector.....	24
5.	Metodología.....	25
5.1.	Descripción del Área de estudio	25
5.1.1.	Ubicación geográfica.....	25
5.1.2.	Acceso	25
5.1.3.	Clima	27
5.1.4.	Hidrología.....	27
5.1.5.	Topografía	28
5.1.6.	Pendiente	28
5.1.7.	Geomorfología	29
5.2.	Geología regional.....	30
5.3.	Estratigrafía.....	32
5.4.	Metodología	33
5.4.1.	Metodología para el primer objetivo	34
5.4.2.	Metodología para el segundo objetivo	35



5.4.3.	Metodología para el tercer objetivo	37
6.	Resultados	38
6.1.	Geología Local.....	38
6.1.1.	Formación Mangahurco	39
6.1.2.	Formación Cañaverál	41
6.1.3.	Formación Cazaderos	44
6.1.4.	Deposito aluvial.....	46
6.2.	Geología estructural	47
6.2.1.	Fallas	48
6.2.2.	Pliegues	51
6.2.3.	Contactos.....	52
6.3.	Corte geológico.....	53
7.	Discusión	54
8.	Conclusiones	57
9.	Recomendaciones	59
10.	Bibliografía	60
11.	Anexos	63



Índice de tablas:

Tabla 1. Clasificación de las pendientes en la zona de estudio	29
Tabla 2. Unidades geomorfológicas de la zona de estudio.....	30



Índice de figuras:

Figura 1. Ciclos en la formación de las rocas	6
Figura 2. Procesos geológicos externos	7
Figura 3. Agentes endógenos	8
Figura 4. Clasificación de las rocas sedimentarias.....	10
Figura 5. Tipos de Esfuerzo	12
Figura 6. Arriba: vista en planta de una superficie plegada; abajo: sección transversal; i: puntos de inflexión.....	13
Figura 7. Clasificación de los pliegues según el buzamiento del plano axial	14
Figura 8. Falla Normal.	15
Figura 9. Falla Inversa.....	15
Figura 10. Falla de Rumbo.....	16
Figura 11. Clasificación de Diaclasa a base de simetría y continuación	16
Figura 12. Ubicación de rumbo.....	20
Figura 13. Dirección y buzamiento de un estrato	20
Figura 14. Ubicación de la zona de estudio	25
Figura 15. Acceso a la parroquia de Cazaderos desde Loja.....	26
Figura 16. Acceso a la parroquia Cazaderos desde Machala	26
Figura 17. Hidrografía de la zona Sur de la parroquia Cazaderos	27
Figura 18. Pendientes de la zona Sur de la Parroquia Cazaderos	28
Figura 19. Unidades geomorfológicas en la zona sur de la parroquia Cazaderos.....	29
Figura 20. Geología regional de la zona de estudio	32
Figura 21. Síntesis estratigráfica de la zona de estudio	33
Figura 22. Levantamiento de información en campo.....	35
Figura 23. levantamiento de información en campo.....	36
Figura 24. Areniscas.....	42



Figura 25. Conglomerados	43
Figura 26. Afloramiento de lutitas	45
Figura 27. Afloramientos de lutitas y calizas	46
Figura 28. Deposito aluvial	47
Figura 29. Análisis estructural del área de estudio (Fallas).	48
Figura 30. Falla Normal	50
Figura 31. Falla Normal	50
Figura 32. Pliegue Anticlinal y sinclinal	51
Figura 33. a) Anticlinal en la zona N b) Sinclinal en la zona SW del mapa.	51
Figura 34. Pliegue Sinclinal.	52
Figura 35 Contacto entre la U. Cañaverl y la U. Cazaderos.	53
Figura 36. Contacto entre la U. Cazaderos y U. Cañaverl	53
Figura 37. Corte geológico de A-A´ de la zona Sur de la parroquia Cazaderos.	54



Índice de anexos

Anexo 1. Ficha de descripción de afloramientos.....	63
Anexo 2. Ficha de descripción de rocas	64
Anexo 3. Mapa Hidrológico.....	65
Anexo 4. Mapa topográfico.....	65
Anexo 5. Mapa de pendientes	65
Anexo 6. Mapa geomorfológico.....	65
Anexo 7. Puntos de verificación	66
Anexo 8. Análisis fotogeológico.....	67
Anexo 9. Pliegues.....	73
Anexo 10. Fallas.....	74
Anexo 11. Descripción de afloramientos	75
Anexo 12. Descripción macroscópica de rocas.....	82
Anexo 13. Mapa geológico-estructural	88
Anexo 14. Corte geológico.....	88
Anexo 15. Certificado de traducción del resumen	89



1. Título

**Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la Zona Sur de la parroquia
Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja.**



2. Resumen

El levantamiento geológico estructural escala 1:25000, realizado en la zona Sur de la parroquia Cazaderos contiene una extensión de 59.04 km², se encuentra ubicada al noroccidente del cantón Zapotillo, y al Oeste de la provincia de Loja, está limitada al Norte a la zona Norte de Cazaderos, al Sur con Perú, al Este con la parroquia Mangahurco y al Oeste con Perú.

El levantamiento geológico- estructural se realizó por medio del método de mapeo de contactos, lo cual permitió caracterizar cinco Unidades litológicas. Unidad Cazaderos, Unidad Cañaverál, Unidad Mangahurco y Depósito Aluvial. En la cual la Unidad Cazaderos constituye la mayor extensión de la zona de estudio con 29,47 km² del área total, presenta alternancias de limolitas, lutitas, intercalado con areniscas y niveles de calizas. El depósito aluvial abarca un área de 5,34 km², está constituido por arenas, gravas y cantos redondeados y subredondeados provenientes de rocas sedimentarias y volcánicas. La Unidad Cañaverál se visualiza en afloramientos antrópicos, está constituida de areniscas líticas, microconglomerados, conglomerados y en pequeñas dimensiones lutitas y limolitas. La Unidad Mangahurco se ubica al SW y se extiende hacia el NE, abarca un área de 7.40km² de la zona de estudio, formada en el periodo cretácico superior, descansa concordantemente sobre la Fm. Tronco Quemado, e infra yace discordantemente a la Fm. Cañaverál, en donde se aprecia alternancia de limolitas y lutitas, con niveles de areniscas y escasamente microconglomerados.

Estructuralmente la zona de estudio se encuentra marcada por pliegues, fallas inferidas y observadas, producto de los esfuerzos tectónicos al cual se encuentra expuesta la corteza terrestre. Se han evidenciado pliegues inferidos a lo largo de la zona de estudio, específicamente en la Unidad Cazaderos, al SW existe un pliegue anticlinal observado con dirección NE-SW, en la misma Unidad existe un pliegue inferido ubicado al NW del área estudiada en sentido NE-SW. A través de la fotointerpretación se infirió 8 fallas: dos fallas normales que se encuentran a lo largo del área de trabajo con una dirección NW-SE y NE-SW y seis fallas inferidas: cuatro con dirección NW-SE y dos con una dirección NE-SW.

Palabras Claves: *Geología estructural, mapeo de contactos, levantamiento geológico.*



2.1. Abstract

The structural geological survey scale 1:25000, carried out in the southern area of Cazaderos parish contains an extension of 59.04 km², is located to the northwest of the Zapotillo canton, and the west of the Loja province, it is limited to the North by the area North of Cazaderos, to the South with Peru, to the East with the parish of Mangahurco and to the West with Peru.

The geological-structural survey was carried out using the contact mapping method, which allowed the characterization of five lithological Units. Cazaderos Unit, Cañaveral Unit, Mangahurco Unit and Alluvial Deposit. In which the Cazaderos Unit constitutes the largest extension of the study area with 29.47 km² of the total area, it presents alternations of siltstones, shales, interspersed with sandstone and limestone levels. The alluvial deposit covers an area of 5.34 km², and is made up of sand, gravel, and rounded and sub-rounded pebbles from sedimentary and volcanic rocks. The Cañaveral Unit is visualized in anthropic outcrops, it is made up of lithic sandstones, micro conglomerates, conglomerates and in small dimensions shales and siltstones. The Mangahurco Unit is located to the SW and extends to the NE, covers an area of 7.40 km² of the study area, formed in the Late Cretaceous period, rests concordantly on the Fm. Tronco Quemado, and below lies discordantly to the Fm. Cañaveral, where alternating siltstones and shales can be seen, with levels of sandstone and scarcely micro conglomerates.

Structurally, the study area is marked by folds, inferred and observed faults, product of the tectonic efforts to which the earth's crust is exposed. Inferred folds have been evidenced throughout the study area, specifically in the Cazaderos Unit, to the SW there is an anticlinal fold observed in a NE-SW direction, in the same Unit there is an inferred fold located to the NW of the studied area in a NE direction -SW. Through photo interpretation, 8 faults were inferred: two normal faults that are found along the work area with a NW-SE and NE-SW direction and six inferred faults: four with a NW-SE direction and two with a NE direction. - SW.

Key words: *Structural geology, contact mappingm, geological survey.*



3. Introducción

En la Región Sur la información geológica-estructural de manera detallada es limitada, lo cual no permite tener conocimientos claros sobre las características geológicas y rasgos estructurales de la zona, por el cual se realizó este proyecto investigativo, con la finalidad de aportar y otorgar información para obras de infraestructura, trabajos de obra civil, análisis de riesgos geológicos, etc.

La parroquia Cazaderos está comprendida en la Hoja Geológica Alamor, a escala 1:100000, y elaborada por el (IIGE, 2017), en la que se señala que está compuesta por materiales sedimentarios (limolitas lutitas, areniscas, calizas, conglomerados y lodolitas), y algunas estructuras geológicas (falla normal inferida, estratificación inclinada, estratificación horizontal, pliegues anticlinales y sinclinales inferidos).

Bajo este argumento, la presente investigación está basada en el “LEVANTAMIENTO GEOLOGICO ESTRUCTURAL A ESCALA 1:25000 DE LA ZONA SUR DE LA PARROQUIA CAZADEROS, CANTON ZAPOTILLO Y PROVINCIA DE LOJA”. Lo cual consiste en recopilar información geológica en campo, rasgos estructurales (fallas, pliegues, diaclasas) y corroborar formaciones por medio del método de mapeo de contactos con la finalidad de tener una información detallada y actualizada, a su vez sirva de ayuda para realizar el Plan de Ordenamiento Territorial y proyectos investigativos en la zona de estudio.

El desarrollo del proyecto investigativo inició tomando como base la cartografía de la zona de estudio, posteriormente se realizó la fotointerpretación, identificando estructuras y rasgos morfológicos, una vez obtenida esta información, se corroboró en campo a través del método denominado *mapeo de contactos*, que consiste en la ubicación de contactos entre Unidades litológicas, además de realizar el levantamiento de afloramientos y la caracterización de muestras de rocas macroscópicamente. Finalmente, el resultado de esta información fue el mapa geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona sur de la parroquia Cazaderos en donde se plasma la información obtenida en el trabajo de investigación.



Objetivos

General:

Realizar un levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja.

Objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar la litología y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio.
- Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico, las litologías encontradas en la zona de estudio.
- Elaborar el mapa geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos.

4. Marco teórico

4.1. Geología

Según Duque (2020) indica que “La Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años” (pag.9).

De acuerdo a Navarrete (2005) “Geología es la ciencia que concierne a la Tierra y los materiales de los que está constituida, los procesos que los formaron durante el tiempo geológico y el modelado de su superficie en el pasado y en el presente” (pag.4).

Plaza Diez (2008), menciona que “La geología investiga la historia y evolución de las actividades de la tierra desde los tiempos más remotos hasta el momento actual, la composición, disposición y origen de las rocas y los minerales que forman la corteza terrestre y los procesos que han dado lugar a su presente estructura” (pag.7).

4.1.1. Ciclo de las rocas

Según Tarbuks y Lutgens, (2005) Las rocas son el material más común y abundante de la Tierra. Los minerales que componen una roca influyen directamente en la naturaleza. Así mismo, las características de textura, tales como el tamaño, la forma o la disposición de los minerales que la constituyen también tienen un efecto importante. La composición mineral y la textura de una roca, a su vez, son el reflejo de los procesos geológicos que la crearon, (pag.24).

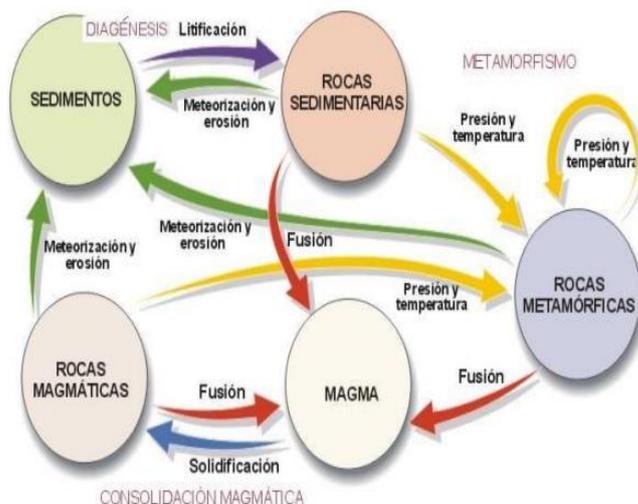


Figura 1. Ciclos en la formación de las rocas

Nota: Gonzales de Vallejo et al., (2002)

Giordani y Lanzone (2018), menciona que los agentes y procesos geológicos, son externos e internos, indicados a continuación:

– Externos o Exógenos

Los elementos causantes del modelado del relieve, se denominan agentes geológicos. El nombre de agentes externos se refiere al origen de la fuente que los activa, la energía del Sol, externa a la Tierra. La energía solar es la responsable de estos agentes al incidir los rayos solares con distinta inclinación (y por tanto con distinta intensidad) según la latitud, provocando un desequilibrio térmico. (pag.11).

La meteorización: es el conjunto de modificaciones que experimentan las rocas por efecto de los gases que contiene el aire atmosférico y de las variaciones de temperatura.

Erosión: desgaste y rotura de las rocas superficiales por la acción de los agentes geológicos externos. El viento y el agua, en todas sus formas, erosionan la morfología del paisaje.

Sedimentación: depósito de los fragmentos y de los productos resultantes de su alteración en zonas bajas de los continentes y, sobre todo, en los océanos. Los depósitos acumulados dan lugar a sedimentos, dispuestos en capas generalmente horizontales, denominadas estratos. Después de millones de años los estratos darán lugar a las rocas sedimentarias mediante un proceso conocido como litificación o diagénesis.

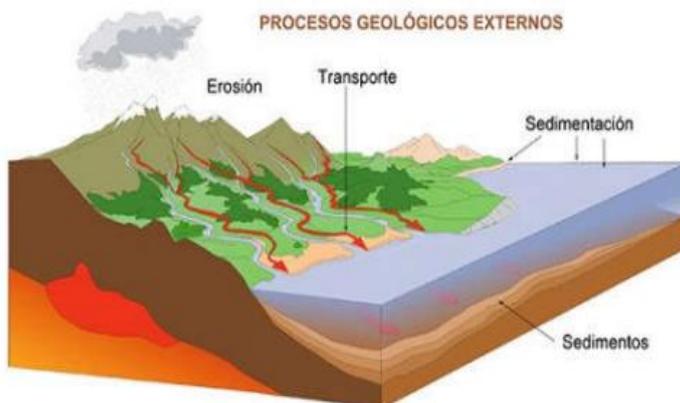


Figura 2. Procesos geológicos externos

Nota: Giordani & Lanzone (2018)

– Internos o Endógenos:

Los agentes geológicos internos son aquellos que se originan en el interior de la Tierra debido a las altas temperaturas y presiones que allí se generan y que originan la deformación de la corteza terrestre. Los más importantes son:

Volcanes: hendiduras en la corteza terrestre que alcanzan zonas profundas, por las que se expulsan al exterior el magma: una mezcla de materiales fundidos con cantidades variables de agua, gases y pequeños fragmentos sólidos de roca

Terremotos o sismos: son movimientos bruscos de las capas superficiales de la Tierra, producidos por la fractura y el desplazamiento de grandes masas rocosas del interior de la corteza. Estos movimientos liberan gran cantidad de energía de forma repentina, violenta y, en algunas ocasiones, destructiva. (pag.12).

Otros fenómenos asociados a la tectónica de placas, como la formación de las cordilleras y de las fosas marinas.



Figura 3. Agentes endógenos
Nota: Giordani & Lanzone (2018)

De acuerdo a (Tarbuks y Lutgens, 2005) en su libro Ciencias de la Tierra, menciona:

4.1.1.1. Rocas ígneas.

Las rocas ígneas (ignis fuego) se originan a partir de la solidificación y enfriamiento de la roca fundida, denominada magma. El magma es roca fundida que se puede formar a varios niveles de profundidad en el interior de la corteza de la Tierra y el manto superior. La formación y crecimiento de cristales está en función del enfriamiento del magma. Cuando el magma permanece en el interior profundo de la corteza, se enfría lentamente durante miles de años. Esta pérdida gradual de calor permite el desarrollo de cristales relativamente grandes antes de que toda la masa se solidifique por completo (pag.24).

4.1.1.2. Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas se originan de la transformación de rocas preexistentes bajo presión litostática (P), temperatura (T) y presión dirigida o estrés (S), los cuales influyen en el seno de la corteza terrestre. Esos eventos ocasionan cambios en la composición mineralógica de la roca sometida a metamorfismo. Existen minerales que al variar las condiciones de su ambiente dejan de ser estables y desaparecen, y provocan la aparición de nuevas especies (pag.26).



4.1.1.3. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se identifican por su disposición en capas o estratos. Esa estructura, denominada estratificación, se acumula en un recipiente denominado cuenca de sedimentación. La acumulación puede ocurrir en medio ambiente marino o continental, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie, en desiertos, estepas, etc.). El material acumulado radica en fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos (pag.25).

(Varela, 2014) existen tres tipos de rocas sedimentarias:

- **Rocas sedimentarias clásticas:** Son las más importantes del grupo y originan de la acumulación y litificación de fragmentos de rocas preexistentes, denominados clastos. La textura general de las sedimentitas clásticas consiste en granos (clastos), de contornos más o menos redondeados, ligados por una matriz de grano más fino que los clastos, un cemento o ambos.
- **Rocas sedimentarias calcáreas:** Se originan a partir de la combinación y precipitación del anhídrido carbónico disuelto en agua, son mayormente de ambiente marino, sin embargo, también existen de ambiente continental. Son las más abundantes y se estima que constituyen entre un 10% y 20% del total de rocas sedimentarias.
- **Rocas sedimentarias químicas:** Se forman a partir de la precipitación de solutos de soluciones concentradas (salmueras), por evaporación del agua que los contiene y son llamadas rocas evaporitas.

Rocas sedimentarias detríticas				Rocas sedimentarias químicas		
Textura clástica Tamaño del clasto	Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca	
Grueso (más de 2 mm)	Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita, CaCO ₃	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina	
	Grava (clastos angulosos)	Brecha			Travertino	
Medio (de 1/16 a 2 mm)	Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Coquina	Bioquímica
				Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Caliza fosilífera	
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)	Limo	Limolita		Clástica: caparazones y arcilla microscópicos	Creta	
Muy fino (menos de 1/256 mm)	Arcilla	Lutita				
				Cuarzo, SiO ₂	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (silix) (color claro) Pedernal (color oscuro)
				Yeso, CaSO ₄ •2H ₂ O	No clástica: cristalino de fino a grueso	Yeso
				Halita, NaCl	No clástica: cristalino de fino a grueso	Salgema
				Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla

Figura 4. Clasificación de las rocas sedimentarias
Nota: Tarbuks y Lutgens (2005)

Procesos que participan en la formación de las rocas sedimentarias

Castillo García et al., (2021) Indica, que la historia de las rocas sedimentarias comienza con los procesos de intemperismo, porque el producto del intemperismo físico y químico constituye la materia prima de las rocas sedimentarias.

a) Intemperismo químico. - Es la forma de destrucción de la roca mediante reacciones químicas que tienen lugar sobre la superficie y a cierta profundidad de la misma, alterando su naturaleza química y la composición de las rocas preexistentes. Los cambios químicos realizados sobre las rocas se llevan a cabo por el contacto de reactivos atmosféricos como agua, oxígeno y dióxido de carbono principalmente.

b) Intemperismo físico. - Es un proceso mecánico que conduce a la desintegración de las rocas formando fracciones de menor tamaño. Aquí no ocurre ningún proceso químico, las sustancias de las rocas permanecen sin cambio alguno, pero se verán roturas de la materia.

• **Transporte**

Las rocas que han sido destruidas por el intemperismo, tienden siempre a ser transportadas por: la gravedad, corrientes hídricas superficiales y subterráneas, olas y



corrientes costaneras, vientos y organismos. En su tránsito los materiales están sujetos a desgaste, redondeo y, por consiguiente, la disminución en tamaño, forma y densidad.

- ***Depósito***

El proceso de depósito ocurre, prácticamente, cuando la velocidad del transporte se hace nula, o disminuye tanto, que la fuerza de la gravedad es mayor lo que hace que los materiales se detengan y sedimenten. Esta sedimentación puede ocurrir en tierra (cuencas, depresiones, llanuras, etc.) y se forman los depósitos continentales; cuando los materiales se sedimentan en el mar forman los llamados depósitos marinos. Los materiales clásticos se depositan según la siguiente consecutividad desde la línea de costa hasta el mar abierto: canto rodado, grava, arena y material fino (arcilloso).

- ***Litificación o diagénesis***

El término litificación se deriva de la palabra griega y latina que significa ROCA y HACER respectivamente, es decir, sería hacer roca. Los procesos de litificación o diagenéticos convierten a los materiales sin consolidar en rocas consolidadas y coherentes.

4.2. Geología estructural

Según Arellano Gil et al., (2002) precisa la Geología Estructural como la rama de la Geología encargada del estudio de las características estructurales de las masas rocosas que forman la corteza terrestre, de la distribución geográfica de tales características, del tiempo geológico y de las causas que las originaron; así mismo es utilizada en la identificación, descripción y representación gráfica en mapas y secciones geológicas. De la misma manera las estructuras geológicas, pueden ser analizadas nivel microscópico en láminas delgadas, en una muestra de mano, en un afloramiento o como un rasgo mayor en una fotografía aérea o en una imagen satelital; por lo que se describen también como microestructuras, meso estructuras y macroestructuras.

Las estructuras geológicas se identifican en cualquier tipo de roca y se forman en todos los ambientes geológicos.

4.2.1. Deformación de las rocas

En el Manual de Geología (Varela, 2014) sostiene que las rocas están expuestas a la acción de fuerzas. Las mismas generan esfuerzos, que son expresados por la magnitud de la fuerza aplicada por unidad de área. Las deformaciones de las rocas son producidas por fuerzas y esfuerzos, como contracción o extensión.

Deformación: La deformación se refiere a todos los cambios de tamaño, forma,

orientación o posición de una masa rocosa.

Esfuerzo: Esfuerzo, que es la cantidad de fuerza aplicada sobre un área determinada. La magnitud del esfuerzo no es simplemente una función de la cantidad de fuerza aplicada, sino que también está relacionada con el área sobre la que la fuerza actúa.

Según Tarbuks y Lutgens, (2005) existen tres tipos de esfuerzo:

Compresión: Cuando se aplica un esfuerzo en direcciones diferentes, se denomina esfuerzo diferencial.

Tensión: Se denomina esfuerzo tensional cuando el esfuerzo tiende a alargar o a separar una unidad rocosa.

Cizalla: El esfuerzo de cizalla es similar al deslizamiento que se produce entre los naipes de una baraja cuando la parte superior se desplaza en relación a la inferior.

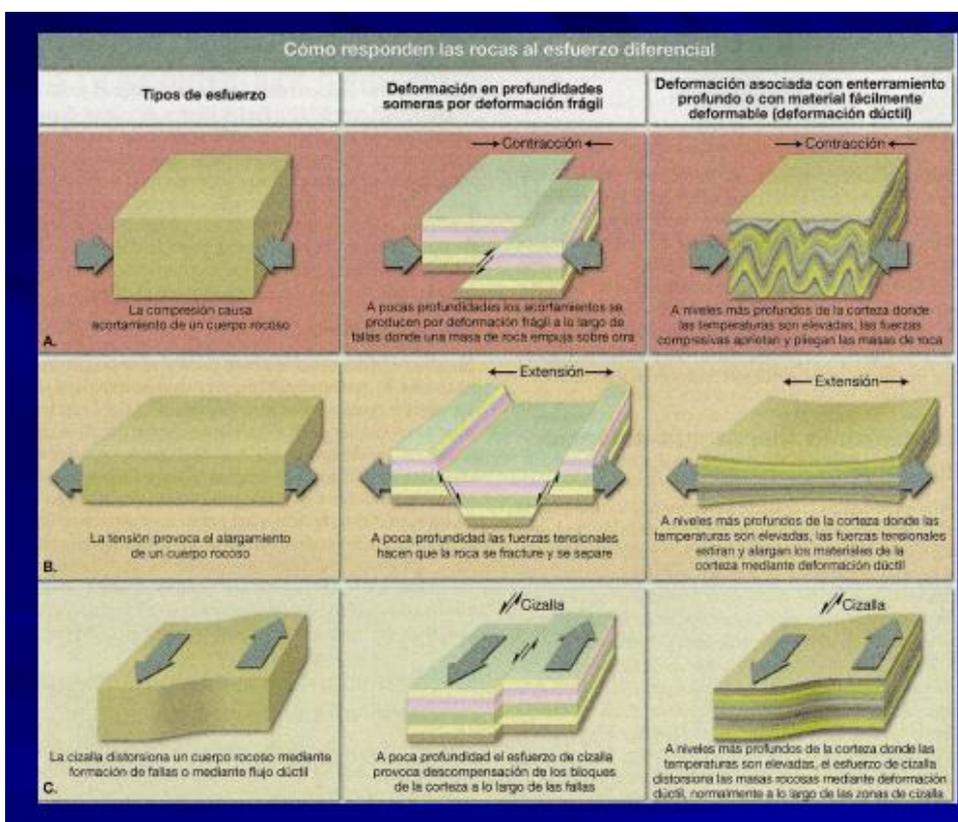


Figura 5. Tipos de Esfuerzo

Nota: Griem (2020)

4.2.2. Estructuras Geológicas

Las estructuras geológicas se originan en función a esfuerzos, presión y tipo de roca existente.

4.2.2.1. Pliegues

Los pliegues son ondulaciones que se forman debido a esfuerzos compresivos y previo a la ruptura. La mitad superior de los pliegues (convexas) se denominan anticlinal y la mitad

inferior (cóncavas) sinclinal. Longitud de onda y amplitud, son dos parámetros, determinados en sección transversal, que se utilizan para dimensionar pliegues.

Clasificación según la forma del pliegue

Según García Rodríguez, (2012) Cada uno de los tramos de un estrato o conjunto de capas comprendidos entre los puntos de inflexión es un pliegue, por el que se da una sucesión de formas cóncavas seguidas de otras convexas y a la inversa. Si consideramos un tren de pliegues, periódicamente se repiten y alternan formas convexas o antiformes, y formas cóncavas o sinformes. Los conceptos de anticlinal y sinclinal informan, además, de la convexidad o concavidad de la edad de los materiales en el pliegue.

Anticlinal: pliegue arqueado o con la convexidad ascendente en el que los materiales más antiguos se localizan en el núcleo.

Sinclinal: pliegue arqueado o con la convexidad descendente en el que los materiales más modernos se localizan en el núcleo. Anticlinales y sinclinales suelen sucederse en el espacio, y tienen planos axiales que dividen los pliegues en dos mitades, cada una de las cuales es un flanco. Estas estructuras son ondulaciones de los estratos que no tienen por qué visualizarse como ondulaciones del terreno.

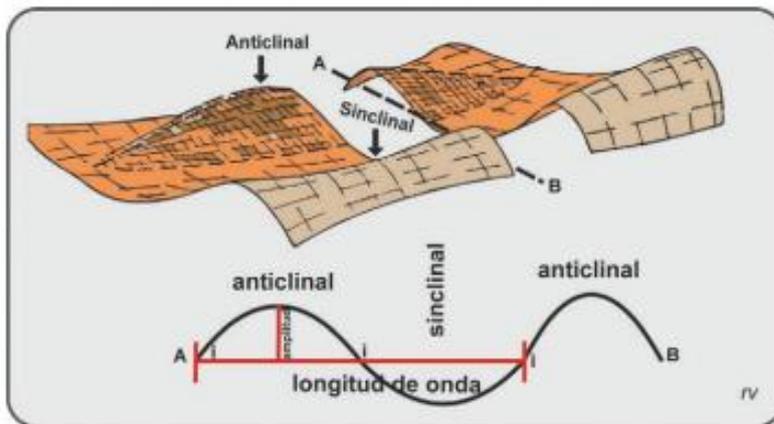


Figura 6. Arriba: vista en planta de una superficie plegada; abajo: sección transversal; i: puntos de inflexión.
Nota: Varela (2014)

Clasificación de los pliegues según el buzamiento del plano axial

Maldonado (2020), en su artículo menciona que la clasificación de los pliegues según el buzamiento del plano axial, tiene en cuenta el ángulo de buzamiento del plano axial entre 0° y 90° . Los pliegues son: simétrico, inclinado, invertido, tumbado.

Pliegues simétricos, son aquellos donde el ángulo que forma el plano axial con el flanco, son iguales en ambos lados, en estos pliegues el plano axial es vertical.

Pliegues inclinados, en este caso el plano axial del pliegue está inclinado siendo diferente a 0° y 90° , de tal manera que uno de los flancos del pliegue tiene mayor ángulo

de buzamiento con respecto al otro, y el ángulo interlimbal que forma el plano axial con el flanco son distintos.

Pliegue invertido es de características similares a los pliegues inclinados, pero en este caso, el ángulo de buzamiento de uno de los flancos se invierte.

Pliegue tumbado se forma cuando el plano axial es totalmente horizontal, es decir que el ángulo de buzamiento es igual a 0° .

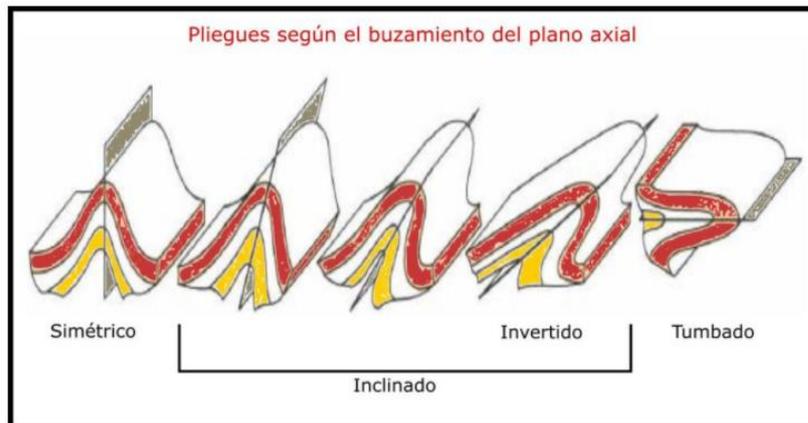


Figura 7. Clasificación de los pliegues según el buzamiento del plano axial
Nota: Maldonado (2020)

De acuerdo a Babín Vich y Gómez Ortiz (2010), los elementos de un pliegue son los siguientes:

- **Flancos.** Partes de la superficie plegada comprendidas entre dos zonas de charnela sucesivas.
- **Línea de charnela.** Línea de máxima curvatura de la superficie plegada.
- **Eje de pliegue.** Línea imaginaria, que moviéndose paralelamente a sí misma en el espacio, genera la superficie plegada. Tiene orientación, pero no localización. En pliegues cilíndricos coincide con la línea de charnela.
- **Superficie axial o Plano axial.** Superficie que contiene a las sucesivas líneas de charnela de todos los estratos plegados. Para su estudio, se asimila a un plano.
- **Ángulo Inter flancos.** Ángulo que forman entre si los dos flancos del pliegue, medido en un plano perpendicular a ellos. De los dos ángulos posibles, agudo y obtuso, el ángulo Inter flancos es el que contiene al plano axial del pliegue. Si no se conoce la orientación del plano axial, se asimila al plano bisector de este ángulo en una de sus dos posibilidades: mayor o menor de 90° . Se elegirá el que proceda en función de las características del pliegue.

4.2.2.2. Fallas

Es una estructura en la cual se ha efectuado una fractura y un posterior desplazamiento

entre los dos bloques separados por la fractura. Sus dimensiones pueden variar desde desplazamientos de varios centímetros a muchos cientos de metros y desde una longitud muy pequeña a fracturas de numerosos cientos de kilómetros. Rivera Mantilla (2005)

- **Falla Normal**

Rivera Mantilla (2005) denomina a una falla normal cuando el bloque del techo se desplaza hacia abajo sobre el bloque de piso, producidos por efecto de la gravedad o por efecto de esfuerzos tensionales.

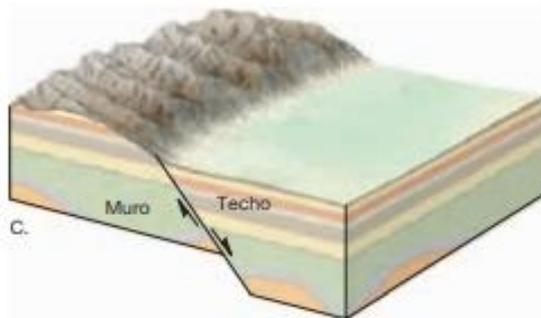


Figura 8. Falla Normal.

Nota: Tarbuks y Lutgens (2005)

- **Falla inversa**

De acuerdo a Tarbuks y Lutgens (2005), las fallas inversas y los cabalgamientos son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se desplaza hacia arriba en relación al bloque de muro. Las fallas inversas se caracterizan por tener buzamientos superiores a 45° .

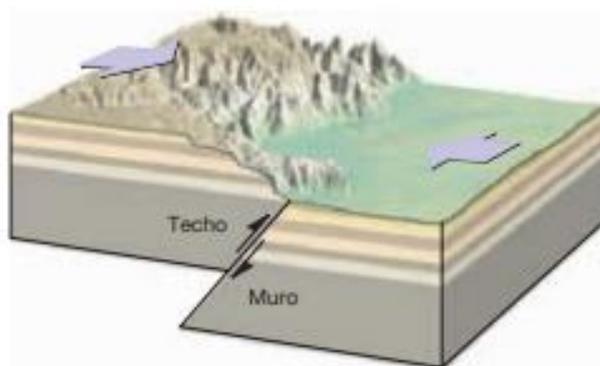


Figura 9. Falla Inversa.

Nota: Tarbuks y Lutgens (2005)

- **Falla de rumbo (o falla de desgarre)**

Según Griem (2020) Existen principalmente dos tipos de fallas con un desplazamiento horizontal: Fallas con un sentido del movimiento sinistral (contra reloj) y fallas con un sentido del desplazamiento dextral (sentido del reloj).

Este tipo de falla no tiene componente vertical de desplazamiento. Solamente muestra

desplazamiento horizontal, "h" desplazamiento de rumbo (desgarre).

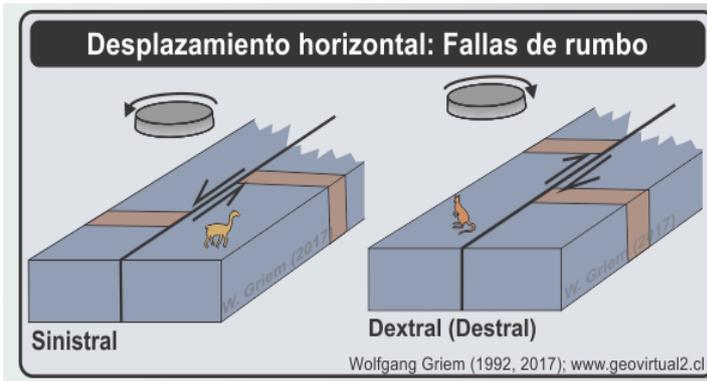


Figura 10. Falla de Rumbo.

Nota: Griem (2020)

4.2.2.3. Diaclasas

Las diaclasas son fracturas mediante las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. La mayoría de diaclasas se producen en grupos aproximadamente paralelos, sin embargo, existen diaclasas que tienen una orientación aleatoria. (Tarbuks y Lutgens, 2005, pág. 301).

Clasificación de diaclasas a base de simetría y continuación				
		Continuo	Semi-Continuo <small>1 continua</small>	Discontinuo <small>0 continuo</small>
Ortogonal	Ortogonal - continuo		Ortogonal - semi-continuo (Tipo ladrillos)	Ortogonal - discontinuo
No-Ortogonal	No-Ortogonal - continuo (conjugada)		No-Ortogonal - semi continuo	No-Ortogonal - discontinuo
Triple	Intersecciones triples regulares (120°)		Intersecciones triples no-continuos	

W. Griem (2020) - www.geovirtual2.cl

Figura 11. Clasificación de Diaclasa a base de simetría y *continuación*

Nota: Griem (2020)

4.2.2.4. Discordancia

Según Fraga (2017). Son superficies de erosión que separan rocas más jóvenes de rocas más antiguas. Los procesos que influyen en la formación de las discordancias son los deposicionales, orogénicos y erosivos afectando a cualquier tipo de roca, (pág. 20).

4.2.3. Estratigrafía

Vera Torres (1994) menciona “La Estratigrafía es una ciencia geológica que tiene dos



enfoques diferentes y complementarios: el científico, cuyo objetivo es la ordenación temporal e interpretación genética de los materiales, y el aplicado, cuya finalidad es localizar recursos naturales explotables y más recientemente contribuir a la planificación de la conservación del medio ambiente. “

El cuerpo de doctrina de la Estratigrafía se construye a partir de la aplicación de algunos principios fundamentales, cuatro de ellos emitidos en la etapa de historia común con la Geología y el quinto emitido, de manera formal, recientemente:

Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos. -

Emitido por Steno, afirma que los estratos en el momento de su depósito se forman de manera horizontal y paralela a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.

Principio de la superposición. – Planteado por primera vez por Steno y desarrollado por Lehmann determina que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos.

Principio del uniformismo o actualismo. - Emitido por Hutton y desarrollado más ampliamente por Lyell, dice que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo).

Principio de la sucesión faunística o de la correlación. - Emitido, por Smith, y desarrollado por Cuvier, constituye en admitir que, en cada intervalo de tiempo de la historia geológica, los organismos que vivieron y, que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles.

Principio de la simultaneidad de eventos. - Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes.

4.2.3.1. Estrato

El término estrato fue introducido en Geología por Steno, en el siglo XVII, para denominar a una capa de roca (o de sedimento) limitada por superficies horizontales con continuidad lateral y que equivale a una unidad de tiempo de depósito. A partir de esta definición, que constituyó la base del "principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos", el estrato ha sido definido con una doble acepción: geométrica y genética. Desde un punto de vista geométrico Campbell (1967) lo definió



como "un nivel de roca o sedimento más o menos distinguible de forma visual o física, separado de los niveles superior e inferior por superficies denominadas superficies de estratificación".

4.2.3.2. Estratificación

Es la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el término estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación).

Naverrete Cuesta (2017) Las principales hipótesis que causan la estratificación son las siguientes:

- a) Cambios de tiempo y estacionales.
- b) Variaciones en la energía de las corrientes.
- c) Elevaciones relativas del nivel del mar.
- d) Condiciones de vida de los organismos.
- e) Cambios climáticos.

4.2.4. Unidades litoestratigráficas

Naverrete Cuesta (2017), en su documento apuntes de estratigrafía y sedimentación, indica, que son un conjunto de estratos en los que predomina una determinada litología o una determinada combinación, que se diferencia de las adyacentes. Están formadas por cualquier tipo de sedimento o roca sedimentaria, y también por cualquier roca ígnea o metamórfica que cumpla el principio de superposición de estratos. Las unidades litoestratigráficas se jerarquizan, de mayor a menor: Grupo, Formación, Miembro y Capa:

– Formación

Es la unidad litoestratigráfica fundamental. Es la que se suele encontrar en mapas, y es básica para la reconstrucción de la historia. Es una unidad que agrupa un conjunto de estratos con una determinada litología o conjunto de litologías, que permite diferenciarla de los adyacentes. Para su descripción no hay que tener en cuenta la potencia, pero se considera que debería tener una escala cartografiable (escala del mapa 1:25000 y 1:50000).

– Grupo

Son unidades de rango superior, que agrupan dos o más formaciones sucesivas con rasgos litológicos comunes. Muchos grupos corresponden a materiales donde era difícil la separación de las formaciones. Cuando sea necesaria una jerarquización más



completa, se pueden utilizar los términos de Subgrupo - Grupo - Supergrupo.

– **Miembro**

Es la unidad litoestratigráfica de orden inmediatamente inferior a la formación. Se le reconoce por poseer un especial carácter litológico que le distingue del resto de la formación. Su extensión lateral y su espesor tienen que estar comprendidos dentro de la unidad de orden superior, dentro de la formación. No siempre una formación tiene que estar dividida en miembros.

– **Capa**

Son estratos, cuyo espesor puede variar de un centímetro hasta pocos metros, con características litológicas muy peculiares y fácilmente diferenciables (ejemplo: capas de carbón, capas de óxidos de hierro). La delimitación de capas no implica la división completa de la formación (o miembro) en capas diferenciables, sino que se refiere exclusivamente a niveles muy concretos dentro de las unidades de rango mayor.

– **Complejo**

Se utiliza para definir un conjunto de materiales de litologías diversas en las cuales es muy difícil definir otro tipo de unidades debido a una gran complejidad tectónica que enmascara la ordenación. Conjunto de materiales de litologías variadas, que no pueden separarse netamente entre sí.

4.2.5. Orientación de planos

4.2.5.1. Dirección

La dirección es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado, o falla, con un plano horizontal. (Tarbuck y Lutgens, 2005).

4.2.5.2. Rumbo

El rumbo se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal. Se puede imaginarse una superficie de agua (que es siempre horizontal), se hunde el plano hasta la mitad, la línea hasta donde se mojó el plano será el rumbo (Griem, 2020).

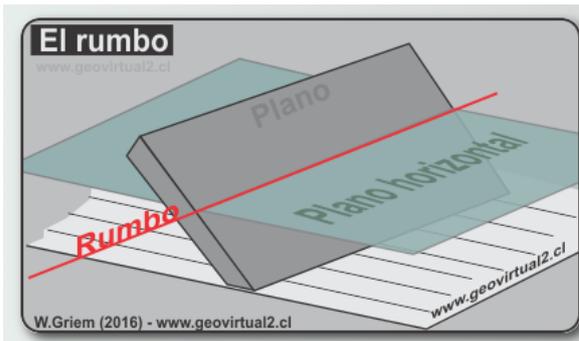


Figura 12. Ubicación de rumbo.

Nota: Griem (2020)

4.2.5.3. Buzamiento

El buzamiento es el ángulo de inclinación de un plano geológico, como por ejemplo una falla, medido desde un plano horizontal. El buzamiento incluye tanto el valor del ángulo de inclinación como la dirección hacia la cual la roca está inclinada. (Tarbuks y Lutgens, 2005).

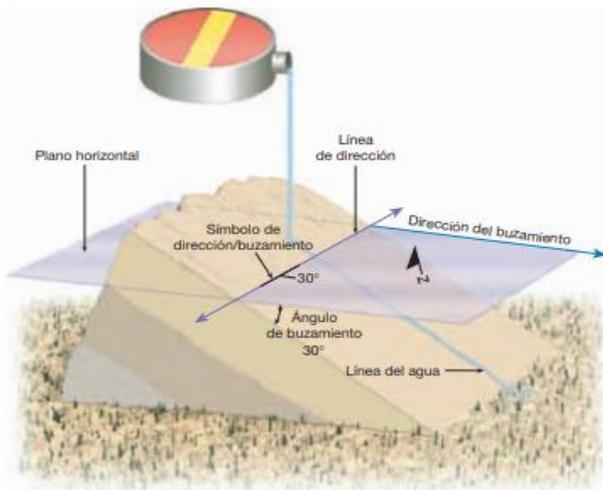


Figura 13. Dirección y buzamiento de un estrato

Nota: Tarbuks y Lutgens (2005).

4.3. Petrografía

La Petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas en estudio, en un microscopio petrográfico, clasificándolas según su textura y composición mineralógica. (Servicio Geológico Mexicano, 2021)

4.3.1. Estudio petrográfico

En primer lugar, se realiza el examen físico de la roca (descripción macroscópica) que nos brinde información sobre el aspecto, textura, color, dureza, tamaño de grano o granularidad de la roca. Cuando los componentes son tan pequeños que no pueden ser apreciados a simple vista se dice que la roca presenta textura afanita o afanítica, y cuando los cristales sí pueden ser apreciables a simple vista o con lupa se le denomina fanerítica. (Servicio Geológico Mexicano,



2021)

4.4. Mineralogía

Beder, (1938) establece a la mineralogía como la ciencia que se ocupa del estudio de los minerales.

Griem (2020) Denomina que la mineralogía es la ciencia encargada de analizar las características de la formación de los minerales, diferenciar entre variedades y modificaciones o definir nuevos minerales. Así mismo, las propiedades de los minerales es enfoque de estudios. Dentro de la mineralogía esta la cristalografía que trata alumbrar la estructura interna la estructura cristalina de los minerales.

4.4.1. Composición Mineralógica de las rocas sedimentarias

Griem (2020) Indica que el estudio de las rocas sedimentarias revierte gran importancia, no sólo con el propósito de clasificarlas, sino, porque muchas veces la presencia de un mineral determinado arroja resultados sobre la historia geológica de una roca. Algunas rocas sedimentarias están compuestas de un solo mineral como es el caso del yeso, la anhidrita, el cuarzo, etc., pero la mayoría están compuestas por varias especies minerales. De un modo general, los minerales de las rocas sedimentarias se pueden agrupar de acuerdo a su origen de la siguiente manera:

- a) **Minerales detríticos que proceden de la desintegración de las rocas preexistentes;** podemos obtener aquí casi todos los minerales ya conocidos en las rocas ígneas, principalmente cuarzo y feldespatos, así como los minerales de las rocas metamórficas y los de las rocas sedimentarias.
- b) **Minerales que se generan durante el proceso de descomposición de las rocas,** tales como las arcillas, las cuales pueden depositarse residualmente o ser transportadas en suspensión.
- c) **Minerales que resultan de los precipitados químicos,** tales como calcita, dolomita y silita cuyo origen se debe buscar también en la descomposición química de la roca madre

4.5. Cartografía

Según Fallas (2003), denomina a la Cartografía es la rama del grafismo que se ocupa de los métodos e instrumentos utilizados para exponer y expresar ideas, formas y relaciones en un espacio bi o tridimensional. La cartografía parte del principio de que los seres vivos, los fenómenos físicos y sus interrelaciones ocurren en un contexto temporal y espacial y que por lo tanto es posible mapearlos.



Según Agropecuarios (2013). La Cartografía es la técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un mapa, a través de un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad entre el mapa y el terreno. De la misma manera es también el conjunto de procedimientos que permite reunir, analizar, organizar y generalizar información del medio geográfico, para representarlos de manera gráfica a una escala conveniente, (pág. 15).

4.5.1. Métodos de mapeo

Los métodos de mapeo geológico se han dividido en tres tipos: método de los contactos para mapas regionales de escala pequeña y mapeo de todos los afloramientos para mapas de detalle de gran escala. El tercer tipo, método de los perfiles, se emplea tanto en mapas regionales como de detalle, en zonas bien expuestas como en regiones con escasos afloramientos, su principal característica es que permite un adecuado control en la densidad de las observaciones y una buena administración del tiempo disponible.

Echeveste (2017), en su manual de levantamiento geológico, una introducción a la geología de campo, indica los siguientes métodos de mapeo:

Mapeo de contactos: Determina que la ubicación de contactos entre unidades litológicas o formaciones constituyen 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, (pág. 163).

Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos: Es la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escalas de 1:10.000 y más grandes. Es el estilo más común en la exploración minera. 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, (pág.166).

Mapeo por perfiles: Este método para el mapeo de reconocimiento de grandes regiones, a escalas relativamente pequeñas (1:250.000 a 1:50.000). También puede ser el único método posible donde las exposiciones de las rocas están restringidas a cortes de carreteras, arroyos o filos, (pág. 166).



4.5.2. Mapa geológico

Un mapa geológico es una representación, sobre un fondo topográfico, de la distribución de materiales aflorantes en una zona determinada, así como de la edad, sucesión estratigráfica y deformaciones que presentan (Peña, 1997).

4.5.3. Corte geológico

Un corte geológico se determina como una sección vertical o perfil interpretativo de la geología superficial, para cuya ejecución se utilizan los datos obtenidos del mapa geológico. (Carenas Fernández et al., 2014)

4.5.3.1. Construcción

Navarrete Cuesta (2017) menciona que para construir un corte geológico se emplea la misma técnica que para realizar un perfil topográfico. Se parte de un mapa geológico en el que se traza el corte a realizar:

1. Realizar el perfil topográfico de la línea de corte. Este perfil es el límite superior del corte geológico.
2. La línea del perfil corta los diferentes elementos estructurales representados en el mapa, ya sean contactos entre materiales, planos de falla, o planos axiales de pliegues.
3. Se proyecta sobre el perfil topográfico las intersecciones de nuestra línea de corte con los diferentes elementos estructurales.
4. En primer lugar, se deben pintar los elementos estructurales más importantes como plano de fallas, discordancias o planos axiales de pliegues. Normalmente, estos elementos son planos, así que en nuestro corte estarán representados por líneas. Estas líneas deben pasar por los puntos de intersección correspondientes definidos sobre el perfil topográfico, y deben dibujarse con el ángulo de buzamiento correspondiente a cada una de esas estructuras.
5. En segundo lugar, se pintan los contactos concordantes entre los diferentes materiales (planos de estratificación). Se sigue el mismo proceso utilizado en el trazado de las estructuras: se traza una línea, con el ángulo de buzamiento adecuado, que pase por la intersección definida en el perfil topográfico. Todas las líneas que se trazan en un corte geológico deben tener estilo geológico, es decir es conveniente trazarlas a mano y evitar los trazos completamente rectos.
6. Después se deben rellenar con tramas y colores las superficies definidas en el corte en función del tipo litológico y edad correspondiente.
7. Y, por último, recordar que el corte, siempre debe presentar la orientación del



mismo, la escala tanto vertical como horizontal y la leyenda donde se muestren los colores y símbolos utilizados.

4.6. Sistemas de Información Geográfica

Los SIG representan así una visión “cartográfica” del mundo apoyada en un espacio absoluto dotado de un sistema cartesiano de coordenadas obtenido a partir de un sistema de proyección. La fortaleza que supone el apoyo de la enorme tradición cartográfica implica también inconvenientes como el carácter estático y plano de los mapas y la incapacidad para reflejar el nivel de incertidumbre asociado a estos datos o la necesidad de unificar sistemas de proyección si los de las capas de información original son diferentes, (Sarria, S.f).

4.6.1. Tipos de datos

Los objetos que vemos en el mundo real (carreteras, uso de suelo, altitud, litología, precipitación) se encuentran representados por medio de datos. Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

– Ráster.

En la Aplicación de Productos de Sensores Remotos y SIG en la Generación de Mapas Geomorfológicos se manifiesta lo siguiente:

Es un modelo de datos espaciales que define el espacio como una matriz de celdas de igual tamaño dispuestas en filas y columnas, y compuestas de bandas simples o múltiples. Cada celda contiene un valor de atributo y las coordenadas de ubicación. A diferencia de una estructura de vector, que almacena coordenadas de forma explícita, las coordenadas del mapa de bits se encuentran en el orden de la matriz. Los grupos de células que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de accidente geográfico. Sanchez (2016).

– Vector.

El formato vectorial define objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos) mediante la codificación explícita de sus coordenadas. Los puntos se codifican en formato vectorial por un par de coordenadas en el espacio, las líneas como una sucesión de puntos conectados y los polígonos como líneas cerradas (formato orientado a objetos) o como un conjunto de líneas que constituyen las diferentes fronteras del polígono. Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de entidades reales ubicadas en el espacio (carreteras, ríos, parcelas de cultivo); también resulta más adecuado que el ráster cuando se manejan datos que suponen un valor promediado sobre una extensión de territorio que se considera homogénea, los límites de la misma pueden ser arbitrarios o no (por ejemplo, estadísticas municipales, datos

piezométricos en acuíferos, etc.) Sanchez (2016).

5. Metodología

5.1.Descripción del Área de estudio

5.1.1. Ubicación geográfica

La parroquia Cazaderos se encuentra ubicada al noroccidente del cantón Zapotillo, y al Oeste de la provincia de Loja. Se vincula de manera directa vía terrestre con la ciudad de Alamor en el cantón Puyango.

La zona de estudio limita al Norte con Perú y el río Puyango; al Sur con Perú y la parroquia Mangahurco; al Este con la parroquia Mangahurco y al Oeste con Perú. La zona de estudio corresponde a la zona Sur de la parroquia Cazaderos con una extensión de 59.04 km².

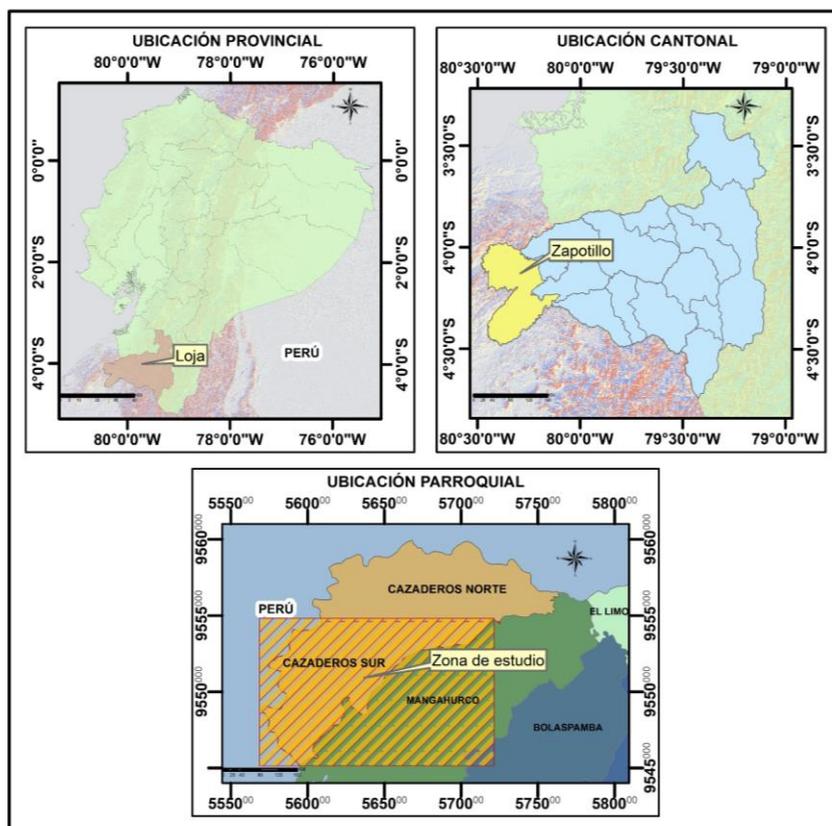


Figura 14. Ubicación de la zona de estudio

Nota: Basado en (CONALI, 2017) Modificado por Infante, J (2023).

5.1.2. Acceso

A la zona de estudio se puede acceder por medio de transporte terrestre si se viaja desde Loja-Cazaderos con una distancia de 232 km, por la Carretera Panamericana/Troncal de la Sierra/E35m tomando un desvío hacia el sur en el Km 72. A partir del desvío se toma la vía que comunica con los cantones Célica-Alamor y la parroquia de El limo hasta llegar a la zona de estudio, en un tiempo estimado de recorrido de 6h 41min.

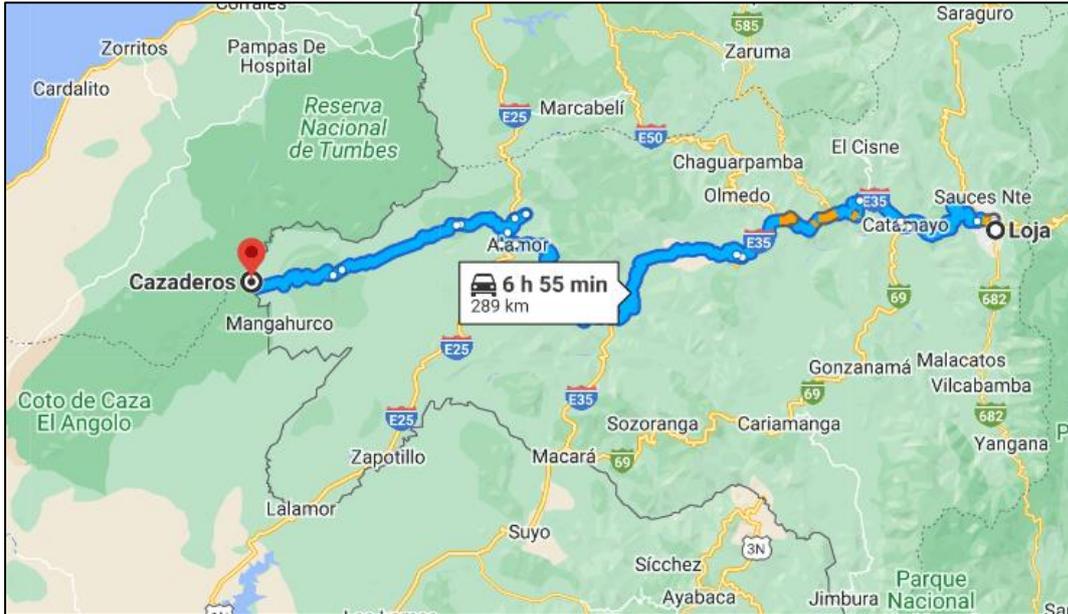


Figura 15. Acceso a la parroquia de Cazaderos desde Loja
Nota: Basado en Google Maps. Modificado por Infante J, (2023)

Hacia la zona de estudio se puede acceder por medio de transporte terrestre viajando desde Machala-Cazaderos, a una distancia de 203 km, por la Av. Luis León Román y Vía Pajonal hacia Troncal de la Costa/E25, posteriormente se toma por la Troncal de la Costa/E25 hacia Loja. Además, se dirige por un desvío al suroeste (La Hoyada) hacia la parroquia El Limo hasta llegar a la zona de estudio, recorrido que comprende un tiempo de 4h 30min aproximadamente.

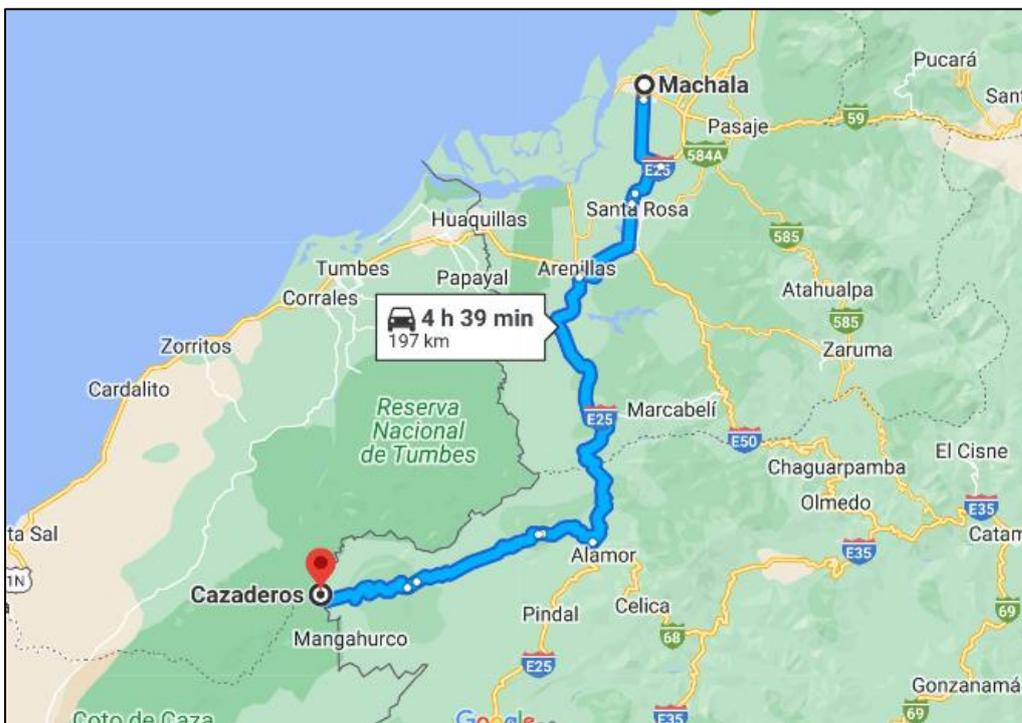


Figura 16. Acceso a la parroquia Cazaderos desde Machala
Nota: Basado en Google Maps. Modificado por Infante J, (2023)

5.1.3. Clima

Su temperatura media anual es de 24 °C, la temperatura más baja corresponde a 21°C hacia la parte alta al límite con la parroquia Mangahurco; y, la temperatura más alta registrada corresponde a 26 °C en la parte baja en la zona limítrofe con el Perú.

El rango de precipitación anual que moja la mayor superficie de la parroquia fluctúa entre 250 a 500 mm, para la parte alta de la parroquia y de 0 a 250 mm para la parte baja de la misma (PDOT del Canton Zapotillo , 2019-2023), (Pag.22).

5.1.4. Hidrología

De acuerdo al (PDOT del Canton Zapotillo , 2019-2023), la zona de estudio forma parte de la cuenca del río Puyango, así mismo contiene un sinnúmero de microcuencas, lo cual alimentan a la quebrada Cazaderos, principal red hidrográfica existente en la zona de estudio que circula de Norte a Sur.

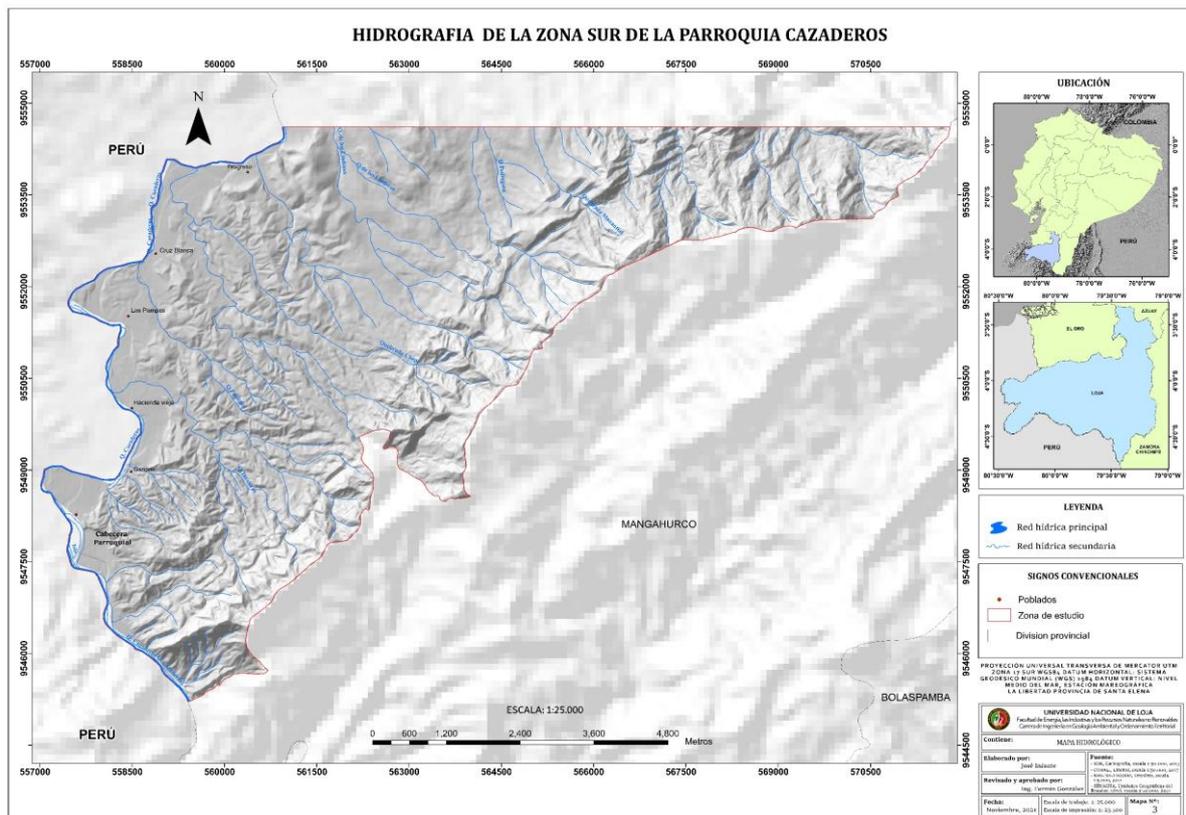


Figura 17. Hidrografía de la zona Sur de la parroquia Cazaderos
Nota: Basado en IGM, 2013. Modificado por Infante J, (2023)

De acuerdo al mapa hidrográfico (*véase anexo 3*) la zona Sur de la parroquia cuenta con doce quebradas: Balsal, Gineal, Caucho, Manantial, Los Linderos, Hualtacos, Tasajeras, El Chorro, Chaguarguayco, El Tuno, Noanchas y quebrada Cazaderos; siendo la ultima la principal fuente de agua para el beneficio de agricultura y ganadería en el sector.

5.1.5. Topografía

Los modelos digitales del terreno (MDT) con resolución espacial de 4m otorgados por el Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) e información ofrecida por el Municipio de Zapotillo, permitieron generar las curvas de nivel cada 20 m, con una base topográfica a escala 1:25000 (*Véase Anexo 4*). La zona de estudio está caracterizada por presentar una topografía irregular, cuyas altitudes varían desde los 200 hasta los 1040 m.s.n.m.

5.1.6. Pendiente

En base al análisis y procesamiento del modelo digital del terreno (MDT) se obtuvo un mapa de pendientes del sector de estudio, para el cual, se consideró la clasificación en grados establecida por DEMEK (1972), que propone una clasificación de cinco categorías, el cual se muestra a continuación:

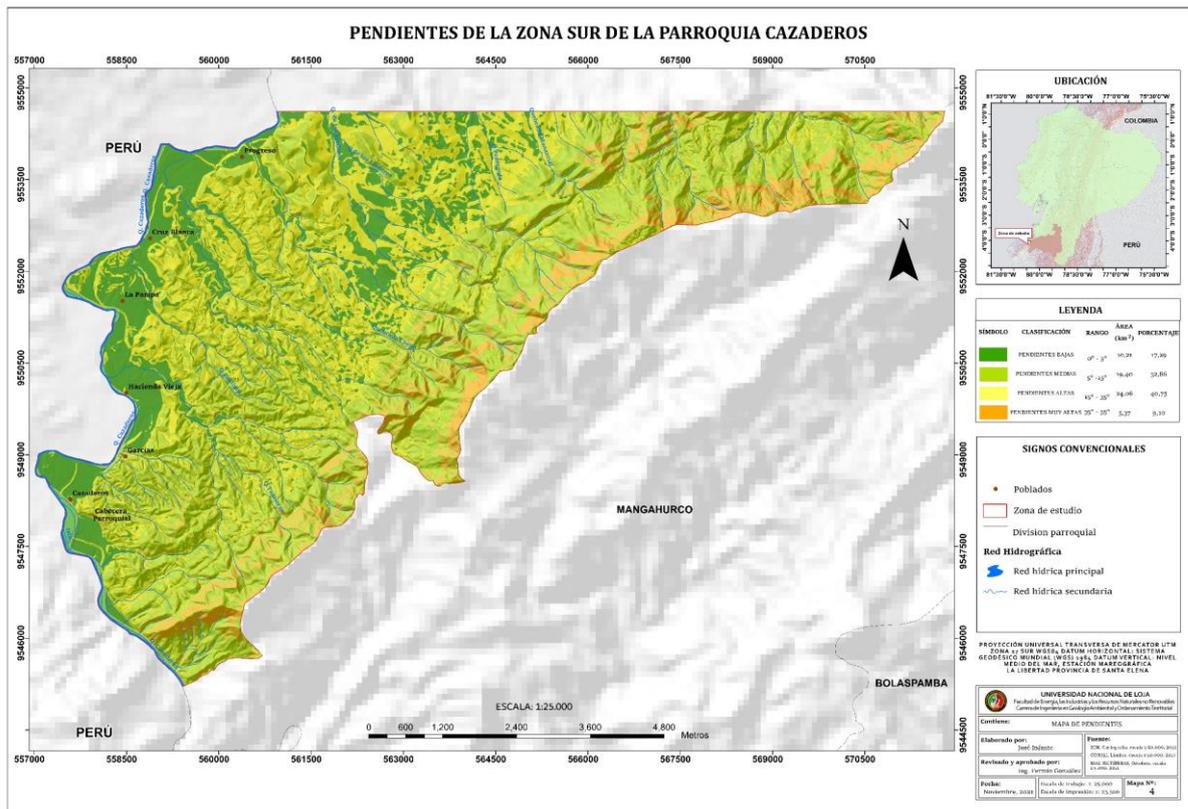


Figura 18. Pendientes de la zona Sur de la Parroquia Cazaderos
Nota: Basado en MAG, 2012. Modificado por Infante J, (2023)

Tabla 1. Clasificación de las pendientes en la zona de estudio

	Clasificación de pendientes	Rango	Área (km ²)	Porcentaje (%)
	Bajas	0° - 5°	10.21	17.29
	Medias	5° - 15°	19.40	32.86
	Altas	15° - 35°	24.06	40.75
	Muy altas	35° - 55°	5.37	9.10

Nota: Elaborado por: Infante J, (2023)

Según el análisis de pendientes (*Véase Anexo 5*) realizado en la zona, existe principalmente pendientes altas con un área de 24,06 km², abarcando un porcentaje de 40,75%; las pendientes medias cuentan con un área de 19,40 km², representando el 32,86%; continuamente se presentaron pendientes bajas con un área de 10,21km², indicando el 17,29%; y finalmente pendientes muy altas con un área de 5,37 km², que representan el 15,62% de la zona de estudio.

5.1.7. Geomorfología

Según el Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS), escala 1.25000, año 2018; la zona de estudio presenta las siguientes unidades geomorfológicas.

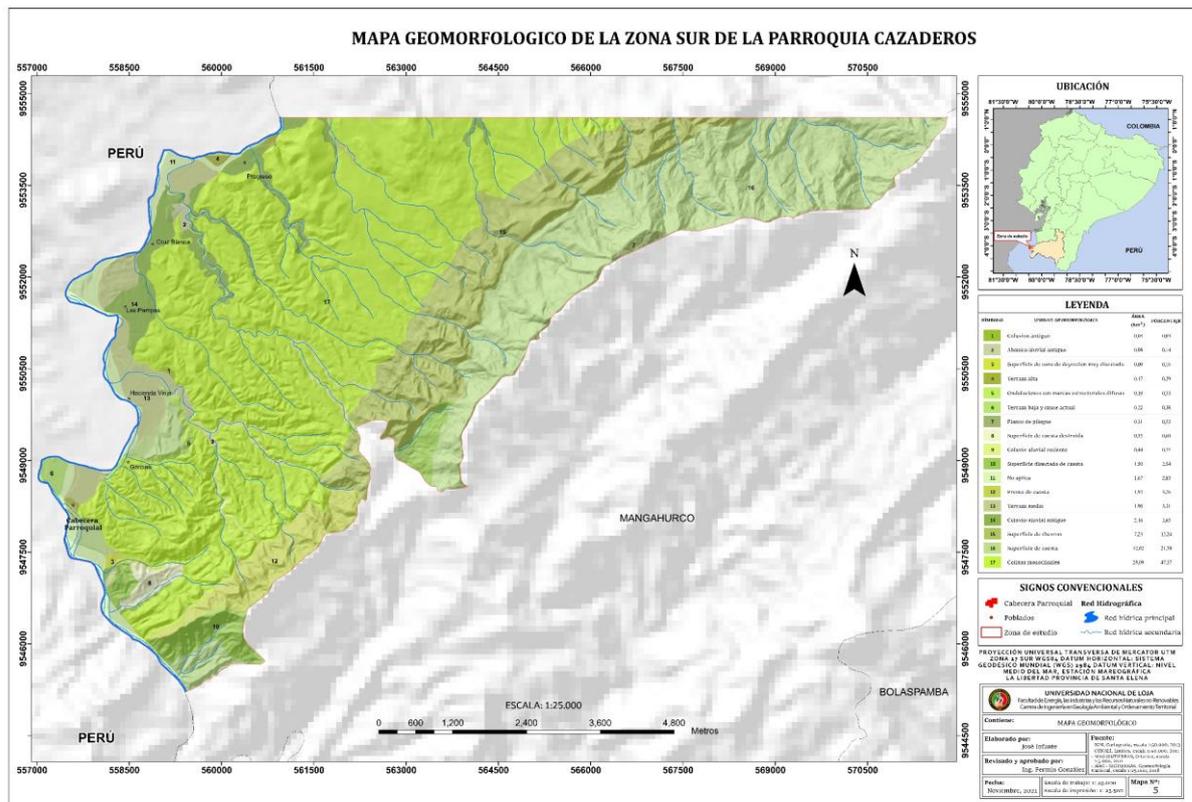


Figura 19. Unidades geomorfológicas en la zona sur de la parroquia Cazaderos

Nota: MAGAP modificado por Infante J, (2023)

Tabla 2. Unidades geomorfológicas de la zona de estudio

Unidad geomorfológica	Área (km ²)	Porcentaje (%)
<i>Coluvión antiguo</i>	0,03	0,04
<i>Abanico coluvión antiguo</i>	0,08	0,14
<i>Superficie de cono de deyección muy disectado</i>	0,09	0,16
<i>Terraza alta</i>	0,17	0,29
<i>Ondulaciones con marcas estructurales difusas</i>	0,19	0,33
<i>Terraza baja y cauce actual</i>	0,22	0,38
<i>Flanco de pliegue</i>	0,31	0,53
<i>Superficie de cuesta destruida</i>	0,35	0,60
<i>Coluvio-aluvial reciente</i>	0,44	0,75
<i>Superficie disectada de cuesta</i>	1,50	2,54
<i>No aplica</i>	1,67	2,83
<i>Frente de cuesta</i>	1,92	3,26
<i>Terraza media</i>	1,96	3,31
<i>Coluvio-aluvial antiguo</i>	2,16	3,65
<i>Superficie de chevron</i>	7,23	12,24
<i>Superficie de cuesta</i>	12,62	21,38
<i>Colinas monoclinales</i>	28,09	47,57

Nota: Adaptado de IIGE (2017), Modificado por Infante, J (2023)

De acuerdo al mapa geomorfológico (*véase anexo 6*) la zona sur de la parroquia Cazaderos se divide en 17 clases de unidades geomorfológicas, de las cuales las más significativas del sector son: colinas monoclinales, superficies de cuesta, superficie de chevron, coluvio-aluvial antiguo, terraza media, frente de cuesta y superficie disectada de cuesta, con un porcentaje de 47.57%, 21.38%, 12.24%, 3.65%, 3.31%, 3.26% y 2.64% respectivamente, mientras que las unidades geomorfológicas restantes representan un porcentaje mínimo en el sector.

5.2. Geología regional

El marco geológico regional de la zona de estudio comprende la transición entre los Andes Centrales y los Nórdicos, conocida por algunos autores como la Deflexión de Huancabamba (Mourier et al., 1988), en el cual la fisiografía tiende a mostrarse distinta a la Cordillera de los Andes, dentro de la cual se ubica la Cuenca Alamor- Lancones (CAL), nombrada en Ecuador por INIGEMM, (2013) como Alamor-Punta de Piedra (CAP). La CAP en la parte suroriental, está constituida por una potente secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas asociadas con niveles sedimentarios, depositadas en ambiente oceánico, mientras que la parte noroccidental está constituida por rocas siliciclásticas depositadas sobre basamento metamórfico, en un ambiente continental a marino costero.



La mayoría de las fallas tienen una dirección NE-SO, algunas con cinemática inversa y en algunos casos tienden a ser fallas de cabalgamiento en razón del ángulo de inclinación del plano de falla, también existen fallas sinestrales que desplazan estructuras de plegamiento; éstas tienden a representar límites entre dominios litotectónicos y algunas se extienden hacia el sur por más de 20 km hasta Perú. Los anticlinales y sinclinales tienen pendientes más suaves, conformados por formaciones sedimentarias provenientes de un abanico. Los anticlinales son asimétricos, con pendientes más fuertes en los flancos que buzcan al NO, algunos pliegues presentan fallas de sobrecorrimiento a lo largo del eje del plano axial.

Según información brindada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), del año 2017 a escala 1:100 000, en la zona de estudio se presentan las siguientes unidades geológicas:

DEPÓSITOS ALUVIALES (Q_a). - Conformados por bloques, cantos gravas y arenas subredondeados a redondeados provenientes de rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas dentro de una matriz de arena. Se localizan principalmente a lo largo del río Cazaderos y en las partes bajas de las Qs Chorrillos y La Leonera.

FORMACIÓN CAZADEROS (K_{Cz}). - Definida por Kennerley (1973). Comprende secuencias de limolitas negras en estratos muy delgados y lutitas, por lo general con vetillas de calcita, en intercalación con pequeños niveles de areniscas calcáreas, además de capas y concreciones alargadas de caliza color gris con presencia de fósiles.

Afloramientos de esta formación se ubican al NO, en la vía de segundo orden Cañaverál–Cazaderos, poblado de Cazaderos (U TM: 557 676E; 9 548 438N), de donde recibe su nombre. Se encuentra expuesta ampliamente en la vía que conecta a Cazaderos, Linderos, Las Vegas y Gramadales, Qs Tasaieras (UTM: 559 346E; 9 549 926N), Abeja de tierra (U TM: 562 013E; 9555746N) y Manantial (UTM: 566 832E; 9 557 199N).

FORMACIÓN CAÑAVERAL (K_{Cv}). - Afloramientos de esta formación se encuentran en la vía de segundo orden Mangahurquillo–Cazaderos y en el tramo comprendido entre La Rusia y el poblado de Cañaverál, de donde recibe su nombre.

Litológicamente consiste de grandes bancos de areniscas líticas en secuencia grano creciente con niveles de micro conglomerados cuarzosos de grano grueso y, en la parte superior afloran potentes estratos de conglomerados de grano muy grueso con clastos de rocas metamórficas tipo guijarro en mayor proporción y volcánicos en ciertos casos; además se observan pequeños niveles de limolitas y lodolitas color negro a gris intercalados con estratos delgados de areniscas finas.

FORMACIÓN MANGAHURCO (K_{Mg}). - Comprende una secuencia de areniscas, grauvacas, limolitas, lutitas negras, niveles locales de micro conglomerados, conglomerados y diques clásticos sedimentarios. Se destacan también rocas estratificadas como efecto de deslizamientos sin sedimentarios. El afloramiento tipo se encuentran en el poblado de Mangahurco, Q Cazaderos (U TM 563 638E; 9 540 709N), (UTM: 568 014E;9 538 077N), y en la Q del Muerto (UTM 570 028E; 9 539 394N).

Litológicamente, en la base se observan niveles cíclicos de limolitas y lutitas, intercaladas con areniscas finas grises con nódulos lutíticos redondeados no mayores a 20 cm. Se pueden encontrar slumps, pliegues menores y laminación convoluta y paralela que podrían ser asociadas a una tectónica activa o a pendientes que facilitaron su formación. Descansa concordantemente sobre la Fm. Tronco Quemado, e infra yace discordantemente a la Fm. Cañaverál.

LEYENDA

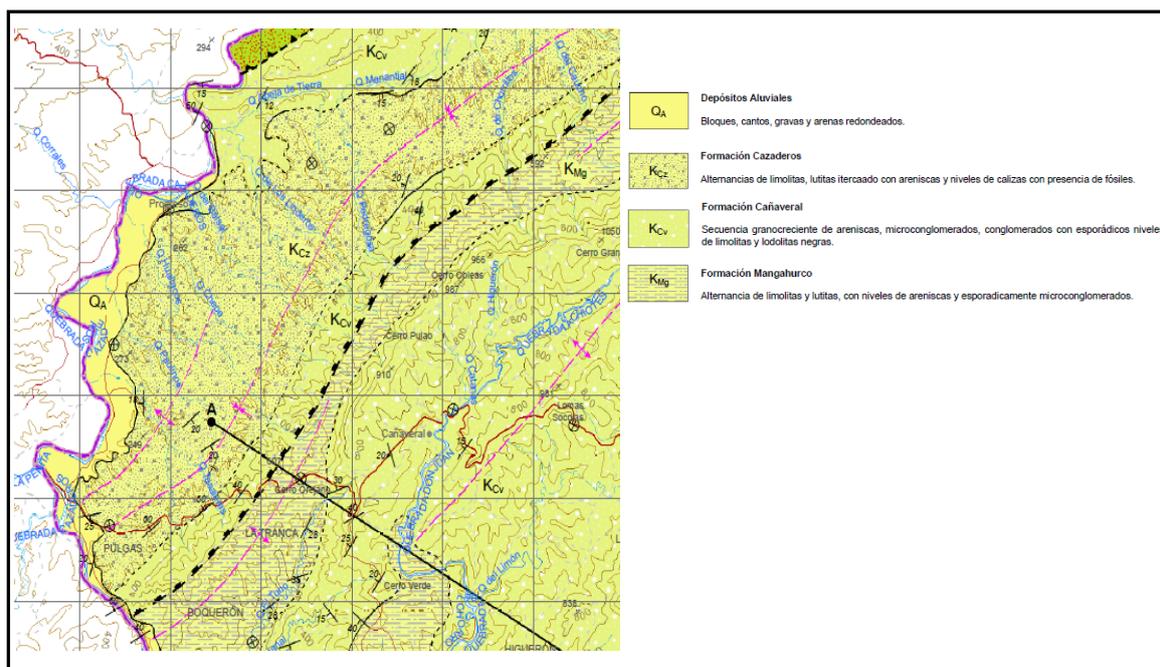


Figura 20. Geología regional de la zona de estudio
 Nota: Adaptado de IIGE (2017), Modificado por Infante, J (2023)

5.3.Estratigrafía

En el Cretácico Superior un régimen convergente provocó el levantamiento y emersión de la Cordillera Real, iniciándose la subducción andina evidenciada por un volcanismo calco-alcalino y un magmatismo identificado por el emplazamiento de la granodiorita tipo “I” calco-alcalino llamada Granodiorita Tangula.

En el Albiense al Turoniense empezó el relleno de la CAL representada por el Grupo

Zapotillo con una sucesión de 2000m, una serie sedimentaria turbidítica tipo flysch de abanico distal de grano fino, calcáreas de la Fm. Chaquino a las que sobreyacen concordantemente rocas de grano medio a grueso de la Fm. Tronco Quemado, y la Fm. Mangahurco con conglomerados que correspondería a facies de talud superior proximal depositados hasta el Turoniense. La deformación de estas rocas indica claramente que existió alta actividad tectónica.

Finalmente, en el Cuaternario se desarrollan procesos de erosión, transporte y acumulación de material rocoso y sedimentos que se reflejan en la morfología de potentes depósitos aluviales y recientes depósitos coluviales.

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGÍA
CENOZOICO	CUATERNARIO	SUPERIOR	Depósitos aluviales	Q _A
MESOZOICO	CRETÁCICO		F. Cazaderos	K _{Cz}
			F. Cañaverál	K _{Cv}
			F. Mangahurco	K _{Mg}

Figura 21. Síntesis estratigráfica de la zona de estudio

Nota: Hoja geológica de Alamor, 2017, Modificado por Infante, J (2023)

5.4. Metodología

Método

El método que se utilizó para dar cumplimiento con el proyecto fue la de *mapeo de contactos*, lo cual según, Echeveste, (2017) consiste en la ubicación de contactos entre unidades litológicas o formaciones. El mapeo de contactos es el método empleado en los mapeos regionales, de escala pequeña a intermedia; y se realiza a partir de volcar en el mapa la traza de los contactos entre las distintas unidades de mapeo en su intersección con la superficie topográfica.

En base al análisis de información obtenida, mapas temáticos y en concordancia con la escala de trabajo a 1:25000, se resolvió realizar el levantamiento de 68 afloramientos representativos en campo, tomando en cuenta el área de estudio (59km²), y dado que el método de *mapeo de contactos* permite levantar un afloramiento por cada kilómetro cuadrado, logrando la caracterización de las unidades geológicas de la zona de estudio.



5.4.1. Metodología para el primer objetivo

“Identificar y caracterizar la litología y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio”.

Inicialmente se realizó el mapa topográfico, a partir de los modelos digitales del terreno (MDT) que fueron procesados en el software ArcGIS 10.5, de tal forma, se obtuvo las curvas de nivel cada 20 m. Así mismo, de las ortofotos, se digitalizó quebradas, vías (primarias y secundarias), caminos e infraestructura, obteniendo el mapa topográfico de la zona de estudio, referenciado espacialmente con el DATUM WGS 84 UTM zona 17S a escala 1:25000, esta información sirvió como base en la identificación de rutas y, en consecuencia, el levantamiento de afloramientos en el sector de estudio.

Posteriormente se creó un mosaico con 21 ortofotos (MVII-B1c-B3.ecw, MVII-B1c-A4.ers, MVII-B1c-B1.ers, MVII-B1c-A2.ecw, MVII-B1c-A1.ecw, MVII-B1b-A3.ecw, MVII-B1a-F3.ers, MVII-B1a-F2.ecw, MVII-B1a-F1.ers, MVII-B1a-E4.ers, MVII-B1a-E3.ers, MVII-B1a-E2.ers, MVII-B1a-E1.ers, MVII-B1a-D4.ers, MVII-B1a-D3.ers, MVII-B1a-D2.ers, MVII-B1a-C4.ers, MVII-B1a-C3.ecw, MVII-B1a-B4.ers, MVII-B1a-B3.ers, MVII-B1a-A4.ers); a escala 1:5000 del año 2013, para luego ser sometidas a un análisis y fotointerpretación en el software ArcGIS 10.5, con la finalidad de identificar la geomorfología del terreno y estructuras geológicas como fallas, contactos litológicos, zonas de escarpe, redes hídricas, etc. Así como también la identificación de la litología tomando en cuenta los aspectos fotogeológicos como la morfología, topografía, drenaje, vegetación, textura y color. De manera que los resultados obtenidos sean correlacionados con los datos de campo e información recolectada de la zona de estudio, tales como:

- Mapa geológico del Ecuador, escala 1:1000000 (2017)
- Carta geológica de Alamor, escala 1:100000 (2017)
- Plan de Ordenamiento Territorial de Cazaderos (2019-2023).

La fotointerpretación consistió en la definición de contactos y de estructuras geológicas, analizando cuidadosamente los siguientes parámetros:

- *Tono y vegetación:* Mediante la visualización de las ortofotos se analizó los tonos y texturas asociadas a las litologías existentes, además de considerar tipos de vegetación y humedad de la zona de estudio, factores que son importantes al momento de definir un tipo de litología.
- *Topografía:* Realizado a partir del levantamiento topográfico de la zona de estudio, elaborado a partir de los MDT obtenidos por el Sistema Nacional de Información y

Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) e información brindada por el Municipio de Zapotillo.

- Morfología: Se analizó a partir de la información del Mapa Geomorfológico Nacional a escala 1:25 000, elaborado por el MAGAP en el año 2013.
- *Red de drenaje*: Se efectuó el análisis en base a los patrones de drenaje, densidad y uniformidad con que se presenta la red de drenaje, considerando la litología y el control estructural.

Toda la información obtenida en base al análisis fotogeológico permitió corroborar, identificar y describir de manera detallada lo encontrado en la zona de estudio.

Posterior a esto se realizó recorridos en campo, esto a través de la identificación, visualización y descripción de afloramientos representativos; es decir, se describió ubicación, tipo de afloramiento, ambiente de formación, estado de alteración, estructuras, vegetación, hidrogeología, dimensiones, tipo de rocas, datos estructurales (azimut y buzamiento), codificación (de afloramiento y de muestras de roca), descripción general y fotografía (*Véase Anexo II*). Esta información previamente mencionada y mediante la ayuda de materiales de campo: martillo geológico, brújula, distanciómetro, cinta métrica (100m), GPS (Garmin, modelo Oregon 550t), cámara fotográfica, y pinturas permitieron caracterizar la litología y estructuras geológicas de la zona Sur de la parroquia Cazaderos.



Figura 22. Levantamiento de información en campo

Nota: Elaborado por: Infante J, (2023)

5.4.2. Metodología para el segundo objetivo

“Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico, las litologías encontradas en el sector”.

- a) Con la planificación de trabajo de campo se establecieron recorridos estratégicos; es decir, en base al mapa topográfico y las ortofotos obtenidas del SIGTIERRAS (descritas

en el apartado de metodología del primer objetivo), se digitalizó con la herramienta Line del Editor- Create Feature - Construction Tools del software ArcGIS 10.5: caminos, carreteras y quebradas de acceso. Seguidamente se tomaron 68 muestras representativas de rocas de afloramientos naturales y antrópicos, de las cuales, 36 muestras fueron tomadas en la Unidad Cazaderos, 16 muestras en la Unidad Cañaverl, 12 muestras en la Unidad Mangahurco y 4 muestras en el depósito Aluvial.

- b) Posteriormente las mismas fueron analizadas y caracterizadas macroscópicamente, utilizando ácido clorhídrico al 10%, lupa 20x, rayador magnético, escalímetro, además fundas Ziploc entre otros. Las muestras constituyeron la base fundamental de la información de campo y apoyaron a la caracterización de la litología de la zona de estudio.
- c) Dentro del análisis litológico de las muestras de rocas se determinó: datos generales, coordenadas, nombre de roca, color, estructura, textura, tamaño, forma de grano y minerales principales y secundarios y grado de meteorización. Esta información se plasmó en la ficha de descripción de muestras de roca y para su caracterización se usaron los fundamentos teóricos de la clasificación granulométrica de sedimentos clásticos de Teruggi 1982 y los lineamientos del “Instructivo para el manejo de fichas de descripción macroscópica de muestras de rocas” de Viteri (2013). (*Véase anexo 12*).



Figura 23. levantamiento de información en campo

Nota: Elaborado por: Infante J, (2023)

- d) Posteriormente el ejemplar se almacenó con los siguientes datos informativos:
- Ubicación del lugar en el que se extrajo la muestra.
 - Código y fecha.
 - Recolección de la muestra en bolsas herméticas, con su respectiva etiqueta.
- e) Finalmente se transportó el espécimen teniendo en cuenta que para evitar la alteración de la misma se efectuó dicho viaje bajo condiciones controladas; es decir, un correcto almacenamiento, codificación y organización para evitar su deterioro o confusión.



5.4.3. Metodología para el tercer objetivo

“Elaborar el mapa geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos”.

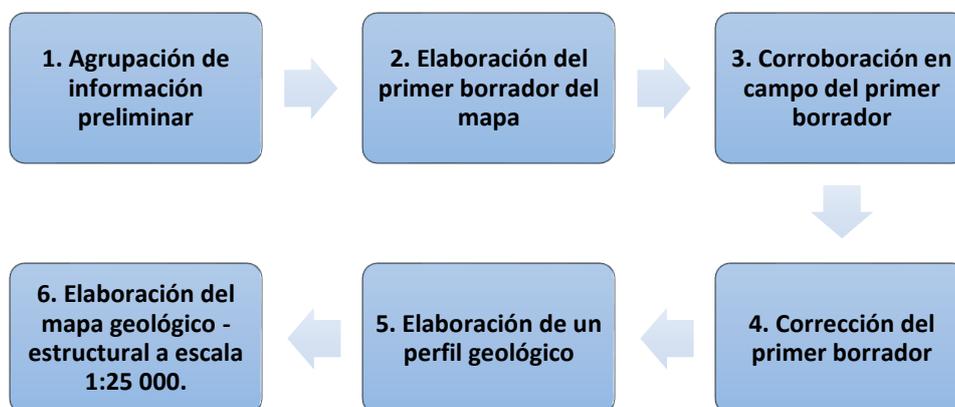
La elaboración del mapa geológico - estructural a escala 1:25 000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos se desarrolló con el siguiente procedimiento:

1. Se agrupó la información recopilada en la fase preliminar; es decir: mapa topográfico, relieves, fotointerpretación geológica – estructural y toda la información recopilada en campo y sustentada mediante el respectivo análisis macroscópico.
2. Seguidamente se elaboró el primer borrador de la zona Sur de la parroquia Cazaderos en software Arcgis 10.5, con el siguiente proceso:
 - Se importaron los puntos de muestreo de campo usando los siguientes comandos ArcToolbox- Conversión Tools- Excel- Excel To Table.
 - Con los puntos de muestreo previamente ingresados y en conjunto con las ortofotos, curvas de nivel, hillshade, mapa geomorfológico, anexo foto interpretativo se delimitaron contactos observados e inferidos con la herramienta Line del Editor- Create Feature - Construction Tools.
 - Seguidamente se digitalizó las estructuras geológicas (fallas y pliegues) con la herramienta Line del Editor- Create Feature - Construction Tools y se representó mediante la simbolización para elementos geológicos establecidos en los Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica del (IIGE, 2019).
3. Seguidamente el primer borrador fue sometido a un proceso de corroboración en campo, con la finalidad de verificar que la ubicación de los contactos y estructuras establecidas en dicho mapa se plasme en campo.
4. Con la información nueva recopilada en punto anterior producto de la verificación del primer borrador, se corrigió en el software ArcGIS 10.5 la información proveniente de campo para elaborar un mapa geológico – estructural final a escala 1: 25 000 DATUM WGS84 UTM Zona 17S, mediante el siguiente proceso: (**Véase anexo 13**).
 - Se redefinió los contactos y estructuras establecidas en el primer borrador mediante el comando Editor- Edit Vertices.
 - Posteriormente a cada Unidad geológica previamente dibujada se le asignó una coloración en base a la tabla cronoestratigráfica internacional de los Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía



Geológica del (IIGE, 2019) y con respecto a los tramados se usaron la simbología establecida en la Libreta de Campo de Montijo Alejandra s.f.

- A partir del mapa geológico-estructural de la zona Sur de la parroquia Cazaderos y en base a los fundamentos del libro Mapas Geológicos Explicación e Interpretación de Martínez - Alvarez (1981), se elaboró un perfil geológico con la finalidad de representar la litología y las estructuras geológicas a profundidad, es decir, se aplicó el siguiente procedimiento:
 - Se elaboró un perfil topográfico con las curvas de nivel establecidas en el mapa topográfico con una dirección SW-NE.
 - Sobre el perfil topográfico se determinó las intersecciones de los contactos y elementos estructurales para proyectarlas a profundidad.
 - Los espesores de cada Unidad geológica fueron establecidos en base a la carta geológica de Alamor a escala 1:100 000 del año 2017.
 - A cada Unidad geológica establecida en el corte geológico se le asignó la coloración y tramado del mapa geológico estructural.
5. Finalmente se realizó el layout del mapa geológico estructural final estableciendo: título, norte geográfico, escala gráfica y numérica, simbología, leyenda, ubicación, Sistema de Referencia Geográfica y cajetín.



Para dar cumplimiento al presente objetivo se utilizó de manera general computadora, impresora, copiadora, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Paint, Microsoft Word, Google Maps, ArcGIS 10.5 y Google Earth.

6. Resultados

6.1. Geología Local

La geología local de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, se definió a partir de la información obtenida en campo, mediante la descripción de los afloramientos más



significativos, lo cual permitió analizar y caracterizar los diferentes tipos de rocas, así como sus estructuras encontradas en el sector, cuya información fue plasmada en fichas de descripción (*Véase anexo 11*).

La zona de estudio está caracterizada por presentar un ambiente sedimentario compuesto de lutitas, limolitas micro conglomeradas, conglomerados, calizas y areniscas.

En base al análisis de la información levantada en campo, y su posterior procesamiento en gabinete se determinó la existencia de cuatro formaciones geológicas; Formación Cazaderos, Formación Cañaverál, Formación Mangahurco y depósitos aluviales, las cuales serán descritas a continuación:

6.1.1. Formación Mangahurco

Esta unidad geológica se encuentra ubicada en el Sur y se extiende hacia el Norte y abarca un área de 7.40km² correspondiente a un porcentaje de 12.54% en la zona de estudio, formada en el periodo cretácico superior, y depositada en un ambiente sedimentario, está compuesta litológicamente de alternancia de limolitas y lutitas, con niveles de areniscas y escasamente microconglomerados. Descansa concordantemente sobre la Fm. Tronco Quemado, e infra yace discordantemente a la Fm. Cañaverál.

a) Lutitas

El afloramiento de origen antrópico (Vc_7) (Figura 22), se encuentra ubicado al NE de la zona de estudio en la carretera que conduce Cazaderos-Cañaverál en las coordenadas (UTM:563027E, 9548455N), formado por el transporte y deposición de materiales detríticos de arcilla y limo; presenta 4,9 m de largo y 7,6 m de alto, está constituido litológicamente en una secuencia de lutitas de color gris de alta fisibilidad debido a que presenta fracturación relativamente plana hacia la estratificación, posee intercalaciones de limolitas de espesor de 10 a 20cm, un alto grado de meteorización y alteración, muestra estructura estratificada horizontal.

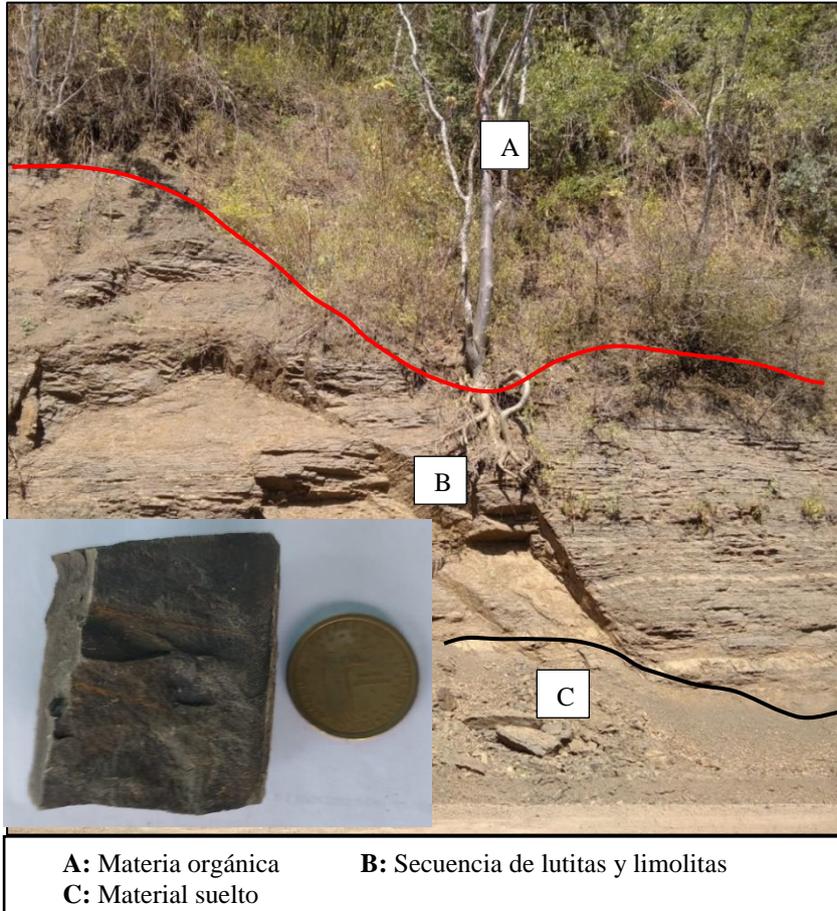


Figura 22. Lutitas y limolitas

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

De acuerdo a la muestra de mano (Vc_7_M1) la roca presenta textura clástica, posee estructura laminar, color gris-oscuro, de una granulometría fina homogénea (0,0063mm) y se encuentra altamente alterada. En cuanto la composición de los minerales principales posee micas muscovita y biotita, además feldspatos, minerales de arcilla.

b) Areniscas

La arenisca es una roca sedimentaria de tipo detrítico, de color variable, que contiene clastos de tamaño arena. Tras las lutitas son las rocas sedimentarias más comunes en la tierra.

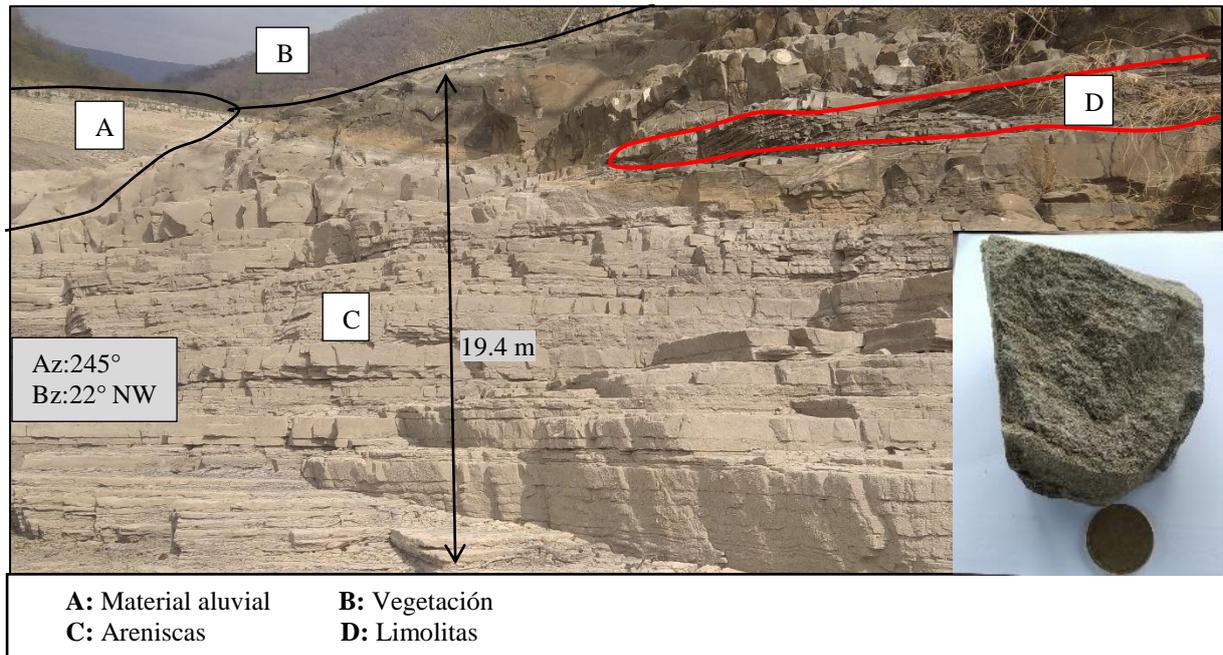


Figura 23. Areniscas estratificadas

Nota: Elaborado por Infante, J (2023).

El afloramiento de origen natural se encuentra ubicado en el sector Boquerón en el contacto litológico entre el depósito aluvial y la formación Mangahurco en las coordenadas (UTM:559405,9545257) (Figura 23), el mismo está constituido por areniscas y secuencias intercaladas de limolitas de un espesor que va de 3cm a 25cm. Así mismo, presenta 19,4 m de alto y un largo indefinido, las areniscas presentan color gris-claro, poseen granulometría homogénea de fino a medio con alteración, cierto grado de meteorización, textura clástica, se observa estructura estratificada cuyos datos estructurales tienen un azimut y buzamiento de 245°/ 22° NW.

En la muestra de mano (MS3031) se determinó que la roca posee textura clástica con color gris-claro, de una granulometría media homogénea, alteración media y de una forma de granos subredondeados. En cuanto la composición de los minerales principales está constituida de cuarzo, feldspatos, micas y en minerales secundarios de arcilla y materiales líticos.

6.1.2. Formación Cañaverál

La unidad geológica se encuentra ubicada de NE-SO abarcando un área de 15.36 km² correspondiente a un porcentaje de 26 %, formada en el periodo cretácico superior, y depositada en un ambiente sedimentario. Se encuentra en contacto discordante entre las F. Cazaderos, compuesta de grandes bancos de areniscas líticas en secuencia grano creciente con niveles de micro conglomerados cuarzosos de grano grueso, limolitas y lodolitas negras.

a) Areniscas

Las areniscas de esta Unidad se ubican al NE y se extienden hacia el SO, afloramientos de este tipo de materiales se aprecian en la Quebrada Manantial (UTM:564882E, 9552550N;561513E, 9548164N; 560975E, 9547867N) y en la Quebrada de Paulinos (UTM: 562457E, 9549362N; 562685E, 9549314N).

En la figura 22 se observa un afloramiento natural (Ma_2) ubicado en la Quebrada Manantial (UTM:564882E, 9552550N), de 1,40m de alto y 2,2 m de largo, originado en un ambiente de formación sedimentario, en él se observa que está formado por areniscas de coloración negro oscuro, presenta estructura estratificada verticalmente, bajo grado de meteorización, bajo contenido de humedad, no presenta fisibilidad, es altamente competente al golpeo del martillo y bajo grado de alteración. En la muestra de mano (Ma_2_M1) se aprecia una arenisca coloración gris oscuro, de textura clástica, tamaño de grano fino (<1mm), compuesta de materiales líticos. Está constituida por minerales principales como micas, feldespato, cuarzo y minerales arcillosos.



Figura 24. Areniscas

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

b) Conglomerados

Los conglomerados son guijarros y gravas redondeadas consolidadas. Varían en composición con respecto a su tamaño, forma y clases de rocas que constituye la porción más gruesa y el tipo de matriz.

Los conglomerados se extienden a lo largo de la Unidad Cañaverál, se aprecian afloramientos naturales en el sector Pulgas (UTM: 559763E, 9546063N; 559273E, 9545905N), y en la quebrada manantial (UTM:564886E, 9552564N). Se presume que el origen de esta roca ha sido producto de movimientos tectónicos internos, lo cual se formaron y se ubicaron a grandes profundidades y posteriormente se elevaron y hoy se encuentran en donde se los observa.



Figura 25. Conglomerados

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

En el sector Pulgas (Figura 23), con las coordenadas (UTM: 559763E, 9546063N) se expone un afloramiento natural (Bo_6), de 5.8m de largo y 3.4m de alto, de estructura masiva, bajo contenido de humedad, altamente competente al golpeo del martillo, meteorización baja, de coloración gris oscuro. En la muestra de mano (Bo_6_M1) se observa cantos líticos (lutita,



arenisca, limolita) redondeados y subredondeados con esfericidad baja de grano grueso (>2mm), textura clástica, de matriz fina (<2mm), con minerales cuarzo y feldespatos.

6.1.3. Formación Cazaderos

Esta unidad geológica se encuentra de Noreste a Suroeste abarcando la mayor extensión de la zona de estudio. Formada en el periodo cretácico superior y depositada en un ambiente sedimentario, ocupa 29,47 km² del área total que corresponde un porcentaje de 28.71% del territorio y se constituye por presentar alternancias de limolitas, lutitas intercalado con areniscas y niveles de calizas.

a) Lutitas

La lutita es una roca sedimentaria clástica o detrítica formada en una gran variedad de ambientes por la deposición de fangos, compuesta principalmente por granos que tienen un tamaño menor a 0.002mm (arcillas) dispuestos en una textura laminada.

Esta roca ocupa casi toda la Unidad expuesta en la zona de estudio, se extiende de Norte a Sur (UTM :558595 E, 9546224 N; 558169E, 9548638 N;559501E, 9552895N) en los sectores Pulgas, Garcias, Las Pampas y Los Linderos. Afloramientos compuestos por este tipo de roca se observan en la vía de tercer orden que une los barrios de Cañaveral- Garcias (UTM 9547488N, 558380E), en la Quebrada Tasajeras (UTM 559170 E, 9550142 N).

La figura 22, corresponde a un afloramiento de origen natural ubicado en la vía cañaveral-Cazaderos, en las coordenadas UTM: 558169, 9548638 presenta 6,95m de largo y 11,75 m de altura, está compuesta litológicamente con una secuencia de lutitas de color gris-café (Vc_1) de alta fisibilidad, nula presencia de agua, meteorización baja, medianamente competente, presenta estructura estratificada inclinada cuyos datos estructurales son de 240°/ 20° NW.

En la muestra de mano (Vc_M1) se determinó que la roca posee textura clástica con color gris-oscuro, de una granulometría homogénea, con alteración media, tamaño de grano fino (<1mm). En cuanto la composición de los minerales principales posee cuarzo, feldespatos, minerales de arcilla y hematita como minerales secundarios.

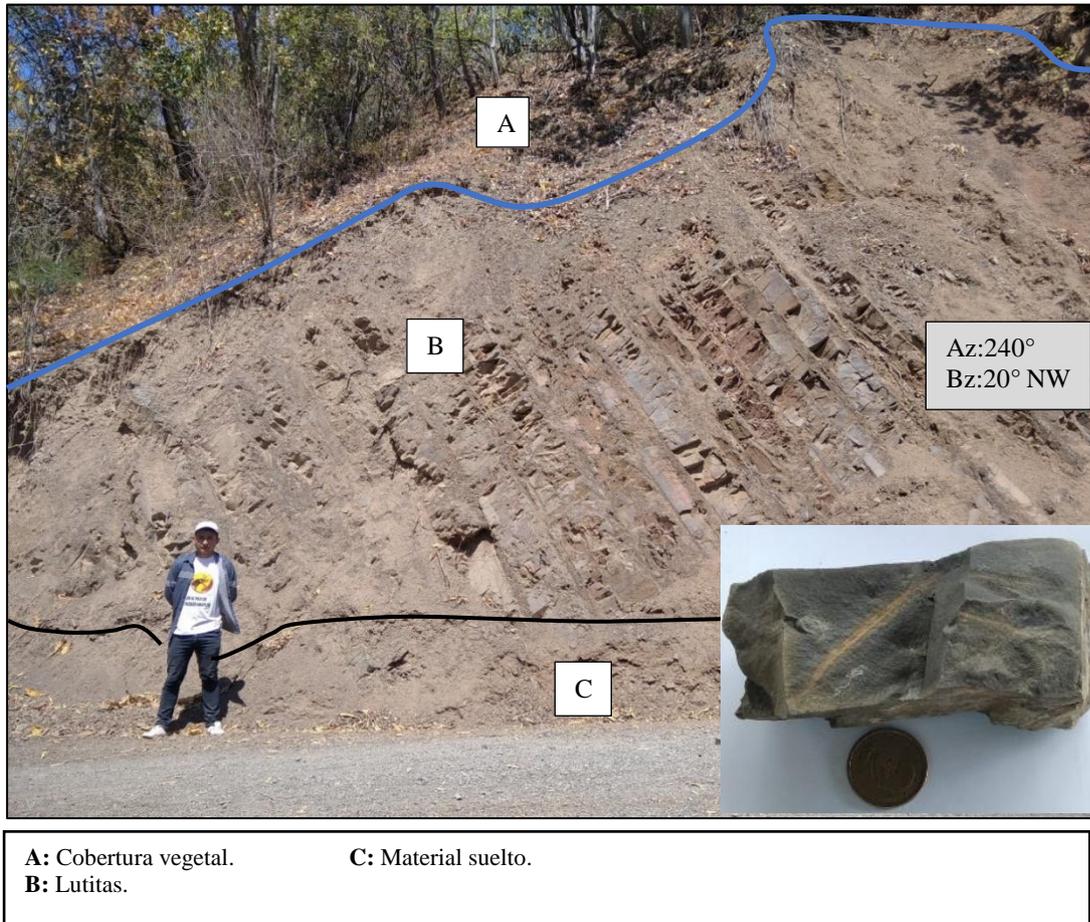


Figura 26. Afloramiento de lutitas
Nota: Elaborado por Infante, J (2023).

b) Calizas

Es una roca sedimentaria que al menos está compuesta por el 50% de carbonato de calcio (CaCO_3) a manera de calcita, su origen principal es bioquímico-orgánico en un ambiente marino somero, pero también puede formarse por precipitación química en ambientes continentales evaporíticos.

Esta roca se logra observar en la vía de segundo orden de Cañaveral-Cazaderos (UTM: 558380E, 9547488N) y en la Quebrada Cazaderos (UTM:558595E, 9546224N).

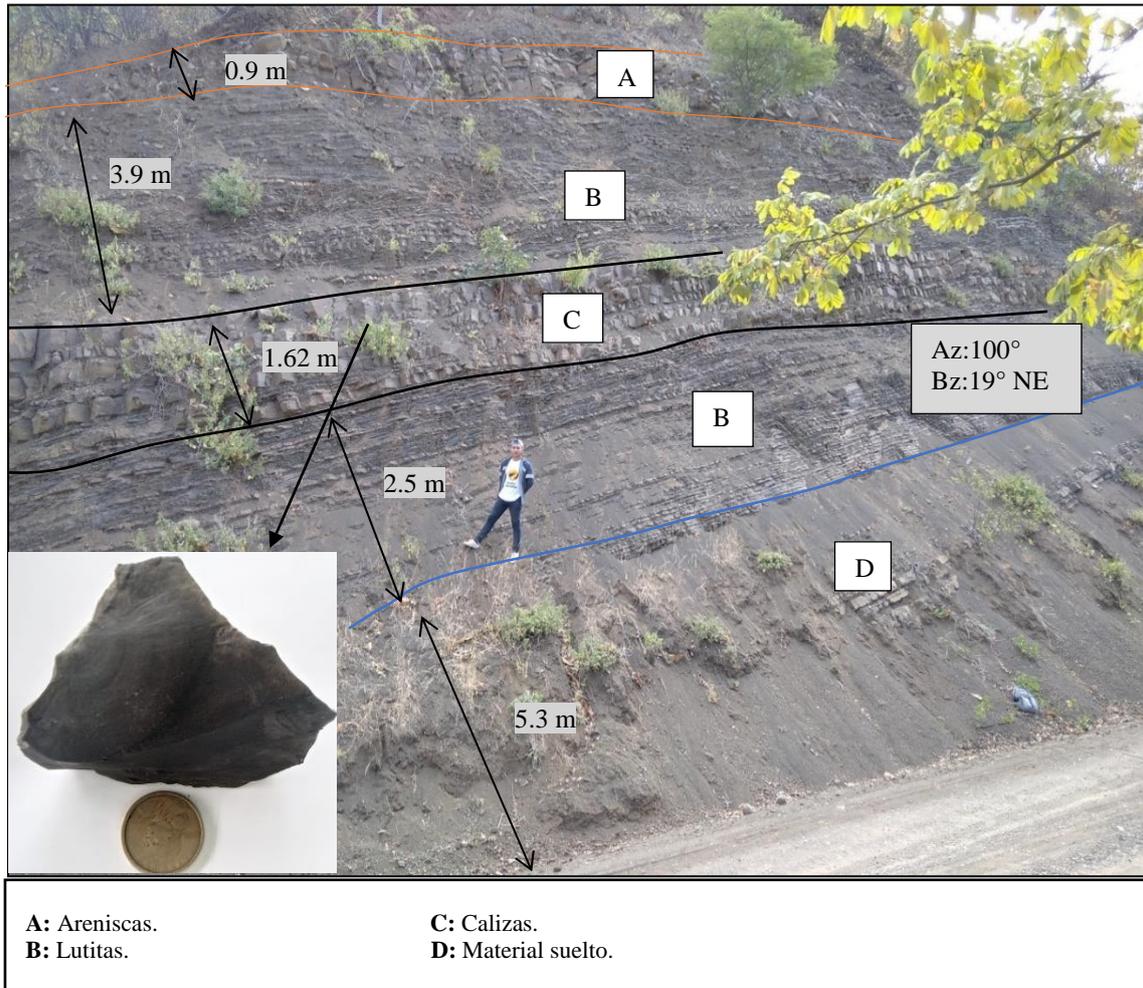


Figura 27. Afloramientos de lutitas y calizas

Nota: Elaborado por Infante, J (2023).

En la figura 25 se observa un afloramiento antrópico ubicado en la vía Cañaverl-Cazaderos (Bo_8) (UTM: 558380E, 9547488 N), de 15,3 m de alto y largo indefinido, de color gris oscuro, posee bajo contenido de humedad, meteorización baja, presenta con intercalaciones de limolitas de color marrón de un espesor (10-20cm), bloques de areniscas de un espesor (0.9m), estratos de lutitas de 3.9 m de espesor, bloques de calizas de 1,62 m de potencia, presenta estructura estratificada inclinada con datos estructurales 100°/19 NE. En muestra de mano (Bo_8_M1) se observa una caliza arcillosa, de coloración gris negro, textura masiva o clástica de grano fino homogéneo.

6.1.4. Deposito aluvial

Este depósito está conformado por bloques, cantos gravas y arenas subredondeados a redondeados provenientes de rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas dentro de una matriz de arena., se encuentra ubicado a lo largo de la quebrada Cazaderos y se extiende de Sur a Norte en los sectores de Cazaderos, Garcia, Hacienda Vieja, las Pampas, y Progreso, abarca un área de 5,34 km², correspondiente a un porcentaje de 9 % de la zona de estudio.

Afloramientos de este tipo se presentan como depósitos no consolidados y se pueden observar en el sector Pulgas (UTM:559424E, 9545176N); en Las Pampas (UTM:559074E, 9551250N; 559210E, 9551135N; 559457E, 9550995N).

Al Sur de la zona de estudio, en el sector Pulgas, cerca de la quebrada Cazaderos se ubica el afloramiento de origen natural formado en un ambiente hídrico de origen aluvial en las coordenadas (UTM: 558260, 9546618) (Figura 26), presenta 14.6 m y 6.8 m de alto, grado de meteorización media y bajo estado de alteración.

Presenta clastos redondeados y sub- redondeados con esfericidad baja, de diámetro (>2mm), mismos que superan aproximadamente el 60% del afloramiento y están compuestos de materiales líticos heterogéneos, con matriz limo arcillosa, de color amarillento.

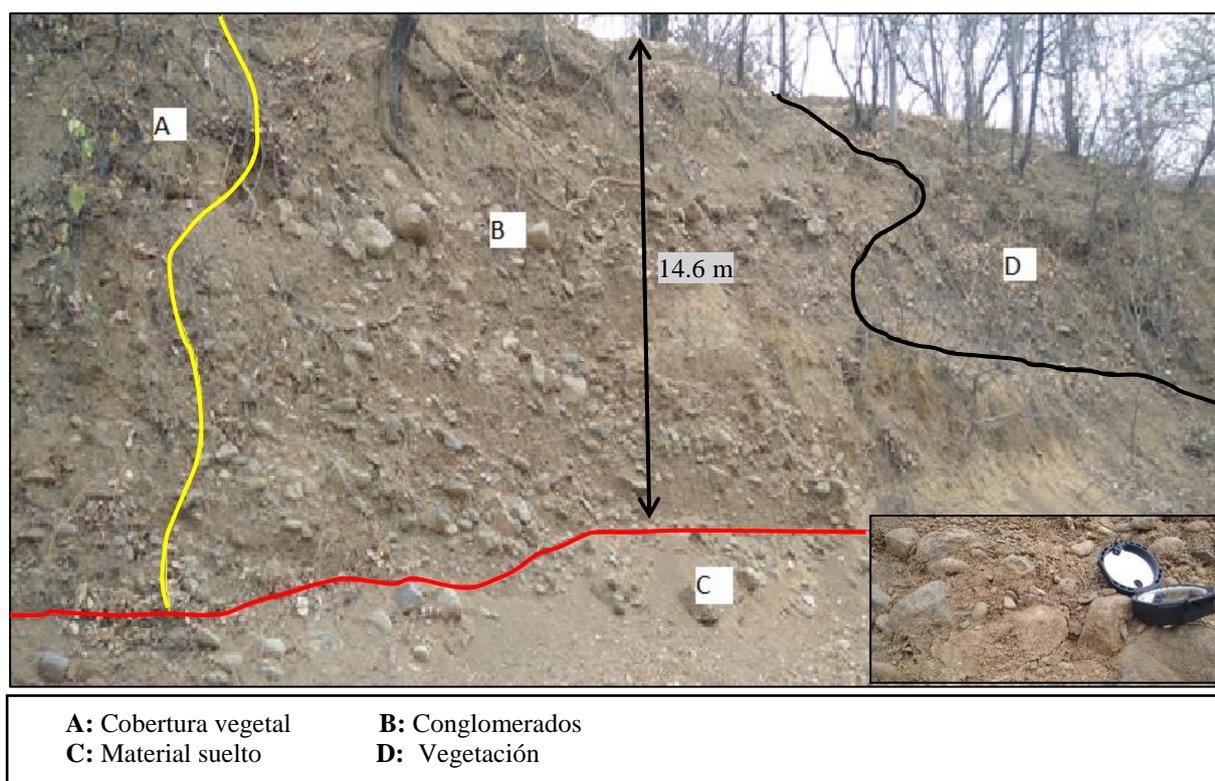


Figura 28. Deposito aluvial
Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

6.2. Geología estructural

El área está en la zona llamada Deflexión de Huancabamba, lugar donde cambia la dirección de la cordillera de los Andes de NW-SE a NE-SW, debido al arqueamiento por fallas conjugadas del norte de Chiclayo (Sinestral) y del Golfo de Guayaquil (dextral). La mayoría de las fallas tienen una dirección NE- SW, algunas con cinemática inversa y en algunos casos tienden a ser fallas de cabalgamiento en razón del ángulo de inclinación del plano de falla, también existen fallas sinestrales que desplazan estructuras de plegamiento; éstas tienden a

representar límites entre dominios lito tectónicos y algunas se extienden hacia el sur por más de 20km hasta Perú.

La zona de estudio se caracteriza por presentar zonas de plegamiento y una serie de fallas inferidas que van de NE a SW aproximadamente.

Mediante la fotointerpretación se identificó una serie de fallas subparalelas inferidas, evidenciadas por la alineación topográfica, vegetación, tonalidades más oscuras, además se evidenciaron dos fallas Normales en campo.

6.2.1. Fallas

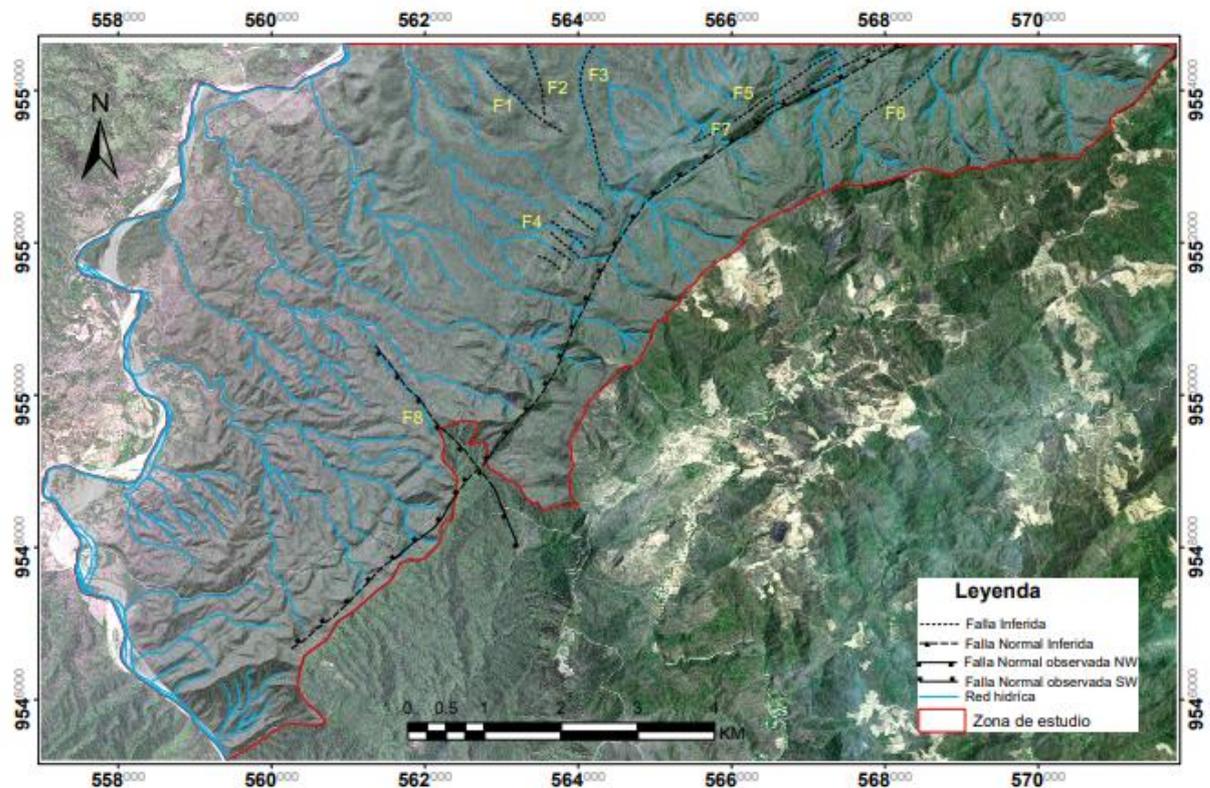


Figura 29. Análisis estructural del área de estudio (fallas).

Nota: Elaborado por Infante, J (2023).

6.2.1.1. Fallas inferidas

Falla (F1): La presencia de esta falla se infiere debido a la alineación topográfica con exposición de la superficie de falla con una tonalidad más oscura, pero además existe una faceta triangular característica de la presencia de las fallas, exterioriza una dirección de NW a SE aproximadamente, mencionar que no se ha tomado el rumbo debido que es una falla inferida y no fue observada en campo.

Falla (F2): Se observa una posible estructura geológica en sentido NW-SE aproximadamente, además de la lineación topográfica y de vegetación, cabe mencionar que no se logró observar en campo los rasgos morfológicos y tectónicos asociados con un posible fallamiento y por ende



no fueron tomados sus datos estructurales.

Falla (F3): Esta posible falla está caracterizada por una alineación parcial topográfica, debido a que se infiere que exista posiblemente la presencia de un deslizamiento lo cual no permite seguirla en esa zona, pero además se adiciona como posible presencia.

Fallas paralelas (F4): Con una dirección NW-SE aproximadamente ya que no se ha podido tomar datos estructurales en campo, se infiere un sistema de fallas imbricadas o paralelas del tipo posiblemente normal muy localizados con exposición de la superficie de falla debido a la tonalidad más oscura que se logra apreciar a lo largo de la alineación, presumiblemente se han originado producto del movimiento de la falla principal (F7) de la zona de estudio.

Sistemas de fallas paralelas (F5): Se infiere que es un sistema de fallas imbricadas o paralelas que están asociadas al movimiento de la Falla N° 7, tienen una dirección de SW-NE aproximadamente ya que sus datos estructurales no han sido corroboradas en campo, se observa una tonalidad más oscura lo largo de la alineación topográfica que podría ser interpretada como la exposición de la superficie de falla, además de la evidencia de la alineación topográfica claramente marcada y la evidencia de facetas triangulares.

Falla (F6): Al NE de la zona de estudio se denota una falla geológica con dirección NE-SW aproximadamente, se evidencia por la alineación de la topografía, pero adicionalmente se nota las 2 facetas triangulares asociadas al movimiento, debido que se trata de una falla inferida, no se ha logrado tomar datos estructurales exactos en campo.

6.2.1.2. Fallas observadas

Falla (F7): Se determina en la ortofoto al NE de la zona de estudio la presencia de una falla con dirección NE-SW, considerándola como la falla principal en la zona, posiblemente sea una falla Normal y se tiene varias evidencias de su presencia, la primera es la alineación topográfica a lo largo de su trazado, la segunda se tiene dos facetas triangulares encerrados con el triángulo, la falla corta las mismas, que indican el posible movimiento de la misma. Esta falla está asociada a un sistema de fallas paralelas que marcan una zona de falla en la zona. Cabe mencionar que esta falla se pudo corroborar en campo.

En la (figura 28) se identificó en campo en un afloramiento antrópico ubicado en la vía de tercer orden que conduce a Cañaveral-Cazaderos (UTM:562239E, 9548363N), por la visualización de desplazamiento del bloque de techo hacia abajo y el desnivel topográfico, originada producto de fuerzas extensionales, se considera que es una falla Normal cuyos datos estructurales presenta $225^{\circ}/68^{\circ}$ NW. De acuerdo a la litología, está compuesta de calizas y areniscas. Mediante el análisis foto interpretativo de las alineaciones topográficas y tonalidades

se infirió una gran dimensión de la falla, siendo la principal en la zona, además está asociada a un sistema de fallas paralelas que marcan una zona de falla en el área. (Véase *anexo 10*).

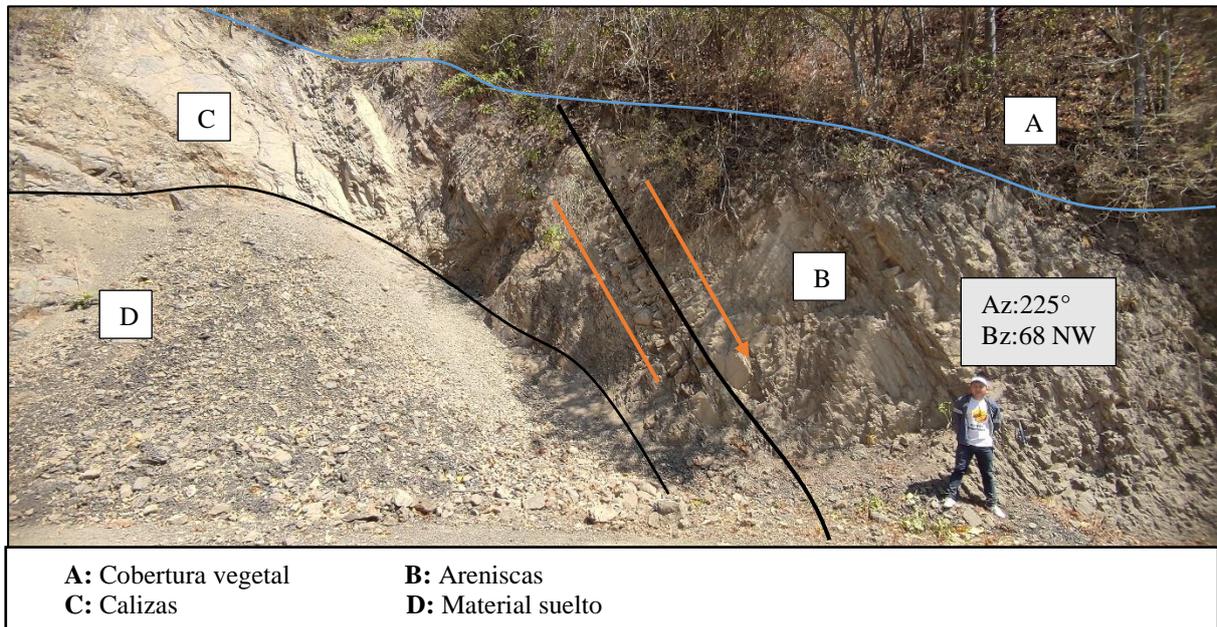


Figura 30.Falla Normal

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

Falla (F8): Por la alineación topográfica se puede evidenciar una posible falla, esta se encuentra en sentido NW-SE, cabe mencionar que los rasgos geomorfológicos y tectónicos fueron identificados en campo, mismos que permitieron determinar una falla Normal.

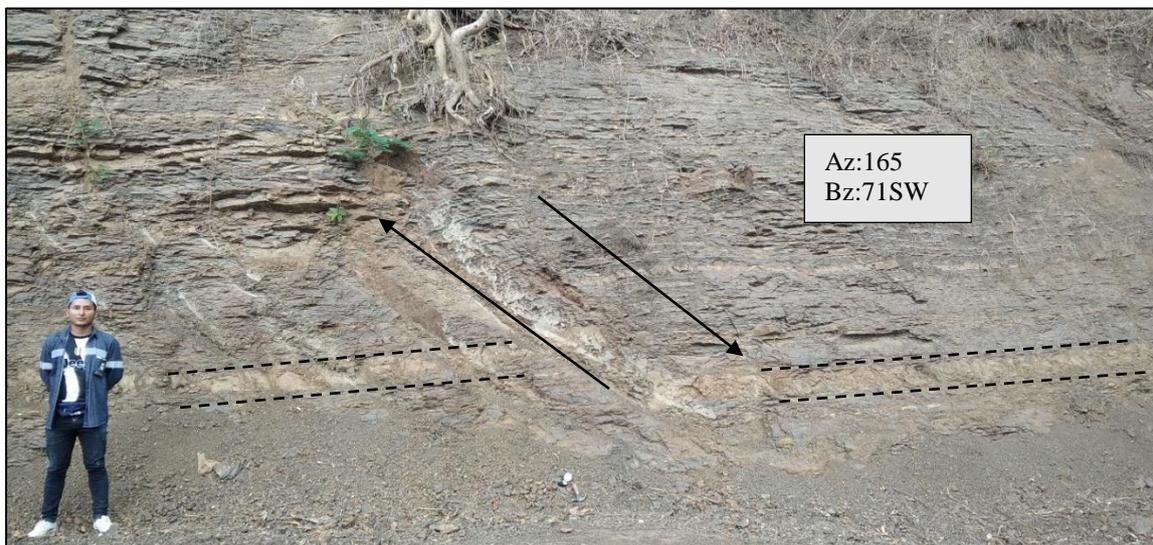


Figura 31. Falla Normal

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

En la (Figura 29) se aprecia en campo en un afloramiento antrópico ubicado en la vía de tercer orden Cañaveral-Cazaderos (UTM:563027, 9548455), de acuerdo a la visualización en campo se observa desplazamiento del bloque de techo hacia abajo sobre el bloque de piso, producto de esfuerzos tectónicos de tensión de la corteza terrestre, lo cual se determina la

presencia de una falla Normal, cuyos datos estructurales $225^{\circ}/71SW$. Litológicamente está compuesto por lutitas e intercalaciones de limolitas.

6.2.2. Pliegues

Los pliegues son las estructuras más comunes que se forman en las rocas producto de la deformación de los materiales geológicos a causa de la acción de esfuerzos tectónicos de compresión que ocurren en la corteza terrestre. Por lo tanto, los pliegues geológicos se forman en materiales que responden a un comportamiento plástico o deformable.

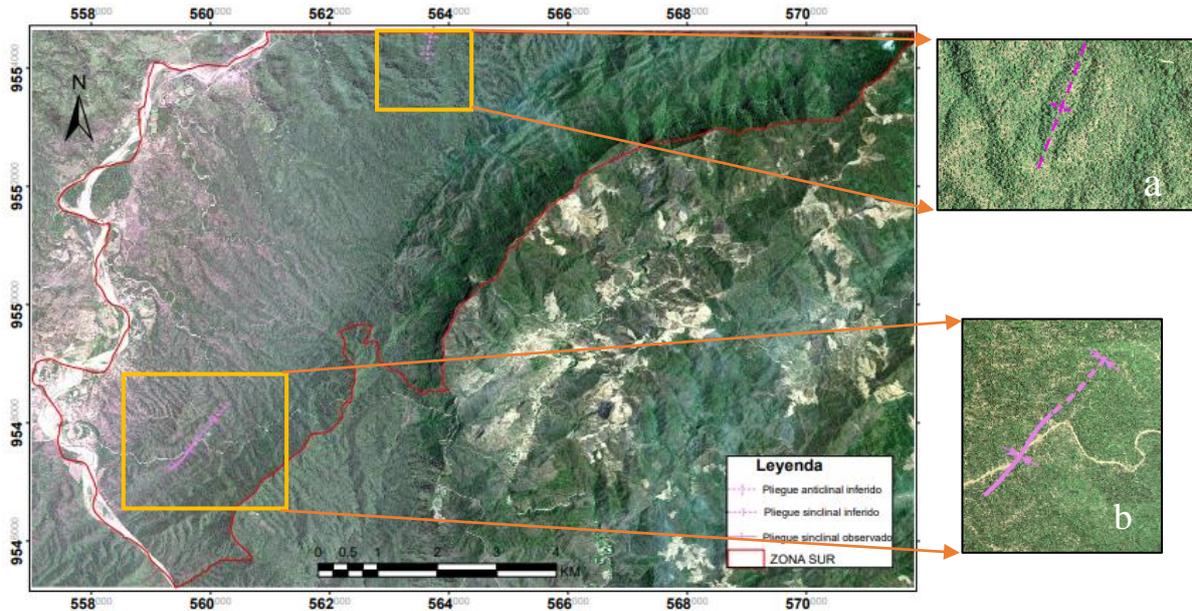


Figura 32. Pliegue Anticlinal y sinclinal
Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

A través de un trabajo fotointerpretativo se determinó la presencia de un anticlinal inferido (Figura 30) ubicado al N de la zona de estudio, posiblemente erosionado por la zona de la charnela que ha ocasionado una loma redondeada, a más de ello probablemente por la zona del eje se encuentra una falla que lo atraviesa. (Véase anexo 9)

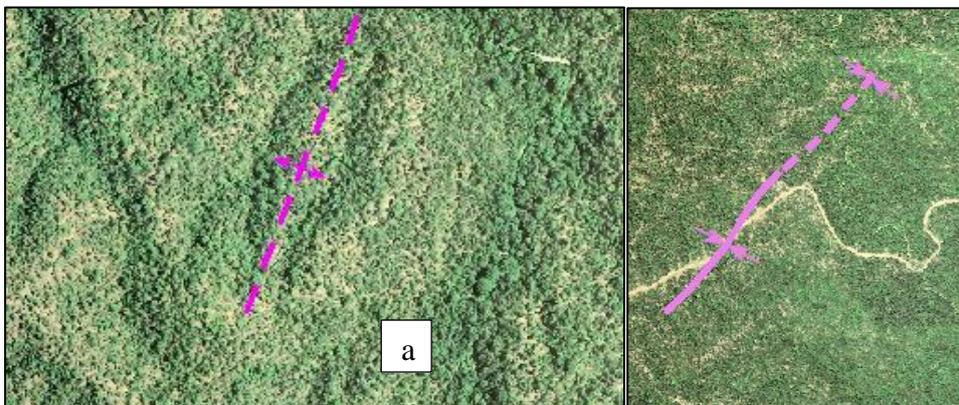


Figura 33. a) Anticlinal en la zona N **b)** Sinclinal en la zona SW del mapa.
Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

En la figura 32 se muestra un afloramiento antrópico Vc_3 ubicado el SW de la zona de

estudio en la vía que conduce a Cañaverall-Cazaderos a pocos kilómetros del poblado Cazaderos (UTM:560191E, 9547466N), lo cual se observa un sinclinal originado debido a la marcada actividad tectónica de esta zona, la ductilidad de las formaciones sedimentarias y los esfuerzos de compresión a las mismas. Por otro lado, la presencia de vegetación cubre el plano axial, presenta datos estructurales en el flanco izquierdo (F1) $275^{\circ}/40^{\circ}\text{NE}$ compuesto de lutitas y calizas y $220^{\circ}/41^{\circ}\text{NW}$ en el flanco derecho (F2), constituido con los mismos materiales, pertenecientes a la Unidad Cazaderos.



Figura 34. Pliegue Sinclinal.

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

6.2.3. Contactos

En la figura 33 en un afloramiento antrópico en la vía que conduce desde Cañaverall-Cazaderos (UTM:560955E, 9547871N), se puede observar el contacto entre la Unidad Cañaverall y la Unidad Cazaderos en donde el cambio de litología es evidente, en la parte izquierda de la fotografía se observa la presencia de arenisca que pertenece a la Unidad Cañaverall y a la derecha de la imagen se tiene lutita que pertenece a la Unidad Cazaderos.



Figura 35 Contacto entre la U. Cañaverl y la U. Cazaderos.

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

En un afloramiento natural (figura 34) ubicado en la quebrada Manantial en coordenadas (UTM:564917E, 9552556N), se observó el cambio de litología del contacto entre la Unidad Cazaderos y Unidad Cañaverl, en la parte izquierda de la fotografía se observa la presencia de lutitas que pertenece a la Unidad Cazaderos y a la derecha de la imagen se aprecia la presencia de areniscas, rocas características de la Unidad Cazaderos.



Figura 36. Contacto entre la U. Cazaderos y U. Cañaverl

Nota: Elaborado por Infante, J (2023)

6.3.Corte geológico

A partir del mapa geológico -estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos se realizó un corte geológico: A – A' con dirección NW – SE, distribuido de tal

forma que englobe las principales formaciones y estructuras del sector, permitiendo tener una mejor perspectiva de cómo están dispuestas las estructuras y unidades litológicas, para posteriormente proyectar sobre el perfil geológico. En cuanto a profundidades se tomó como referencia las indicadas en la Hoja Geológica Alamor 2017.

Presenta una dirección de SW- NE, el cual, partiendo desde el flanco izquierdo al SW (Punto A), se observa la presencia de un aluvial (Cuaternario), considerado la Unidad litológica más joven, seguidamente se tiene la Unidad Cazaderos (Cretácico Superior) la cual suprayace concordantemente con la Unidad Cañaverál y se encuentra controlado por una falla Normal Inferida de tectónica indeterminada, la Unidad Cazaderos está constituida por lutitas, areniscas calcáreas, limolitas. Posteriormente se observa la Unidad Cañaverál (Turoniano), la cual se encuentra en contacto concordante con la suprayacente Unidad Cazaderos, además se encuentra en contacto fallado con la Unidad Mangahurco, en donde responde a una falla Normal inferida con tectónica indeterminada producto de esfuerzos de deformación (areniscas, microconglomerados, lutitas y limolitas). Recaltar que el corte geológico se ha realizado con interpretación del autor. (*Véase Anexo 14*).

CORTE GEOLÓGICO DE A-A' DE LA ZONA SUR DE LA PARROQUIA CAZADEROS

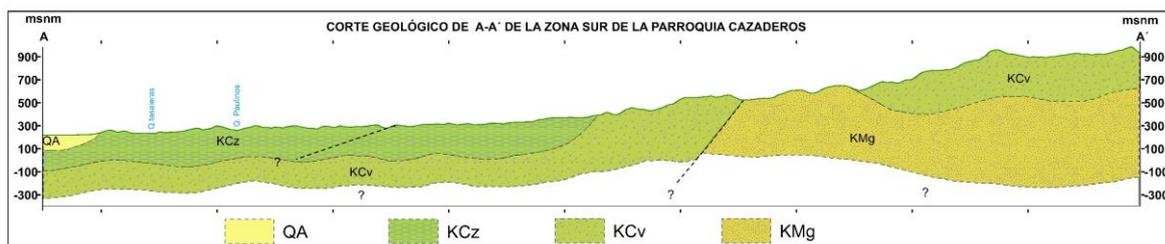


Figura 37. Corte geológico de A-A' de la zona Sur de la parroquia Cazaderos.

Nota: Elaborado por Infante, J (2022)

7. Discusión

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la zona sur de la parroquia Cazaderos, perteneciente al cantón Zapotillo, provincia de Loja. Abarca una superficie de 59.04 km² y se llevó a cabo con el propósito fundamental de realizar un levantamiento geológico-estructural a escala 1: 25 000, porque hasta ahora solo se han realizado investigaciones a nivel regional en la zona austral del Ecuador.

La presente investigación se alineó al método de mapeo por contactos, debido a que según Echeveste (2017) es empleado para mapas a escala intermedia (1:20 000 o 1:25 000); que se contrasta con el método por afloramientos que utiliza escalas grandes (1: 10 000) y con el método por perfiles, usado para el reconocimiento de grandes regiones, es decir, escalas relativamente pequeñas (1: 250 000 a 1: 50 000).



En este contexto, se obtuvo como resultado información litológica con variaciones considerables a la información previamente establecida; es decir, según la Carta Geología Regional de Alamor a escala 1:100 000, publicada en 1972 y elaborada a la vez en base a los estudios de la publicación *Geology of Loja Province* de J. B Kennerley y por el Instituto de Ciencias Geológicas de Londres (1971); se establece que por medio del método de mapeo por perfiles y junto con la fotointerpretación, el lugar de estudio se emplaza únicamente en la Fm. Zapotillo extendiéndose en dirección NW (grauvacas, lutitas, limolitas, conglomerados) y por la Fm. Cazaderos extendiéndose en dirección SE (lutitas negra calcárea y conglomerados); por otra parte, el PDOT de la Parroquia Cazaderos del año 2019-2023 cita la misma información previamente descrita, y según el mapa geológico regional de Alamor a escala 1:100 000, publicado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), en el año 2017 y con un levantamiento efectuado por medio del método de mapeo por perfiles, la zona de estudio agrupa tres formaciones: Fm. Cazaderos, Fm. Cañaverál y Fm. Mangahurco.

Por lo tanto, al considerar que solo existe información previa a nivel regional, el método más idóneo para efectuar el presente levantamiento que se ajuste a una escala 1:25 000 y de como resultado información actualizada, detallada y precisa de la ubicación y extensión de las unidades geológicas localizadas en la zona sur de la parroquia Cazaderos, con sus respectivas litologías y estructuras, es el método de mapeo por contactos; el cual dio como resultado 3 unidades geológicas y un depósito aluvial, con las siguientes características: la Unidad Cazaderos se extiende de NE a SW abarcando la mayor extensión de la zona de estudio (29,47 km²) y caracterizado por presentar lutitas, limolitas y esporádicamente areniscas; la Unidad Cañaverál se extiende de NE-SO, abarcando un área de 15.36 km² y con la particularidad de un predominio de areniscas, conglomerados y esporádicamente limolitas; la Unidad Mangahurco se ubica al SW, se extiende hacia el NE, abarca un área de 7.40km² de la zona de estudio y presenta una alternancia de limolitas y lutitas, con niveles de areniscas y escasamente microconglomerados y finalmente se visualiza un depósito aluvial que se extiende de SE a NW, abarcando un área de 5,34 km².

En el marco estructural la información previamente establecida por otros autores es muy escasa, únicamente según el mapa regional publicado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), del año 2017, menciona la presencia de una sola falla normal inferida; sin embargo, con el presente levantamiento efectuado se determinó que en la zona de estudio producto de esfuerzos de compresión, se han ocasionado deformaciones plásticas dando origen a un pliegue anticlinal con dirección NE-SW y un pliegue inferido en sentido NE-SW.



Por otra parte, el sector en estudio por causa de un aumento rápido e intenso de esfuerzo se evidencia deformaciones de ruptura que dan origen a las siguientes fallas: dos fallas normales que se encuentran a lo largo del área de trabajo con una dirección NW-SE y NE-SW y seis fallas inferidas: cuatro con dirección NW-SE y dos con una dirección NE-SW.

Por lo tanto, en base a toda la nueva información recopilada, considerando que únicamente existe un corte geológico en la cartas regionales a escala 1:100 000, ahora con una visión de campo se representó una nueva sucesión estratigráfica del área de trabajo mediante cortes geológicos interpretativos a escala 1:25 000, para observar la disposición de las formaciones geológicas a profundidad, dando como resultado lo siguiente: un depósito aluvial como la unidad más joven, la Unidad Cazaderos suprayacendo concordantemente con la Unidad Cañaveral y esta última en contacto fallado con la Unidad Mangahurco.



8. Conclusiones

- A partir de la fotointerpretación, levantamiento de afloramientos, se determina que la zona Sur de la parroquia Cazaderos está constituida por cuatro Unidades litológicas: Deposito Aluvial, Unidad Cazaderos, Unidad Cañaverál y Unidad Mangahurco.
- La realización del análisis estructural de la zona Sur de la parroquia Cazaderos mediante la fotointerpretación geológica y la posterior corroboración en campo estableció que el sector se encuentra deformado por un sistema de fallas constituido por ocho fallas inferidas principales, dos fallas normales que se encuentran a lo largo del área de trabajo con una dirección NW-SE y NE-SW y seis fallas inferidas: cuatro con dirección NW-SE y dos con una dirección NE-SW.
- Mediante el análisis foto interpretativo de las alineaciones topográficas y tonalidades se identificó una falla de gran dimensión ubicada en la vía de tercer orden Cañaverál Cazaderos, misma que se pudo corroborar y visualizar en campo debido al desplazamiento del bloque de techo hacia abajo y el desnivel topográfico en la zona, originada producto de fuerzas extensionales, en una dirección NW. De acuerdo a la litología, está compuesta de calizas y areniscas.
- En la zona de estudio existen algunas características de las Unidades Litológicas: La Unidad Cazaderos (Cretácico Superior) presenta alternancias de limolitas, lutitas, intercalado con areniscas y niveles de calizas, abarca la mayor extensión de la zona de estudio con 29,47 km² del área total. El Depósito Aluvial está constituido por arenas, gravas y cantos redondeados y subredondeados provenientes de rocas sedimentarias y volcánicas, abarca un área de 5,34 km². La Unidad Cañaverál está constituida de areniscas líticas, microconglomerados, conglomerados y en pequeñas proporciones lutitas y limolitas. La Unidad Mangahurco está compuesta de limolitas en alternancia con lutitas, con niveles de areniscas y escasamente microconglomerados. abarca un área de 7.40km² de la zona de estudio, formada en el periodo cretácico superior, descansa concordantemente sobre la Formación Tronco Quemado, e infra yace discordantemente a la Formación. Cañaverál.
- A partir del mapa geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos se realizó un corte geológico en dirección NE-SW, el cual corta las principales unidades litológicas y estructuras geológicas del área de estudio,



permitiendo de esta manera tener una mejor perspectiva del orden cronológico de las capas e inferir su disposición en profundidad.

- La elaboración de la fotointerpretación y el levantamiento de todos los afloramientos permitió la realización del mapa geológico - estructural a escala 1:25 000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, redefiniendo así las unidades litológicas existentes, describiendo a mayor detalle la litología que las compone, e identificando nuevas estructuras tanto como pliegues y fallas.



9. Recomendaciones

- Efectuar estudios geofísicos en todas las unidades litológicas de la zona de estudio a fin de delimitar y tener una mejor interpretación de estructuras, espesores y profundidades.
- Realizar un estudio geológico estructural a mayor detalle de la falla principal que atraviesa la parroquia Cazaderos a fin que se tenga un conocimiento amplio y profundo sobre las características de la misma.
- Realizar análisis petrográfico microscópico de las muestras de roca obtenidas en el levantamiento de afloramientos con el objetivo de analizar de mejor manera la mineralogía de las unidades geológicas de la zona de estudio.
- Se recomienda realizar estudios geológicos a mayor detalle, con la finalidad de identificar y caracterizar de mejor manera la extensión y litología de la zona de estudio.



10. Bibliografía

- Agropecuarios, L. M. (2013). *MANUAL DE USO DE FOTOGRAFÍA AÉREA Y CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA* (pp. 1–68). <https://docplayer.es/8933568-Manual-de-uso-de-fotografia-aerea-y-cartografia-topografica-agropecuaria-reviso-lider-marcos-agropecuarios-contenido.html>
- Arellano Gil, J., Llanta, D. la L. R., Carreón Mendez, M. A., Villareal Morán, J. C., & Morales Barrera, W. V. (2002). *Ejercicios de Geología Estructural* (Primera).
- Babín Vich, R. B., & Gómez Ortiz, D. (2010). Problemas de Geología Estructural 7. Pliegues. *Reduca (Geología), Serie Geología Estructural*, 1–29.
- Beder, R. (1938). N. de M. B. aires. (1938). *Nociones de Mineralogía*.
- Carenas Fernández, M. B., Giner Robles, J. L., Gonzáles Yélamos, J., & Pozo Rodríguez, M. (2014). *Geología* (P. S.A. (ed.)).
- Castillo García, H. L., Angamarca Lliguin, L. A., Ojeda Pardo, F. R., & Cuenca Gualan, D. I. (2021). *Introducción a la Petrografía* (Atenea (ed.)).
- Duque Escobar, G. (2020). *Manual de Geología para Ingenieros* (pp. 1–455).
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico Una introducción a la geología de campo*.
- Explorock soluciones (2017 16 de septiembre) Elaboración de una columna estratigráfica YouTube https://www.youtube.com/watch?v=4iQyTEAYn4&ab_channel=ExplorockSolucionesGeol%C3%B3gicas
- Fallas, J. (2003). *SISTEMAS INTEGRADOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA* (pp. 1–28). <https://pim.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/sites/14/2019/07/CONCEPTOS-BÁSICOS-DE-CARTOGRAFÍA.pdf>
- Fraga, H. (2017). *Geología y Geotecnia Geomecánica* (pp. 1–26).
- García Rodríguez, M. (2012). *Biología y Geología* (Cenoposiciones (ed.)).



Geología dextral (2020, 21 de mayo) Geología estructural You Tobe

https://www.youtube.com/watch?v=B_emEtUIDRs&ab_channel=GeologiaDextral

Geología Activa (2020, 30 de enero) Pliegues Geológicos You Tobe

https://www.youtube.com/watch?v=5RDkJELLnGE&ab_channel=Geolog%C3%ADaactiva

GEOTADI (2020 16 de julio) Perfiles geologicos en ARCMAP You Tobe

https://www.youtube.com/watch?v=Yf05_XgpO2Y&ab_channel=GEOTADI

Giordani, C., & Lanzone, G. (2018). *Geología aplicada a la Ingeniería Civil y al Medio Ambiente* (pp. 1–27).

Glosario Geología. (2012). Recuperado el 21 de mayo de 2021, de

<https://glosarios.servidoralicante.com/geologia/diacl>

Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica* (P. Educación (ed.)).

Griem, W. (2020). *Introducción a la Mineralogía*. Apuntes de Geología.

<https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap02.htm>

IIGE. (2019a). Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica. Versión 2.0.

Maldonado, Y. (2020). *Pliegues Geológicos*. Geología Web.

<https://geologiaweb.com/geologia-general/pliegues/>

MAG. (2013). Modelos Digitales de Terreno (MDT) de la zona Sur de la parroquia Cazaderos En SigTierras.

Martínez, J. (1981). Mapas geológicos (Explicación e interpretación). Madrid: Paraninfo.

MasterGIS (2021, 13 de marzo) Creacion de perfil geologico a partir de un mapa con ArcGIS

You Tobe https://www.youtube.com/watch?v=HsV843JjxUU&ab_channel=MasterGIS

Mexicano, S. G. (2021). *Petrografía*. SGM.



<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>

Navarrete Cuesta, E. (2017). *Apuntes de Estratigrafía y Sedimentación* (pp. 1–232).

Navarrete, E. (2005). *Apuntes de Geología General* (pp. 1–114).

PDOT de la parroquia Cazaderos. (2019-2023). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
Cazaderos.

Peña, M. (1997). *Cartografía Geomorfológica* (Geoforma (ed.); Primera).

<https://docplayer.es/46385154-Cartografia-geomorfologica.html>

Plaza Diez, O. (2008). *Geología Aplicada* (pp. 1–81).

Rivera Mantilla, H. (2005). *Geología General* (Primera).

Sanchez, V. (2016). *No Title* (pp. 1–115).

Tarbuks, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra Introducción a la geología física*
(P. Educación (ed.); 8th ed.).

Varela, R. (2014). *Manual de Geología*.

Vera Torres, J. A. (1994). *Estratigrafía Principios y Métodos* (R. S. L. (ed.)).

Viteri, F., y IIGE. (2013). Instructivo para el manejo de fichas de descripción macroscópica de
muestras de rocas.



11. Anexos

Anexo 1. Ficha de descripción de afloramientos

		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:		Responsable	
Código de Muestra		Nombre de Proyecto			
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia		
X			Cantón		
Y			Parroquia		
Z			Sector		
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut			Altura (m)		
Buzamiento			Ancho(m)		
Dir. Buzamiento			Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Baja	
Tipo de Roca			Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración				Metamórfico	
Estructura				Sedimentario	
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()			Húmedo ()		Seco ()
Fotografía			Descripción		
Observaciones:					



Anexo 2. Ficha de descripción de rocas

		Ficha de Descripción de Rocas					
Datos Generales							
N° Ficha		Fecha:		Responsable			
Código de Muestra	de		Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad		
Datos de Ubicación							
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)				Provincia			
X				Cantón			
Y				Parroquia			
Z				Sector			
Descripción Petrográfica			Fotografía				
Textura							
Color							
Estructura							
Estado de la roca							
Tamaño de granos							
Forma de los clastos			Descripción				
Fenocristales (%)							
Matriz (%)							
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica				
Análisis de Laboratorio			Minerales Principales				
Láminas delgadas			Minerales Secundarios				
Observaciones			Mineralización				
			Grado de Meteorización				
			Nombre de la Roca				



Anexo 3. Mapa Hidrológico.

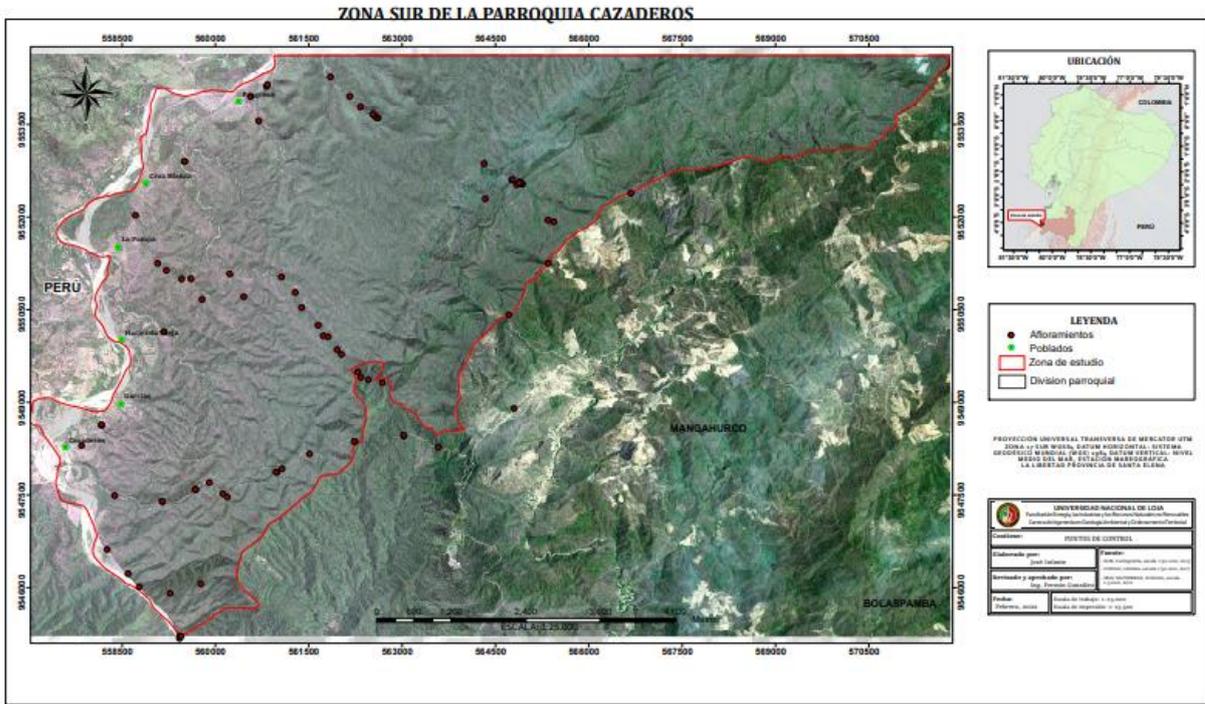
Anexo 4. Mapa topográfico

Anexo 5. Mapa de pendientes

Anexo 6. Mapa geomorfológico

(Ubicados en CD-R nro. 1)

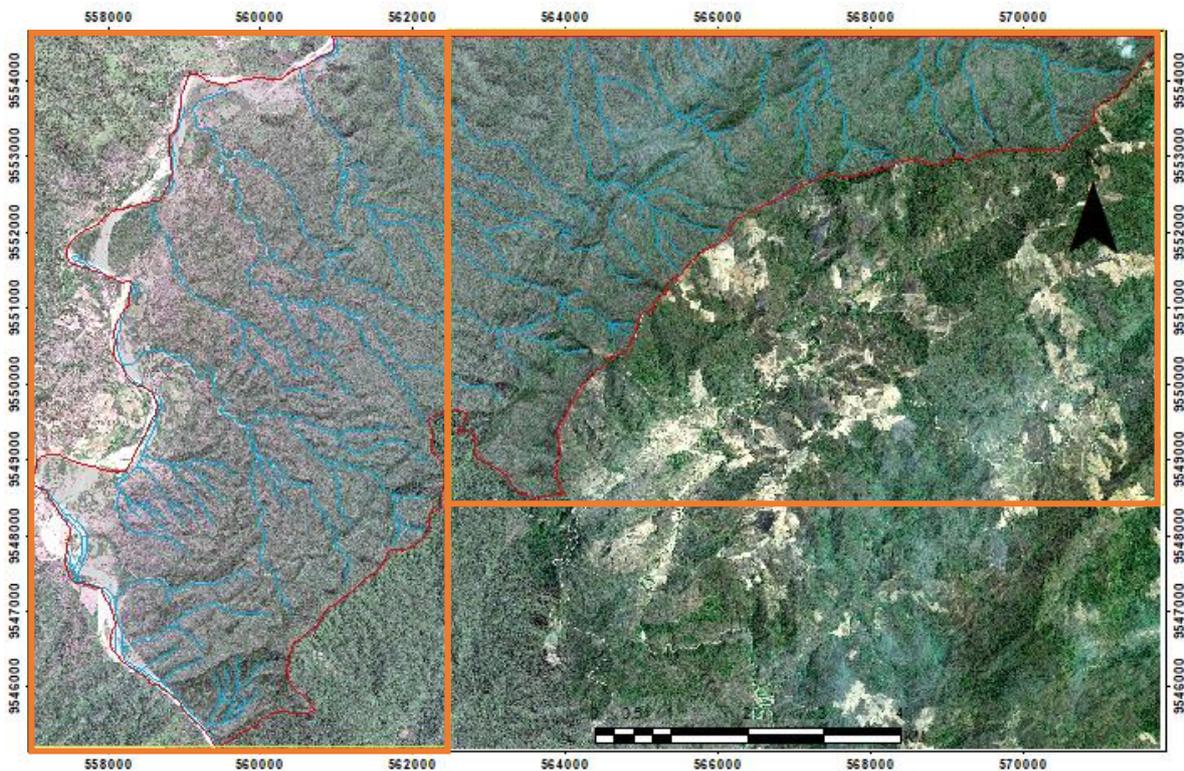
Anexo 7. Puntos de verificación



Anexo 8. Análisis fotogeológico

El análisis fotogeológico para el “Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja” se realizó dividiendo la zona de estudio en tres secciones con la finalidad de tener una perspectiva geológica-estructural del área de estudio.

Para la descripción e identificación de las litologías en el área de estudio se consideró los parámetros basados en el Manual de fotogeología de López Vergara, 1988, los cuales son: Tono, vegetación, textura, red de drenaje y morfología.



Los resultados obtenidos se evidencian a continuación:

Análisis fotogeológico de la sección -1 (S1)

Morfología: Terrazas bajas Colinas monoclinales

Tono: Gris claro a gris oscuro.

Vegetación: Presencia de vegetación

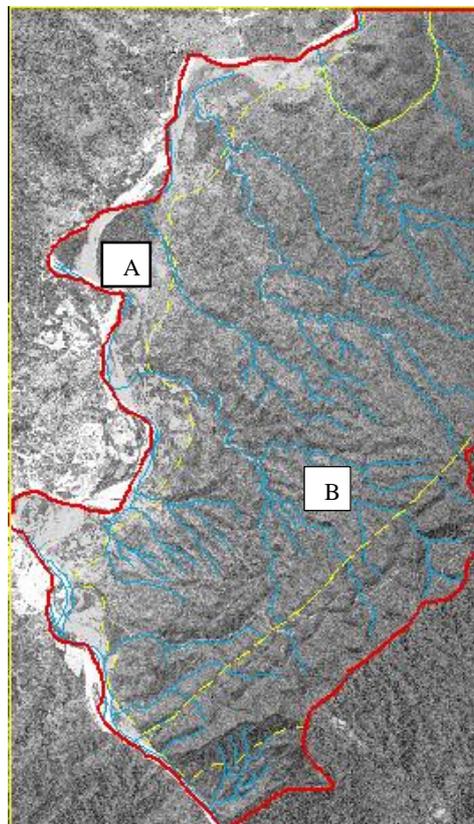
Red de drenaje: Dendrítica espaciada

Análisis por zonas

La zona A ubicada en el sector Noroeste de la sección 1 pertenece a un depósito aluvial debido a que presenta una morfología colina monoclinal, se observa una tonalidad blanca a gris claro, existe poca presencia de vegetación y aparentemente gran cantidad de cultivos, muestran una red dendrítica espaciada; indicios que permiten determinar que existe presencia de arenas, gravas y material no consolidado, poco coherentes y de fácil erosión.

La zona B ubicada desde Suroeste a Noreste del área de estudio, se relaciona a materiales sedimentarios (lutitas, limolitas) debido a que se observa algunas características típicas de este tipo de litología como son:

- Tonalidades que van de gris claro a gris oscuro.
- Se evidencia gran presencia de vegetación en aumento hacia las zonas con mayor relieve montañoso.
- Una morfología con colinas monoclinales.
- Red de drenaje subparalelo dendrítico externo; presencia de cárcavas largas.



Análisis fotogeológico de la sección -2 (S2)

Morfología: Superficie de cuesta

Tono: Gris claro a gris oscuro.

Vegetación: Presencia de vegetación

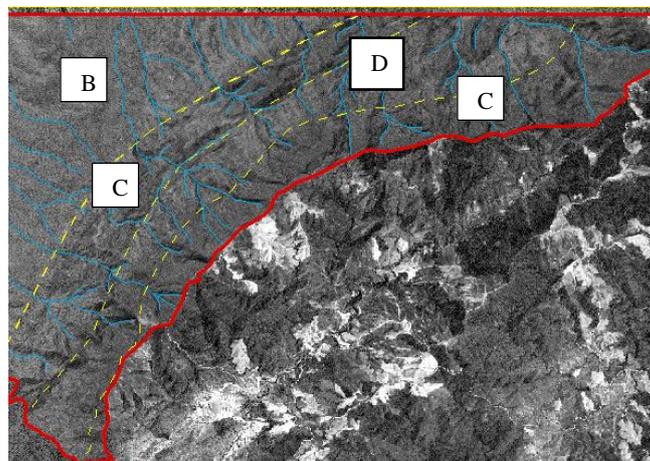
Red de drenaje: Dendrítica espaciada

Análisis por zonas

La zona C ubicada de Suroeste a Noreste del área de estudio se observa algunas características típicas de materiales sedimentarios (areniscas, conglomerados) las cuales son:

- Red de drenaje dendrítico interno y espaciado debido a la buena porosidad y permeabilidad de las rocas.
- Se observa tonalidad gris oscuro
- Presenta una morfología de superficie de cuesta.
- Abundante presencia de vegetación.

La zona D se ubica al Noreste y se extiende hacia el Suroeste del área de estudio (sección 2) se evidencia una red de drenaje dendrítica subparalela espaciada, con una



tonalidad oscura debido al contenido de humedad y la presencia de vegetación, posee textura fina; se aprecia una morfología de superficie de cuesta; características que se relación con rocas sedimentarias (lutitas y limolitas)

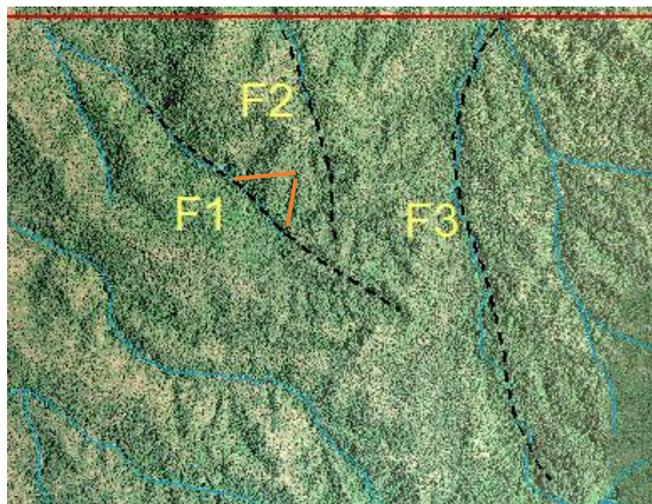
FOTOINTERPRETACION ESTRUCTURAL

FOTOINTERPRETACION DE ESTRUCTURAS

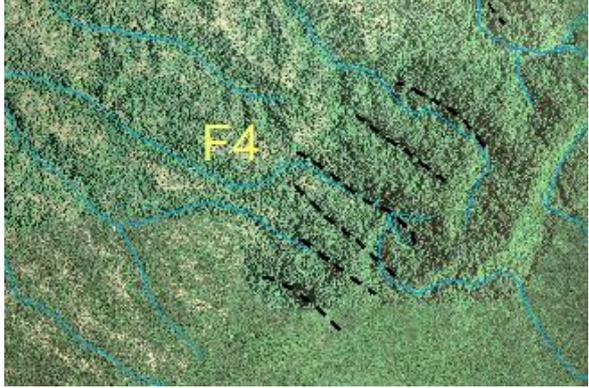
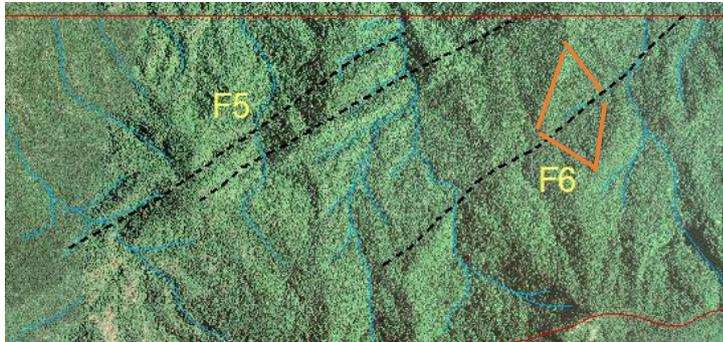
Falla F1: La presencia de esta falla se infiere debido a la alineación topográfica con exposición de la superficie de falla con una tonalidad más oscura, exterioriza una dirección de NW a SE, pero además existe una faceta triangular característica de la presencia de las fallas.

Falla F2: Se observa una posible estructura geológica (falla F2) en sentido NW-SE de la zona de estudio, además de la lineación topográfica y de vegetación, cabe mencionar que no se logró observar en campo los rasgos morfológicos y tectónicos asociados con un posible fallamiento.

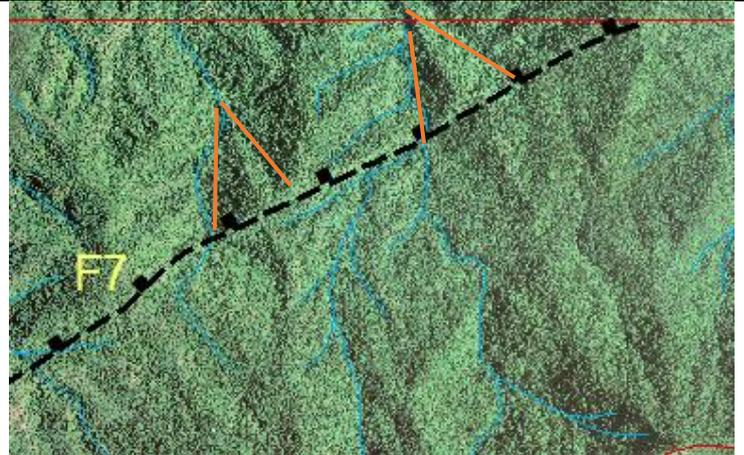
Falla (F3): Esta posible falla está caracterizada por una alineación parcial topográfica, debido a que hay un deslizamiento que no permite seguirla en esa zona y que está encerrada por una marca elíptica en la interpretación, pero además se adiciona como posible presencia, la exposición del escarpe de falla.



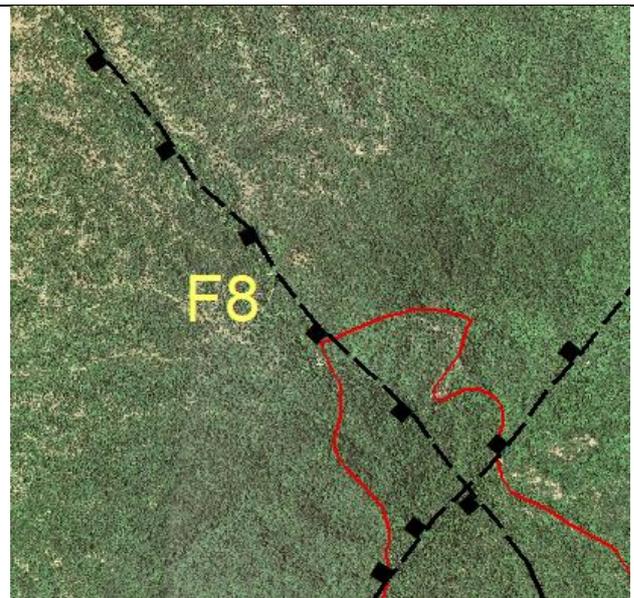
Fallas paralelas (F4): Con una dirección NW-SE se infiere un sistema de fallas imbricadas o paralelas del tipo posiblemente normal muy localizados con exposición de la superficie de falla debido a la tonalidad más oscura que se logra apreciar a lo largo de la alineación, presumiblemente se han originado producto del movimiento de la falla principal (F7) de la zona de estudio.

	
<p>Sistemas de fallas paralelas (F5): Se infiere que es un sistema de fallas imbricadas o paralelas que están asociadas al movimiento de la Falla N° 7, tienen una dirección de SW-NE, se observa una tonalidad más oscura lo largo de la alineación topográfica que podría ser interpretada como la exposición de la superficie de falla, además de la evidencia de la alineación topográfica claramente marcada y la evidencia de facetas triangulares.</p> <p>Falla (6): Al NE de la zona de estudio se denota una falla geológica con dirección NE-SW, se evidencia por la alineación de la topografía, pero adicionalmente se nota las 2 facetas triangulares asociadas al movimiento.</p>	

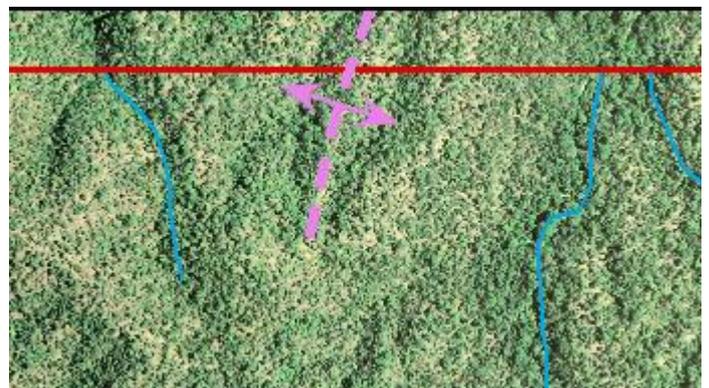
Falla (F7): Se determina en la ortofoto al NE de la zona de estudio la presencia de una falla con dirección NE-SW, considerándola como la falla principal en la zona, posiblemente sea una falla Normal y se tiene varias evidencias de su presencia, la primera es la alineación topográfica a lo largo de su trazado, la segunda se tiene dos facetas triangulares encerrados con el triángulo, la falla corta las mismas, que indican el posible movimiento de la misma. Esta falla está asociada a un sistema de fallas paralelas que marcan una zona de falla en la zona. Cabe mencionar que esta falla se pudo corroborar en campo.



Falla (F8): Por la alineación topográfica se puede evidenciar una posible falla, esta se encuentra en sentido NW-SE, cabe mencionar que los rasgos geomorfológicos y tectónicos fueron identificados en campo, mismos que permitieron determinar una falla Normal.



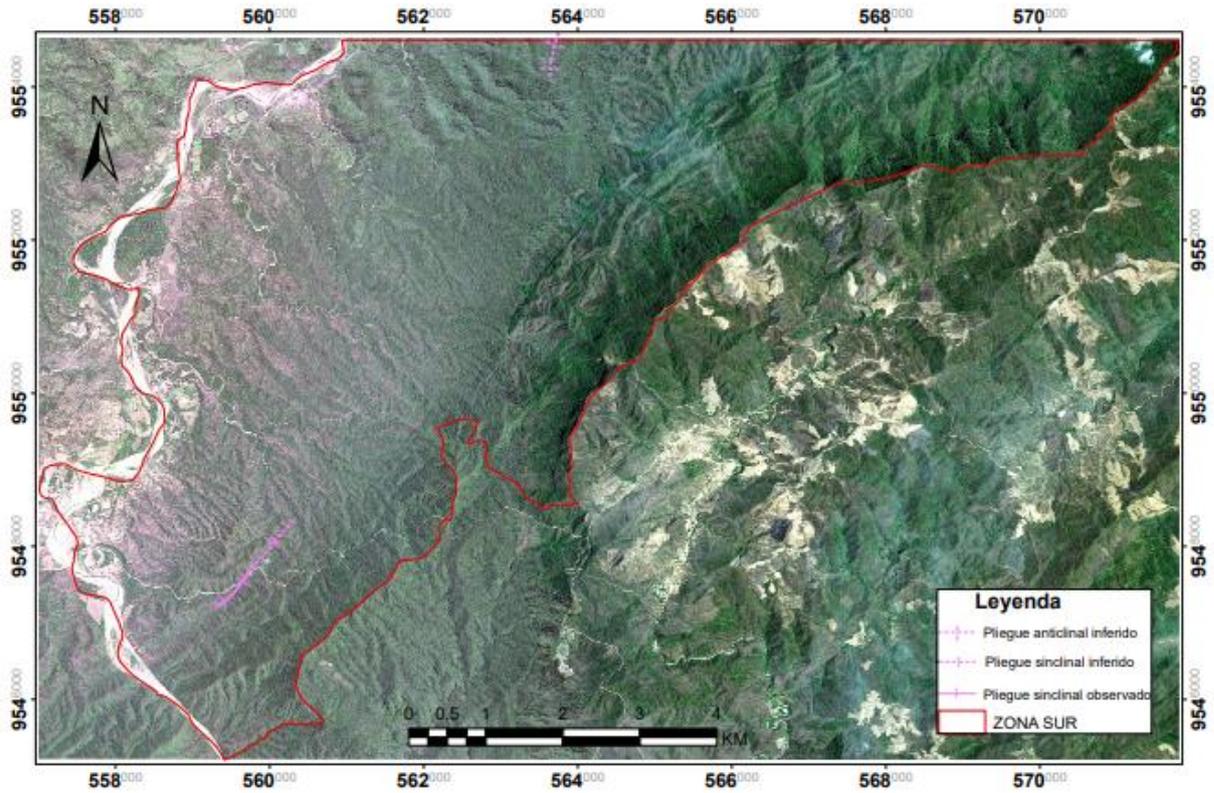
Anticlinal: Posiblemente sea un anticlinal que este erosionado por la zona del eje del mismo, ya que en la posible cresta del plegamiento se encuentra erosionada, mencionar que los rasgos morfológicos y estructurales no fueron identificados en campo.



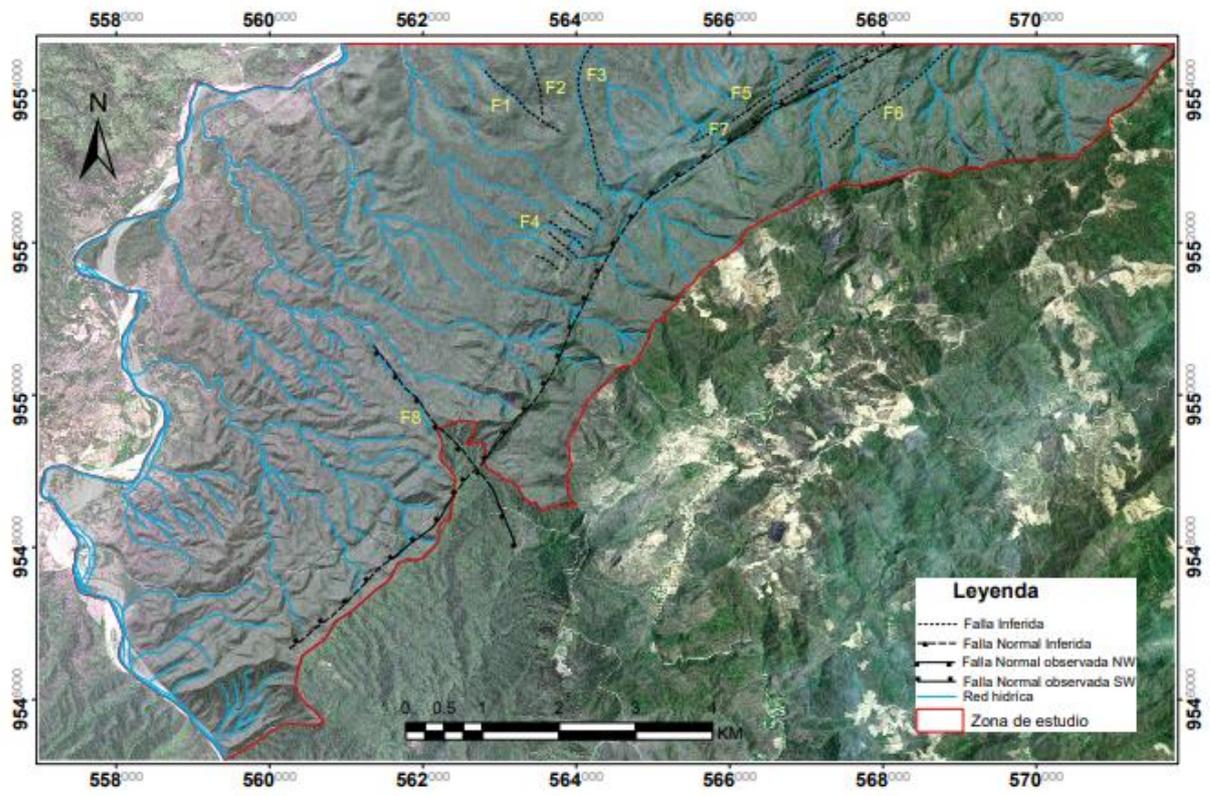
Sinclinal: Se determinó un sinclinal por los rasgos morfológicos, se encuentra en sentido NE-SW, cabe recalcar que fue identificado en campo debido a sus características estructurales y morfológicas.



Anexo 9. Pliegues



Anexo 10. Fallas

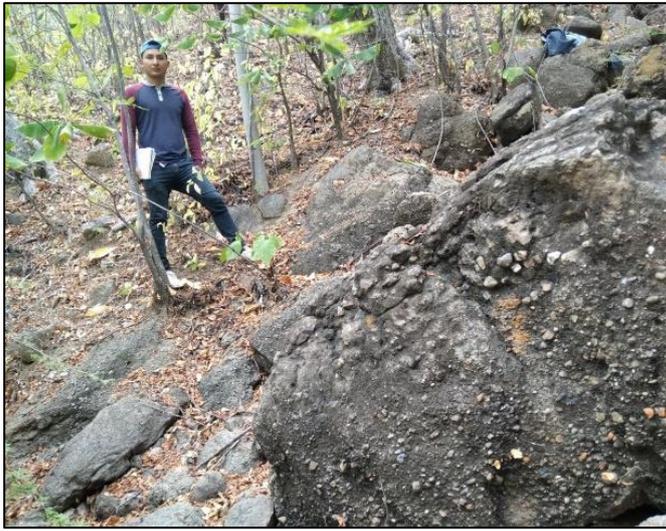


Anexo 11. Descripción de afloramientos

 		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha	44	Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	(Vc1)	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	558169		Cantón	Zapotillo	
Y	9548638		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Vía Cañaverál	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut	230°/		Altura (m)	11,75m	
Buzamiento	20° NW.		Ancho(m)	6,75m	
Dir. Buzamiento			Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Baja	
Tipo de Roca	Lutita		Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración	Bajo			Meta mórfo	
Estructura	Estratificada			Sedi mentario	X
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()			Húmedo ()		Seco (x)
Fotografía			Descripción		
			<p>El afloramiento está compuesto litológicamente con una secuencia de lutitas de color gris-café de alta fisibilidad, estado bajo de alteración, nula presencia de agua, meteorización baja, medianamente competente, presenta estructura estratificada inclinada</p>		
Observaciones:					

 Universidad Nacional de Loja		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha	Bo_8	Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Bo_8_M1	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	558380		Cantón	Zapotillo	
Y	9547488		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Cazaderos	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut	100°/		Altura (m)	15,3	
Buzamiento	19 NE		Ancho(m)	Indefinido	
Dir. Buzamiento			Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Baja	
Tipo de Roca	Caliza, arenisca, lutita		Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración	Baja			Meta mórfico	
Estructura	Estratificación inclinada			Sedi mentario	x
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()		Húmedo ()		Seco (x)	
Fotografía			Descripción		
			<p>De color gris oscuro, posee bajo contenido de humedad, meteorización baja, presenta fisibilidad con intercalaciones de limolitas de color marrón de un espesor (10-20cm), bloques de areniscas de un espesor (5-35cm), lutitas que van desde 10cm a 50cm de espesor, alteración baja, presenta estructura estratificada inclinada</p>		
Observaciones:					

 Universidad Nacional de Loja		Ficha de Descripción de Afloramientos				
Datos Generales						
N° Ficha	Ma_2	Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.	
Código de Muestra	Ma_2_M1	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja			
Datos de Ubicación						
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja		
X	564882		Cantón	Zapotillo		
Y	9552550		Parroquia	Cazaderos		
Z			Sector	Manantial		
Datos Estructurales			Características del Afloramiento			
Azimut	.....		Altura (m)	1,40m		
Buzamiento	.....		Ancho(m)	2.2m		
Dir. Buzamiento	.....		Tipo de Metamorfismo			
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Alta		
Tipo de Roca	Arenisca		Ambiente de formación	de	Ígneo	
Estado de Alteración	Bajo				Meta mórfico	
Estructura	Estratificada vertical				Sedi mentario	x
Estructuras						
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()		
Hidrogeología						
Presencia de agua ()			Húmedo ()		Seco (x)	
Fotografía			Descripción			
			<p>Está formado por areniscas de coloración negro oscuro, presenta estructura estratificada verticalmente, bajo grado de meteorización, bajo contenido de humedad, no presenta fisibilidad, es altamente competente al golpeo del martillo y bajo grado de alteración.</p>			
Observaciones:						

 Universidad Nacional de Loja		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha	Bo_6	Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Bo_6_M1	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	559763		Cantón	Zapotillo	
Y	9546063		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Pulgas	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut	.....		Altura (m)	3,4m	
Buzamiento	.....		Ancho(m)	5.8m	
Dir. Buzamiento	.....		Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Alta	
Tipo de Roca	Conglomerado		Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración	Media			Meta mórfico	
Estructura	Masiva			Sedi mentario	x
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()			Húmedo ()		Seco (x)
Fotografía			Descripción		
			Afloramiento natural de 5.8m de largo y 3.4m de alto, de estructura masiva, bajo contenido de humedad, altamente competente al golpeo del martillo, meteorización baja, de coloración gris oscuro.		
Observaciones:					

		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra		Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X		558260	Cantón	Zapotillo	
Y		9546618	Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Pulgas	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut		.....	Altura (m)	6,8m	
Buzamiento		.....	Ancho(m)	14,6m	
Dir. Buzamiento		.....	Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación		
Tipo de Roca		Conglomerado	Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración		Media		Meta mórfico	
Estructura		Masiva		Sedi mentario	x
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()		Húmedo ()		Seco (x)	
Fotografía			Descripción		
			<p>Ambiente hídrico de origen aluvial, presenta 14.6 m de ancho y 6.8 m de alto, grado de meteorización media y bajo estado de alteración</p>		
Observaciones:					

		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha	Vc_7	Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Vc_7_M1	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	563027		Cantón	Zapotillo	
Y	9548455		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Vía Cazaderos	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut	.....		Altura (m)	7,6m	
Buzamiento	.....		Ancho(m)	4,9m	
Dir. Buzamiento			Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Alta	
Tipo de Roca	Lutita		Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración	Alta			Meta mórfico	
Estructura	Estratificada			Sedi mentario	x
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas (x)		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()		Húmedo ()		Seco (x)	
Fotografía			Descripción		
			<p>Está constituido litológicamente en una secuencia de lutitas de color gris de alta fisibilidad debido a que presenta fracturación relativamente plana hacia la estratificación, posee intercalaciones de limolitas de espesor de 10 a 20cm, un alto grado de meteorización y alteración, muestra estructura estratificada horizontal.</p>		
Observaciones:					

 Universidad Nacional de Loja		Ficha de Descripción de Afloramientos			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:	10/07/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	MS3031	Nombre de Proyecto	Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja		
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	559405		Cantón	Zapotillo	
Y	9545257N		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Boqueron	
Datos Estructurales			Características del Afloramiento		
Azimut	235°		Altura (m)	19,4m	
Buzamiento	22° NW.		Ancho(m)	Indefinido	
Dir. Buzamiento			Tipo de Metamorfismo		
Litología del Afloramiento			Presencia de vegetación	Baja	
Tipo de Roca	Areniscas		Ambiente de formación	Ígneo	
Estado de Alteración	Baja			Meta mórfo	
Estructura	Estratificada			Sedi mentario	
Estructuras					
Pliegues ()		Fallas ()		Diaclasas ()	
Hidrogeología					
Presencia de agua ()			Húmedo ()		Seco (x)
Fotografía			Descripción		
			<p>El mismo está constituido por areniscas y secuencias intercaladas de limolitas de un espesor que va de 3 a 25cm. Así mismo, presenta 19,4 m de alto y un largo indefinido, las areniscas presentan color gris-claro, poseen granulometría homogénea de fino a medio con alteración, cierto grado de meteorización, textura clástica, se observa estructura estratificada</p>		
Observaciones:					

Anexo 12. Descripción macroscópica de rocas

 		Ficha de Descripción de Rocas			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:	10/01/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Vc_M1	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cazaderos
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	558169	Cantón	Zapotillo		
Y	9548638	Parroquia	Cazaderos		
Z		Sector	Vía Cañaverál		
Descripción Petrográfica			Fotografía		
Textura	Clásica				
Color	Gris oscuro				
Estructura					
Estado de la roca	Alteración media				
Tamaño de granos	Fino				
Forma de los clastos	Homogénea		Descripción		
Fenocristales (%)	10				
Matriz (%)	90				
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica		
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Cuarzo, feldspatos, minerales de arcilla	
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Hematita	
Observaciones			Mineralización		
			Grado de Meteorización	Baja	
			Nombre de la Roca	Lutita	

 		Ficha de Descripción de Rocas					
Datos Generales							
N° Ficha		Fecha:	12/01/2022	Responsable	José Infante R.		
Código de Muestra	Bo_8_M1	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cazaderos		
Datos de Ubicación							
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja			
X	558380	Cantón	Zapotillo				
Y	9547488	Parroquia	Cazaderos				
Z		Sector	Cazaderos				
Descripción Petrográfica			Fotografía				
Textura	No clásica						
Color	Gris-oscuro						
Estructura	Bioturbaciones						
Estado de la roca	Alteración media						
Tamaño de granos	Fino						
Forma de los clastos	Homogénea		Descripción				
Fenocristales (%)	0						
Matriz (%)	100						
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica				
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Calcita			
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Minerales arcillosos			
Observaciones			Mineralización				
			Grado de Meteorización	Baja			
			Nombre de la Roca	Caliza			

 		Ficha de Descripción de Rocas			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:	15/01/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Vc_M1	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cañaverál
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	564882	Cantón	Zapotillo		
Y	9552550	Parroquia	Cazaderos		
Z		Sector	Manantial		
Descripción Petrográfica			Fotografía		
Textura	Clásica				
Color	Gris oscuro				
Estructura					
Estado de la roca	Alteración media				
Tamaño de granos	Fino				
Forma de los clastos	Homogénea		Descripción		
Fenocristales (%)	20				
Matriz (%)	80				
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica		
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Micas, feldespato, cuarzo.	
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Minerales arcillosos.	
Observaciones			Mineralización		
			Grado de Meteorización	Baja	
			Nombre de la Roca	Arenisca	

 		Ficha de Descripción de Rocas			
Datos Generales					
N° Ficha		Fecha:	20/01/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	Ma_2_M1	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cañaverál
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	559763		Cantón	Zapotillo	
Y	9546063		Parroquia	Cazaderos	
Z			Sector	Boquerón	
Descripción Petrográfica			Fotografía		
Textura	Clásica				
Color	Gris oscuro				
Estructura					
Estado de la roca	Alteración media				
Tamaño de granos	Medio				
Forma de los clastos	Heterogénea		Descripción		
Fenocristales (%)	40				
Matriz (%)	60				
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica		
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Micas, cuarzo, feldspatos	
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Minerales arcillosos	
Observaciones			Mineralización		
			Grado de Meteorización	Baja	
			Nombre de la Roca	Conglomerado	

  		Ficha de Descripción de Rocas					
Datos Generales							
N° Ficha	26	Fecha:	24/01/2022	Responsable	José Infante R.		
Código de Muestra	Vc_07	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cazaderos		
Datos de Ubicación							
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja			
X	63027		Cantón	Zapotillo			
Y	9548455		Parroquia	Cazaderos			
Z			Sector	Vía Cañaverál			
Descripción Petrográfica			Fotografía				
Textura	Clásica						
Color	Gris oscuro						
Estructura							
Estado de la roca	Alteración media						
Tamaño de granos	Fino						
Forma de los clastos	Homogénea		Descripción				
Fenocristales (%)	0						
Matriz (%)	100						
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica				
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Cuarzo, feldespatos, minerales de arcilla			
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Hematita			
Observaciones			Mineralización				
			Grado de Meteorización	Baja			
			Nombre de la Roca	Lutita			

 		Ficha de Descripción de Rocas			
Datos Generales					
N° Ficha	31	Fecha:	25/06/2022	Responsable	José Infante R.
Código de Muestra	MS3031	Tipo de Muestra	Afloramiento	Formación/Unidad	Cazaderos
Datos de Ubicación					
Coordenadas UTM (Sistema de Proyección WGS84)			Provincia	Loja	
X	559405	Cantón	Zapotillo		
Y	9545257	Parroquia	Cazaderos		
Z		Sector	Boqueron		
Descripción Petrográfica			Fotografía		
Textura	Clásica				
Color	Gris oscuro				
Estructura	Estratificada				
Estado de la roca	Alteración media				
Tamaño de granos	Fino				
Forma de los clastos	Homogénea		Descripción		
Fenocristales (%)	20				
Matriz (%)	80				
Datos de Laboratorio			Composición Mineralógica		
Análisis de Laboratorio	No		Minerales Principales	Cuarzo, feldespatos, micas	
Láminas delgadas	No		Minerales Secundarios	Minerales de arcilla y líticos	
Observaciones			Mineralización		
			Grado de Meteorización	Baja	
			Nombre de la Roca	Arenisca	



Anexo 13. Mapa geológico-estructural

Anexo 14. Corte geológico

(Ubicados en CD-R Nro.1)



Anexo 15. Certificado de traducción del resumen

Lic. Cinthya Julisa Infante Requenes

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

Certifico. –

Que la traducción del documento adjunto por el señor José Yasmani Infante Requenes con número de cédula de ciudadanía 0706811502, cuyo tema de investigación se titula “Levantamiento geológico-estructural a escala 1:25000 de la zona Sur de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo y provincia de Loja”, ha sido realizado por mi persona en calidad de licenciada en pedagogía del idioma inglés.

Esta es una traducción textual del documento adjunto, y el traductor es competente para realizar traducciones.

Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Cinthya Julisa Infante Requenes

Licenciada en Ciencias de la Educación mención inglés

C.I: 0706650108

Número de registro: 1008-2016-17-52476