



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 geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la
herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de
Loja

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

AUTOR:

Galo Andrés López Celi

DIRECTOR:

Ing. Walter Tambo Encalada. Mg, Sc.

Loja - Ecuador

2023



Certificación

Loja, 9 de septiembre de 2022

Ing. Walter Tambo Encalada. Mg, Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de Loja.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Galo Andrés López Celi**, con **cédula de identidad N° 1105756488**, 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:
**WALTER SIMON TAMBO
ENCALADA**

Ing. Walter Tambo Encalada. Mg, Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

Yo, **Galo Andrés López Celi**, 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 Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1105756488

Fecha: 28/04/2023

Correo electrónico: gandreslc@gmail.com

Teléfono: 0991963306



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, **Galo Andrés López Celi**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos muestre 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 los cuales tenga convenio la Universidad.

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

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

Firma:

Autor: Galo Andrés López Celi

Cédula: 1105756488

Dirección: Loja, Barrio Sauces Norte

Correo electrónico: gandreslc@gmail.com

Teléfono: 0991963306

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de titulación: Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg.Sc.



Dedicatoria

Dedico principalmente este trabajo a mi familia, sobre todo a mis padres ya que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional, este trabajo es únicamente por y para ellos.

Galo Andrés López Celi



Agradecimiento

En primer lugar y más importante agradezco a mi familia y de manera especial a mis padres Galo y Exilda por la motivación y apoyo en todos los años de formación profesional y a lo largo del desarrollo del presente Trabajo de Titulación.

Agradecer a cada uno de los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial ya que gracias a los conocimientos que he alcanzado a lo largo de los años como estudiante fue posible la realización de este Trabajo de Titulación, y de manera especial al ingeniero Walter Tambo quien fue mi director y guía en la realización del presente trabajo investigativo.

Por último y no menos importante, a las amistades que logré encontrar en la carrera, agradecerles por el apoyo que me dieron a lo largo de los años, por los buenos momentos y anécdotas que quedarán para recordar, haciendo de esta etapa una experiencia que atesoraré para siempre en mi vida.

Galo Andrés López Celi



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas	xiii
Índice de figuras	xiv
Índice de anexos	xviii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1 Geomorfología.....	7
4.1.1 Geomorfología aplicada	7
4.1.2 Formas de relieve	7
4.1.2.1 Morfogénesis.	8
4.1.2.2 Morfología.....	9
4.1.2.3 Morfometría.	9
4.1.2.4 Morfodinámica.	9
4.2 Movimientos en masa.....	9
4.2.1 Caídas	10
4.2.2 Basculamiento o volcamiento	10
4.2.3 Deslizamientos	10



4.2.3.1	Deslizamientos rotacionales.....	10
4.2.3.2	Deslizamientos traslacionales.....	10
4.2.4	Propagación lateral.....	11
4.2.5	Flujos.....	11
4.3	Índices del Relieve.....	12
4.3.1	Índices topográficos.....	12
4.3.2	Índices de formas del terreno.....	13
4.3.3	Curvatura.....	13
4.3.4	Sombreado.....	13
4.3.5	Pendiente.....	13
4.4	Geología.....	14
4.4.1	Roca.....	14
4.4.1.1	Ígnea.....	14
4.4.1.2	Sedimentaria.....	14
4.4.1.3	Metamórficas.....	14
4.4.2	Mineral.....	15
4.5	Topografía.....	16
4.6	Sistemas de Información Geográfica.....	16
4.6.1	Tipos de datos.....	16
4.6.1.1	SIG Vectorial.....	16
4.6.1.2	SIG Ráster.....	16
4.6.2	Modelo de Elevación digital (MDE o DEM).....	17
4.7	Fotografía aérea.....	18
4.7.1	Ortofotografía.....	18
4.7.2	Modelo Digital del Terreno (MDT).....	18
4.8	Fotointerpretación.....	19
4.9	Cartografía.....	20



4.9.1	Mapa geomorfológico	20
4.9.2	Mapa geológico	20
4.9.3	Mapa topográfico	20
5.	Metodología	21
5.1	Área de estudio	21
5.1.1	Ubicación	21
5.1.2	Acceso	21
5.1.3	Clima	22
5.1.3.1	Precipitación.	22
5.1.3.2	Temperatura.....	24
5.1.4	Hidrografía	25
5.1.5	Topografía	26
5.1.6	Geología Regional.....	26
5.1.7	Cobertura y uso de la tierra	29
5.1.8	Macrorelieve.....	31
5.2	Materiales	33
5.3	Métodos	33
5.3.1	Fase de gabinete	34
5.3.2	Fase de campo	34
5.3.3	Fase de pos campo.....	34
5.4	Metodología para el primer objetivo	35
5.4.1	Recopilación de información	35
5.4.2	Modelo Digital de Elevación (MDE).....	35
5.4.3	Modelamiento Topográfico.....	36
5.4.4	Análisis de Componentes Principales (ACP).....	37
5.4.5	Clasificación No Supervisada (ISODATA).....	39
5.4.6	Análisis SIG	40



5.4.7	Unidades morfométricas	43
5.4.8	Mapa de pendientes	44
5.5	Metodología para el segundo objetivo.....	45
5.5.1	Asignación temática según la escala de trabajo	46
5.5.1.1	Categoría de geoformas.....	46
5.5.2	Fotointerpretación y digitalización de geoformas a nivel de mesorelieve	49
5.5.3	Criterios para la caracterización geomorfológica.....	51
5.5.3.1	Geología.....	51
5.5.3.2	Morfogénesis.....	51
5.5.3.3	Morfometría.....	52
5.5.3.4	Morfología.....	53
5.5.3.5	Morfodinámica.....	53
5.5.4	Cartografía geomorfológica	53
5.6	Metodología para el tercer objetivo.....	53
5.6.1	Criterios para la validación en campo	53
6.	Resultados.....	55
6.1	Resultados del primer objetivo	55
6.1.1	Morfometría	55
6.1.2	Pendientes.....	57
6.2	Resultados del segundo objetivo	59
6.2.1	Fotointerpretación y digitalización de las unidades de mesorelieve en la parroquia Santiago	59
6.2.1.1	Relieves montañosos y colinas.....	59
6.2.1.2	Vertientes disectadas.....	60
6.2.1.3	Cimas.....	60
6.2.1.4	Escarpes.....	61
6.2.1.5	Llanura aluvial.....	61



6.2.1.6	Terrazas.	62
6.2.1.7	Masas deslizadas.....	62
6.2.1.8	Coluvios-aluviales	63
6.2.2	Variables para la caracterización geomorfológica en la parroquia Santiago	64
6.2.2.1	Geología de la parroquia Santiago.....	64
6.2.2.2	Morfogénesis de la parroquia Santiago.	71
6.2.2.3	Morfología en la parroquia Santiago.	73
6.2.2.4	Morfodinámica en la parroquia Santiago	74
6.2.3	Caracterización geomorfológica en la parroquia Santiago	75
6.2.3.1	Cuantificación de las unidades geomorfológicas de la parroquia Santiago. ..	75
6.2.3.2	Caracterización de los relieves montañosos.	76
6.2.3.3	Caracterización de Vertientes disectadas.	77
6.2.3.4	Caracterización de Colinas muy altas.....	78
6.2.3.5	Caracterización de Colinas altas.....	79
6.2.3.6	Caracterización de Colinas medianas.	79
6.2.3.7	Caracterización de Escarpes.	80
6.2.3.8	Caracterización de Coluviones.	81
6.2.3.9	Caracterización de Masas deslizadas.....	81
6.2.3.10	Caracterización de Cimas.	82
6.2.3.11	Caracterización de Terrazas.....	83
6.2.3.12	Caracterización de Llanura aluvial.	83
6.2.3.13	Caracterización de Coluvios-aluviales.....	84
6.2.4	Cartografía geomorfológica	85
6.3	Resultados del tercer objetivo.....	86
6.3.1	Puntos de validación de la geomorfología	86
7.	Discusión	102
8.	Conclusiones	106



9. Recomendaciones	108
10. Bibliografía	109
11. Anexos	112



Índice de tablas:

Tabla 1. Ambientes genéticos presentes en el Ecuador.....	8
Tabla 2. Datos de precipitación media anual de la parroquia Santiago	23
Tabla 3. Datos de temperatura media de la parroquia Santiago	24
Tabla 4. Materiales y equipos empleados para el desarrollo del Trabajo de Titulación	33
Tabla 5. Clasificación de pendientes establecido por Van Zuidman (1985).....	45
Tabla 6. Caracterización geomorfológica y fisiográfica en diferentes sistemas de clasificación	47
Tabla 7. Relación entre clases de escalas, niveles de estudio	48
Tabla 8. Leyenda de unidades geomorfológicas	48
Tabla 9. Génesis de la parroquia Santiago	51
Tabla 10. Categorías de longitud de vertiente	52
Tabla 11. Categorías de Forma de cima, vertiente y valle	53
Tabla 12. Cuantificación de las unidades morfométricas.....	55
Tabla 13. Cuantificación de pendientes de la parroquia Santiago en base a la clasificación de Van Zuidman (1985).....	58
Tabla 14. Número de geoformas fotointerpretadas	59
Tabla 15. Cuantificación de las unidades de relieve en la parroquia Santiago	76



Índice de figuras:

Figura 1. Tipos de Movimientos en masa	11
Figura 2. Tipos de flujos	12
Figura 3. Esquema de curvatura.....	13
Figura 4. Ciclo de las rocas	15
Figura 5. Ejemplo de roca y los minerales que la conforman.....	15
Figura 6. Comparación de los modelos vectorial y ráster.....	17
Figura 7. Modelo de Elevación digital.....	17
Figura 8. Ortografía proporcionada por SIG Tierras	18
Figura 9. MDT representado mediante colores y mapa de sombras	19
Figura 10. Ubicación de la parroquia Santiago.....	21
Figura 11. Acceso a la parroquia Santiago.....	22
Figura 12. Isoyetas de la parroquia Santiago	23
Figura 13. Isotermas de la parroquia Santiago.....	24
Figura 14. Red hidrográfica de la parroquia Santiago	25
Figura 15. Topografía de la parroquia Santiago.....	26
Figura 16. Geología Regional de la parroquia Santiago	28
Figura 17. Ejemplos de cobertura y uso de la tierra en la parroquia Santiago.....	30
Figura 18. Cobertura y uso de suelo de la parroquia Santiago.....	30
Figura 19. Cordillera real en la parroquia Santiago	31
Figura 20. Serranías presentes en la parroquia Santiago.....	31
Figura 21. Pie de monte en la parroquia Santiago	32
Figura 22. Valle fluvial en la parroquia Santiago	32
Figura 23. MDE de la parroquia Santiago	36
Figura 24. Herramienta "Topographic Modeling" del software Envi.....	36
Figura 25. Índices topográficos de la parroquia Santiago.....	37
Figura 26. Herramienta "Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate"	38
Figura 27. Archivos de salida del proceso ACP	38
Figura 28. Parámetros ISODATA.....	40
Figura 29. Clasificación No Supervisada Isodata	40
Figura 30. Configuración Majority/Minority Analyst	41
Figura 31. Clasificación Isodata con filtro de suavizado	42
Figura 32. Resultado de la nueva clasificación con la herramienta Classification Aggregation	42



Figura 33. Unidades morfométricas de la parroquia Santiago	43
Figura 34. Índice de curvatura estándar en la parroquia Santiago	44
Figura 35. Sistema de clasificación fisiográfica	46
Figura 36. Vista en 3D del relieve de la parroquia Santiago en el software ArcScene	49
Figura 37. Ejemplo de longitud de vertiente	52
Figura 38. Unidades morfométricas de la parroquia Santiago	56
Figura 39. Pendientes de la parroquia Santiago	58
Figura 40. Desnivel relativo para el reconocimiento de relieves montañosos y colinados.....	60
Figura 41. Vertientes disectadas fotointerpretadas	60
Figura 42. Cimas fotointerpretadas	61
Figura 43. Escarpes fotointerpretados.....	61
Figura 44. Llanura aluvial fotointerpretada	62
Figura 45. Terraza fotointerpretada.....	62
Figura 46. Masas deslizadas fotointerpretadas.....	63
Figura 47. Coluvios-aluviales fotointerpretados	63
Figura 48. Afloramientos de andesitas en la vía Panamericana.....	64
Figura 49. Afloramiento de tobas volcánicas en la vía Panamericana.....	65
Figura 50. Afloramientos de andesitas en el barrio Minas.....	65
Figura 51. Afloramiento de andesitas en la parte alta de la parroquia.....	66
Figura 52. Afloramiento de granodioritas en distintos puntos de la parroquia.....	66
Figura 53. Afloramiento de la Unidad Cera en el límite parroquial Taquil-Santiago.....	67
Figura 54. Afloramiento de esquistos en el barrio Cachipirca.....	67
Figura 55. Afloramiento de granito en la vía Santiago - Las Juntas.....	68
Figura 56. Muestra de mano de granito	68
Figura 57. Afloramientos de la Unidad Gonzabal	69
Figura 58. Afloramientos de la Unidad Sayo Cruz.....	69
Figura 59. Afloramiento de la Unidad Agoyán.....	70
Figura 60. Afloramiento de la Unidad Tres Lagunas.....	70
Figura 61. Ambiente tectónico-erosivo.....	71
Figura 62. Ambiente denudativo.....	71
Figura 63. Ambiente fluvial	72
Figura 64. Ambiente poligénico.....	72
Figura 65. Formas de cimas en la parroquia	73
Figura 66. Formas de vertientes en la parroquia	73



Figura 67. Formas de valles en la parroquia	74
Figura 68. Deslizamientos identificados en campo.....	75
Figura 69. Relieve montañoso en la parroquia.....	77
Figura 70. Vertientes disectadas en la parroquia	78
Figura 71. Colinas muy altas en la parroquia.....	78
Figura 72. Colinas altas en la parroquia.....	79
Figura 73. Colinas medianas en la parroquia	80
Figura 74. Escarpes en la parroquia	80
Figura 75. Coluviones en la parroquia	81
Figura 76. Masas deslizadas en la parroquia.....	82
Figura 77. Cimas en la parroquia	82
Figura 78. Terrazas en la parroquia.....	83
Figura 79. Llanura aluvial en la parroquia	84
Figura 80. Coluvios-aluviales en la parroquia	84
Figura 81. Unidades geomorfológicas de la parroquia Santiago	85
Figura 82. Validación de la llanura aluvial	86
Figura 83. Validación de la terraza del barrio San José.....	87
Figura 84. Validación de la terraza del barrio San José vista desde el barrio Pogllo	87
Figura 85. Validación de terraza en el barrio Pucalá (vía a Jimbilla).....	88
Figura 86. Validación de terrazas en el barrio Lirio (vía antigua Loja - Cuenca)	88
Figura 87. Validación de terrazas en la vía antigua Loja - Cuenca.....	89
Figura 88. Validación de coluviones en la vía Panamericana.....	89
Figura 89. Validación de coluvión en el barrio Gandil.....	90
Figura 90. Validación de colinas muy altas en el barrio La Chorrera.....	90
Figura 91. Validación de colinas muy altas en el barrio Pucalá	91
Figura 92. Validación de colinas muy altas en el barrio Cachipirca.....	91
Figura 93. Validación de colinas muy altas en la parte alta de Santiago	92
Figura 94. Validación de las colinas altas en el barrio Minas.....	92
Figura 95. Validación de colinas altas en el barrio El Gallo.....	93
Figura 96. Validación de colinas medianas en el barrio Pogllo	93
Figura 97. Validación de colinas medianas en el barrio Gandil	94
Figura 98. Validación de relieves montañosos en la parte alta de Santiago	94
Figura 99. Validación de relieves montañosos en el sector Minas	95
Figura 100. Validación de relieves montañosos visto desde el sector La Cruz de Tiura.....	95



Figura 101. Validación de relieves montañosos en el barrio Lirio	96
Figura 102. Validación de vertientes disectadas en el barrio Cachipirca	96
Figura 103. Validación de vertiente disectada en la parte alta de la parroquia.....	97
Figura 104. Validación de escarpes en la vía Panamericana	97
Figura 105. Cascada del Río Minas perteneciente al grupo de escarpes	98
Figura 106. Validación de cimas en la parte alta de la parroquia	98
Figura 107. Masa deslizada localizada en la vía Santiago - Las Juntas	99
Figura 108. Masas deslizadas localizadas en la vía Panamericana	99
Figura 109. Validación de coluvios-aluviales en la quebrada Minas.....	100
Figura 110. Validación de coluvios-aluviales en la quebrada Gandil.....	100
Figura 111. Puntos de validación de las unidades geomorfológicas georreferenciados	101



Índice de anexos

Anexo 1. Puntos de validación de los afloramientos.....	112
Anexo 2. Puntos de validación de las unidades geomorfológicas.....	116
Anexo 3. Puntos de validación de los deslizamientos.....	118
Anexo 4. Descripción de afloramientos mediante fichas de campo.....	120
Anexo 5. Descripción de geoformas mediante fichas de campo.....	128
Anexo 6. Mapas temáticos resultantes del Trabajo de Titulación.....	140
Anexo 7. Certificación de traducción al idioma de inglés	141



1. Título

Levantamiento geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de Loja.



2. Resumen

El trabajo de investigación denominado “Levantamiento geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de Loja” tiene como principal fin el elaborar cartografía geomorfológica, siendo este uno de los principales parámetros para el levantamiento de información que permita determinar zonas susceptibles a movimientos en masa; para lo cual fue indispensable contar con el MDT del área de estudio con una resolución apropiada a la escala de trabajo ya que a partir de dicho modelo es posible obtener una serie de insumos que nos permiten el reconocimiento de las unidades geomorfológicas como lo son: pendientes, red hidrográfica, divisoria de aguas, curvas de nivel y morfometría del terreno, principalmente. Se plantearon tres objetivos los cuales ayudaron a la realización del presente trabajo de manera sistemática, siendo así como primer objetivo la generación de los índices de relieve de la parroquia Santiago; para llevar a cabo este objetivo se siguió la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013) en su proyecto denominado “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental”, en el cual se empleó el MDT con resolución de 3m x 3m obtenido de SIGTIERRAS y para su procesamiento se apoyó del software ENVI 5.3, con el cual se obtuvo la morfometría de la parroquia la cual es una variable necesaria para el posterior reconocimiento de geoformas; seguido de ello, como segundo objetivo consistió en la fointerpretación de geoformas; y para llevar a cabo esta tarea se emplearon ortofotos del año 2021 con resolución de 0,3 m x 0,3 m obtenidas del software SAS. Planet además de insumos como la morfometría, pendientes, modelo de sombras y red hidrográfica primordialmente, y para su geoprocesamiento se lo realizó en el software ArcGIS 10.5 obteniéndose un total de 11 tipos de unidades geomorfológicas mismas que han sido nombradas según la metodología del Ministerio del Ambiente (2013), siendo el relieve montañoso el de mayor dominio en la parroquia, mientras que las colinas medianas son quienes ocupan menor extensión territorial; finalmente como último objetivo se planteó la validación de la cartografía obtenida mediante el levantamiento de información primaria para la corroboración de la geomorfología, geología y los deslizamientos como parte de la morfodinámica, obteniendo así el mapa geomorfológico final correspondiente a la parroquia Santiago a escala 1:10 000.

Palabras clave: *Geomorfología, SIG, MDT, Levantamiento geomorfológico, cartografía geomorfológica*



2.1 Abstract

The research work entitled "Geomorphological survey at a scale of 1:10,000 with the use of the GIS tool of the rural parish of Santiago, canton and province of Loja" has as its main purpose the elaboration of geomorphological cartography, being this one of the main parameters for the survey of information that allows the determination of areas susceptible to mass movements; for this purpose, it was essential to have a DTM of the study area with a resolution appropriate to the scale of the work, since from this model it is possible to obtain a series of inputs that allow us to recognize the geomorphological units such as the following: slopes, hydrographic network, watershed, contour lines and terrain morphometry, mainly. Three objectives were proposed, which helped the realization of this work in a systematic way. The first objective was the generation of the relief indexes of Santiago parish; the methodology proposed by the Ministry of Environment (2013) in its project "Model of Geomorphological Units for the Cartographic Representation of Ecosystems in Continental Ecuador" was used to carry out this objective, this was done using the DTM with a resolution of 3m x 3m obtained from SIGTIERRAS and for its processing the ENVI 5.3 software was used to obtain the morphometry of the parish, which is a necessary variable for the subsequent recognition of geofoms; the second objective was the photo interpretation of geofoms; and to carry out this task, orthophotos of the year 2021 with a resolution of 0.3 m x 0.3 m obtained from SAS Planet software were used in addition to inputs such as morphometry, slopes, shadow model and hydrographic network primarily, and the geoprocessing was carried out in ArcGIS 10.5 software, obtaining a total of 11 types of geomorphological units, which have been named according to the methodology of the Ministry of Environment (2013), the mountainous relief is the most dominant in the parish, while the medium hills occupy the smallest territorial extension; finally, the last objective was the validation of the cartography obtained through the survey of primary information for the corroboration of the geomorphology, geology and landslides as part of the morphodynamics, thus obtaining the final geomorphological map corresponding to the Santiago parish at a scale of 1:10,000.

Key words: *Geomorphology, GIS, DTM, Geomorphological survey, geomorphological cartography*



3. Introducción

Una de las problemáticas que presenta la parroquia Santiago es que, según la cartografía presentada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) a escala 1:50 000 en el año 2011, un 32,64 km² de la superficie en la parroquia se encuentra en un nivel de susceptibilidad muy alto a movimientos en masa, seguido de un 26,99 km² del territorio se localiza en un nivel de susceptibilidad alto a movimientos en masa. Constituyéndose como un problema social ya que causado pérdidas económicas entre la población. Algunos de los acontecimientos relacionados a esta problemática que podemos citar se encuentran: En enero de 2013, al menos ocho deslizamientos ocurridos a la altura de las parroquias Santiago y San Lucas interrumpieron el paso vehicular en la carretera que une a esa provincia con el Azuay. Según las autoridades, había vehículos atrapados entre los deslaves. (El Telégrafo, 2013); A inicios de diciembre de 2020, en el ingreso a la parroquia Santiago, el río del mismo nombre se salió de su cauce y anegó viviendas, cultivos y vehículos. 13 familias resultaron afectadas, con un total de 60 personas entre niños y adultos. Un hogar quedó damnificado porque se destruyó su casa. Los habitantes dicen que hace tres años se produjo una emergencia similar que destruyó la escuela del lugar y destruyó casas (Diario Crónica, 2020); “La vía Loja – Cuenca amaneció nuevamente cerrada este jueves 3 de diciembre de 2020, según reportan usuarios. El incremento de lluvias ha derivado en la acumulación de material pétreo y derrumbes que obstaculizan la vía Panamericana” (Diario El Universo, 2020).

El problema de investigación se centra en la deficiencia de información sobre las unidades geomorfológicas de la parroquia, justificándose de forma técnica el desarrollo de la temática presentada, ya que, con el levantamiento geomorfológico a escala 1: 10 000 con la utilización de la herramienta SIG, se podrá obtener información a mayor detalle de las unidades geomorfológicas que presenta esta parroquia, ya que, como se menciona en la “Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000” del Servicio Geológico Colombiano (2017) la geomorfología constituye el factor más importante para el análisis de la evolución del territorio y su relación con la ocurrencia de procesos con características definidas. Dado que la cartografía geomorfológica registra información de las formas del terreno, los materiales que las constituyen y los procesos superficiales que los afectan, en la ejecución de estudios de amenaza por movimientos en masa es obligatoria la elaboración de estos mapas tanto para los análisis de amenaza como para su validación e incorporación en la planificación territorial (p. 57). Pese a los avances en tecnología para la obtención de geoinformación, la cartografía geomorfológica expuesta en el PDOT de la



parroquia Santiago no presenta un nivel de detalle muy alto, lo que desata una serie de inconvenientes debido a la mala organización del territorio por falta de estudios, y con ello limitan el desarrollo de la comunidad sobre todo en las actividades agrícolas y ganaderas considerando que, según el PDOT del cantón Loja (2019) en la parroquia Santiago el 51% y 81% de la población de esta zona pertenecen al sector primario. Es por ello que, con el levantamiento geomorfológico mediante el uso de herramientas SIG, de la parroquia Santiago a escala 1:10 000 se pretende entregar una mejor información en cuanto a las unidades geomorfológicas de este sector para así poder identificar, limitar y zonificar áreas susceptibles a deslizamientos.

La importancia de la realización de cartografía geomorfológica radica en que es un apoyo indispensable para los estudios de planificación del territorio y determinación de zonas de riesgo principalmente por deslizamientos de tierra. El GAD Santiago (2019) en la actualización de su PDOT indica que, “según el análisis de riesgo por movimientos en masa, el determinante que se le da es de riesgo alto, siendo 9 localidades con riesgo alto” (p. 181), aunque no especifica qué localidades están en esa categoría de riesgo. La parroquia Santiago al estar condicionada por su topografía irregular, altas precipitaciones y materiales geológicos de baja resistencia, han aumentado la amenaza a movimientos en masa y por el desconocimiento de estos factores, existen asentamientos humanos en zonas inestables, afectando a la infraestructura vial y de vivienda, ocasionando múltiples daños materiales a la población.

Para el correcto desarrollo del presente proyecto de investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se realiza la introducción al Trabajo de Titulación dando a conocer la importancia del levantamiento geomorfológico que se ha realizado.

En el capítulo 2 se presenta la revisión de literatura la cual tiene como finalidad dar al lector conocimientos previos al tema de investigación para una mejor comprensión.

En el capítulo 3 se encuentra descrita la metodología de trabajo, en ese punto se realizó una descripción del área de estudio, su ubicación, acceso, hidrografía, isotermas, Isoyetas, topografía, macrorelieve, cobertura y uso de la tierra y geología regional; más adelante se expone el método de investigación aplicado, materiales y equipos empleados para el desarrollo del proyecto de investigación, y finalmente, se explica la metodología de trabajo llevada a cabo para la realización de cada uno de los objetivos planteados.



Más adelante se presentan los resultados de la investigación en el capítulo 4, allí se describen los resultados de cada objetivo elaborado de manera cuantitativa y cualitativa, incluyendo la cartografía relacionada a la morfometría, pendientes, geología y geomorfología de la parroquia principalmente.

En el apartado 5 se realiza la discusión de resultados en dónde se conocerá si los resultados son concordantes o se correlacionan con resultados de estudios previos.

Finalmente, en los apartados 6, 7 y 8 se encuentran las conclusiones y recomendaciones del trabajo para cada uno de los objetivos planteados, y la bibliografía de la que se tomó la información plasmada en el presente documento.

Es así que se plantearon los siguientes objetivos para el correcto desarrollo del trabajo de investigación:

Objetivo general

Levantar geomorfológicamente a escala 1:10.000 mediante el uso de herramientas SIG la parroquia Santiago, del cantón y provincia de Loja.

Objetivos específicos

1. Identificar los principales índices del relieve presentes en la parroquia Santiago
2. Delimitar y digitalizar las geoformas de la zona de estudio mediante fotointerpretación empleando ortofotos de la parroquia Santiago para obtener la cartografía geomorfológica preliminar.
3. Verificar en campo la cartografía obtenida para realizar las rectificaciones pertinentes y así obtener la cartografía geomorfológica final.



4. Marco Teórico

4.1 Geomorfología

Gutiérrez (2008) menciona, que “etimológicamente la Geomorfología deriva de los vocablos griegos geo (Tierra), morphos (formas) y logos (tratado), es decir, es la ciencia que se estudia las diferentes formas de la superficie terrestre” (p. 2).

Por otro lado, Lugo (2011) añade que:

La geomorfología es una ciencia geológico-geográfica que estudia las formas de la superficie terrestre (el relieve), incluso las que se encuentran cubiertas por el agua del océano, lagos, ríos y glaciares; y la superficie de los astros del Sistema Solar. El estudio geomorfológico incluye la descripción de las formas (morfología), su origen (génesis), estructura, historia de desarrollo, dinámica actual, diagnóstico a futuro y su relación con la actividad humana. (p. 189)

4.1.1 Geomorfología aplicada

Rama de la geomorfología que estudia el relieve terrestre, principalmente en cuanto a su forma, génesis y procesos actuales, con el fin de obtener un beneficio, por ejemplo, en la búsqueda de yacimientos minerales in situ y placeres, en la planificación y construcción de obras de ingeniería, peligros por fenómenos naturales, protección de costas y muchos casos más. (Lugo, 2011, p. 190)

Las aplicaciones de la Geomorfología aplicada pueden dividirse en dos grandes clases (Gutiérrez, 2008):

1) El hombre como agente geomorfológico, en términos de sus efectos, inadvertidos sobre los procesos y las formas geomorfológicas.

2) Como ayuda para valorar la ubicación, construcción ingenieril y planificación. (p. 16)

4.1.2 Formas de relieve

Geoforma es el concepto genérico que designa todos los tipos de formas del relieve independientemente de su origen, de su dimensión y de su nivel de abstracción. Las geoformas tienen un componente interno (hipogeo) y un componente externo (epigeo) en relación a la superficie del terreno.

- El componente interno es el material de la geoforma (el contenido), cuyas características conllevan información genética y estratigráfica (cronológica).



- El componente externo de la geoforma es su figura, su “forma”, la cual expresa una combinación de características morfográficas y morfométricas. El componente externo es directamente accesible a la percepción visual proximal o distal, que esta sea humana o instrumental. (Zinck, 2012, p. 18)

Para un estudio y caracterización adecuada de la evolución de los tipos de relieve, se requiere tener en cuenta la definición de cuatro conceptos muy importantes empleados en el estudio geomorfológico, los cuales son:

4.1.2.1 Morfogénesis.

Este aspecto involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, entre lo que abarca las causas y procesos que dieron origen a las formas de terreno, ya que el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que interactúan para darle las formas a la superficie terrestre en diferentes intensidades y proporciones y durante intervalos de tiempo geológico. (Grupo Energía Bogotá, 2014, p. 6)

Tabla 1.

Ambientes genéticos presentes en el Ecuador

GRUPO GENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Fluvial	Formas y depósitos ligados a ríos y al flujo de agua habitualmente encauzada. También se incluyen formas resultantes de la erosión generalizada por agua
Fluvio-lacustre	Formas y depósitos ligados a lagos, lagunas y áreas endorreicas, incluyendo depresiones con acumulación de agua esporádica, temporal o permanente
Deposicional	Formas y depósitos relacionados con la evolución y dinámica de las laderas o vertientes
Glaciar y periglaciar	Formas y depósitos producidos por la acumulación de hielo (glaciares) y en las zonas de su periferia o en las que dominan los ciclos de hielo y deshielo del terreno y/o la existencia de permafrost (periglaciares)
Volcánico	Formas y depósitos tanto asociados directa o indirectamente a edificios volcánicos recientes como relieves que aparecen sobre sustrato volcánico
Marino	Formas y depósitos relacionados tanto con la dinámica litoral actual y reciente, como formas relacionadas con depósitos marinos antiguos
Kárstico	Formas desarrollados principalmente sobre rocas calcáreas y evaporítico-salinas, con un característico modelado
Meteorización	Formas características producto de una intensa meteorización química
Eólico	Formas y depósitos producidos por la acción del viento
Estructural	Modelados resultantes de la interacción entre los diversos procesos erosivos y la litología y estructura de las rocas



GRUPO GENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Tectónico-erosivo	Formas sin rasgos característicos (geoformas banales), no ligadas a ningún sustrato litológico concreto, de cierta extensión y continuidad. Las geoformas incluidas en este grupo han sido modeladas por una erosión relativamente uniforme en su conjunto, generalmente sobre materiales que habían sido con anterioridad elevados tectónicamente
Poligénicas	Formas y depósitos que tienen su origen en dos o más grupos genéticos o que son de difícil adscripción a uno de ellos
Otras	Se incluyen en este grupo geoformas de definición poco precisa, difícilmente representables por sus propias características y modo de aparición o áreas de fuerte intervención antrópica que impiden reconocer la geoforma original o representarla

Nota: Adaptado de Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA, 2015

4.1.2.2 Morfología.

“Corresponde a las características o aspectos relacionados con la geometría de las unidades geomorfológicas” (Grupo Energía Bogotá, 2014, p. 6).

4.1.2.3 Morfometría.

Parte de la geomorfología que estudia las características cuantitativas de las formas del relieve (altura, superficie, pendiente, volumen, etc.).

Análisis de los elementos del relieve a partir de diversos índices numéricos: medios, máximos, mínimos. Los principales índices morfométricos del relieve son la diferencia de alturas entre divisorias y cauces (profundidad de la disección), la distancia horizontal entre ellos, la longitud de cauces fluviales por unidad de superficie (densidad de la disección) y la diferencia máxima de altura por unidad de superficie (energía o amplitud del relieve). (Lugo, 2011, p. 196)

4.1.2.4 Morfodinámica.

Este aspecto se focaliza en los procesos denudativos que han afectado, están afectando y se pueden activar en el futuro, concepto que permite comprender la evolución y cambio que puede tener la superficie terrestre también permite evidenciar el grado de movilidad o de actividad relacionada a un paisaje, determina los procesos y su intensidad en la conformación de las geoformas. (Grupo Energía Bogotá, 2014, p. 6)

4.2 Movimientos en masa

“Los movimientos de masa son procesos en los que se movilizan materiales por la acción de la gravedad y pueden ser peligrosos o incluso desastrosos cuando afectan a la vida y propiedades del hombre” (Gutiérrez, 2008, p. 231).



Clasificación de los movimientos en masa según el tipo de movimiento

Cruden & Varnes (1996) establecieron los principales tipos de movimientos en masa, los cuales son los que se definen a continuación.

4.2.1 Caídas

Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando. (Cruden & Varnes, 1996) (*Figura 2a*)

4.2.2 Basculamiento o volcamiento

“Un basculamiento es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada” (Cruden & Varnes, 1996). (*Figura 2b*)

4.2.3 Deslizamientos

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante. Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento. (Cruden & Varnes, 1996)

4.2.3.1 Deslizamientos rotacionales.

Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia él. El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte, por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona. (Cruden & Varnes, 1996) (*Figura 2c*).

4.2.3.2 Deslizamientos traslacionales.

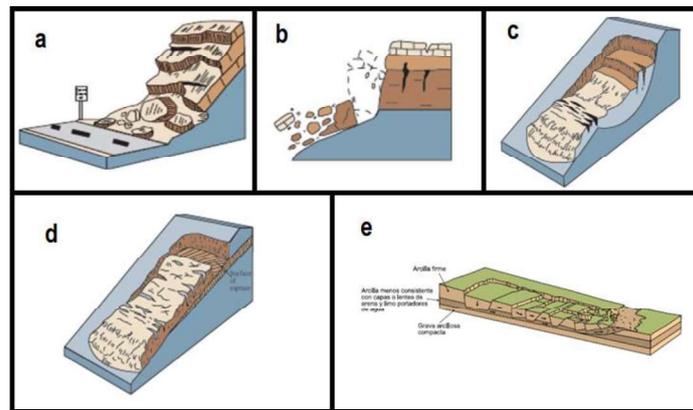
La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno. La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados. (Cruden & Varnes, 1996) (*Figura 2d*).

4.2.4 Propagación lateral

La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando. La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. (Cruden & Varnes, 1996) (Figura 2e).

Figura 1.

Tipos de Movimientos en masa



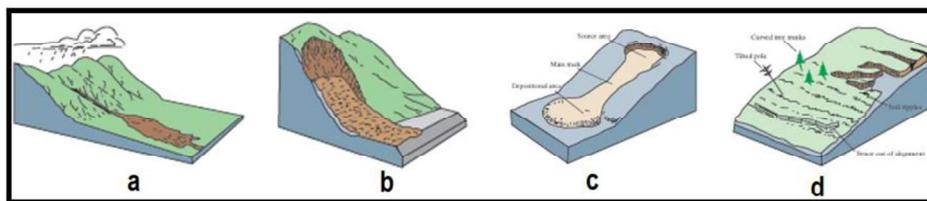
Nota: Adaptado de USGS, 2016

4.2.5 Flujos

Los principales tipos de flujos según USGS (2016) son:

1. **Flujo de detritos:** Un flujo de detritos es una forma de movimiento rápido de masas en el que una combinación de suelo suelto, roca, materia orgánica, aire y agua se moviliza como un lodo que fluye pendiente abajo. Los flujos de detritos son comúnmente causados por un intenso flujo de agua superficial, debido a fuertes precipitaciones o al rápido derretimiento de la nieve, que erosiona y moviliza suelo suelto o rocas en pendientes empinadas.
2. **Avalancha de detritos:** “Esta es una variedad de flujo de detritos muy rápido a extremadamente rápido”.
3. **Flujos de tierra:** Los flujos de tierra tienen una forma característica de "reloj de arena". El material del talud se licua y se escurre, formando un cuenco o depresión en la cabeza. El flujo en sí es alargado y generalmente ocurre en materiales de grano fino o rocas arcillosas en pendientes moderadas y en condiciones de saturación.

4. **Reptación (Creep):** La reptación es el movimiento descendente imperceptiblemente lento y constante del suelo o roca que forma pendientes. El movimiento es causado por un esfuerzo cortante suficiente para producir una deformación permanente, pero demasiado pequeño para producir una falla por cortante. La reptación se indica mediante troncos de árboles curvos, cercas o muros de contención doblados, postes o cercas inclinados y pequeñas ondulaciones o crestas del suelo.

Figura 2.*Tipos de flujos*

Nota: Adaptado de USGS, 2016

4.3 Índices del Relieve

4.3.1 Índices topográficos

Con la aparición y desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha hecho necesario la aplicación de un concepto, concebido ya a finales de la década de los 1950, para modelar, analizar y visualizar los fenómenos relacionados con la topografía, o con variables de distribución continua, de una forma numérica y procesable por ordenadores: los Modelos Digitales de Terreno (MDT).

La obtención de variables del terreno de forma automática a partir de los MDT y los SIG ha abierto nuevas posibilidades de análisis y específicamente para la geomorfología cuantitativa, en la delimitación automática de variables relativas a las cuencas de drenaje, y en la delimitación de formas del terreno.

Los índices topográficos se clasifican en:

- Índices topográficos primarios (derivables directamente a partir de los datos de altura representados en el modelo)
- Índices topográficos secundarios o compuestos (implican combinaciones de los atributos topográficos primarios). (Ministerio del Ambiente, 2013, p.18 - 19)

4.3.2 Índices de formas del terreno

Este algoritmo realiza un análisis cualitativo de la morfología del relieve. Tomando una celda de un MDT y sus 8 celdas vecinas, se puede clasificar la forma de la celda central en función de los valores del conjunto con las siguientes categorías:

- Cima
- Depresión
- Plano
- Línea de ruptura convexa
- Línea de ruptura cóncava
- Cresta
- Canal. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 19)

4.3.3 Curvatura

“Este algoritmo aporta información sobre la concavidad o convexidad de la superficie en un punto dado (*Figura 3*). Se ejecuta a partir de medidas geométricas basadas en derivadas de segundo grado, los parámetros que expresan esa información se denominan curvaturas” (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 19).

Figura 3.

Esquema de curvatura



Nota: Adaptado de Ministerio del Ambiente, 2013

4.3.4 Sombreado

El análisis del sombreado del relieve es una técnica que se utiliza para generar de forma automática mapas de relieve sombreados. El sombreado del relieve se utiliza para realzar visualmente los elementos del terreno simulando los efectos de iluminación de la luz del sol sobre la superficie del terreno. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 20)

4.3.5 Pendiente

La pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la



superficie. La tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 20)

4.4 Geología

Ciencia encargada de estudiar la estructura, composición y evolución de las particularidades del planeta Tierra. Es de gran relevancia al ser parte de varias actividades del ser humano. Su conocimiento sustenta la mayoría de los recursos que la población y la industria necesitan: energía, minerales, agua y alimentos.

El trabajo de los geólogos es importante para fomentar el desarrollo económico de un país, estructurar proyectos de infraestructura, diseñar planes de ordenamiento territorial, incluso para proteger la vida de sus habitantes a través del desarrollo de planes de mitigación de riesgos y desastres naturales. (Cárdenas, 2018)

4.4.1 Roca

Una roca es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la Tierra y su importancia, en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron.

Las rocas se clasifican según su modo de formación u origen en tres grupos: Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas. (SGM, 2017)

4.4.1.1 Ígnea.

Las rocas ígneas (ignis = fuego) se forman cuando la roca fundida, denominada magma, se enfría y se solidifica. Las rocas ígneas de grano grueso que se forman muy por debajo de la superficie se denominan plutónicas. Las rocas ígneas que se forman en la superficie terrestre se denominan volcánicas y suelen ser de grano fino. (Tarbuck, E & Lutgens, F, 2005, p. 108)

4.4.1.2 Sedimentaria.

Los sedimentos, la materia prima de las rocas sedimentarias, se acumulan en capas en la superficie de la Tierra. Son materiales que se forman a partir de rocas preexistentes por los procesos de meteorización. Algunos de estos procesos fragmentan físicamente la roca en piezas más pequeñas sin modificar su composición. (Tarbuck, E & Lutgens, F, 2005, p. 202)

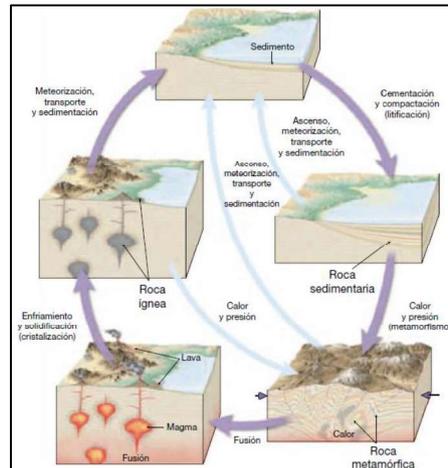
4.4.1.3 Metamórficas.

Las rocas metamórficas se producen a partir de rocas ígneas, sedimentarias o incluso otras rocas metamórficas. Así, cada roca metamórfica tiene una roca madre, la roca a partir de

la que se ha formado. La mayoría de cambios tienen lugar a temperaturas y presiones elevadas que se dan en la profundidad de la corteza terrestre y el manto superior. (Tarbuck, E & Lutgens, F, 2005, p. 228)

Figura 4.

Ciclo de las rocas



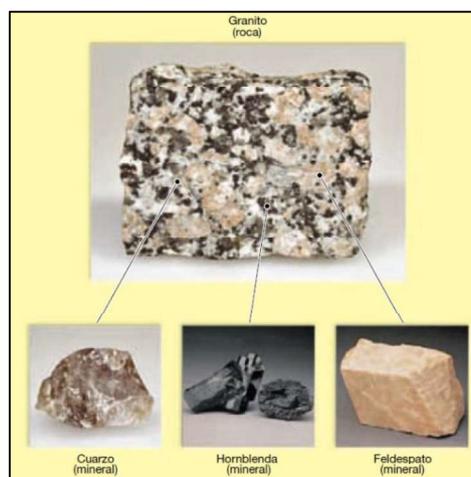
Nota: Adaptado de Tarbuck, E & Lutgens, F, 2005

4.4.2 Mineral

Los geólogos definen los minerales como cualquier sólido inorgánico natural que posea una estructura interna ordenada y una composición química definida. Los minerales son los componentes básicos de las rocas.

Figura 5.

Ejemplo de roca y los minerales que la conforman



Nota: Adaptado de Tarbuck, E & Lutgens, F, 2005

4.5 Topografía

Lugo (2011) establece que, es la disciplina que se ocupa de los métodos de cartografía para la representación de la superficie terrestre, total o en porciones, en cualquier escala en un mapa. Los métodos actuales de la topografía se basan en la aerofotogrametría y las imágenes de satélite. (p. 398)

4.6 Sistemas de Información Geográfica

Una definición clásica es la de C.D. Tomlin (1990), para quien un SIG es un elemento que permite «analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre». El mismo autor argumenta, no obstante, que «esta es una definición muy amplia, y habitualmente se emplea otra más concreta. En palabras habituales, un SIG es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos».

En una línea similar, J. Star & J. Estes (1990) define un SIG como un «sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos. (Olaya, 2014, p. 3)

4.6.1 Tipos de datos

4.6.1.1 SIG Vectorial.

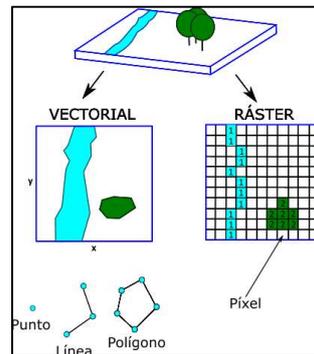
Con este modelo se persigue la representación vectorial de la información espacial. Es preciso recordar el concepto de vector como segmento definido por dos puntos, uno inicial y otro final que definen su tamaño, su dirección y su sentido. Así, podemos aproximarnos a la estructura vectorial pensando que cada punto de la realidad queda definido por unas coordenadas X e Y y pertenece siempre a un elemento geográfico (punto, línea o polígono). (Morea & Huerta, 2013, p. 18)

4.6.1.2 SIG Ráster.

Consiste en conjunto de mapas individuales sobre el mismo territorio que se representan utilizando una rejilla de rectángulos regulares con el mismo tamaño, en donde por cada rectángulo o píxel es asignado un número representativo del valor de la variable temática cartografiada. Superponemos el mapa analógico origen a la rejilla de rectángulos quedando definido en cada píxel el valor de la característica estudiada. (Morea & Huerta, 2013, p. 21)

Figura 6.

Comparación de los modelos vectorial y ráster



Nota: Adaptado de My GIS Notebook, 2019

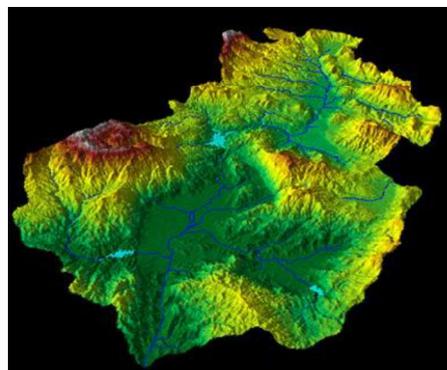
4.6.2 Modelo de Elevación digital (MDE o DEM)

“El Modelo Digital de Elevaciones es la pieza clave del análisis geomorfométrico. Es el equivalente informatizado de la cartografía clásica de elevaciones tradicionalmente representada mediante curvas de nivel” (Olaya, 2014, p. 362).

Los modelos de elevación digital son productos estándar del análisis fotogramétrico digital de fotografías aéreas o imágenes satelitales. La aplicación de los DEM se extiende a campos tan diversos como la geografía, la hidrología, la ecología, los estudios de impacto ambiental y la cartografía en general. La fotogrametría digital utiliza técnicas de comparación de imágenes para estimar la elevación de los objetos en el campo a partir de pares estereoscópicos. (Méndez & Jiménez, 2012, p. 27)

Figura 7.

Modelo de Elevación digital



Nota: Adaptado de ESRI, 2011

4.7 Fotografía aérea

Es una imagen que representa una porción del terreno, la cual se obtiene mediante el registro de la luz reflejada por la superficie utilizando una cámara fotográfica colocada en una plataforma aérea. Una fotografía no tiene asignadas coordenadas y presenta distorsiones o deformaciones originadas en su método de captura y en el propio relieve del terreno. En consecuencia, estas deformaciones deben corregirse con el fin de utilizar la fotografía como un insumo cartográfico, mediante el proceso denominado como ortorrectificación. (SIG TIERRAS, 2017, p. 8)

4.7.1 Ortofotografía

Es una fotografía aérea a la cual se le asignan coordenadas una vez que es corregida de las distorsiones propias del proceso de toma y del relieve del terreno. Sobre ella se pueden efectuar mediciones, como se lo haría sobre un mapa.

La ortofotografía es una capa de información fundamental ya que permite “observar georreferenciadamente” el territorio, interpretar datos, añadir información, modelar escenarios y construir nuevas bases de datos. (SIG TIERRAS, 2017, p. 12)

Figura 8.

Ortofotografía proporcionada por SIG Tierras



Nota: Adaptado de SIG TIERRAS, 2017

4.7.2 Modelo Digital del Terreno (MDT)

MDT (DTM por sus siglas en inglés), es una superficie continua que representa las alturas o cotas de la superficie terrestre. Se almacena de forma similar a una imagen, en la que

cada unidad o pixel tiene asignado un valor numérico que corresponde a la cota. Permite conocer y analizar el relieve.

Un concepto similar es el de modelo digital de superficie (MDS), que describe tanto las formas del relieve como los elementos u objetos presentes sobre el mismo (edificaciones, vegetación). El modelo digital de elevaciones (MDE) es el término genérico para englobar tanto el MDT como el MDS. (SIG TIERRAS, 2017, p. 10)

Figura 9.

MDT representado mediante colores y mapa de sombras



Nota: Adaptado de SIG TIERRAS, 2017

4.8 Fotointerpretación

Es la técnica básica de adquisición de información para la elaboración del mapa geomorfológico. Consiste en la subdivisión del territorio en Unidades Geomorfológicas, o Geoformas, entendidas estas como porciones del paisaje identificables respecto a las de su entorno inmediato y que presentan características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre el que se asienta). (Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA, 2015, p. 24 - 25)



4.9 Cartografía

“Disciplina geográfica que define todos los procesos que conducen a la elaboración de los mapas, desde el trabajo de campo al de diseño y elaboración final” (Lugo, 2011, p. 64).

4.9.1 *Mapa geomorfológico*

Representa el relieve terrestre con base en la morfología y la génesis del mismo, además de otros parámetros, como geomorfometría, litología y edad. El principio básico de la elaboración del mapa geomorfológico consiste en clasificar las formas del relieve por su origen, para lo cual se usa el color. A esto se agrega la edad geológica con los símbolos correspondientes. (Lugo, 2011, p. 257)

4.9.2 *Mapa geológico*

“Representación en planta (en proyección vertical) de la geología de un área o territorio. Los mapas geológicos entregan información litológica, estratigráfica y estructural” (Oyarzún, 2009, p. 35).

4.9.3 *Mapa topográfico*

Representación en un plano de la superficie terrestre en cualquier escala, donde el relieve se expresa en curvas de nivel, mismas que permiten leer las formas, así como sus dimensiones de altura absoluta y relativa. La escala proporciona las dimensiones espaciales. A partir de lo anterior es posible obtener valores aproximados de superficie, volumen, pendiente y varios más que se aplican al estudio del relieve terrestre. (Lugo, 2011, p. 258)

5. Metodología

5.1 Área de estudio

5.1.1 Ubicación

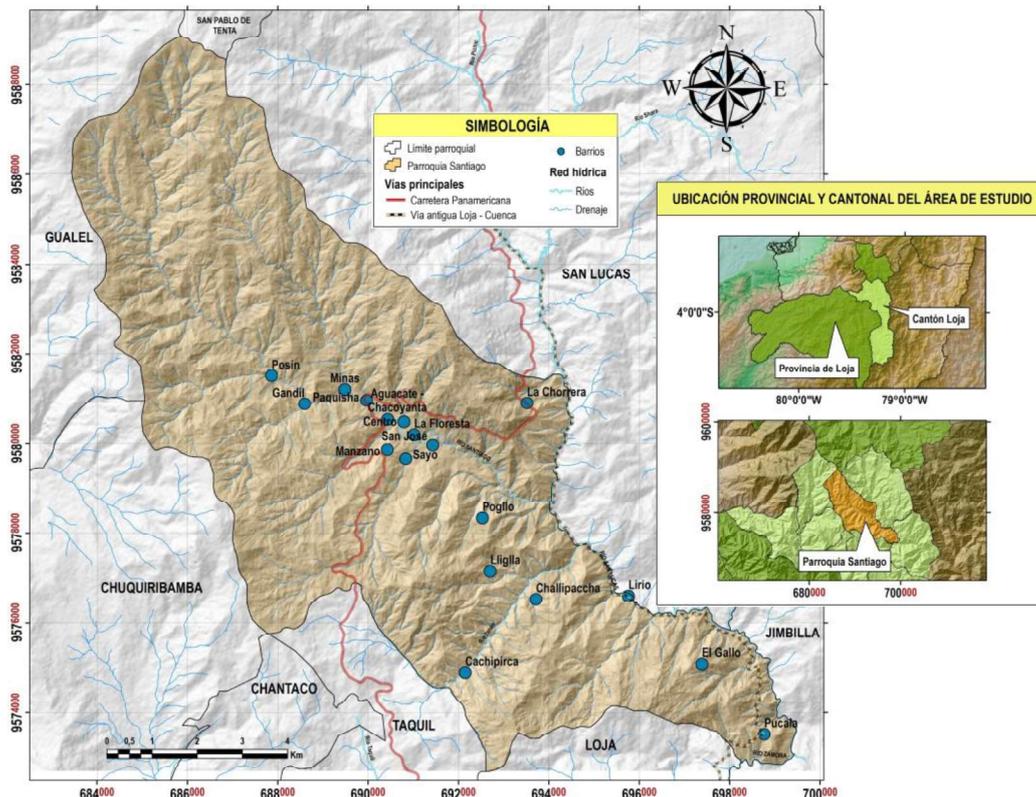
Se encuentra localizada al noroeste del cantón Loja, en dirección a la provincia del Azuay. La parroquia cuenta con una extensión de 10 191,85 ha.

Los límites de la parroquia Santiago son:

- **Norte:** Con la parroquia San Pablo de Tenta del cantón Saraguro y las parroquias San Lucas y Gualiel.
- **Sur:** Con la parroquia urbana Carigán del cantón Loja y la parroquia Jimbilla.
- **Este:** Con las parroquias de San Lucas y Jimbilla.
- **Oeste:** con las parroquias de Taquil, Chantaco, Chuquiribamba y Gualiel.

Figura 10.

Ubicación de la parroquia Santiago



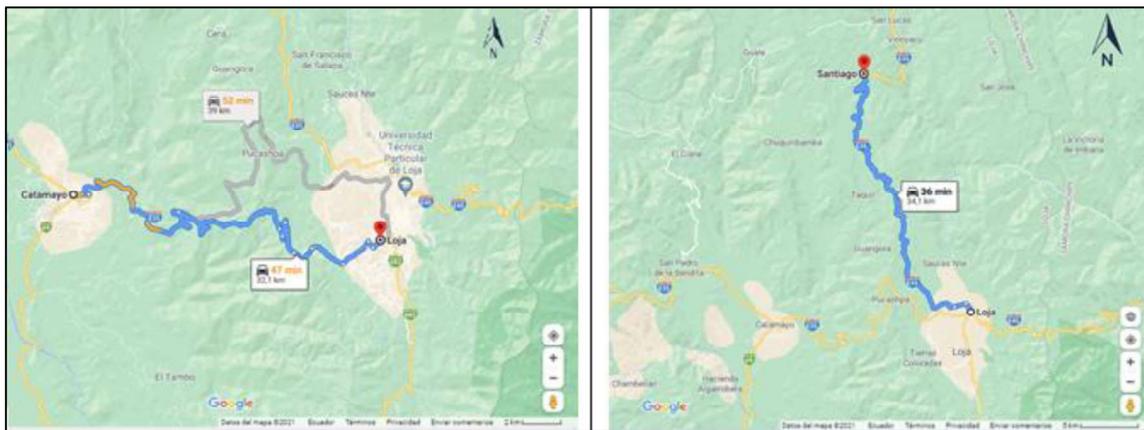
5.1.2 Acceso

El acceso a la parroquia Santiago se lo puede realizar por vía aérea desde la ciudad de Quito con rumbo a la ciudad de Catamayo, provincia de Loja, con un tiempo estimado de 1

hora. Después por vía terrestre, desde la ciudad de Catamayo hacia la ciudad de Loja con una distancia de 32 km por la vía Panamericana y un tiempo de viaje de 45 minutos aproximadamente. La parroquia Santiago se encuentra a una distancia de 34 km de la ciudad de Loja por vía terrestre. La vía principal que conduce a la parroquia es la panamericana Loja – Cuenca que comunica con el resto de la serranía ecuatoriana.

Figura 11.

Acceso a la parroquia Santiago



Nota: Adaptado de Google Maps

5.1.3 Clima

La parroquia Santiago tiene un tipo de clima Ecuatorial Mesotérmico Semi – Húmedo, se encuentra a una altura de 2.450 m.s.n.m. Los factores que dan origen al clima de la parroquia son los mismos factores que afectan a la región andina, especialmente la latitud y el relieve, en términos más generales, la zona de convergencia intertropical (ZCIT), el efecto de la interacción Océano Pacífico – atmósfera (Fenómeno El Niño Oscilación del Sur y Corriente Fría de Humboldt) y la cubierta vegetal. (GAD Santiago, 2019)

5.1.3.1 Precipitación.

Tanto para la elaboración del mapa de isoyetas como el mapa de isotermas, se tomó en cuenta las estaciones meteorológicas cercanas a la parroquia Santiago a partir de los datos publicados en los anuarios meteorológicos del INHAMI durante los años que van desde 1990 hasta el año 2013.

En la parroquia Santiago predominan precipitaciones medias con rangos que van desde los 988,09 mm/año hasta 1040,80 mm/año, ocupando una superficie de 38,58 km²; seguido de precipitaciones bajas con rangos de 935,38 mm/año a 988,09 mm/año, con una superficie de



36,74 km² y en menor predominio se encuentran precipitaciones altas con rangos de 1040,80 mm/año hasta los 1093, 51 mm/año, con una extensión de 26,60 km².

Tabla 2.

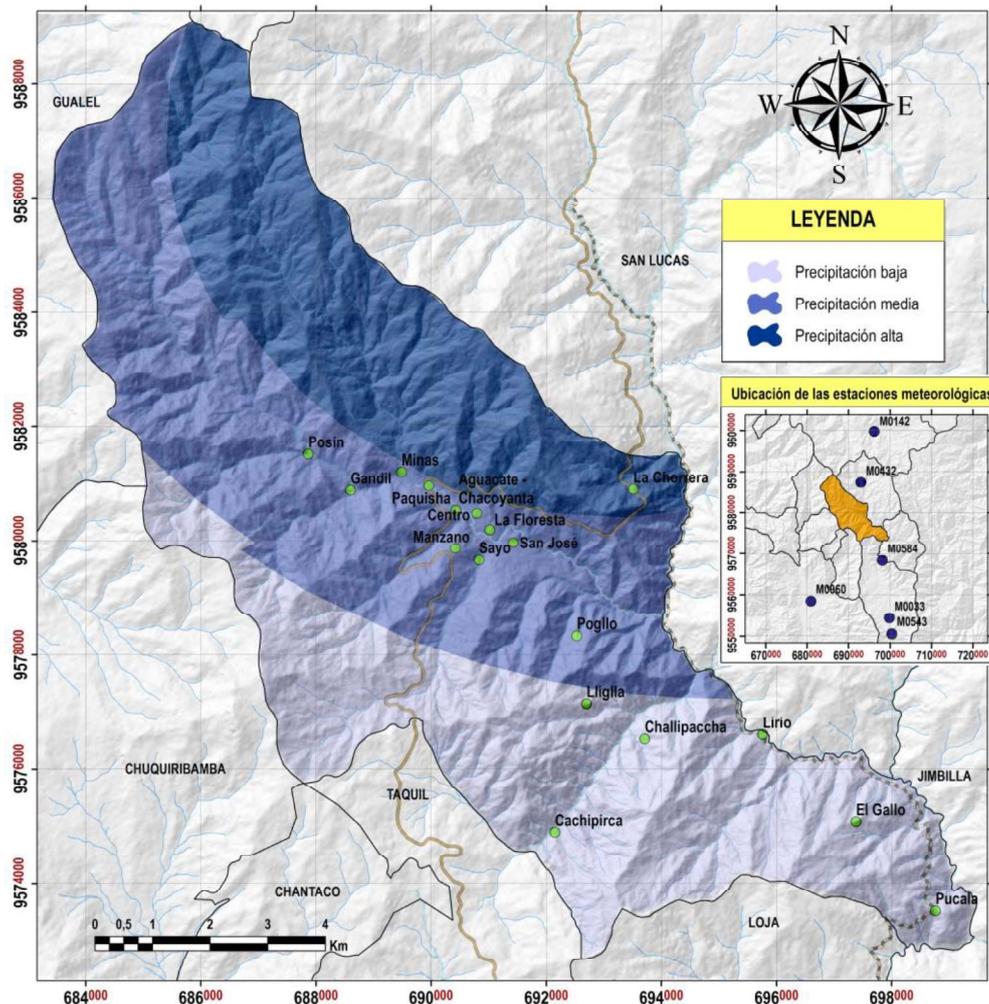
Datos de precipitación media anual de la parroquia Santiago

Código	Estación	X (m)	Y (m)	Precipitación media anual (mm/año)
M0033	La Argelia - Loja	699905	9554269	908
M0060	La Toma Catamayo	680892	9558407	384
M0142	Saraguro	696255	9599747	822
M0432	San Lucas	693002	9587307	1137
M0543	Cajanuma	700452	9550428	1095
M0584	Las Juntas	698187	9568283	989

Nota: Elaborado por el autor con información obtenida en los anuarios meteorológicos del INHAMI.

Figura 12.

Isoyetas de la parroquia Santiago



Nota: Isoyetas elaboradas por el autor con información de los anuarios meteorológicos del INHAMI

5.1.3.2 Temperatura.

Predominan temperaturas bajas con rangos desde 14,26 °C hasta los 14,90 °C, ocupando una superficie de 39,68 km²; seguido de temperaturas altas con rangos de 14,90 °C a 15,54 °C, con una superficie de 32,13 km²; y en menor predominio se encuentran temperaturas medias con rangos de 14,90 °C hasta los 15,54 °C, con una extensión de 30,11 km².

Tabla 3.

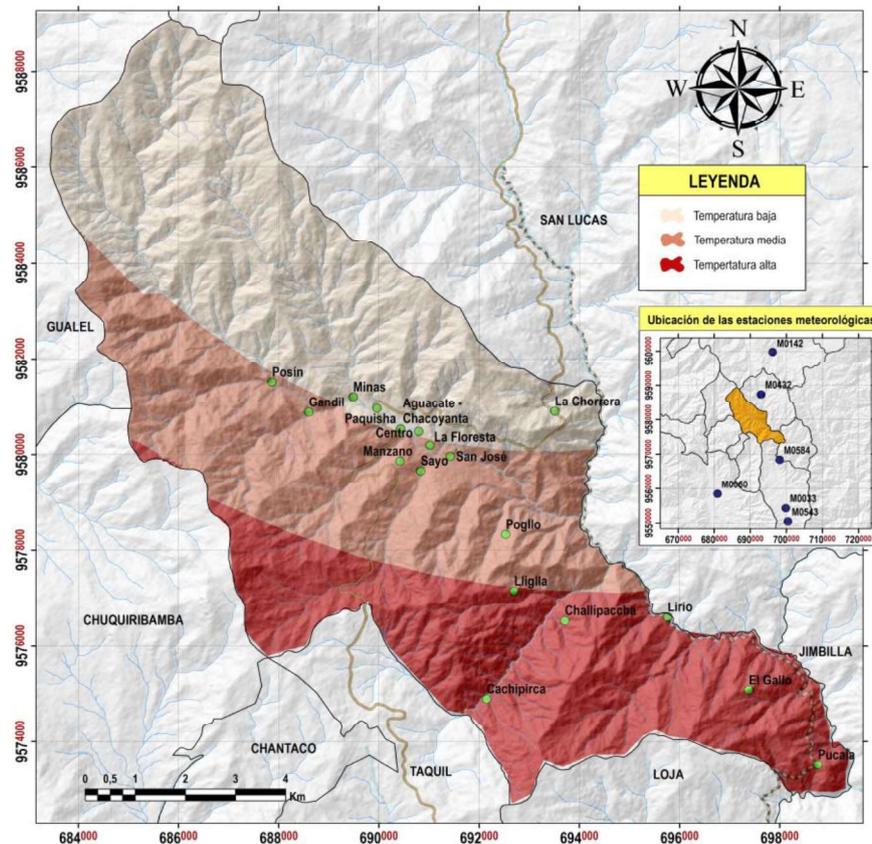
Datos de temperatura media de la parroquia Santiago

Código	Estación	X (m)	Y (m)	Temperatura media (°C)
M0033	La Argelia - Loja	699905	9554269	16
M0060	La Toma Catamayo	680892	9558407	24
M0142	Saraguro	696255	9599747	13
M0432	San Lucas	693002	9587307	14
M0543	Cajanuma	700452	9550428	14
M0584	Las Juntas	698187	9568283	16

Nota: Elaborado por el autor con la información obtenida en los anuarios meteorológicos del INHAMI.

Figura 13.

Isotermas de la parroquia Santiago



Nota: Isotermas elaboradas por el autor con información de los anuarios meteorológicos del INHAMI

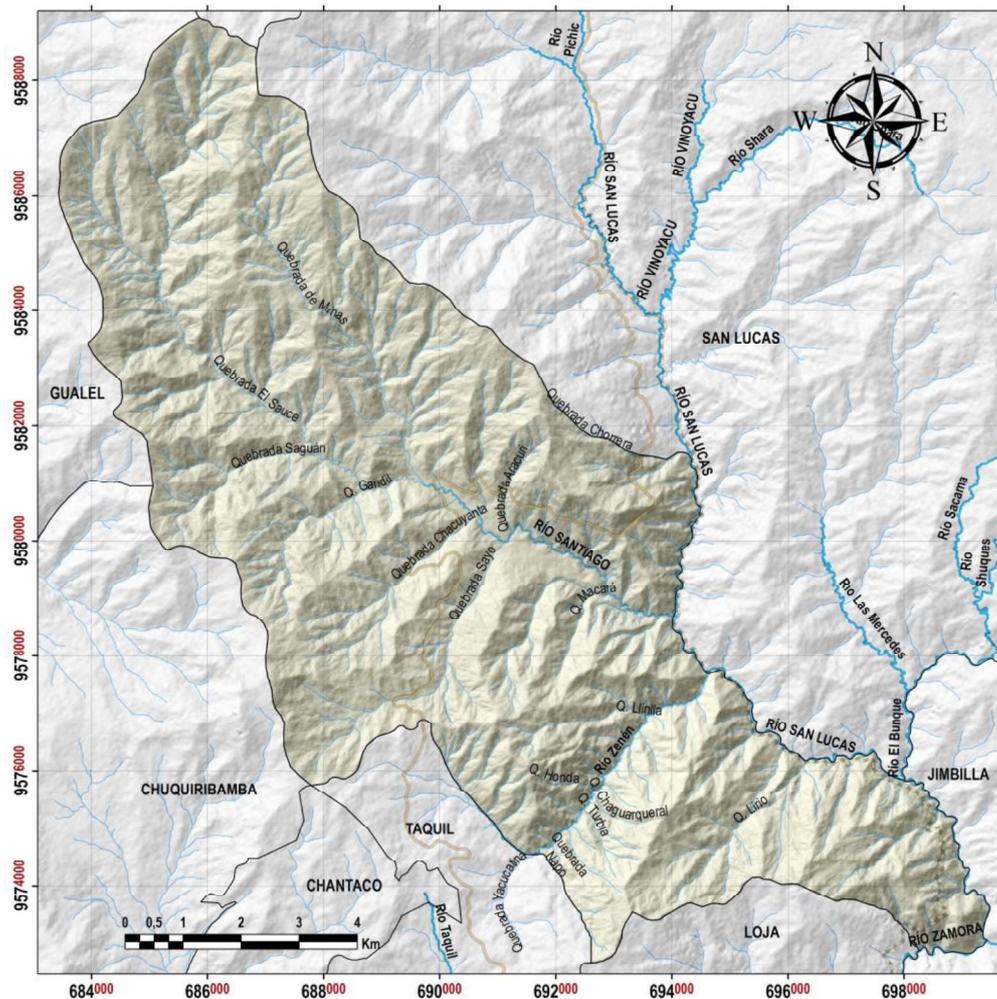
5.1.4 Hidrografía

Este recurso se origina en las partes altas de la parroquia, en donde se origina en primera instancia los nacientes y mediante la unión de los mismos, se forma las quebradas, mismas que se encuentran en un gran número alrededor de la parroquia y como último, mediante la unión de las quebradas se forma el río Santiago.

En la parroquia, se forma el afluente principal denominado río Santiago, mediante la unión de las quebradas: Minas, Sauce, Chuquiral, Saguan, Gandil y Chacoyanta, cuyo cauce se desplaza en dirección al sur-este para formar el río Las Juntas, mediante la unión del río Santiago, el río Cenén y otras quebradas. (GAD Santiago, 2019, p. 60)

Figura 14.

Red hidrográfica de la parroquia Santiago



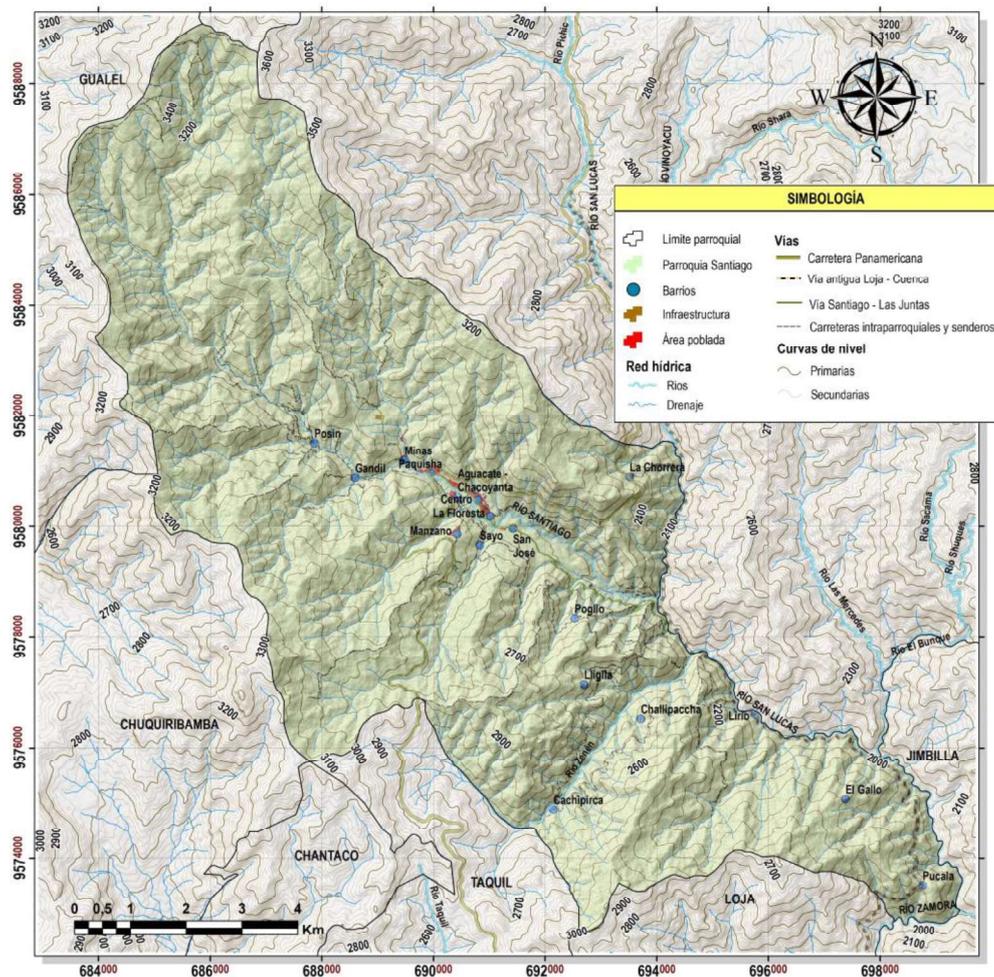
Nota: Red hidrográfica obtenida a partir del MDT de la parroquia y digitalización de las mismas con el empleo de Ortofoto.

5.1.5 Topografía

La parroquia Santiago presenta altitudes que oscilan desde los 2000 m.s.n.m en la parte Sureste de la parroquia hasta los 3600 m.s.n.m en el sector Noroeste de la parroquia. De acuerdo a la topografía del sector, gran parte de la parroquia presenta pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$) a escarpadas ($31^\circ - 45^\circ$), a excepción de las partes bajas correspondientes a zonas de deposición, llanuras aluviales y terrazas de la parroquia.

Figura 15.

Topografía de la parroquia Santiago



Nota: Curvas de nivel obtenidas a partir del MDT de la parroquia

5.1.6 Geología Regional

Las unidades y formaciones geológicas presentes en la parroquia Santiago se describen a continuación según lo mencionado por INIGEMM (2017):

- **Unidad Sayo Cruz (M_{Sac}):** Consiste de volcanosedimentos retrabajados de grano fino, color blanco-amarillento con líticos de pómez, intercalados con



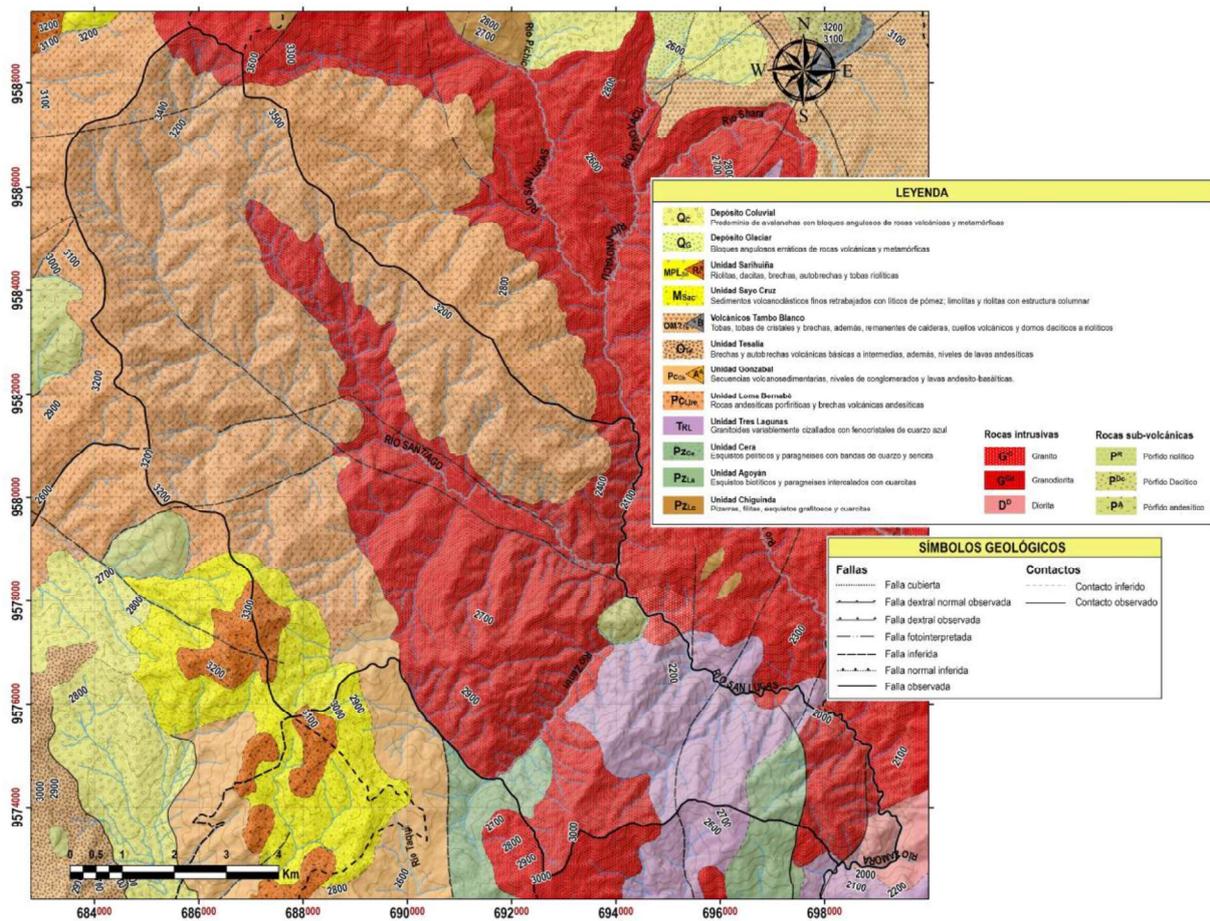
capas de limolitas y lutitas. Además, se incluyen cuerpos riolíticos hipoabisales que morfológicamente resaltan como picos elevados y estructuras columnares. Se infiere una edad miocénica a partir de correlaciones estratigráficas.

- **Unidad Gonzabal (Pc_{Gb}):** Consiste de una secuencia volcano sedimentaria. La secuencia incluye tobas líticas, brechas, niveles conglomeráticos granodecrecientes con estratificación cruzada local y lavas andesito-basálticas subporfíricas. La unidad se encuentra en contacto fallado con la Unidad Chigüinda y subyace discordante a la Formación Catamayo y a las unidades oligocénicas, por lo que se infiere que es de edad paleocénica tardía.
- **Unidad Loma Bernabé (Pc_{Lbe}):** Esta unidad se expone en la loma Bernabé y en la quebrada del mismo nombre y en la vía Cuenca - Loja, (Tramo Bucashi - Santiago). Comprende andesitas negras a grises púrpuras, porfíricas a microporfíricas y brechas volcánicas andesíticas gris verdosas.
- **Unidad Tres Lagunas (T_{Rl}):** Consiste de cuerpos masivos de granitoides variablemente cizallados de grano medio a grueso, con plagioclasa, moscovita, biotita y fenocristales de cuarzo azul. Al norte de Loja, la unidad se encuentra intruida por el plutón de San Lucas.
- **Unidad Cera (Pz_{ce}):** Definida en este proyecto como una secuencia metamórfica de grado medio que varía desde esquistos pelíticos hasta paragneises, correlacionables con la Unidad Agoyán. Litológicamente consiste de esquistos pelíticos de color gris verdoso, con cuarzo y biotita y paragneises con bandas de cuarzo y sericita. También esta unidad se infiere como de edad paleozoica.
- **Unidad Agoyán (Pz_{La}):** Definida en la parte central de la Cordillera Real, pero proyectada hasta el norte de la cuenca de Loja, en el sector de Quilloloma hasta Solamar. Está constituida por esquistos biotíticos intercalados con cuarcitas grises que regularmente presentan segregación de biotita, y paragneises con bandeamiento de cuarzo y biotita.
- **Granitos (G^G).** Afloran en el sector de Las Juntas y al oeste de la ciudad de Loja, en los sectores de Duraznillo y cerro Villonaco.

- **Granodiorita (G^{Gd}):** Se expone en la parte centro norte del área y los mejores afloramientos se presentan en la vía Cuenca - Loja entre los poblados San Lucas y Santiago. Este cuerpo granodiorítico muestra variaciones a granito, con textura fanerítica de grano medio a grueso, compuesto por plagioclasa, feldespato alcalino, cuarzo, biotita y menor hornblenda.
- **Dioritas (D^D):** Constituyen intrusiones jóvenes que se distribuyen desde el centro al oeste del área, alrededor de la confluencia de los ríos Zamora y San Lucas, formando la loma Pucalá y en el río Ari. Presentan texturas faneríticas de grano fino a medio, con plagioclasa, hornblenda y a veces piroxeno.

Figura 16.

Geología Regional de la parroquia Santiago



Nota: Adaptado de INIGEMM, 2017



5.1.7 Cobertura y uso de la tierra

A partir de la información sobre cobertura y uso de la tierra, escala 1:25 000 presentada por SIGTIERRAS-MAG (editada por el MAG año 2020) se procedió a la digitalización de polígonos de áreas mayores o iguales a 2500 m² (0,25 ha), correspondiente al área mínima cartografiada según nuestra escala de trabajo 1:10 000. De este resultado se obtuvieron 9 clases de cobertura y uso de la tierra (Figura 18), las cuales se describen a continuación.

La clase más representativa está dada por las *tierras agropecuarias* (Figura 17a) mismas que ocupan una superficie igual a 44,70 km². Los usos de esta clase se dan principalmente para las actividades ganaderas, agrícolas y piscícolas. El *bosque nativo* (Figura 17b) es la segunda clase más representativa en la parroquia, ocupando una superficie de 34,51 km², entre las especies vegetales que afloran se encuentran romerillo, cascarilla, palma de ramos, guabilla, entre otros; además mencionar que dentro de la parroquia se encuentran dos áreas protegidas como los son el Bosque protector Dr. Servio Aguirre y el Bosque protector El Sayo. Luego en menor categoría se encuentra el *páramo* (Figura 17c) con una extensión de 14,02 km² y *tierra arbustiva y herbácea* (Figura 17d) con una superficie de 5,67 km². En menor ocupación de superficie se encuentra *plantación forestal* (Figura 17e), las especies vegetales empleadas en esta clase son principalmente eucalipto y pino. Esta clase ocupa una superficie de 2,32 km². En *áreas pobladas* (Figura 17f) se encuentran los principales barrios de la parroquia y en mayor superficie la cabecera parroquial. Su extensión es de 0,25 km². En cuanto a la clase denominada como *tierra sin cobertura vegetal* (Figura 17g) con una extensión de 0,24 km² corresponde a deslizamientos de tierra que se encuentran en la parroquia. Los *cuerpos de agua natural* (Figura 17h) se extienden a lo largo de la parroquia con una extensión de 0,20 km². Están representados por los ríos Santiago, río San Lucas y río Zamora. Finalmente, la clase designada como *infraestructuras* (Figura 17i) corresponde a la menor clase en cuanto ocupación de territorio en la parroquia, con una superficie de 0,01 km². La infraestructura es perteneciente a la hacienda El Paraíso dedicada a la producción de leche de ganado vacuno y pies de cría, ubicada en el barrio Minas.



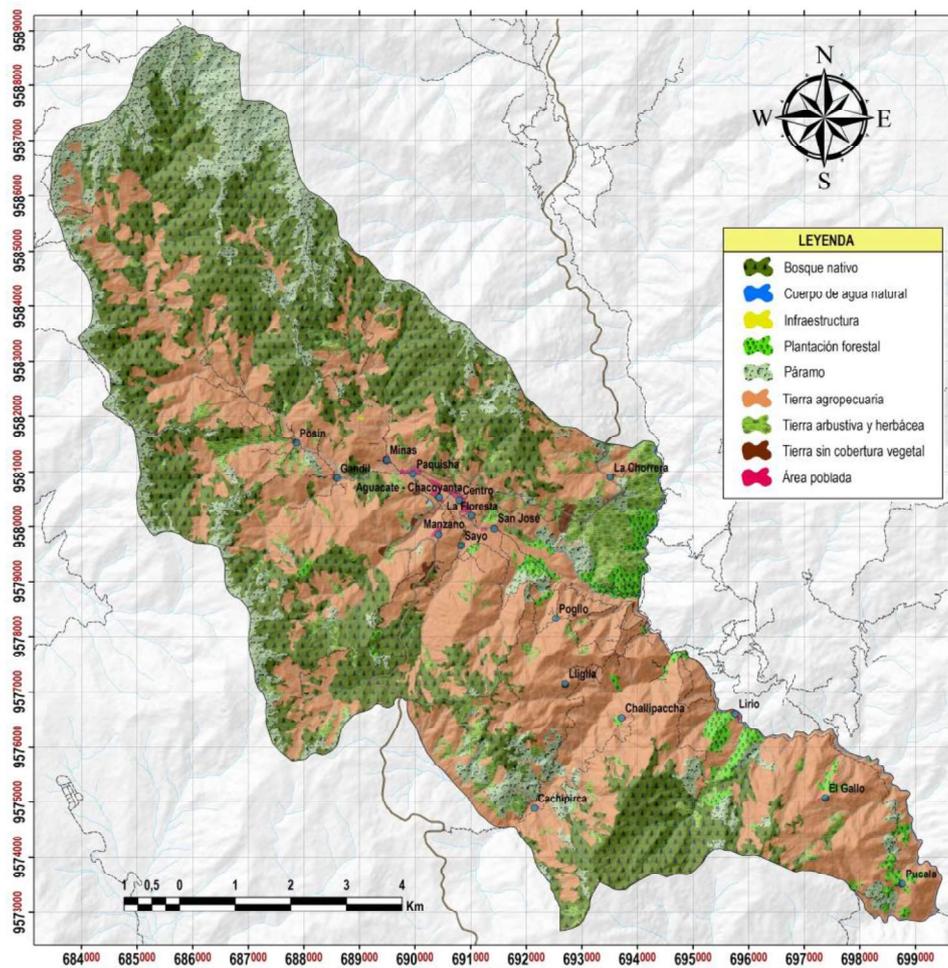
Figura 17.

Ejemplos de cobertura y uso de la tierra en la parroquia Santiago



Figura 18.

Cobertura y uso de suelo de la parroquia Santiago



5.1.8 Macrorelieve

Cordillera

Está representada por la cordillera real del Ecuador, sobre este tipo de macrorelieve se encuentran relieves montañosos, cimas, vertientes disectadas y escarpes. Son las formas de terreno de mayor elevación que van desde los 3600 m.s.n.m hasta los 2000 m.s.n.m y con pendientes que van desde abruptas (16° - 20°) a pendientes escarpadas (31° - 45°).

Figura 19.

Cordillera real en la parroquia Santiago



Serranía

Forman parte de la cordillera, pero con altitudes menores. Dentro de este grupo se encuentran relieves montañosos, relieves colinados, vertientes, cimas y escarpes. En su mayoría de formas se encuentran pendientes escarpadas (31° - 45°)

Figura 20.

Serranías presentes en la parroquia Santiago



Pie de monte

Asentadas este tipo de geoformas en las partes bajas de la cordillera o serranías corresponden a geoformas principalmente colinas medianas, coluviones y masas deslizadas presentando pendientes desde inclinadas ($6^\circ - 10^\circ$) a abruptas ($16^\circ - 20^\circ$).

Figura 21.

Pie de monte en la parroquia Santiago



Valle tectónico

Correspondiente a zonas llanas formadas por erosión fluvial con pendientes planas ($0^\circ - 5^\circ$) a inclinadas ($6^\circ - 10^\circ$), en este grupo se encuentran las geoformas definidas como terrazas y llanura aluvial.

Figura 22.

Valle fluvial en la parroquia Santiago



5.2 Materiales

Los materiales empleados para el desarrollo del Trabajo de Titulación se enlistan a continuación:

Tabla 4.

Materiales y equipos empleados para el desarrollo del Trabajo de Titulación

Materiales de campo	Materiales de oficina
– Brújula Brunton	– Laptop
– Martillo Geológico	– Softwares: ArcGIS 10.5, ENVI 5.3, Google Earth, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point
– GPS	
– Lupa 10X – 20X	– MDT, SIG Tierras, resolución espacial de 3 metros
– Cinta métrica	– Ortofoto de la parroquia Santiago. Resolución de 30 cm (Satélite Google Maps). Fuente SAS.Planet.
– Ácido clorhídrico al 10%	
– Libreta de campo	– Mapa Geológico de Loja, escala 1: 100.000, año 2017. Obtenido de la página del INIGEMM
– Cámara fotográfica	
– Fichas para la descripción de afloramientos	– Límite parroquial y base topográfica de la parroquia Santiago, escala 1:25 000. Información proporcionada por el Municipio del cantón Loja
– Fichas para la descripción de geformas	
– Fundas ziploc	
– Etiquetas	
– Equipo de Protección Personal	

5.3 Métodos

El método de investigación llevado a cabo en el Trabajo de Titulación se basó principalmente en el método científico, el cual es un conjunto de pasos que se desarrolla de forma sistemática y lógica para la producción de conocimiento que utiliza la observación como punto de partida, formula preguntas y respuestas, requiere validación, es objetivo, lógico o deductivo y genera conclusiones refutables. La metodología empleada para la elaboración de la cartografía geomorfológica de la parroquia Santiago está basada en la metodología realizada por el Ministerio del Ambiente (2013) titulada “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental”, documento en el que enseña cómo obtener los índices del relieve con el empleo del Modelo digital de elevación como insumo principal; así mismo, presenta una leyenda de unidades geomorfológicas en diferentes



niveles de categoría de relieve incluyendo el mesorelieve correspondiente a los nombres de geoformas de nuestro interés. En cuanto a los criterios para la caracterización geomorfológica las variables empleadas son las que presenta Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA (2015) en su proyecto denominado “*Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000. Geomorfología*” el cuál menciona que las variables que intervienen en la caracterización geomorfológica son: génesis, morfología, morfometría, procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre la que se asienta).

5.3.1 Fase de gabinete

Comprendió la recopilación de información secundaria. En primer lugar, para tener una mejor visión del tema a desarrollar se procedió a extraer información de libros, informes, tesis, guías metodológicas, entre otras fuentes de procedencia confiable que permitan una buena comprensión del tema de estudio a llevarse a cabo. Luego de ello consistió en buscar información de trabajos realizados en la parroquia Santiago como tesis, informes y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja y de la parroquia Santiago. Finalmente, en la etapa de realización de la cartografía geomorfológica se emplearon como insumos: el mapa geológico de Loja a escala 1:100.000, mapa topográfico Santiago a escala 1:10 000, MDE y Ortofotos del año 2021 de la parroquia Santiago obtenidas del software libre SAS.Planet, resolución 0,30 metros, para el procesamiento de esta información; y para la obtención de la cartografía final de la parroquia Santiago se empleó el software ArcGIS 10.5 con ayuda de técnicas de fointerpretación.

5.3.2 Fase de campo

Luego de obtenida la cartografía preliminar de la parroquia Santiago fue necesario el levantamiento de información primaria y verificar en campo las unidades geomorfológicas que se han identificado en la fase de gabinete. Para conocer la geología se describieron los afloramientos y de ser necesario se tomaron muestras de mano para una mejor identificación; y para la geomorfología se identificaron las geoformas presentes en el área de estudio. Todo esto con la ayuda de los materiales enlistados anteriormente.

5.3.3 Fase de pos campo

Se realizó el procesamiento de la información obtenida en campo por medio de la corrección mediante puntos de validación de las unidades geomorfológicas presentes en la parroquia Santiago.



5.4 Metodología para el primer objetivo

Para obtener los resultados del primer objetivo denominado “Identificar los principales índices del relieve presentes en la parroquia Santiago” el cual consiste en conocer los principales índices del relieve con la obtención de las unidades morfométricas del área de estudio, para lo cual, se siguió la metodología expuesta por el Ministerio del Ambiente en el año 2013 titulada “*Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental*”; en el que expone el cómo obtener las unidades morfométricas que presenta la parroquia a escala 1:10 000. Así mismo, como parte de la morfometría se realizó el mapa de pendientes cuya clasificación se realizó en base al autor Van Zuidman (1985), el cual será uno de los insumos principales en la realización de los siguientes objetivos.

5.4.1 Recopilación de información

Esta fase comprende:

- Preparación de los insumos básicos: MDT y ortofotos

MDT de la parroquia Santiago: Obtenido de SIG Tierras año 2015, resolución espacial de 3 metros, escala 1:5 000

Ortofoto de la parroquia Santiago: Ortofoto descargada del software libre SAS. Planet, satélite Google Maps, año 2021, resolución espacial de 30 cm.

- Preparación y obtención de información auxiliar: mapa de pendientes y mapa de sombras con efecto 3D a partir del MDT (*hillshade*).
- Revisión de otros levantamientos y cartografías preexistentes y de su disponibilidad: mapas geomorfológicos, geológicos, mapas topográficos, principalmente.

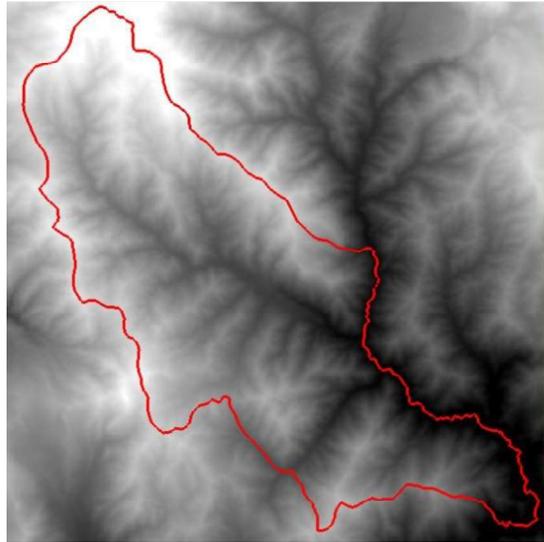
5.4.2 Modelo Digital de Elevación (MDE)

Para el análisis del relieve *el insumo principal es el modelo digital de elevación*, para ello se utilizará el MDE sin recortar, ya que en la interpretación de unidades geomorfológicas en las zonas de frontera se debe tener en cuenta el contexto espacial para poder discriminar de mejor manera las unidades en estas zonas. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 35)

El MDE correspondiente a la parroquia Santiago (Figura 23) cuenta con una resolución espacial de 3m x 3m, tamaño de pixel necesario para el trabajo a realizar.

Figura 23.

MDE de la parroquia Santiago



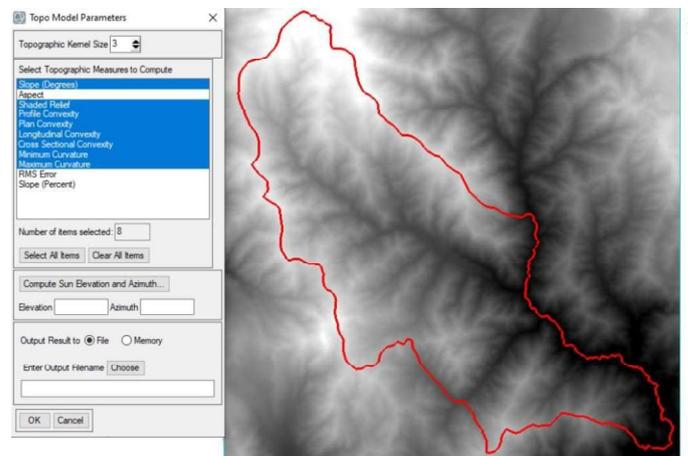
5.4.3 Modelamiento Topográfico

Con este modelo digital se generaron los índices topográficos utilizando el software ENVI 5.3, para esto se utilizó un vecindario de 3 x 3 (tamaño del kernel) que corresponde a una matriz que escanea todo el modelo de pixel en pixel para definir cada uno de los índices en función de los algoritmos de cada uno de ellos. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 36)

Se exportó el Modelo digital al programa Envi, luego en la caja de herramientas del software (Toolbox) nos dirigimos a la opción “*Terrain*” e ingresamos en “*Topographic Modeling*” (Figura 24); esta herramienta nos permitió generar los índices topográficos.

Figura 24.

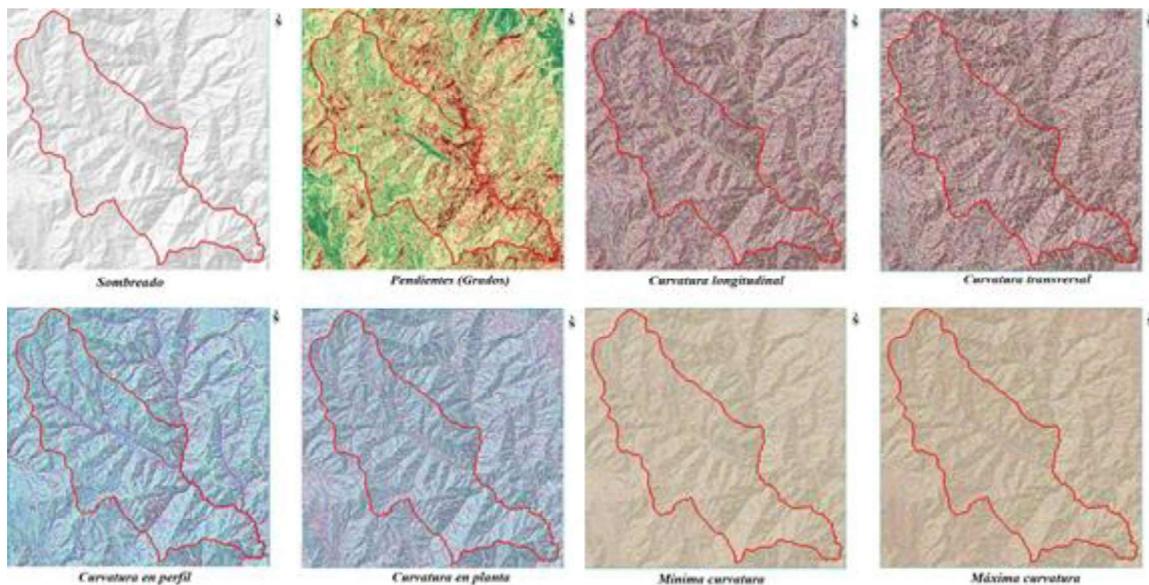
Herramienta "Topographic Modeling" del software Envi



Se originaron 8 índices topográficos (Figura 25) en total, éstos son: Pendientes en grados, sombreado, curvatura en planta, curvatura en perfil, curvatura longitudinal, curvatura transversal, y, mínima y máxima curvatura. Cabe señalar que para el caso del índice de Sombreado en su configuración se colocaron los datos de elevación del sol y azimuth, 45° y 315° respectivamente.

Figura 25.

Índices topográficos de la parroquia Santiago



5.4.4 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Ministerio del Ambiente (2013) menciona “El objetivo de la técnica ACP es resumir la información contenida en un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto, más pequeño, sin que este pierda una parte significativa de esa información” (p, 39).

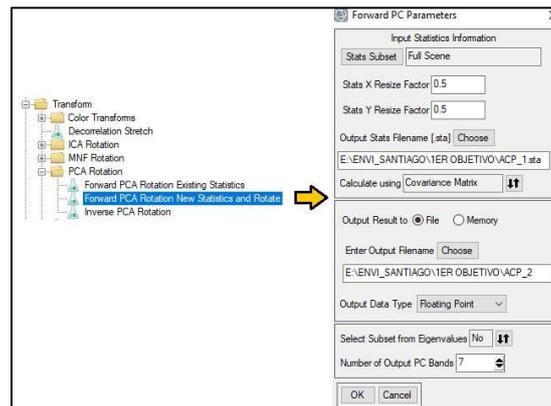
Para ello, dentro del ToolBox del Envi en la opción “*Transform*” → PCA Rotation → Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate. Aquí agregamos algunas condiciones dadas por Ministerio del Ambiente (2013):

- **Factores de cambio de tamaño de estadísticas X/Y (Stats X/Y Resize Factors):** Valor menor a 1 para realizar una submuestra de los datos al calcular las estadísticas. Se emplea un valor de 0.5 para la velocidad de los cálculos estadísticos.
- **Matriz de covarianza (Covariance Matrix):** Para calcular los componentes principales.
- **Matriz de correlación (Correlation Matrix):** Cuando el rango de datos difiere mucho entre bandas y se necesita normalización.

- **Subconjunto de valores propios (Subset from eigenvalues):** Se elige No en esta selección de valores propios, por lo que se debe seleccionar el número de bandas de PC de salida. El número predeterminado de bandas de salida es igual al número de bandas de entrada.

Figura 26.

Herramienta “Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate”

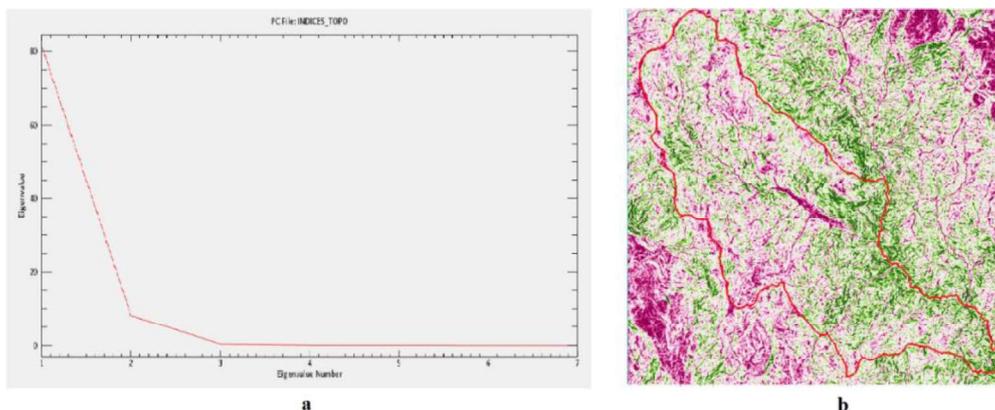


Como resultado de este proceso se obtuvieron dos archivos de salida:

1. El primero (Figura 27a) es un gráfico que muestra las 7 capas no correlacionadas y estadísticas de ruido, donde la primera banda del ACP contiene el mayor porcentaje de variación de datos seguida por la segunda banda y así sucesivamente. Las últimas bandas de los componentes principales aparecen con ruido, ya que contienen muy poca variación en los datos originales.
2. El segundo (Figura 27b) es un archivo ráster multivariante que posee las capas de salida de la herramienta de ACP.

Figura 27.

Archivos de salida del proceso ACP





5.4.5 Clasificación No Supervisada (ISODATA)

Luego de generado el Análisis de Componentes Principales, está listo para iniciar la clasificación automática no supervisada (ISODATA), en el cuál las variables que ingresan son la pendiente y las curvaturas en todas las direcciones, estas variables nos indican la morfometría de las unidades. (Ministerio del Ambiente, 2013, p. 37)

La Clasificación No Supervisada (ISODATA) propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013) nos dice que esta clasificación “crea agrupamientos espectrales o clusters en los cuales el analista debe intentar asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos. Se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana” (p, 21).

La clasificación no supervisada de ISODATA comienza calculando las medias de clase distribuidas uniformemente en el espacio de datos, luego agrupa de manera iterativa los píxeles restantes utilizando técnicas de distancia mínima. Cada iteración recalcula las medias y reclasifica los píxeles con respecto a las nuevas medias. Este proceso continúa hasta que el porcentaje de píxeles que cambian de clase durante una iteración es menor que el umbral de cambio o se alcanza el número máximo de iteraciones.

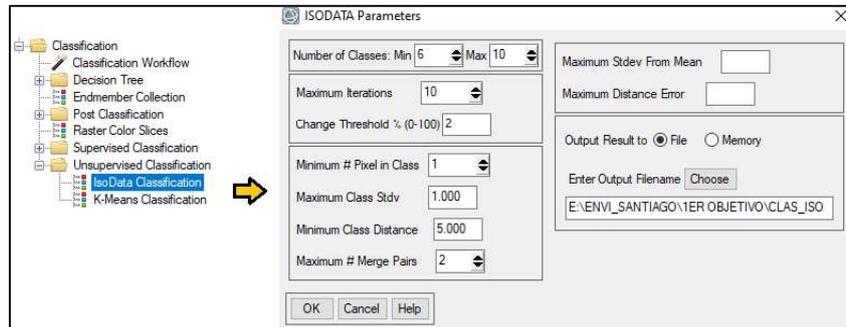
Para realizar esta clasificación no supervisada nos dirigimos al ToolBox del software Envi en la opción *Classification* → *Unsupervised Classification* → *IsoData Classification*.

Los parámetros para el algoritmo ISODATA según lo expuesto por Ministerio del Ambiente (2013) son los siguientes:

- **Número de clases:** El criterio para establecer el número de clases se basa fundamentalmente en lo que se puede apreciar en el modelo topográfico por parte del intérprete más las referencias de información secundaria como lo es el mapa de geformas del Ecuador. En el caso del área de estudio el número de clases mínimo se estableció en 6 y por defecto el número máximo de clases se mantiene en 10.
- **Iteraciones:** El número de iteraciones se estandariza en 10, significa el ciclo que sigue el algoritmo hasta cumplir con el umbral de convergencia de clasificación de los píxeles, esto nos asegura que todos los píxeles sean asignados a una unidad morfométrica (cluster), una vez cumplido el criterio el algoritmo se detiene.
- **Umbral de convergencia:** Cuando el porcentaje de píxeles que cambia clases durante una iteración es menor que el valor umbral, el proceso de clasificación finaliza. El valor predeterminado es 2.

Figura 28.

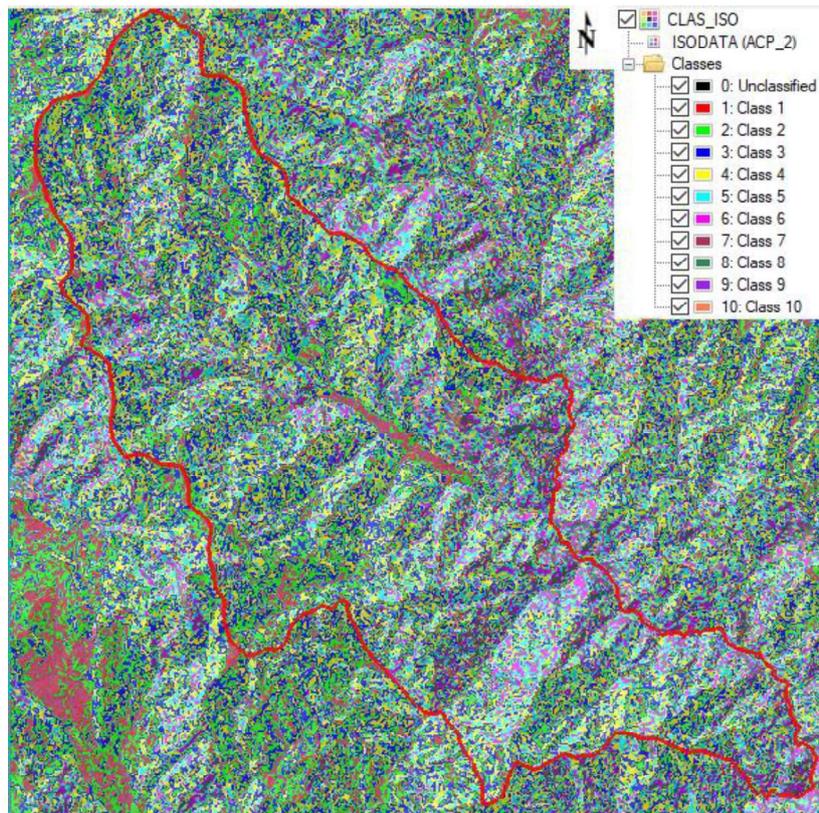
Parámetros ISODATA



El resultado es un nuevo ráster multivariante (Figura 29) en el cual nos indica el número de clases que el método Isodata ha clasificado, aunque cabe precisar que se pueden apreciar distintas clases que son despreciables, por lo que se procederá a realizar una siguiente clasificación más adelante.

Figura 29.

Clasificación No Supervisada Isodata



5.4.6 *Análisis SIG*

Para aislar los píxeles falsos dentro de una sola clase grande a esa clase se debe emplear la herramienta Majority/Minority Analyst. Esta herramienta se encuentra dentro del ToolBox

del software Envi en la opción *Classification* → *Post Classification* → *Majority/Minority Analyst*.

Para desarrollar este filtro primero se determinó la Unidad Mínima Cartografiable (UMC), mediante la siguiente fórmula:

$$UMC = \left(MUM * \left[\frac{E}{1000} \right]^2 \right)$$

Donde:

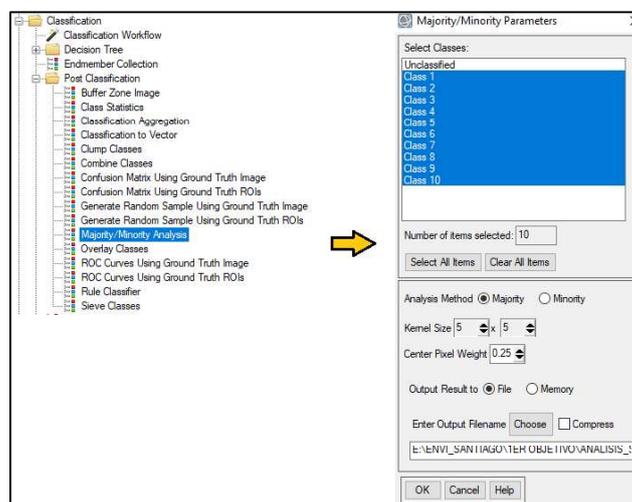
- **Escala de modelo de elevación (E)** = 10 000
- **Tamaño de matriz suavizada o Mínima unidad mapeable (MUM):** Según Rossiter (2000) menciona que “en un mapa, el tamaño mínimo que debe ocupar una unidad cartográfica ha de ser de al menos 25 mm² (un cuadro de 5mm por lado)”

$$UMC = \left(25 \text{ mm}^2 * \left[\frac{10000}{1000} \right]^2 \right)$$

$$UMC = 2\,500 \text{ m}^2 \approx 0.25 \text{ ha}$$

Figura 30.

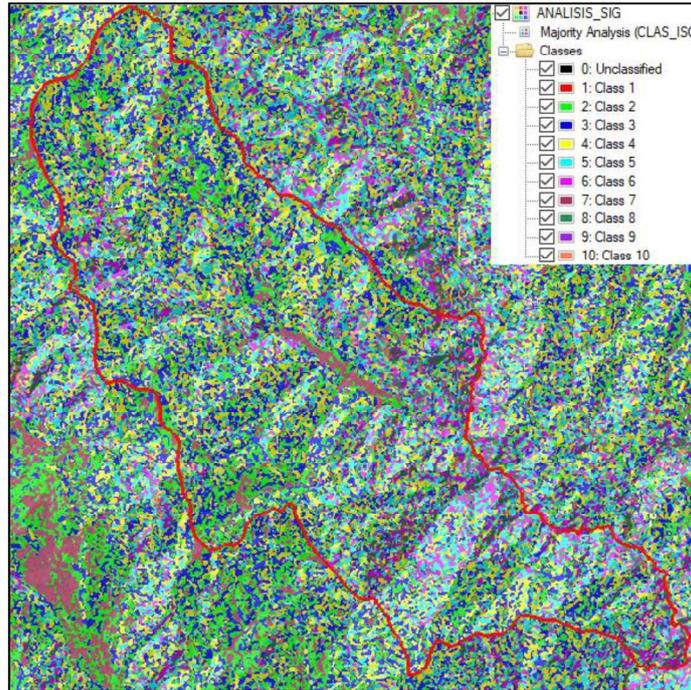
Configuración Majority/Minority Analyst



El resultado es un archivo ráster (Figura 31) con clústeres suavizados, pero aún se pueden observar pixeles que se podrían incluir en otras clases.

Figura 31.

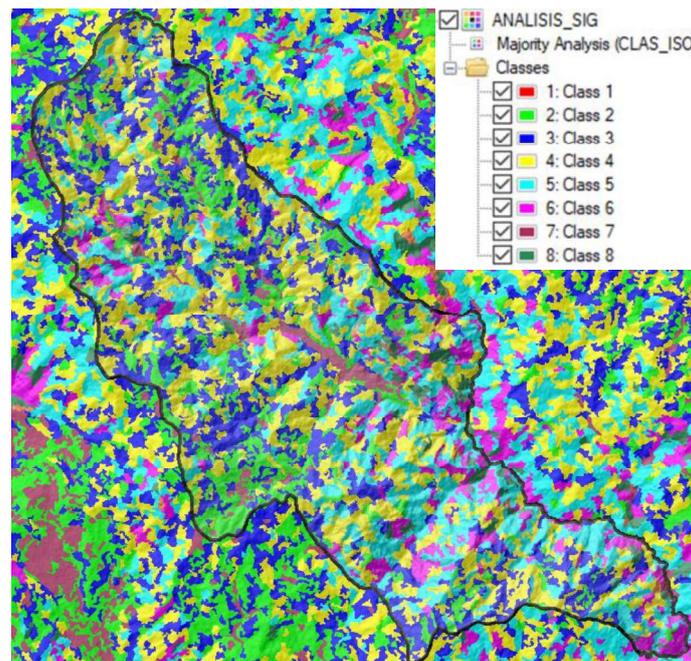
Clasificación Isodata con filtro de suavizado



Lo siguiente fue realizar una nueva clasificación y para ello se empleó la herramienta *Classification Aggregation*, herramienta útil para agregar regiones de clase adyacentes más pequeñas a una región más grande.

Figura 32.

Resultado de la nueva clasificación con la herramienta Classification Aggregation



5.4.7 Unidades morfométricas

Como resultado se obtuvo un ráster con los índices del relieve correspondiente a las unidades morfométricas (Figura 33). A cada clase se les asignó una interpretación morfométrica según los índices de curvatura y pendientes, por lo que, dichos índices en mención indican las superficies cóncavas, convexas y planas, y las inclinaciones de las laderas respectivamente.

Las unidades morfométricas como menciona Ministerio del Ambiente (2013) definen límites discretos de cada una de las unidades de relieve en función de sus características topográficas (curvaturas y pendiente), las cuales son las más importantes y las más utilizadas para este tipo de análisis, estos límites no son definitivos. (p. 37).

Como se observa en la Figura 34, muestra los índices de curvatura estándar, es decir, una combinación de las curvaturas en los que, aquellos valores positivos (colores verdes) indican superficies cóncavas hacia arriba de las celdas, mientras que los valores negativos (colores rojos) indican superficies convexas hacia arriba de las celdas.

Figura 33.

Unidades morfométricas de la parroquia Santiago

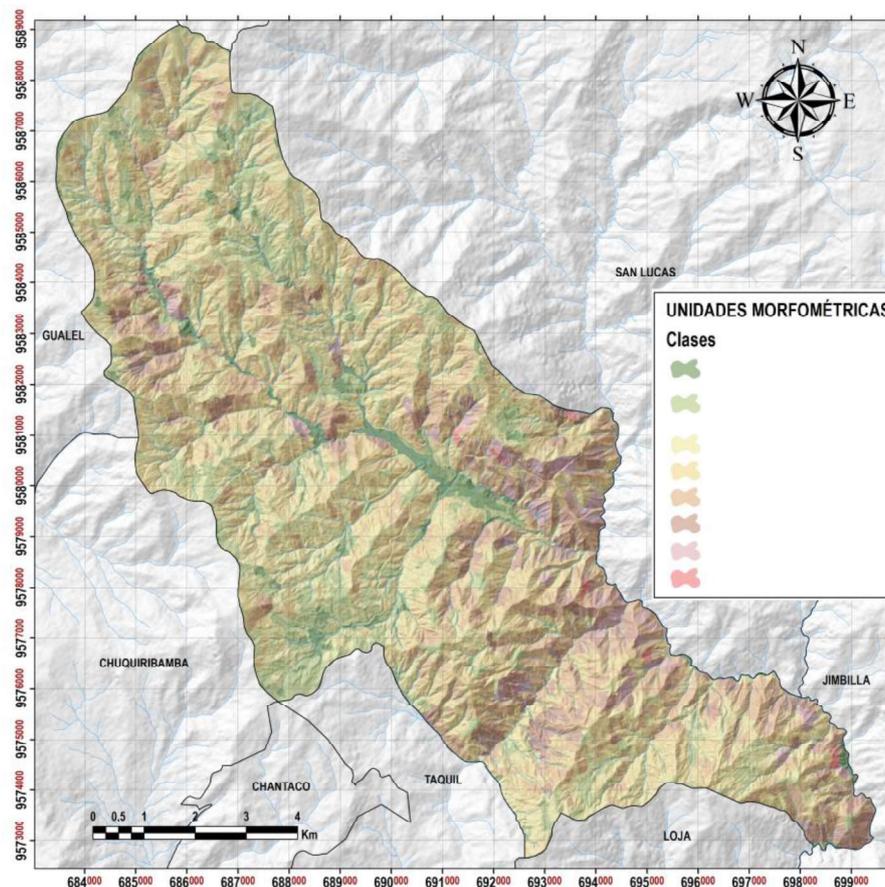
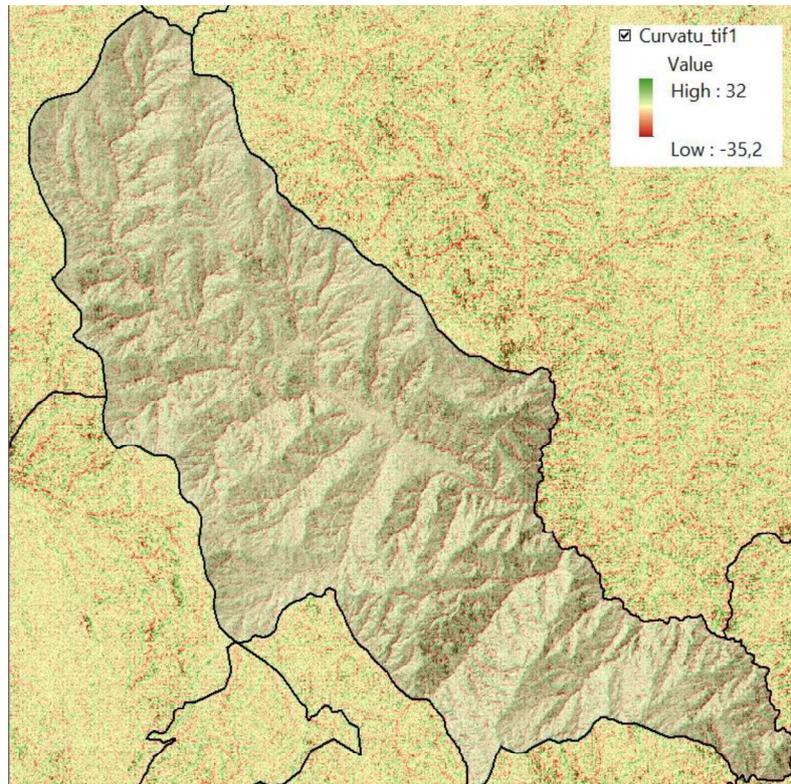


Figura 34.*Índice de curvatura estándar en la parroquia Santiago*

5.4.8 Mapa de pendientes

Para la elaboración del mapa de pendientes de la parroquia Santiago se elaboró a partir del MDT de la zona de estudio de resolución de 3m x 3m con ayuda del software ArcGIS 10.5. Un aspecto a tener en cuenta antes de la realización de las pendientes es considerar los rangos de clasificación para las mismas; para lo cual, se tomó la clasificación de pendientes propuesta por Van Zuidman (1985) debido a que refleja con mayor realidad las pendientes en la parroquia. La secuencia de pasos para la confección del mapa de pendientes es la siguiente:

1. En la caja de herramientas (*ArcToolbox*) → *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope*. El resultado es un ráster de pendientes en grados.
2. En la caja de herramientas (*ArcToolbox*) → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*. Para la clasificación de pendientes se la realizó de acuerdo al rango de pendientes establecidos por Van Zuidman (1985), es decir en 7 clases. El resultado fue un ráster con las 7 clases definidas.



Tabla 5.

Clasificación de pendientes establecido por Van Zuidman (1985)

Clases	Simbología	Rango (°C)	Descripción
1		< 5	Plana o suavemente inclinada
2		6 - 10	Inclinada
3		11 - 15	Muy inclinada
4		16 - 20	Abrupta
5		21 - 30	Muy abrupta
6		31 - 45	Escarpada
7		> 45	Muy escarpada

Nota: Adaptado de Van Zuidman (1985)

3. En la caja de herramientas (*ArcToolbox*) → *Conversion Tool* → *From Raster* → *Raster to Polygon*. El resultado fue un shapefile de polígonos.
4. Finalmente realizamos un *Dissolve* según el campo *gridcode*. A este nuevo shapefile se le agregó la respectiva simbología además de calcular área y porcentaje de cada clase de pendiente.

5.5 Metodología para el segundo objetivo

El segundo objetivo establecido como “Delimitar y digitalizar las geoformas de la zona de estudio mediante fotointerpretación empleando ortofotos de la parroquia Santiago para obtener la cartografía geomorfológica preliminar”, consistió en la obtención de las unidades a nivel de mesorelieve mediante fotointerpretación. Por lo que, en primera instancia se realizó la digitalización de dichas unidades para asignarles los respectivos nombres dados por Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013) en su *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental* y el Instituto Ecuatoriano Espacial (2015) en su proyecto *Cartografía Geomorfológica del Ecuador a escala 1: 25.000*. Luego de identificarlas a nivel de mesorelieve, se procedió a su caracterización geomorfológica en la que se emplean criterios geológicos, morfogenéticos, morfométricos, morfológicos y morfodinámicos dados por Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA (2015) en su proyecto denominado “*Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000. Geomorfología*”. Adicional a ello se sumó información relacionada con la cobertura vegetal y uso de tierra, para lo cual se realiza la descripción en base a la Cobertura vegetal y uso de tierra de la parroquia Santiago escala 1: 10 000 elaborada previamente.

5.5.1 *Asignación temática según la escala de trabajo*

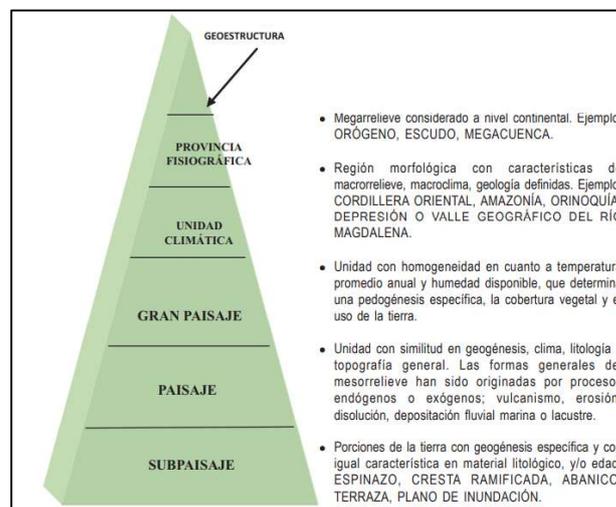
5.5.1.1 **Categoría de geoformas.**

La categoría de geoformas que presenta el Ministerio del Ambiente en su Modelo de Unidades Geomorfológicas está basada en la clasificación fisiográfica del terreno establecido por Villota, 1997, el cual es un sistema jerárquico de forma piramidal (Figura 35) en el que establece 5 categorías de relieve. En base a ello, el Ministerio del Ambiente (2013) menciona que “se generó un sistema de clasificación de tipo jerárquico del terreno y ubicar sus unidades geomorfológicas y morfométricas en distintas categorías, directamente relacionadas con la información disponible y el nivel de detalle requerido” (p. 24), de tal forma que esta metodología presenta 4 categorías de relieve las cuales son:

1. Región biogeográfica (Andes, Litoral y Amozonía)
2. Relieve general (De montaña, Costa y Oriente)
3. Macrorelieve
4. Mesorelieve

Figura 35.

Sistema de clasificación fisiográfica



Nota: Adoptado de Villota, 1997

Mesorelieve

“Son las unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 km) y que representan a un paisaje tridimensional (geoformas) caracterizado por uno o más atributos morfométricos, litológicos y estructurales” (Ministerio del Ambiente, 2013).

Por otro lado, Villota (1997) menciona que la categoría de subpaisaje “es la última categoría del sistema y corresponde a una división de los paisajes fisiográficos. Es posible establecer esta categoría en levantamientos generales, semidetallados y detallados” (Serrato, 2011, p. 209).

Carvajal (2012) cita “El Servicio Geológico Colombiano, en sus estudios de evaluación del medio ambiente y Ordenamiento Territorial, ha utilizado una adaptación de diversas metodologías y ha propuesto una jerarquización de las geoformas relacionando la escala de trabajo con la subdivisión geomorfológica” (p. 26). Acorde a la escala 1:10 000 le corresponde una jerarquización de subunidad geomorfológica (Tabla 6), que a su vez en correlación con la metodología del ITC (1979) entra en la categoría de detalle geomorfológico.

Tabla 6.

Caracterización geomorfológica y fisiográfica en diferentes sistemas de clasificación

ESCALAS							
REFERENCIAS	< 1: 10.000.000	1: 5.000.000 1: 2.000.000	1: 1.500.000 1: 1.000.000	1: 500.000 1: 250.000	1: 100.000 1: 50.000	1: 25.000 1: 10.000	> 1: 10.000
ITC 1979		Provincia Geomorfológica		Unidad geomorfológica principal	Unidad Geomorfológica	Detalle Geomorfológico	
ITC 1992		Provincia Geomorfológica		Sistema de terreno	Unidad de terreno		Componente de terreno
Velásquez 1999 INGEOMINAS 1999	Zona Geoestructural		Provincia Geomorfológica	Región Geomorfológica	Subregión Geomorfológica	Unidad Geomorfológica del terreno	Elemento o componente Geomorfológico
Villota 1992 CIAF Villota 1997	Geoestructura	Provincia fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje fisiográfico	Subpaisaje	Elemento de paisaje
Cendrero y Díaz de Terán 1987		Ambiente morfodinámico		Sistema Morfodinámico	Unidad Morfodinámica	Elemento Morfodinámico	
Zinck 1988/89	Geoestructura	Provincia fisiográfica		Región Natural	Subregión Paisaje	Forma del terreno	Sitio de perfil
Fenneman 1928	División mayor	Provincia	Sección o Región	Distrito			
Grant 1976 En Cortés 1989			Provincia de terreno		Patrón de terreno	Unidad de terreno	Componente de terreno
Meijerink 1988			Unidad de terreno		Subunidad de terreno		Elemento
ESTA PROPUESTA	Geomorfoestructura		Provincia Geomorfológica	Región Geomorfológica	Unidad Geomorfológica	Subunidad Geomorfológica	Componente Geomorfológico

Nota: Adaptado de *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia* (p. 26), por Carvajal Perico, J. H. (Ed.). (2012)

Incluso, en la metodología elaborada por el Servicio Geológico Colombiano (2017) titulada “*Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000*”, se establece, como se observa en la Tabla 7, que a escalas de trabajo 1:10 000 le corresponde un nivel de estudio detallado.

Si correlacionamos lo establecido por el Ministerio del Ambiente con lo descrito por Villota podemos notar que la categoría de mesorelieve incluye a escalas detalladas, y conforme a lo mencionado anteriormente por Carvajal (2012) y Servicio Geológico Colombiano (2017),



la escala 1: 10 000 le corresponde a niveles detallados de estudio, por lo tanto, la escala de trabajo propuesta en el presente Trabajo de Titulación puede adaptar los nombres establecidos en el Modelo de Unidades Geomorfológicas (Tabla 8) propuesto por el Ministerio del Ambiente, que a su vez se pueden incluir otros nombres como lo establecido en el proyecto denominado “generación de geo-información a nivel nacional a escala 1:25000” ejecutado por el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) en el año 2015.

Tabla 7.

Relación entre clases de escalas, niveles de estudio

CARACTERÍSTICAS	NIVEL DE ESTUDIO					
	NACIONAL	DEPARTAMENTAL	REGIONAL	SEMIDETALLADA	DETALLADA	DISEÑO
ESCALAS LÍMITES	< 1: 500.000 y 1: 250.000	1: 250.000 y 1: 100.000	1: 100.000 y 1: 25.000	1: 25.000 y 1: 10.000	1: 10.000 y 1: 1.000	> 1: 1.000
	PEQUEÑA		MEDIA		GRANDE	

Nota: Adaptado de *Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000*, (p. 30), por Servicio Geológico Colombiano.

Tabla 8.

Leyenda de unidades geomorfológicas

MACRORELIEVE	MESORELIEVE	MACRORELIEVE	MESORELIEVE
CORDILLERA	Relieves Montañosos	PIEDEMONTE	Colinas bajas
	Cimas		Cono de derrubios
	Edificios volcánicos		Abanico aluvial
	Vertientes		Coluvión
	Vertientes disectadas		Vertientes
	Crestas		Coluvio-aluvial
	Gargantas		Masas deslizadas
	Mesetas		Terrazas
	Escarpes		Llanura aluvial
	Laguna		Glacis
SERRANÍA	Colinas muy altas	VALLE TECTÓNICO	Morrenas
	Colinas altas		Llanura subglaciar
	Colinas medianas		Llanuras de Ablación
	Cimas		Terrazas
	Vertientes		Terrazas de crioplanación
	Vertientes disectadas		Circo glaciar
	Crestas		Drumlins
	Escarpes		Laguna
	Gargantas		Cuerpos de agua

Nota: Adaptado de Ministerio del Ambiente (2013) e Instituto Espacial Ecuatoriano (2015)

5.5.2 Fotointerpretación y digitalización de geoformas a nivel de mesorelieve

Para ello se emplearon como principales insumos:

- Morfometría de la parroquia Santiago, escala 1:10 000.
- Ortofotos de la parroquia Santiago con resolución de 30 cm x 30 cm, escala 1:5.000.
- Red hidrográfica de la parroquia Santiago
- Hillshade de la parroquia Santiago
- Mapa de pendientes de la parroquia Santiago, escala 1:10 000

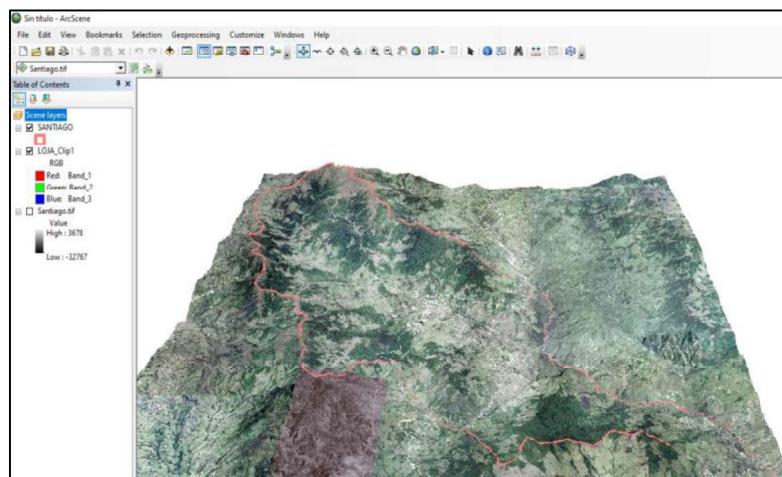
La delimitación de las geoformas se realizó digitalizando polígonos mayores o iguales a 2500 m² (0,25 ha), unidad mínima cartografiada para escala 1:10 000; junto con las ortofotos del área.

La fotointerpretación se la realizó mediante el software ArcGis 10.5 con el apoyo de una de sus aplicaciones denominada ArcScene (Figura 36), la cual permite la visualización tridimensional del relieve a través de la superposición de capas de datos en un entorno 3D, así como el de un recorrido visual a través del área de estudio, así mismo se contó con el apoyo de Google Earth el cual tiene la misma funcionalidad de la aplicación ArcScene.

Para el reconocimiento de geoformas se consideraron los drenajes y divisorias de agua, siendo estas características fundamentales para la división de los relieves, así también, la delimitación de geoformas está dada en base a cambios bruscos en la morfometría del terreno, sobretodo de las pendientes.

Figura 36.

Vista en 3D del relieve de la parroquia Santiago en el software ArcScene





Finalizada la digitalización de las geoformas lo siguiente es asignarles un nombre, por lo que, el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013) en su *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental* y el Instituto Ecuatoriano Espacial (2015) en su proyecto *Cartografía Geomorfológica del Ecuador a escala 1: 25.000* dan las siguientes definiciones para las unidades a nivel de mesorelieve:

- **Relieves Montañosos:** A este grupo se incluyen las montañas cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación fluvio – erosional y glaciárica, respectivamente.
- **Colinas:** Elevación natural y aislada del terreno con un desnivel desde la línea de base hasta la cumbre menor a 300 m, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior a 9° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas muy altas, altas, medias y bajas.
- **Vertientes:** Es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos (picos, crestas, bordes de mesetas o puntos culminantes del relieve) y los bajos (pie de vertientes o vaguadas). El perfil de una vertiente puede ser regular, irregular, mixta, rectilínea, convexa y cóncava (es decir, con rupturas de pendiente), dependiendo de la litología y la acción de la erosión.
- **Terrazas:** Son zonas llanas, bajas y estrechas formadas por depósitos aluviales de arenas combinados con guijarros grandes. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión.
- **Llanura Aluvial:** Zona llana donde tan solo destacan pequeñas ondulaciones que forman los diques naturales y las crestas de barras semilunares. En ella se produce la divagación fluvial un amplio desarrollo de la llanura inundable.
- **Cimas:** es un elemento de relieve cuya cota es destacada y máxima en su entorno.
- **Escarpes:** Es una vertiente de roca que corta el terreno abruptamente. La pendiente es mayor a 45°, aunque sea solamente una parte de la vertiente.
- **Vertientes Disectadas:** Vertientes de ejes montañosas fuertemente ramificadas, con drenaje muy denso representado por quebradas y torrenteras afluentes a ríos principales, en su mayoría se constituyen como naciente de ríos.



- **Coluvión:** es una formación superficial constituida por materiales heterogéneos de suelo y fragmentos de roca, en diferente proporción, depositado habitualmente al pie de una ladera por arrastre mediante arroyada difusa y/o por otros fenómenos asociados a la evolución de la misma (meteorización y posterior caída por gravedad, incorporación de material proveniente de movimientos en masa previos, etc.).
- **Masa deslizada:** Material originado como consecuencia de un movimiento en masa a través de una superficie de rotura, plana o curva. Es un tipo particular de coluvión en el que aún se pueden apreciar indicios o evidencias de su génesis mediante dicho mecanismo.

5.5.3 Criterios para la caracterización geomorfológica

5.5.3.1 Geología.

Para la descripción geológica de las geoformas se levantó información primaria mediante visitas de campo a través de la descripción de los afloramientos (Anexo 4) que se lograron visitar en la parroquia. Para este fin, se contó con el apoyo del Mapa geológico de la parroquia Santiago generado a partir de la hoja geológica Loja, escala 1:100.000, fichas para descripción de afloramientos y los equipos básicos como brújula, GPS y piqueta geológica principalmente para la ubicación y reconocimiento de las rocas que afloran en el sector.

5.5.3.2 Morfogénesis.

Para conocer el origen y evolución del relieve se emplearon los ambientes de formación que propone el Instituto Ecuatoriano Espacial (2015) en su proyecto Cartografía Geomorfológica del Ecuador a escala 1: 25.000.

Tabla 9.

Génesis de la parroquia Santiago

GRUPO GENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Fluvial	Formas y depósitos ligados a ríos y al flujo de agua habitualmente encauzada. También se incluyen formas resultantes de la erosión generalizada por agua
Deposicional	Formas y depósitos relacionados con la evolución y dinámica de las laderas o vertientes
Tectónico-erosivo	Formas sin rasgos característicos (geoformas banales), no ligadas a ningún sustrato litológico concreto, de cierta extensión y continuidad. Las geoformas incluidas en este grupo han sido modeladas por una erosión relativamente uniforme en su conjunto, generalmente sobre materiales que habían sido con anterioridad elevados tectónicamente

Nota: Adaptado de Instituto Espacial Ecuatoriano (2015)

5.5.3.3 Morfometría.

Para la descripción morfométrica, se emplearon los resultados del primer objetivo correspondiente a la morfometría y pendientes de la parroquia; así mismo, para la asignación de un tercer atributo denominado longitud de vertiente, la cual corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, se siguió lo expuesto por el Instituto Espacial Ecuatoriano (2015) quién presenta la siguiente clasificación:

Tabla 10.

Categorías de longitud de vertiente

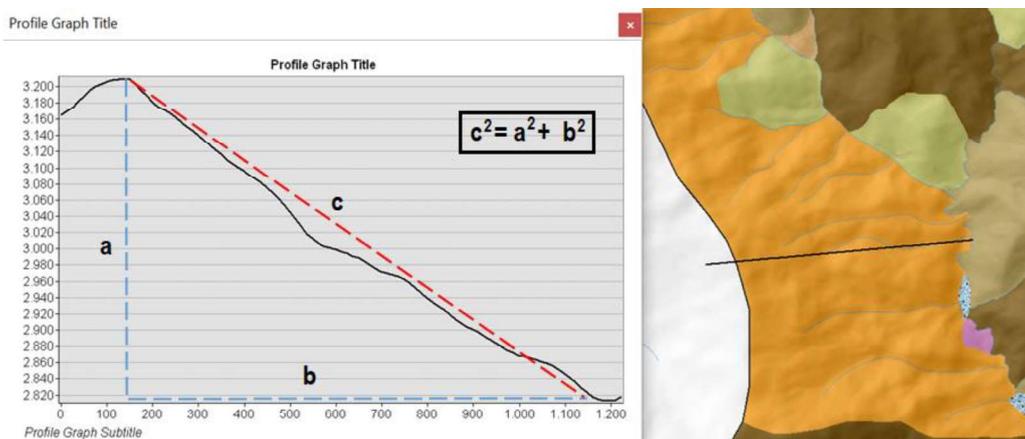
CLASE	TIPO	LONGITUD DE VERTIENTE
1	Muy corta	< 15 m
2	Corta	>15-50 m
3	Moderadamente larga	>50-250 m
4	Larga	>250-500 m
5	Muy larga	>500 m
NO APLICABLE		

Nota: Adaptado de Instituto Espacial Ecuatoriano (2015)

Para obtener el valor de longitud de vertiente tracé la línea de perfil de la herramienta *Interpolate line* del software ArcGis, en la ladera que vayamos a analizar y lo que siguió es aplicar la fórmula para conocer la hipotenusa en un triángulo ya que el perfil topográfico trazado nos permitió conocer la altura de la geoforma y la longitud de la misma, siendo estas medidas los catetos del triángulo.

Figura 37.

Ejemplo de longitud de vertiente



5.5.3.4 Morfología.

“Los atributos morfológicos, de carácter descriptivo, hacen referencia a variables que ayudan a describir la forma del relieve de la unidad geomorfológica delimitada” (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2015, p.17) y su reconocimiento se realizó por foteointerpretación. De igual manera, se siguió lo expuesto por Instituto Espacial Ecuatoriano (2015), en los que incluyen las siguientes categorías:

Tabla 11.

Categorías de Forma de cima, vertiente y valle

Forma de la cima	Forma de la vertiente	Forma del valle
Aguda	Cóncava	En U
Redondeada	Convexa	En V
Plana	Rectilínea	Plano
Otras	Mixta	Otras
No Aplicable	Irregular	No Aplicable
	Otras	
	No Aplicable	

Nota: Adaptado de Instituto Espacial Ecuatoriano (2015)

5.5.3.5 Morfodinámica.

El componente morfodinámico se refiere a los procesos geodinámicos externos, principalmente denudativos que continúan modelando el relieve en la parroquia. Para ello se tomaron puntos de validación (Anexo 4) en campo para conocer en que geoformas se presentan estos procesos.

5.5.4 Cartografía geomorfológica

Para la presentación de la cartografía geomorfológica se siguió lo expuesto por Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA (2015), ya que es el único documento en el Ecuador que habla de manera corta sobre cómo representar las unidades geomorfológicas, el cual menciona lo siguiente “A todas las geoformas se les asigna una clave identificativa única (de entre 2 y 4 caracteres), colores que ayuden a identificarlas en relación al grupo o subgrupo genético en el que se encuadran y, en el caso de geoformas que llevan depósitos superficiales asociados, una trama” (p. 29).

5.6 Metodología para el tercer objetivo

5.6.1 Criterios para la validación en campo

Obtenidos los mapas preliminares, se realizó el trabajo de campo con el objetivo de verificar in situ las unidades geomorfológicas cartografiadas y sus atributos. Para lograr esta



validación se levantó la información por medio de fichas para la descripción de geoformas (Ver Anexo 5).

La actividad de campo se la realizó mediante el recorrido de vías, carreteras, caminos y senderos accesibles con el objetivo de llegar a zonas dónde se pudo visualizar de mejor manera las geoformas y sus atributos.

Para realizar esta actividad de campo se emplearon instrumentos como: brújula, GPS, piqueta, cinta métrica, libreta de campo, lupa, cámara fotográfica, mapa geomorfológico y fichas de campo de geoformas.

6. Resultados

6.1 Resultados del primer objetivo

6.1.1 Morfometría

Del resultado de los índices topográficos correspondientes a la morfometría de la parroquia se obtuvieron 8 clases de unidades morfométricas las cuales se cuantifican a continuación:

Tabla 12.

Cuantificación de las unidades morfométricas

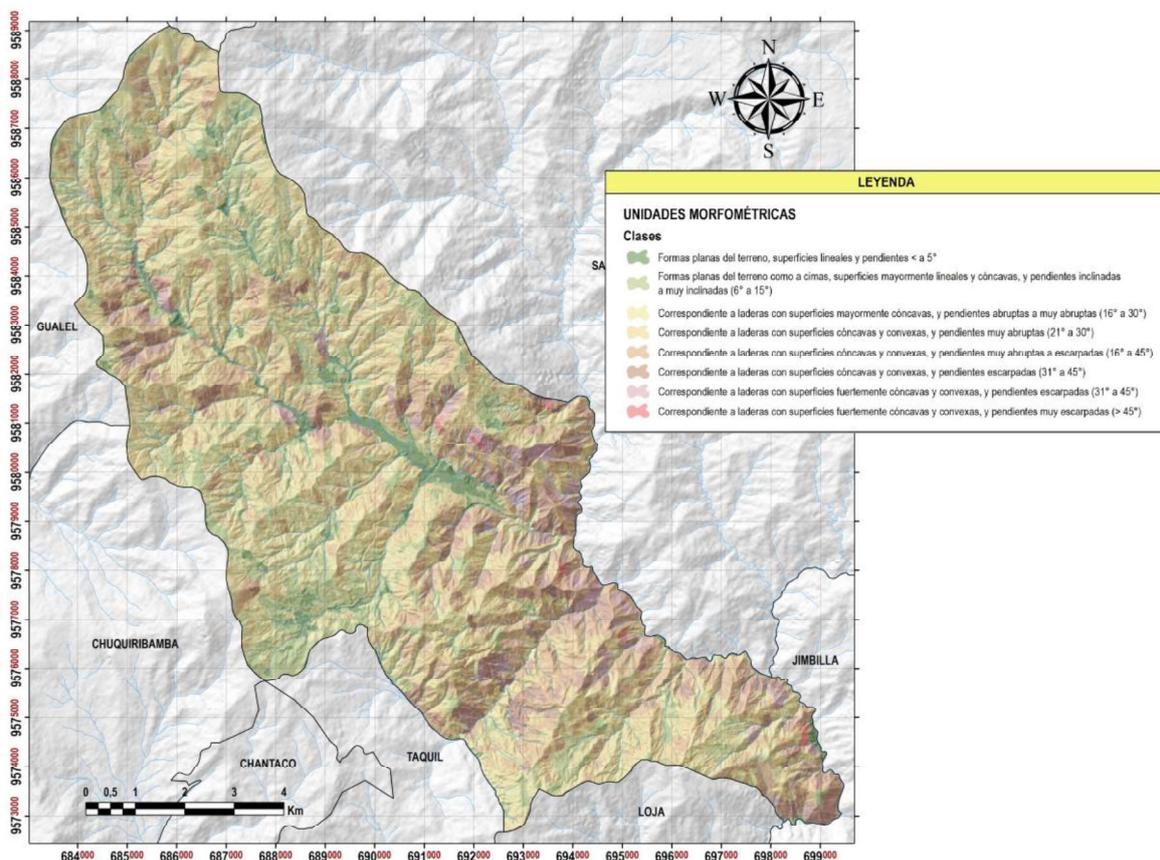
	CLASES	Área (km^2)	%
	Formas planas del terreno, superficies lineales y pendientes < a 5°	3,08	3,02
	Formas planas del terreno como a cimas, superficies mayormente lineales y cóncavas, y pendientes inclinadas a muy inclinadas (6° a 15°)	13,77	13,51
	Laderas con superficies mayormente cóncavas, y pendientes abruptas a muy abruptas (16° a 30°)	24,15	23,69
	Laderas con superficies cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas (21° a 30°)	31,34	30,75
	Laderas con superficies cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas (16° a 45°)	19,43	19,06
	Laderas con superficies cóncavas y convexas, y pendientes escarpadas (31° a 45°)	7,77	7,63
	Laderas con superficies fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes escarpadas (31° a 45°)	2,16	2,12
	Laderas con superficies fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes muy escarpadas ($> 45^\circ$)	0,22	0,21
	TOTAL	101,92	100,00

- **Clase 1 (Verde oscuro):** Correspondiente a formas planas del terreno, superficies lineales y pendientes planas (0° - 5°). Localizadas en los fondos de valles y terrazas que presentan superficies cóncavas y convexas correspondientes a escarpes de estas. En las partes altas se presentan algunas de estas unidades perteneciente a cimas planas. Ocupan un área de $3,08 km^2$ representando un 3,02 %.
- **Clase 2 (Verde claro):** Correspondiente a formas planas y a mayor parte de las cimas presentes en la parroquia, superficies mayormente lineales y ligeramente cóncavas, y pendientes inclinadas a muy inclinadas (6° - 15°). Ocupan un área de $13,77 km^2$ representando un 13,51 % del total en la parroquia.
- **Clase 3 (Amarillo):** Corresponden a laderas con superficies mayormente cóncavas y convexas, y pendientes abruptas a muy abruptas (16° - 30°). Ocupan un área de $24,15 km^2$ representando un 23,69 % del total en la parroquia.

- **Clase 4 (Marrón):** Corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$). Ocupan un área de $31,34 \text{ km}^2$ representando un 30,75 % del total en la parroquia.
- **Clase 5 (Naranja):** Corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas ($21^\circ - 45^\circ$). Ocupan un área de $19,43 \text{ km}^2$ representando un 19,06 % del total en la parroquia.
- **Clase 6 (Café):** Corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes escarpadas ($31^\circ - 45^\circ$). Ocupan un área de $7,77 \text{ km}^2$ representando un 7,63 % del total en la parroquia.
- **Clase 7 (Rosado):** Corresponden a laderas con superficies fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes escarpadas ($31^\circ - 45^\circ$). Ocupan un área de $2,16 \text{ km}^2$ representando un 2,12 % del total en la parroquia.
- **Clase 8 (Rojo):** Corresponden a laderas con superficies fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes muy escarpadas ($> 45^\circ$). Ocupan un área de $0,22 \text{ km}^2$ representando un 0,21 % del total en la parroquia.

Figura 38.

Unidades morfométricas de la parroquia Santiago





6.1.2 Pendientes

Las pendientes en la parroquia Santiago se evidencian que hay un dominio de estas en rangos que van desde pendientes muy abruptas a escarpadas (Tabla 13), mismas que se describen a continuación.

- **Pendientes planas o suavemente inclinadas (< 5°):** Ocupan una superficie de 0,69 km², lo que representa el 0,68 % del total de la parroquia. Los territorios que presentan este rango de pendientes son aquellos que se encuentran representados por la llanura aluvial, terrazas fluviales, superficies de deposición y aquellas superficies que se localizan en las cimas de los relieves montañosos y colinados.
- **Pendientes inclinadas (6° - 11°):** Ocupan una superficie de 1,74 km², lo que representa el 1,70 % del total de la parroquia. Se evidencia este tipo de pendiente en sitios similares al de las pendientes planas.
- **Pendientes muy inclinadas (12° - 15°):** Ocupan una superficie de 3,64 km², lo que representa el 3,57 % del total de la parroquia. Se evidencia este tipo de pendiente en sitios similares al de las pendientes planas e inclinadas, incluso ya se pueden observar algunas laderas que presentan esta inclinación.
- **Pendientes abruptas (16° - 20°):** Ocupan una superficie de 6,73 km², representando el 6,60 % del total de la parroquia. Este tipo de pendiente se pueden observar en gran parte de las laderas de los diferentes relieves.
- **Pendientes muy abruptas (21° - 30°):** Ocupan una superficie de 37,11 km², representando el 36,41 % del total de la parroquia. Este tipo de pendiente es predominante en la parroquia.
- **Pendientes escarpadas (31° - 45°):** Ocupan una superficie de 49,49 km², representando el 48,56 % del total de la parroquia. Este tipo de pendientes es la que predomina en la parroquia, principalmente en la parte sureste y noroeste de la parroquia.
- **Pendientes muy escarpadas (> 45°):** Ocupan una superficie de 2,52 km², representando el 2,47 % del total de la parroquia. Este tipo de pendiente se localizan principalmente en la parte suroeste de la parroquia.

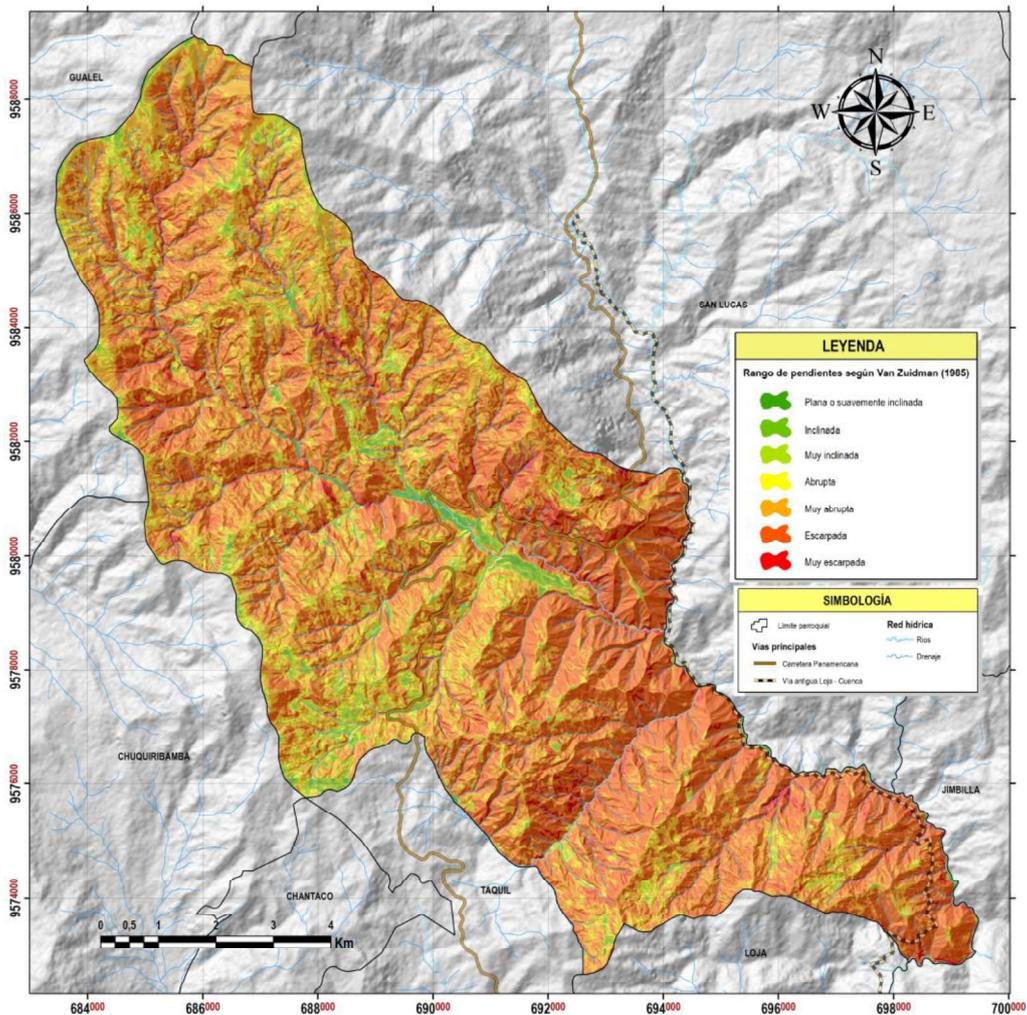
Tabla 13.

Cuantificación de pendientes de la parroquia Santiago en base a la clasificación de Van Zuidman (1985)

Clases	Simbología	Rango (°)	Descripción	Área (km ²)	Porcentaje
1		< 5	Plana o suavemente inclinada	0,69	0,68
2		6 - 10	Inclinada	1,74	1,70
3		11 - 15	Muy inclinada	3,64	3,57
4		16 - 20	Abrupta	6,73	6,60
5		21 - 30	Muy abrupta	37,11	36,41
6		31 - 45	Escarpada	49,49	48,56
7		> 45	Muy escarpada	2,52	2,47
TOTAL				101,92	100,00

Figura 39.

Pendientes de la parroquia Santiago





6.2 Resultados del segundo objetivo

6.2.1 Fotointerpretación y digitalización de las unidades de mesorelieve en la parroquia Santiago

Como resultado de la fotointerpretación y digitalización se obtuvieron un total de 347 geoformas las cuales según sus características morfológicas y morfométricas como el desnivel relativo y pendientes serán nombradas en base a los nombres dados por el Ministerio de Ambiente (2013) en su *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental* y el Instituto Ecuatoriano Espacial (2015) en su proyecto *Cartografía Geomorfológica del Ecuador a escala 1: 25.000*.

Tabla 14.

Número de geoformas fotointerpretadas

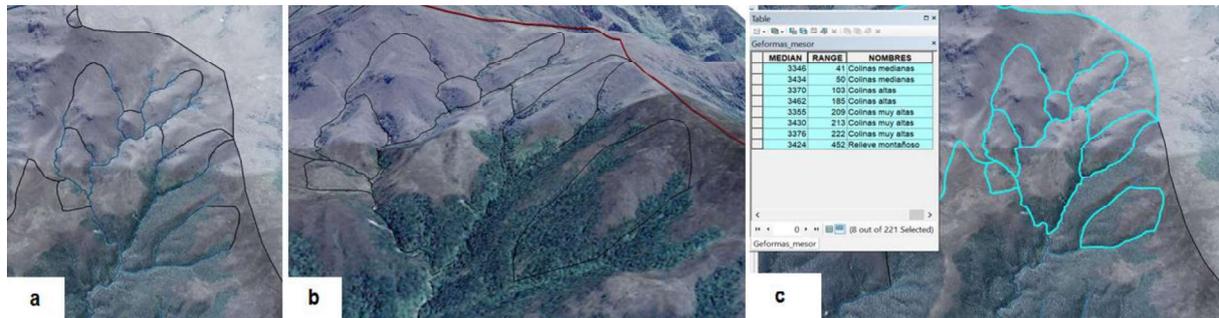
NOMBRE	N° Geoformas
Relieve montañoso	56
Vertientes disectadas	10
Colinas muy altas	33
Colinas altas	21
Terrazas	12
Escarpes	114
Coluvión	19
Llanura aluvial	1
Cimas	41
Colinas medianas	7
Masas deslizadas	24
Coluvios-aluviales	9
TOTAL	347

6.2.1.1 Relieves montañosos y colinas.

Para el reconocimiento de las mismas se las realiza en función de su desnivel relativo aplicando la herramienta en ArcGis llamada Análisis estadístico zonal (*Zonal Statistics as Table*), e insertando en dicha herramienta el MDT del área de trabajo. El resultado de este proceso nos permite extraer valores estadísticos como altura promedio (Mean), la altura mínima (Min), la altura máxima (Max) y el desnivel relativo (Range) de cada una de las geoformas. Recordando que los desniveles relativos para las colinas medianas son de 25 metros a 100 metros, para colinas altas de 100 metros a 200 metros, colinas muy altas de 200 metros a 300 metros, y para los relieves montañosos desniveles relativos mayores a 300 metros.

Figura 40.

Desnivel relativo para el reconocimiento de relieves montañosos y colinados



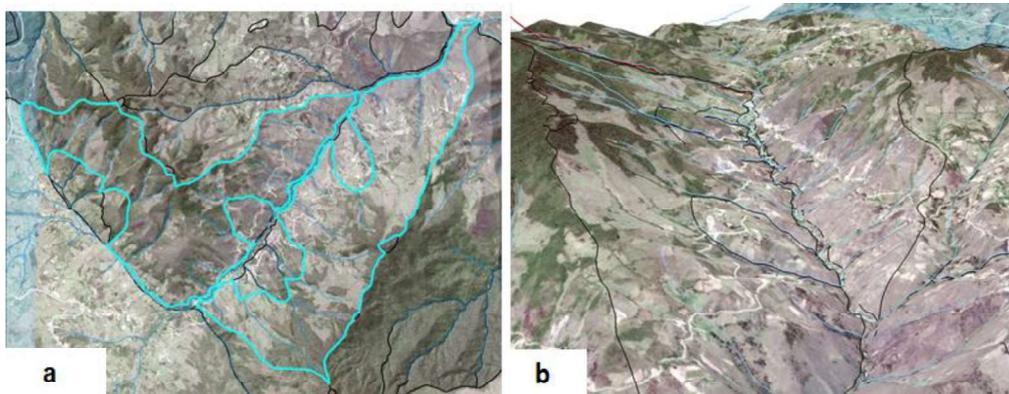
Nota: a) Relieves montañosos y colinados delimitadas con la red de drenaje; b) Geoformas vistas en ArcScene; c) Desnivel relativo para nombrar cada geoforma

6.2.1.2 Vertientes disectadas.

Como su nombre lo indica, estas corresponden a geoformas que presentan una fuerte disección en sus laderas, es decir, tienen una red de drenaje muy compleja en sus vertientes, para lo cual se debe tener digitalizada la red hidrográfica para facilitar su reconocimiento.

Figura 41.

Vertientes disectadas fotointerpretadas



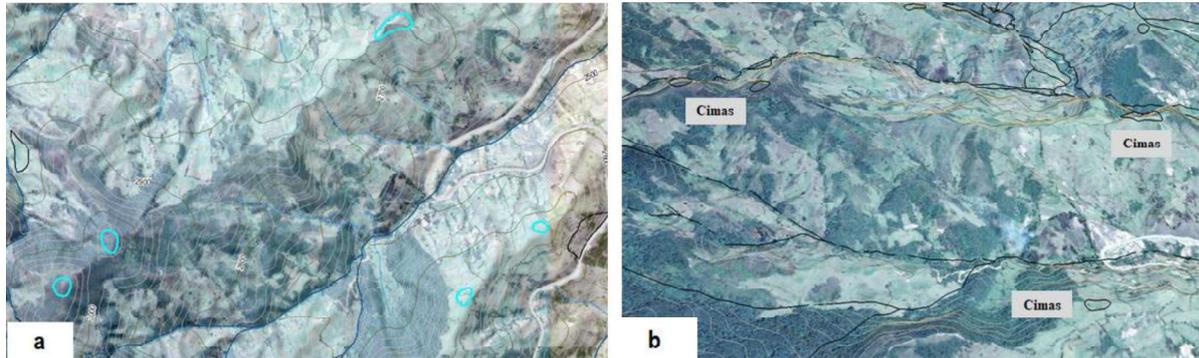
Nota: a) Vertientes disectadas en ArcMap; b) Vista en ArcScene de vertientes disectadas

6.2.1.3 Cimas.

El reconocimiento de este tipo de geoformas se lo realizó empleando las curvas de nivel, las cuales permiten identificar claramente las cimas de cada unidad del relieve.

Figura 42.

Cimas fotointerpretadas



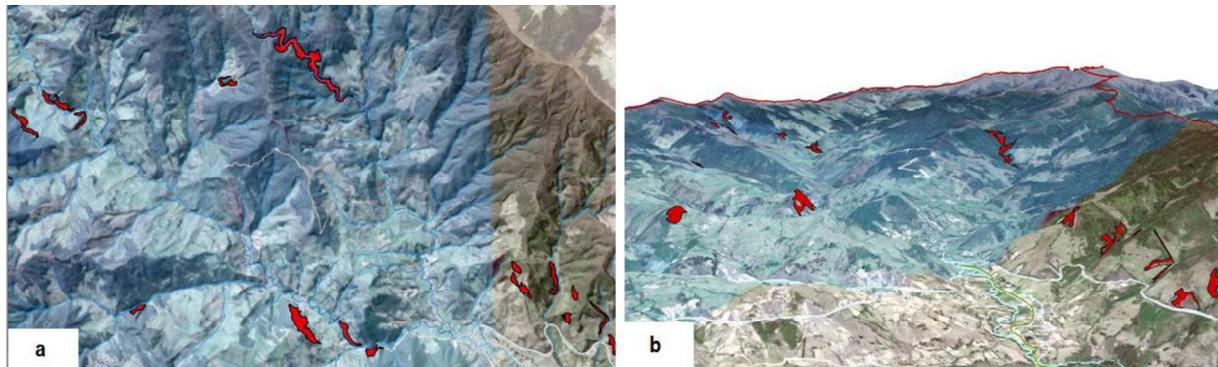
Nota: a) Cimas en ArcMap; b) Vista en ArcScene de las cimas

6.2.1.4 Escarpes.

Definidas como vertientes rocosas cuyas pendientes son mayores a 45° , por lo que, se recortaron los polígonos de las pendientes de clase muy escarpada ($> 45^\circ$) y se los sobrepuso en el mapa final junto a las demás unidades geomorfológicas.

Figura 43.

Escarpes fotointerpretados



Nota: a) Escarpes en ArcMap; b) Vista en ArcScene de los escarpes

6.2.1.5 Llanura aluvial.

Definida como una zona amplia y llana donde destacan pequeñas ondulaciones, para el reconocimiento de esta geoforma se logró mediante el resultado de las unidades morfométricas (gridcode 7) en correlación con las pendientes (planas a inclinadas). Corresponde al valle de la

cabecera parroquial formado por los depósitos aluviales producto de la dinámica fluvial del río Santiago.

Figura 44.

Llanura aluvial fotointerpretada



Nota: a) Llanura aluvial en ArcMap; b) Llanura aluvial vista con las pendientes; c) Morfometría de la llanura aluvial

6.2.1.6 Terrazas.

Similar a la anterior geofoma descrita, a estas unidades de relieve le corresponden unidades morfométricas parecidas a la llanura aluvial, lo que diferencia a cada una de ellas es que en el caso de las terrazas estas presentan escarpes de vertiente o escarpes de terraza, tal como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 45.

Terraza fotointerpretada



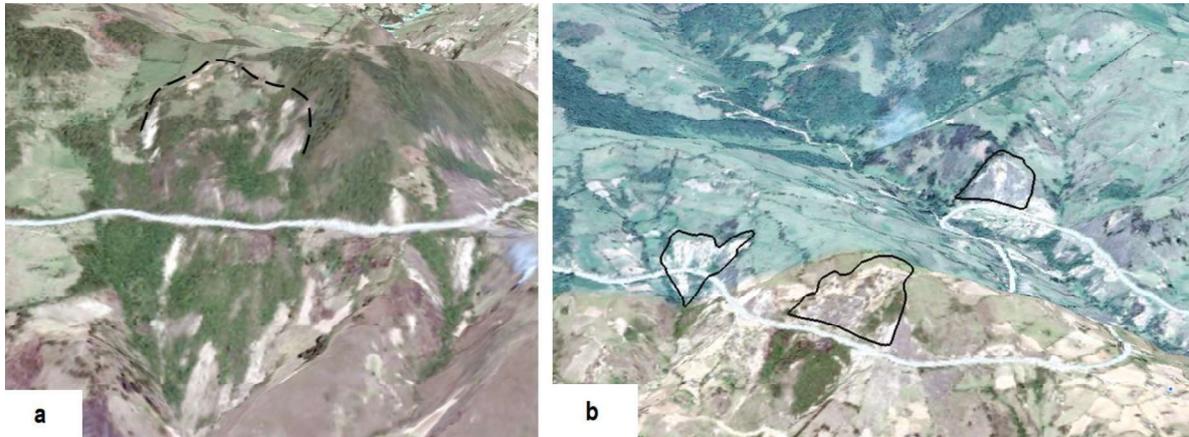
Nota: a) Llanura aluvial en ArcMap; b) Llanura aluvial vista con las pendientes; c) Morfometría de la llanura aluvial

6.2.1.7 Masas deslizadas.

Su reconocimiento se dio debido a líneas de ruptura en el terreno que se observaron en la ortofoto y por superficies en donde se encontraba escasez de vegetación correspondientes a áreas denudadas.

Figura 46.

Masas deslizadas fotointerpretadas



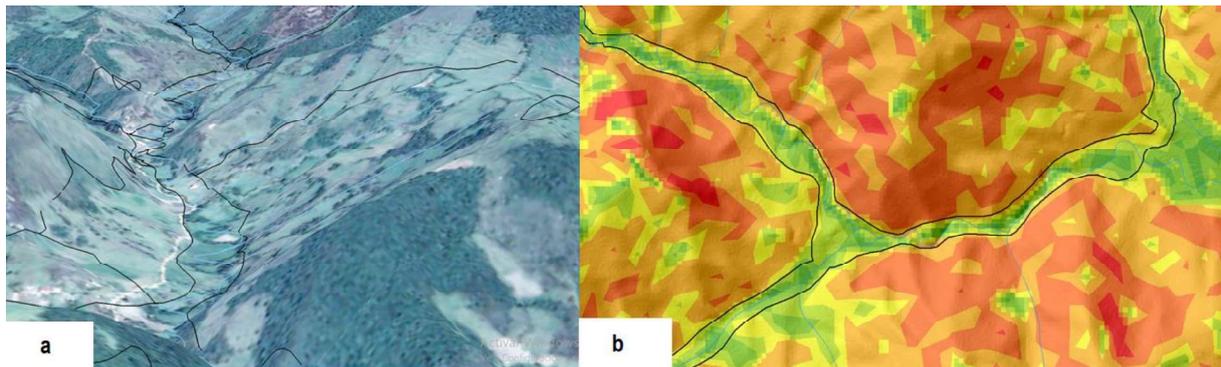
Nota: a) Línea de ruptura observada en la Ortofoto; b) Terreno erosionado.

6.2.1.8 Coluvios-aluviales

La identificación de las mismas se la realizó visualizando las superficies depositadas en los márgenes de las quebradas de la parroquia que presenten pendientes planas y que limiten con laderas que presenten cambios bruscos de pendiente, ya que podemos interpretar que los materiales procedentes de las laderas han sido transportados hacia la superficie de los coluviones-aluviales.

Figura 47.

Coluvios-aluviales fotointerpretados



Nota: a) Coluvios-aluviales vistos en ArcScene; b) Coluvios-aluviales vistos con las pendientes

6.2.2 Variables para la caracterización geomorfológica en la parroquia Santiago

6.2.2.1 Geología de la parroquia Santiago.

La parroquia Santiago está conformada en gran extensión por andesitas de color negras y grises diaclasadas pertenecientes a la unidad Loma Bernabé, estos afloramientos se pueden apreciar principalmente en la vía Panamericana (vía Santiago – San Lucas), y en la parte norte y noroeste de la parroquia. La granodiorita también es otro tipo de roca cuyos afloramientos se lograron apreciar principalmente en la vía Panamericana (entrada a Santiago), sector noroeste y centro de la parroquia, vía antigua Loja Cuenca y la vía Santiago – Las Juntas.

Unidad Loma Bernabé

Es la unidad que mayor aflora en la parroquia, localizada en la parte norte, noroeste y centro de la parroquia. Los afloramientos más representativos se observan en la vía Panamericana (tramo Santiago – San Lucas) y la carretera que conduce al barrio Minas.

En la vía Panamericana se evidenciaron afloramientos de andesitas de colores verdes con texturas porfídicas a andesitas grises, con una meteorización baja, además se logró observar el contacto de esta unidad con las Granodioritas.

Figura 48.

Afloramientos de andesitas en la vía Panamericana

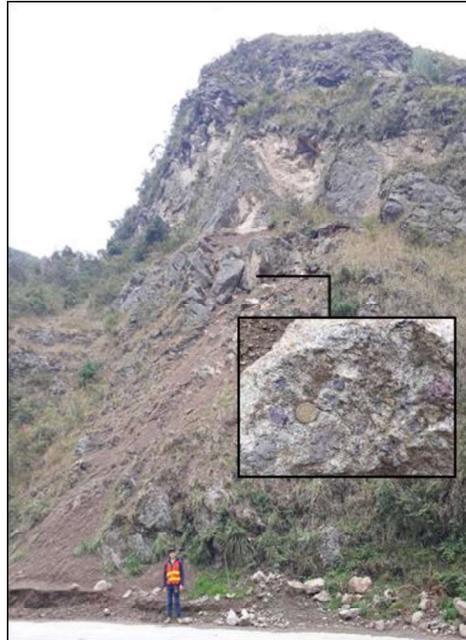


Nota: a) Afloramiento de andesitas de color verde con textura porfírica; b) Contacto entre la unidad Loma Bernabé y Granodiorita.

En esta misma vía se pudo observar brechas volcánicas altamente meteorizadas con clastos volcánicos andesíticos de color morado que varían en tamaños de 1,43 cm a 4,28 cm.

Figura 49.

Afloramiento de tobas volcánicas en la vía Panamericana



En la carretera intraparroquial que conduce al barrio Minas se observaron también importantes afloramientos de andesitas de colores cafés a grises con oxidaciones. En uno de ellos, se apreció un afloramiento de andesitas en el que contenía pequeñas drusas aún en formación.

Figura 50.

Afloramientos de andesitas en el barrio Minas



Nota: a) Afloramiento de andesitas con presencia de drusas en su interior; b) Contacto entre andesita y Granodiorita.

En las partes altas de la parroquia, en los límites con las parroquias San Pablo de Tenta (Saraguro) y la parroquia Gualiel se exponen afloramientos de andesitas con presencia de diaclasas en su estructura de tonos verdes y grises. Así mismo, se evidenció en el lugar presencia de bombas volcánicas angulares.

Figura 51.

Afloramiento de andesitas en la parte alta de la parroquia

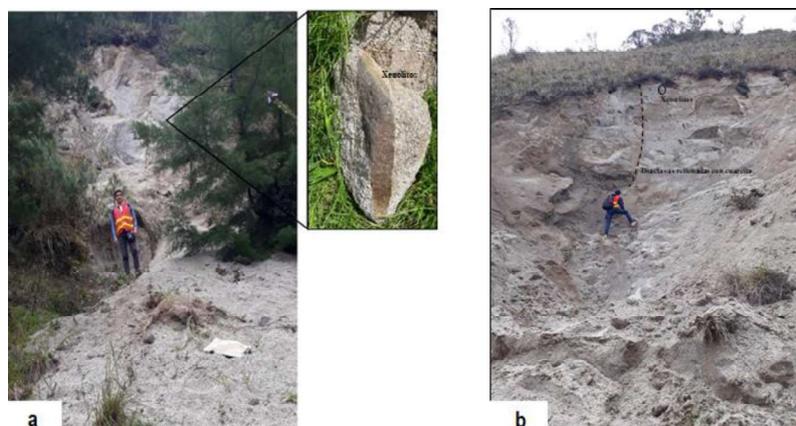


Granodiorita

Son el cuerpo intrusivo de mayor representación en el área de estudio, localizados en el centro de la parroquia, se pueden observar afloramientos de este cuerpo en la vía Loja Cuenca y la vía Santiago – Las Juntas, y por vías intraparroquiales. Presentan altos grados de meteorización, y además la mayor parte de los deslizamientos que se observaron se producen en este intrusivo. Presentan Xenolitos en su estructura y también se observan franjas de cuarcita.

Figura 52.

Afloramiento de granodioritas en distintos puntos de la parroquia



Nota: a) Afloramiento de Granodiorita en el barrio La Florencia; b) Afloramiento de Granodiorita en la vía Panamericana.

Unidad Cera

Localizada esta unidad en la parte sur de la parroquia. Los afloramientos que se observaron se encuentran en senderos que conducen a la parroquia y por la carretera intraparroquial que conduce al barrio Cachipirca.

Los afloramientos encontrados en el límite de las parroquias Taquil y Santiago presentan capas de paragneises con bandas de cuarzo, capas de arcillas de tonalidades café claras, y la presencia de esquistos de tonos café oscuros.

Figura 53.

Afloramiento de la Unidad Cera en el límite parroquial Taquil-Santiago



En la entrada al barrio Cachipirca se pudo observar con mayor claridad afloramientos de esquistos micáceos con un grado alto de meteorización.

Figura 54.

Afloramiento de esquistos en el barrio Cachipirca

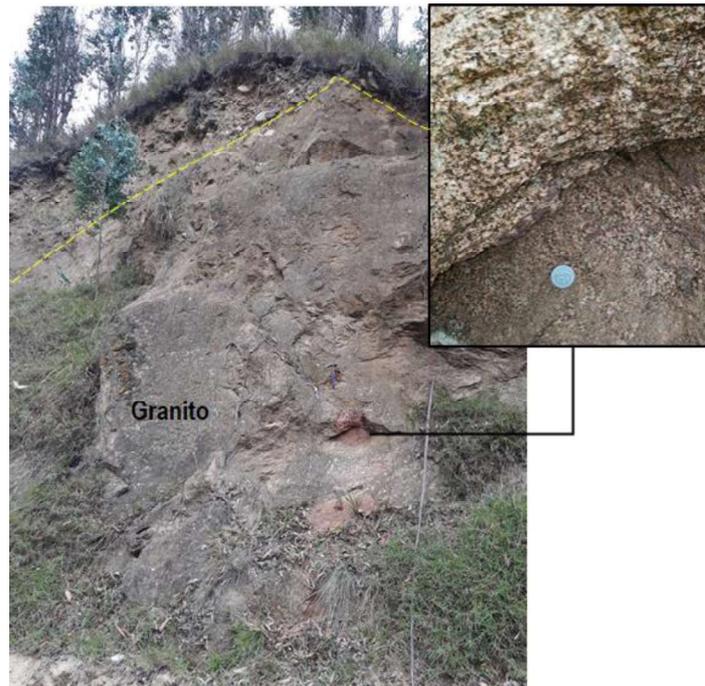


Granito

Se localizaron en la vía Santiago – Las Juntas en el sector sureste de la parroquia. Los afloramientos expuestos presentaban alto grado de meteorización y sobre este intrusivo se identificaron conglomerados.

Figura 55.

Afloramiento de granito en la vía Santiago - Las Juntas



En la muestra de mano se logran visualizar con claridad los minerales que conforman el granito. En mayor proporción feldespatos potásicos de tonos rosados, cuarzos, albitas y en pequeñas cantidades anfíboles y biotita que son los minerales de color negro.

Figura 56.

Muestra de mano de granito

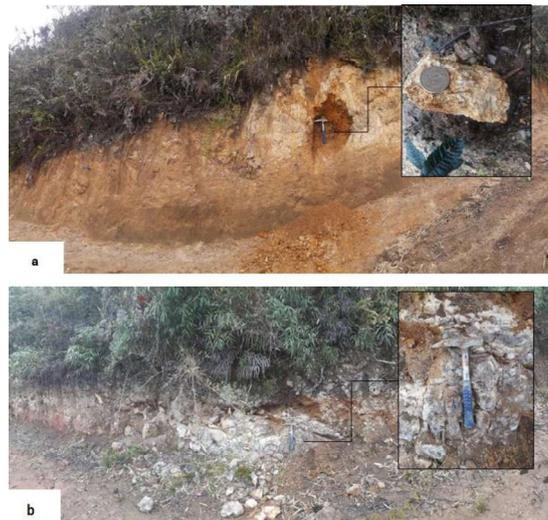


Unidad Gonzabal

Esta unidad se expone en la parte suroeste de la parroquia, al límite con la parroquia Taquil. Los afloramientos que se observaron se encontraron por el sendero que conduce al barrio Sayo. En estos afloramientos se presenciaron rocas volcanosedimentarias, microconglomerados y lavas basálticas.

Figura 57.

Afloramientos de la Unidad Gonzabal



Nota: a) Microconglomerados con presencia de cuarcitas en su estructura; b) Afloramiento de lavas basálticas

Unidad Sayo Cruz

Los afloramientos de esta unidad se localizaron en la vía Panamericana, entrada a la parroquia Santiago. Aquí se observaron afloramientos con una meteorización media, y en su estructura se identificaron suelo arcilloso, lutitas, lavas andesitas de textura porfídica y líticos de pómez.

Figura 58.

Afloramientos de la Unidad Sayo Cruz



Unidad Agoyán

Esta unidad se localiza en la parte sureste de la parroquia. Los afloramientos se exponen en la vía antigua Loja – Cuenca. En dichos afloramientos se presentan esquistos biotíticos de tonos cafés a negros.

Figura 59.

Afloramiento de la Unidad Agoyán



Unidad Tres Lagunas

Se localizan los afloramientos de esta unidad al sureste de la parroquia, en el barrio Challipaccha. Conformados por granitoides de textura fanerítica, constituido principalmente por cuarzo en su estructura.

Figura 60.

Afloramiento de la Unidad Tres Lagunas



6.2.2.2 Morfogénesis de la parroquia Santiago.

Tectónico-erosivo

Este ambiente de formación está relacionado a las formas del territorio originadas por la dinámica interna de la tierra, procesos de tectonismo asociadas a plegamientos y fallamientos que han sufrido procesos de erosión pero que conservan rasgos originales de sus estructuras. Es el ambiente predominante en la parroquia y las geoformas características en ella son los relieves montañosos, vertientes disectadas y relieves colinados.

Figura 61.

Ambiente tectónico-erosivo



Denudativos

Relacionado a las formas del territorio originadas por procesos de meteorización y erosión de origen gravitacional y pluvial de superficies extintentes y que han sido depositados al pie de ellas. A este grupo pertenecen los coluviones y las masas deslizadas.

Figura 62.

Ambiente denudativo



Fluvial

Relacionado a formas del terreno que han sido depositadas a partir de la dinámica fluvial a partir de procesos de erosión de las corrientes fluviales y posterior acumulación y sedimentación. En este grupo se encuentran las terrazas y la llanura aluvial.

Figura 63.

Ambiente fluvial



Poligénicas

De origen fluvial y denudativo, estos tipos de geformas se encuentran en los márgenes de las principales quebradas en la parroquia depositadas como producto de la dinámica fluvial y de los procesos gravitacionales de las laderas.

Figura 64.

Ambiente poligénico



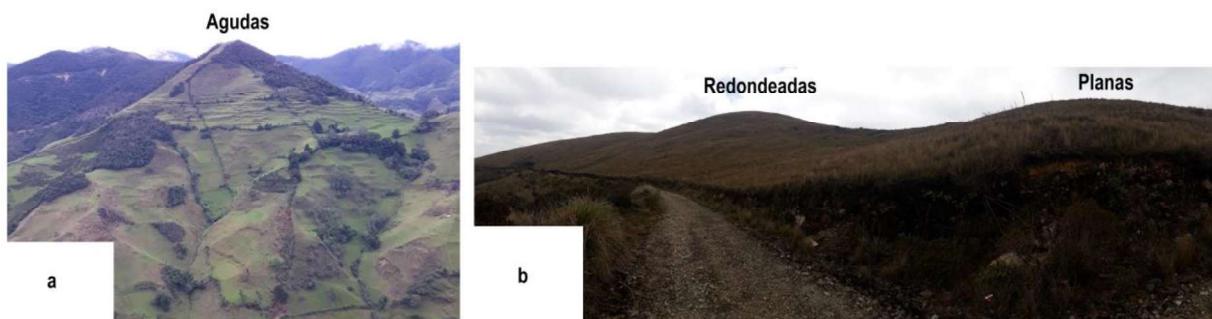
6.2.2.3 Morfología en la parroquia Santiago.

Forma de la cima

En la parroquia se presentan los 3 tipos de cimas, es decir, planas, redondeadas y agudas. En el caso de las cimas planas estas se presentan en las partes altas de la parroquia, mientras que las cimas agudas y redondeadas se distribuyen a lo largo de la parroquia.

Figura 65.

Formas de cimas en la parroquia



Forma de la vertiente

Se presentan todas las formas de vertientes en la parroquia, es decir, cóncavas, convexas, rectilíneas, y principalmente laderas mixtas e irregulares debido a la compleja morfometría en la zona de estudio.

Figura 66.

Formas de vertientes en la parroquia



Forma del valle

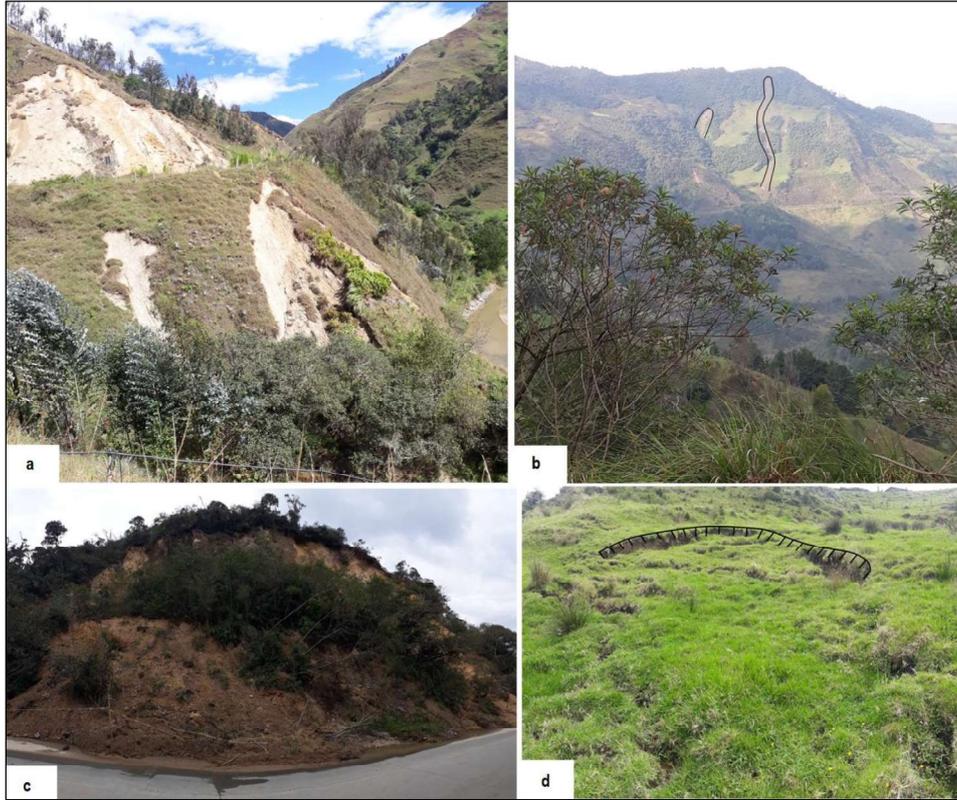
Las formas de valles que se presentan en la parroquia son de 2 tipos, valle en V que son los que predominan en la parroquia, y el valle plano presentado por la llanura aluvial.

Figura 67.*Formas de valles en la parroquia*

6.2.2.4 Morfodinámica en la parroquia Santiago

Se lograron identificar 25 masas deslizadas y 19 coluviones mediante fotointerpretación empleando ortofotos de la parroquia ocupando estos una superficie de 0,31 km² y 0,75 km² en la parroquia respectivamente. En campo se tomaron 69 puntos de validación (Anexo 3), localizados en gran parte en los sectores sureste y centro de la parroquia al pie de las vías Panamericana, vía antigua Loja-Cuenca y por carreteras que conducen a la parroquia.

La mayoría de deslizamientos se encontraron en Granodiorita, mismos que presentaban alta meteorización cuya masa deslizada es de suelo arenoso. En la Unidad Sayo Cruz se lograron identificar escarpes de deslizamientos. En la vía antigua Loja – Cuenca los deslizamientos presentaban en su masa deslizada suelo arcilloso y arenoso.

Figura 68.*Deslizamientos identificados en campo*

Nota: a) Deslizamiento traslacional localizado en la vía Santiago – Las Juntas; b) Flujos localizados en la vía Panamericana; c) Deslizamiento rotacional en la vía Panamericana; d) Escarpe de deslizamiento localizado en la Unidad Sayo.

6.2.3 Caracterización geomorfológica en la parroquia Santiago

6.2.3.1 Cuantificación de las unidades geomorfológicas de la parroquia Santiago.

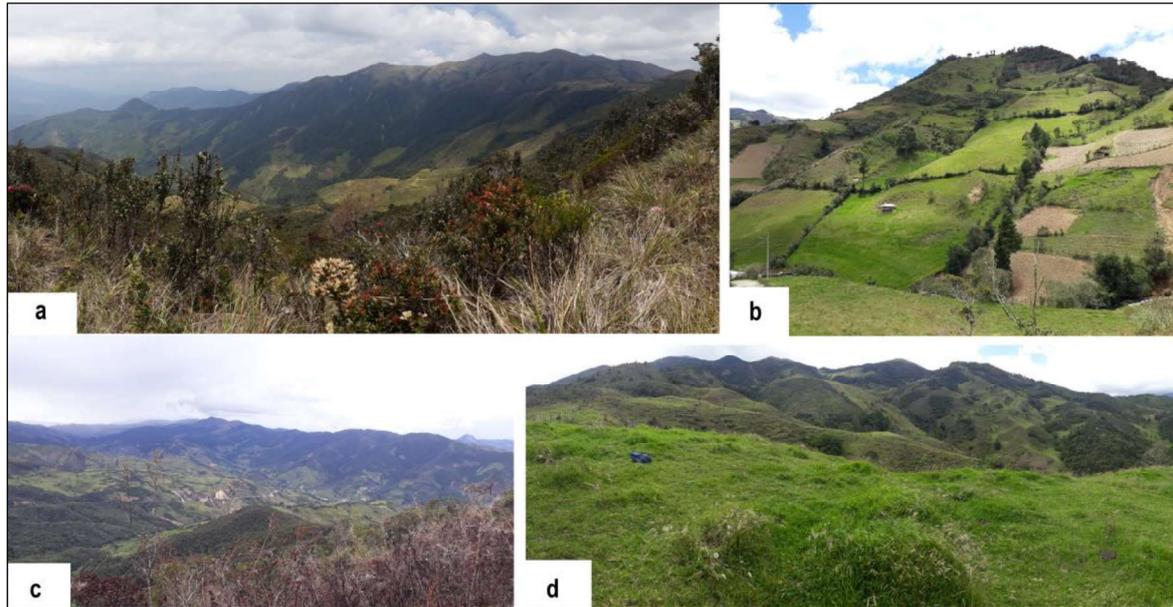
Como resultado de la fotointerpretación se identificaron 12 tipos de unidades de mesorelieve (Tabla 15), en dónde, de manera general se logra evidenciar que gran parte del territorio en la parroquia Santiago se encuentra dominado por *relieve montañoso* ocupando una superficie de 74,19 km² lo que representa el 72,80 % del total de la parroquia, seguido de ello se encuentran las *vertientes disectadas* las cuales forman parte del relieve montañoso con una extensión equivalente al 12,55 km² representando un 12,31 % de territorio en la parroquia; mientras que en menor dimensión se identificaron *colinas medianas* con una superficie del 0,20 km², mismas que se localizan en las partes altas de la parroquia (sector Noreste y centro), masas deslizadas con una superficie de 0,31 km² lo que representa un 0,30 % en la parroquia, *cimas* de los relieves montañosos y colinados con una superficie de 0,37 km² y la *llanura aluvial* que corresponde a la cabecera parroquial con una extensión de 0,40 km².

Tabla 15.
Cuantificación de las unidades de relieve en la parroquia Santiago

Nomenclatura	Macrorelieve	Mesorelieve	Área (km ²)	%
Rm		Relieve montañoso	74,19	72,80
Vd		Vertientes disectadas	12,55	12,31
Cma	Cordillera y Serranía	Colinas muy altas	7,62	7,48
Ca		Colinas altas	2,12	2,08
Ec		Escarpes	1,32	1,30
Cim		Cimas	0,37	0,36
Tz			Terrazas	1,68
Lla	Valle	Llanura aluvial	0,40	0,39
Cva		Coluvio-aluvial	0,40	0,39
Cm		Colinas medianas	0,20	0,20
Clv	Pie de monte	Coluvión	0,75	0,74
Mdz		Masa deslizada	0,31	0,30
TOTAL			101,92	100,00

6.2.3.2 Caracterización de los relieves montañosos.

Son las geoformas de mayor extensión en la parroquia con un área en total de 74,19 km², representando el 72,80 % de ocupación territorial. Constituidos litológicamente por rocas ígneas como andesitas, intrusivos como Granodioritas, Granitos y granitoides de la Unidad Tres Lagunas, por esquistos de las Unidades Cera y Agoyán y volcanosedimentos de las Unidades Gonzabal y Sayo. Su origen es de tipo tectónico-erosivo. Morfológicamente presentan cimas agudas, redondeadas y planas, laderas mixtas e irregulares y formas de valle en V. Morfométricamente presentan formas planas del terreno, superficies mayormente lineales y cóncavas, y pendientes inclinadas a muy inclinadas (6° a 15°) correspondientes a superficies ocupadas por las actividades agrícolas, los interfluvios de las cimas y en algunas montañas por la formación de depresiones lagunares, laderas moderadas y fuertemente cóncavas y convexas con pendientes abruptas a muy escarpadas (16° a > 45°), desniveles relativos mayores a 300 metros, y longitudes de vertientes muy largas (>500 metros). Morfodinámicamente este relieve presenta gran dinámica dadas por el depósito de coluviones y masas deslizadas en el pie de las mismas. La cobertura vegetal en este tipo de geoformas se presentan de todo tipo, es decir, arbórea, herbácea, arbustiva, cultivos y eriales.

Figura 69.*Relieve montañoso en la parroquia*

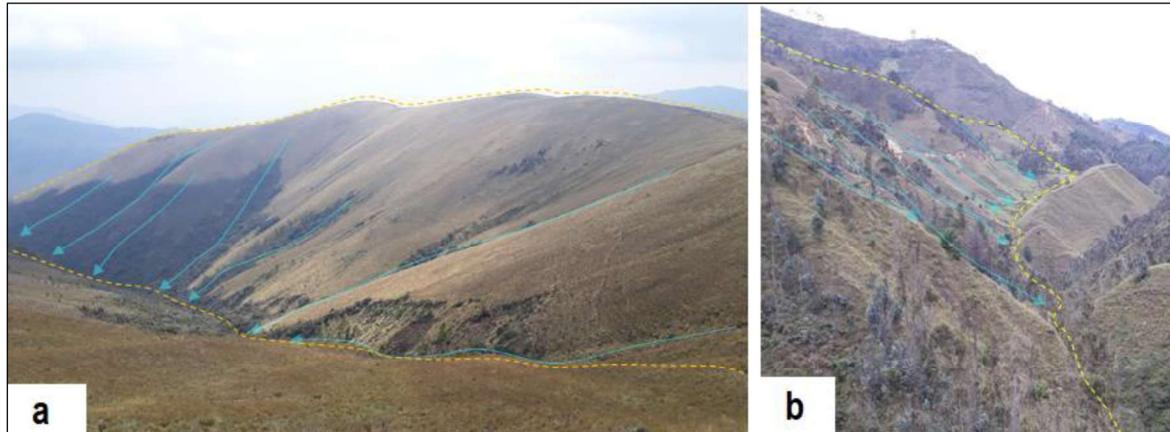
Nota: a) Relieve montañoso visto desde la parroquia San Pablo de Tenta (Saraguro); b) Barrio Minas; c) Relieve montañoso visto desde el sector El Sayo; d) Relieve montañoso cercano a la laguna Minas.

6.2.3.3 Caracterización de Vertientes disectadas.

Representadas por aquellas laderas de montañas con una marcada disección. Son el segundo tipo de geformas más representativas en la parroquia con una extensión de 12,55 km², significando un 12,31 % de ocupación en la parroquia. Su localización se distribuye principalmente en la parte central y al norte de la parroquia. Geológicamente están constituidas por andesitas pertenecientes a la unidad Loma Bernabé, rocas intrusivas como las Granodioritas y granitoides de la unidad Tres Lagunas, y por rocas metamórficas pertenecientes a la unidad Cera. Su origen corresponde a un ambiente tectónico-erosivo. Morfológicamente, poseen cimas agudas y redondeadas, laderas mixtas e irregulares, y formas de valles en V. Morfométricamente presentan laderas con superficies moderada y fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas (21° a 45°), desniveles relativos mayores a 300 metros y longitudes de vertientes muy largas (> 500 metros). Morfodinámicamente este relieve presenta gran dinámica dadas por el depósito de coluviones y masas deslizadas en el pie de las mismas. En cuanto a la cobertura vegetal que presentan se encuentra la vegetación arbórea y herbácea principalmente.

Figura 70.

Vertientes disectadas en la parroquia



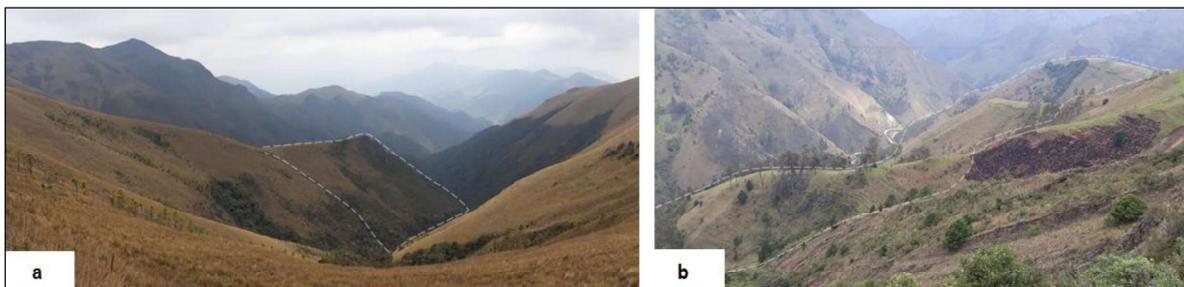
Nota: a) Vertiente ubicada al límite con la parroquia Gualiel; b) Vertiente en la vía Santiago – Las Juntas (barrio Pogollo)

6.2.3.4 Caracterización de Colinas muy altas.

Localizadas en diferentes puntos de la parroquia, con una extensión de 7,62 km², lo que representa un 7,48% de ocupación territorial. Geológicamente están compuestas por andesitas de la Unidad Loma Bernabé, Granodioritas, granitoides de la Unidad Tres Lagunas y esquistos de la Unidad Agoyán. Su origen está dado por ambiente tectónico-erosivo. Morfológicamente presentan cimas redondeadas, laderas mixtas e irregulares, y formas de valle en V. Morfométricamente corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas (21° a 45°), desniveles relativos de 200 metros a 300 metros, y longitud de vertientes muy largas (> 500 metros). En estas geoformas se exponen coberturas vegetales de tipo arbórea y herbácea.

Figura 71.

Colinas muy altas en la parroquia



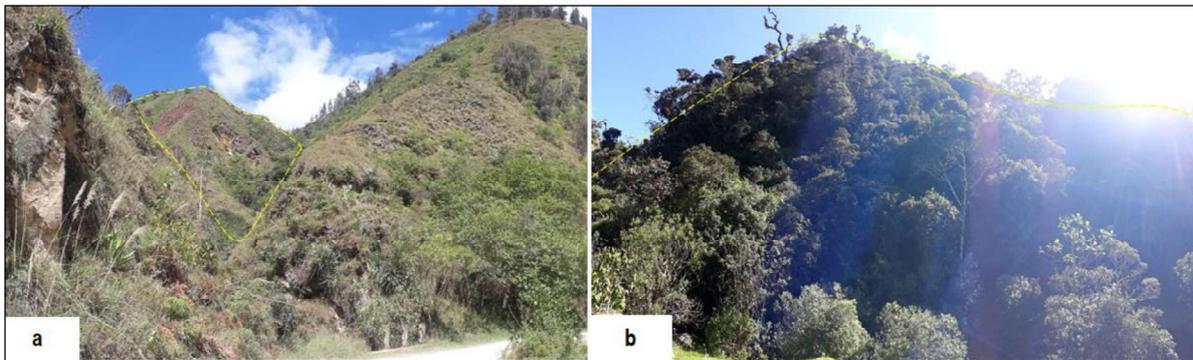
Nota: a) Colina localizada en el sector noroeste de la parroquia; b) colinas vistas desde la vía Panamericana

6.2.3.5 Caracterización de Colinas altas.

Localizadas principalmente al Noroeste de la parroquia, ocupando un área de 2,12 km², lo que representa un 2,08 % del total de ocupación territorial. Geológicamente están formados por andesitas de la unidad Loma Bernabé, Granodioritas, granitoides de la formación Tres Lagunas y esquistos de la Unidad Cera. Son de origen tectónico-erosivo. Morfológicamente poseen cimas redondeadas, formas de vertientes mixtas y formas de valle en V. Morfométricamente presentan superficies lineales, moderadamente cóncavas y convexas y pendientes inclinadas a escarpadas (6° a 45°), desniveles relativos de 100 metros a 200 metros y longitudes de vertiente de tipo largas (250 m – 500 m) a muy largas (> 500 m). Presentan coberturas vegetales de tipo arbórea, arbustiva y herbácea.

Figura 72.

Colinas altas en la parroquia



Nota: a) Colina alta localizada en el barrio El Gallo; b) Colina alta localizada en el barrio Minas.

6.2.3.6 Caracterización de Colinas medianas.

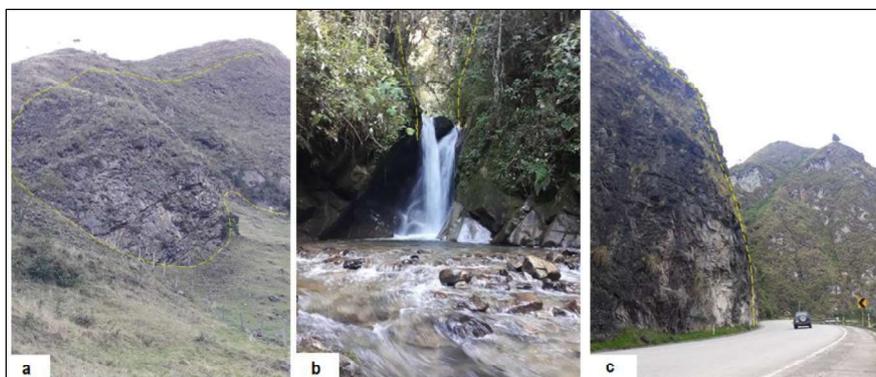
Son el tipo de geoformas de menor extensión en la parroquia con una superficie de 0,20 km², representando el 0,20 % de ocupación territorial. Ubicados a los pies de montañas, vertientes y colinas altas, se encuentran en el centro y el noroeste de Santiago. Geológicamente están constituidos por rocas andesíticas de la unidad Loma Bernabé y el intrusivo de Granodiorita. Son de origen tectónico-erosivo. Morfológicamente presentan cimas redondeadas, formas de vertientes rectilíneas y mixtas, y valles en V. Morfométricamente presentan superficies lineales, moderadamente cóncavas y convexas y pendientes inclinadas a muy abruptas (6° a 30°), desniveles relativos de 25 metros a 100 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (50 m – 250 m) a largas (250 m – 500 m). Además, se encuentran cubiertas por vegetación de tipo herbácea.

Figura 73.*Colinas medianas en la parroquia*

Nota: a) Colina mediana en el barrio Gandil; b) Colina mediana en el barrio Pogllo.

6.2.3.7 Caracterización de Escarpes.

Con una extensión de 1,32 km² lo que representa un 1,30 % del total de ocupación territorial. Este tipo de geformas se localizan en diferentes puntos de la parroquia. Geológicamente constituidos principalmente por macizos rocosos de afloramientos de andesitas de la Unidad Loma Bernabé, esquistos de la Unidad Loma Bernabé y rocas intrusivas como Granodiorita y Granitos. Son de origen tectónico-erosivo. Morfológicamente presentan formas de vertiente cóncavas y convexas. Morfométricamente corresponden a laderas con superficies fuertemente cóncavas y convexas, y pendientes muy escarpadas ($> 45^\circ$), desniveles relativos de 15 metros hasta 100 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (50 m – 250 m). La cobertura vegetal que presentan es de tipo herbácea y eriales.

Figura 74.*Escarpes en la parroquia*

Nota: a) Escarpe localizado en el sector oeste (barrio Gandil); b) Cascada de Samuel Piedra (a 3 km del barrio Minas); c) Escarpe en la vía Panamericana (vía Santiago – San Lucas).

6.2.3.8 Caracterización de Coluviones.

Mayormente localizados en el centro de la parroquia, se encuentran emplazados en las partes medias y bajas otras geoformas existentes. Este tipo de geoformas ocupan un área de 0,75 km², es decir, representan un 0,74 % de la superficie total en Santiago. Geológicamente constituidos por materiales residuales de deslizamientos provenientes del intrusivo de Granodiorita, fragmentos de rocas volcánicas angulares como las andesitas de la Unidad Loma Bernabé y volcanosedimentos de la Unidad Gonzabal. De origen denudativo. Morfométricamente poseen superficies mayormente lineales y cóncavas, y pendientes inclinadas a muy inclinadas (6° a 15°) y en aquellos coluviones que se forman en las vertientes disectadas presentan morfometrías de laderas con superficies mayormente cóncavas, y pendientes abruptas a muy abruptas (16° a 30°) y desniveles relativos que no sobrepasan los 15 metros. Su cubierta vegetal es de tipo eriales y herbácea.

Figura 75.

Coluviones en la parroquia



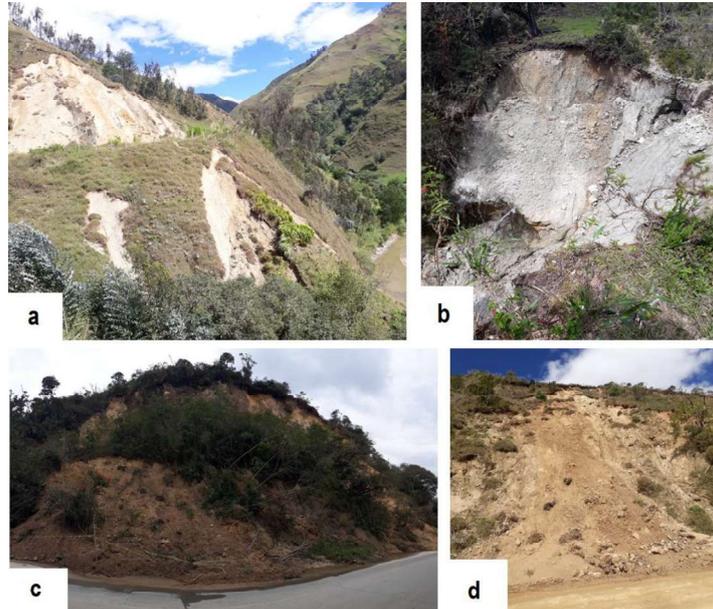
Nota: a y b) coluviones presentes en la vía Panamericana (Santiago – San Lucas); c) coluvión en la vía Panamericana (entrada a Santiago); d) coluvión en el barrio Gandil.

6.2.3.9 Caracterización de Masas deslizadas.

Formadas en el centro y sur de la parroquia, se encuentran emplazados en las partes medias y bajas otras geoformas existentes. Este tipo de geoformas ocupan un área de 0,31 km², es decir, representan un 0,30 % de la superficie total en Santiago. Geológicamente constituidos por materiales erosionados provenientes del intrusivo de Granodiorita, granitoides erosionados de la Unidad Tres Lagunas, fragmentos de rocas volcánicas angulares como las andesitas de la Unidad Loma Bernabé y volcanosedimentos de las Unidades Gonzabal y Sayo. De origen denudativo. Morfométricamente poseen superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas (21° a 45°). Su cubierta vegetal es de tipo eriales.

Figura 76.

Masas deslizadas en la parroquia



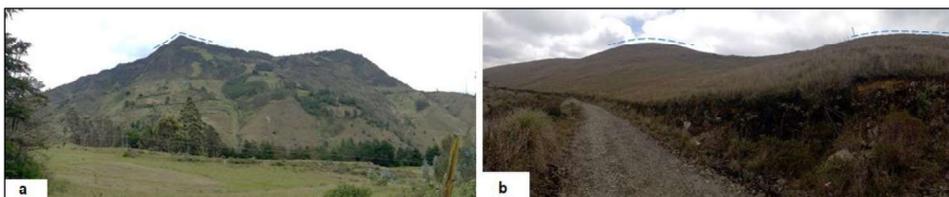
Nota: a) Vía Santiago – Las Juntas; b) Barrio Minas; c) Vía Panamericana (cerca a la entrada Santiago); d) Vía antiagua Loja - Cuenca

6.2.3.10 Caracterización de Cimas.

Con una extensión de 0,37 km² lo que representa el 0,36% de la superficie territorial. Geológicamente se encuentran en las Unidades Loma Bernabé, Unidad Tres Lagunas y en el intrusivo Granodiorita. Su origen es de ambiente tectónico-erosivo. Se identificaron cimas agudas con formas de vertiente rectilíneas, redondeadas con formas de vertiente convexas. Morfométricamente las cimas planas y redondeadas presentan superficies mayormente lineales y cóncavas, y pendientes inclinadas a muy inclinadas (6° a 15°), mientras que las cimas agudas poseen superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas (21° a 30°). Presentan cobertura vegetal de tipo herbáceo y arbustivo.

Figura 77.

Cimas en la parroquia



Nota: a) Cima aguda vista; b) Cimas redondeadas y planas localizadas en la parte alta de la parroquia.

6.2.3.11 Caracterización de Terrazas.

Con una extensión igual a 1,68 km², lo que representa un 1,65 % del total de superficie territorial. Se localizan principalmente en los márgenes de los ríos Santiago, San Lucas, Zamora y Zenén. La terraza más representativa en la parroquia es aquella localizada en el barrio San José originada por la dinámica del río Santiago. Geológicamente están compuestas por materiales aluviales como cantos redondeados y también por materiales de naturaleza volcánica. Morfológicamente presentan formas de vertientes irregulares y mixtas en sus escarpes de terrazas. Morfométricamente posee formas planas del terreno, superficies lineales y pendientes menores a 5° en las terrazas ubicadas en las partes centro, norte y noroeste, mientras que en las terrazas localizadas en los márgenes de los ríos San Lucas, Zenén y Zamora la morfometría corresponde a laderas con superficies mayormente cóncavas, y pendientes abruptas a escarpadas (16° a 45°) y desniveles relativos menores a 15 metros. Su cobertura vegetal es de tipo herbáceo, pero principalmente para actividades agrícolas.

Figura 78.

Terrazas en la parroquia



Nota: a) Terraza localizada en el barrio Minas; b) Terraza localizada en la vía antigua Loja – Cuenca

6.2.3.12 Caracterización de Llanura aluvial.

Ocupa una extensión de 0,40 km², es decir, representa un 0,39 % de ocupación territorial en la parroquia. Localizada en la cabecera parroquial en los barrios Paquisha, Aguacate-Chacoyanta, Central y La Floresta. Geológicamente, se encuentra constituida por material aluvial como cantos redondeados y también por materiales de naturaleza volcánica. De origen fluvial formada por acción de la dinámica del Río Santiago. Morfológicamente presenta un valle plano. Morfométricamente posee formas planas del terreno, superficies lineales y

pendientes menores a 5°, desniveles relativos menores a 5 metros. La cobertura vegetal es de tipo herbácea y cultivos.

Figura 79.

Llanura aluvial en la parroquia

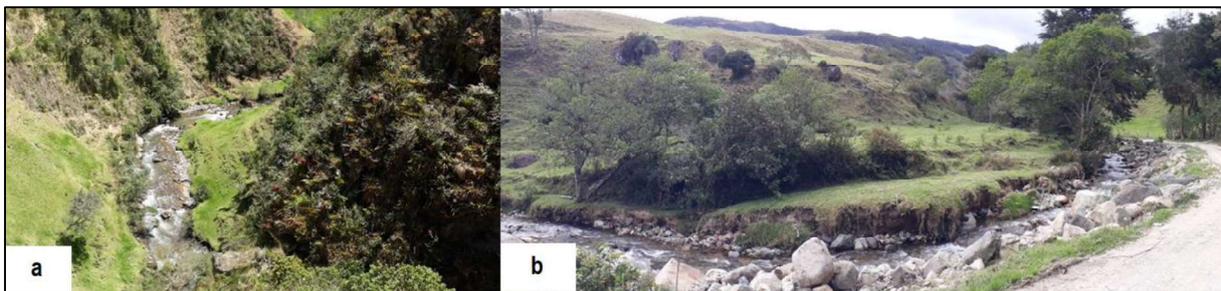


6.2.3.13 Caracterización de Coluvios-aluviales.

Ocupa una extensión de 0,40 km², es decir, representa un 0,39 % de ocupación territorial en la parroquia. Localizadas en los márgenes de las principales quebradas que alimentan el Río Santiago como lo son: Quebrada Sayo, Quebrada Minas, Quebrada Chacuyanta, Quebrada Gandil y Quebrada Sauce. Geológicamente, se encuentra constituida por materiales aluviales como cantos redondeados y también por materiales de naturaleza volcánica. Son de origen poligenético, es decir originadas por la deposición de materiales aluviales procedentes de drenajes y por materiales procedentes de laderas. Morfológicamente presentan valles planos. Morfométricamente posee formas planas del terreno, superficies lineales y pendientes menores a 5°. Su cobertura vegetal es de tipo herbáceo.

Figura 80.

Coluvios-aluviales en la parroquia



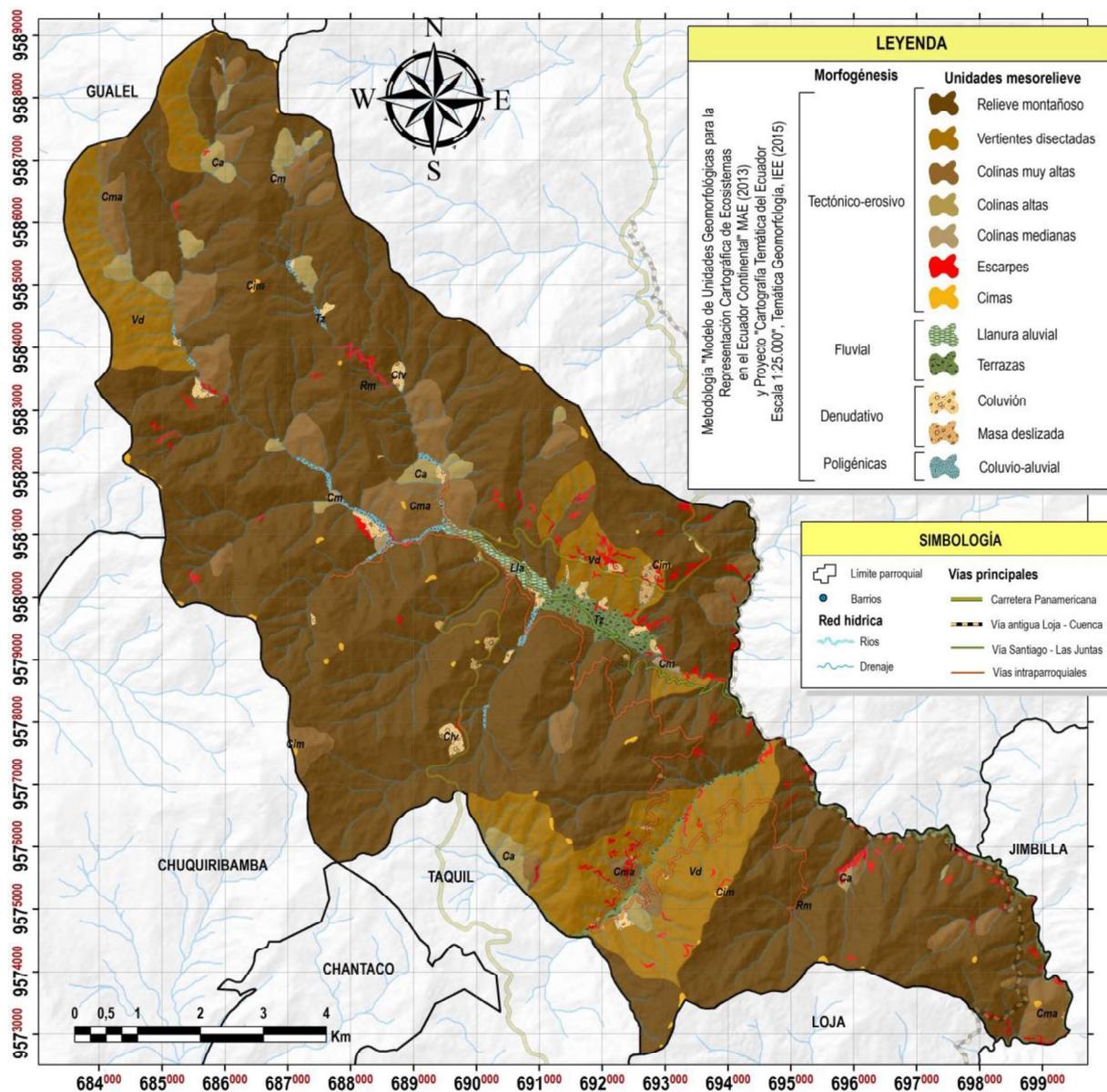
Nota: a) Coluvio-aluvial en el margen de la quebrada Gandil; b) Coluvio-aluvial en el margen de la Quebrada Minas

6.2.4 Cartografía geomorfológica

Finalizada la validación en campo de las unidades geomorfológicas a nivel de mesorelieve se elaboró el mapa geomorfológico a escala 1:10 000 con colores y tramados que distinguen a cada una de sus clases, siendo los relieves montañosos y las vertientes disectadas las de mayor ocupación en la parroquia (74,19 km² y 12,55 km² respectivamente), mientras que las geoformas de menor extensión resultaron ser las cimas, masas deslizadas y las colinas medianas (0,37 km², 0,31 km² y 0,20 km²).

Figura 81.

Unidades geomorfológicas de la parroquia Santiago



6.3 Resultados del tercer objetivo

6.3.1 Puntos de validación de la geomorfología

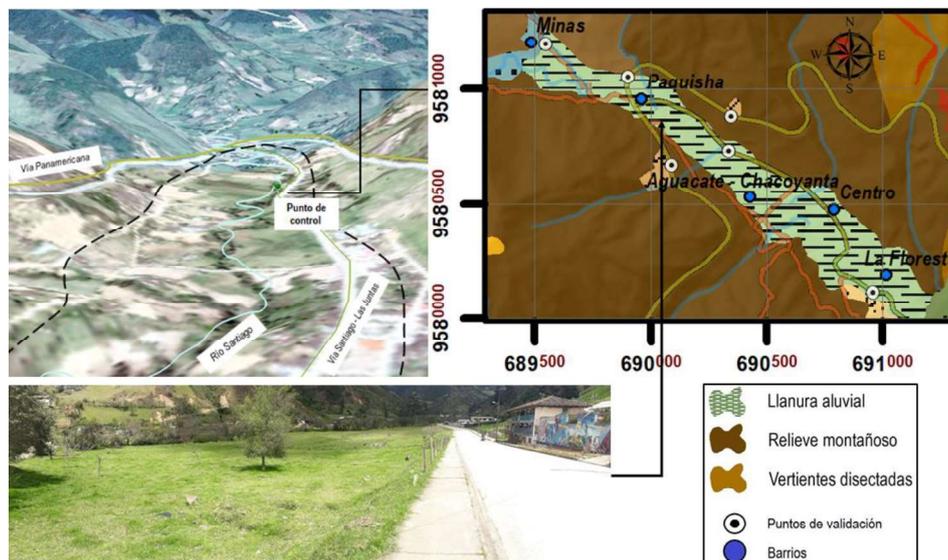
Para la corroboración de las unidades geomorfológicas se procedió a la validación de las mismas mediante el recorrido de vías y caminos accesibles dentro de la parroquia. En total se realizaron 80 puntos de validación (Anexo 2); así mismo, en este apartado se realizó la validación de los deslizamientos mediante 69 puntos de validación (Anexo 3) presentes en el área de estudio como parte de la Morfodinámica en la parroquia.

Llanura aluvial

Ocupa un 0,40 km² de superficie en la parroquia. La validación de esta geoforma corresponde al valle fluvial de Santiago y se la realizó en la cabecera parroquial, junto al colegio Abdón Calderón. Se constató que el desnivel relativo es menor a 5 metros, y sus pendientes son de rango planas (0° - 5°) a inclinadas (6° - 10°). La cobertura vegetal es de tipo herbácea y cultivos de los moradores del sector. Geológicamente se encuentra en el intrusivo de Granodiorita, y litológicamente se encuentra constituido por materiales aluviales como arenas, gravas y rocas volcánicas producto del arrastre y deposición del río Santiago.

Figura 82.

Validación de la llanura aluvial



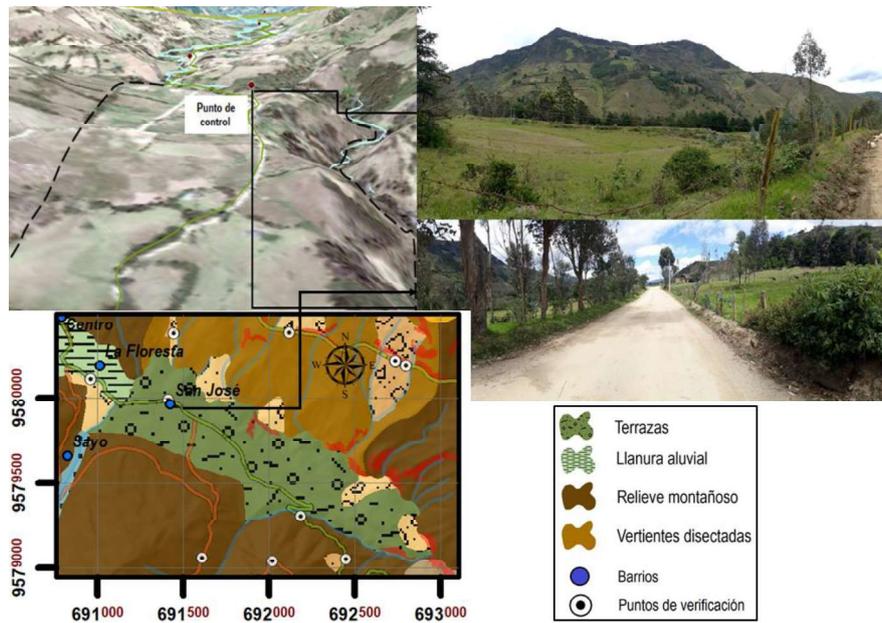
Terrazas

Ocupan un total de 1,68 km² en la parroquia. La validación de este tipo de geoforma se realizaron en los sectores centro, suroeste y sureste de la parroquia. Lugares donde se encuentran presentes principalmente. La terraza de mayor dimensión corresponde a la ubicada en el barrio

San José (vía Santiago – Las Juntas) con un área de 0,75 km². Originada por la dinámica fluvial del río Santiago. Geológicamente ubicada en el intrusivo de Granodiorita, constituida por materiales aluviales. Con desniveles relativos menores a 15 metros y pendientes planas (0° - 5°) a muy inclinadas (11° - 15°), mientras que sus escarpes de terrazas presentan pendientes muy abruptas (21° - 30°) a escarpadas (31° - 45°). Su cobertura vegetal es de tipo herbácea, cultivos y arbórea debido a plantaciones forestales.

Figura 83.

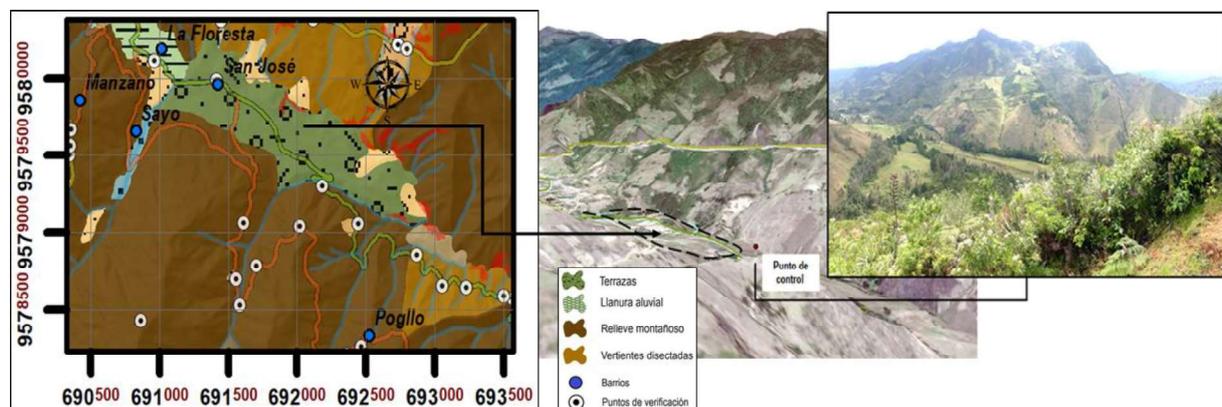
Validación de la terraza del barrio San José



Así mismo se corroboró esta terraza desde una mejor vista tomando un punto de validación en la carretera que conduce al barrio Pogllo.

Figura 84.

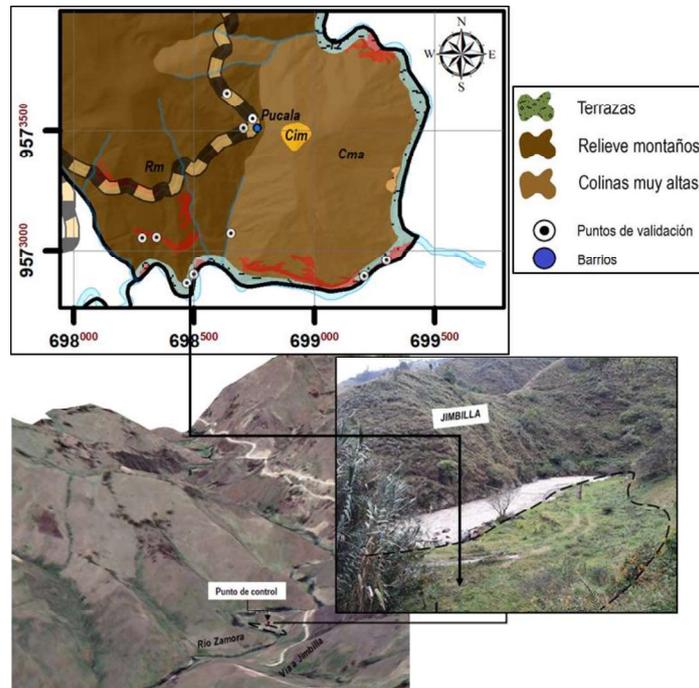
Validación de la terraza del barrio San José vista desde el barrio Pogllo



De igual manera en el barrio Pucalá por el paso de la vía a Jimbilla se tomaron puntos de validación en dónde se observaron terrazas originadas por la dinámica fluvial del río Zamora. Geológicamente asentadas en las unidades Tres Lagunas, Agoyán y en el intrusivo Diorita.

Figura 85.

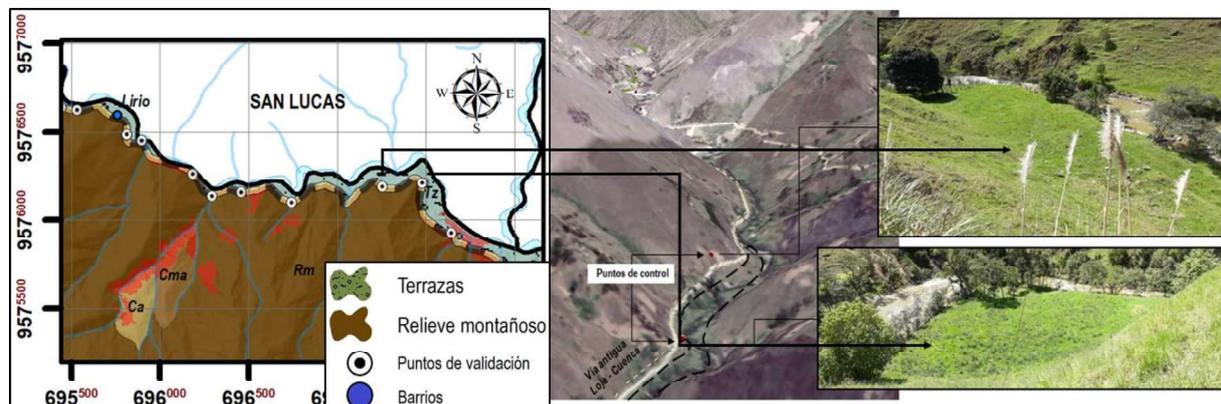
Validación de terraza en el barrio Pucalá (vía a Jimbilla)



Así mismo, se validaron las terrazas localizadas en el barrio Lirio a través de recorridos por la vía antigua Loja – Cuenca, originadas a lo largo del río San Lucas. Geológicamente asentadas en las unidades Tres Lagunas y los intrusivos de Granodiorita y Granito.

Figura 86.

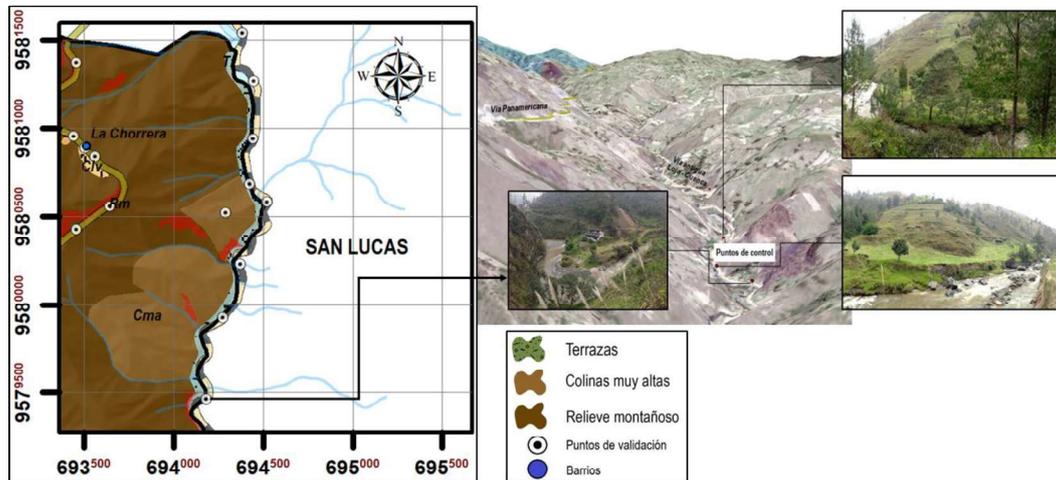
Validación de terrazas en el barrio Lirio (vía antigua Loja - Cuenca)



Siguiendo por la vía antigua Loja – Cuenca hasta el límite parroquial Santiago – San Lucas también se corroboraron las terrazas originadas por la acción del río San Lucas. Geológicamente localizadas en el intrusivo de Granodiorita.

Figura 87.

Validación de terrazas en la vía antigua Loja - Cuenca

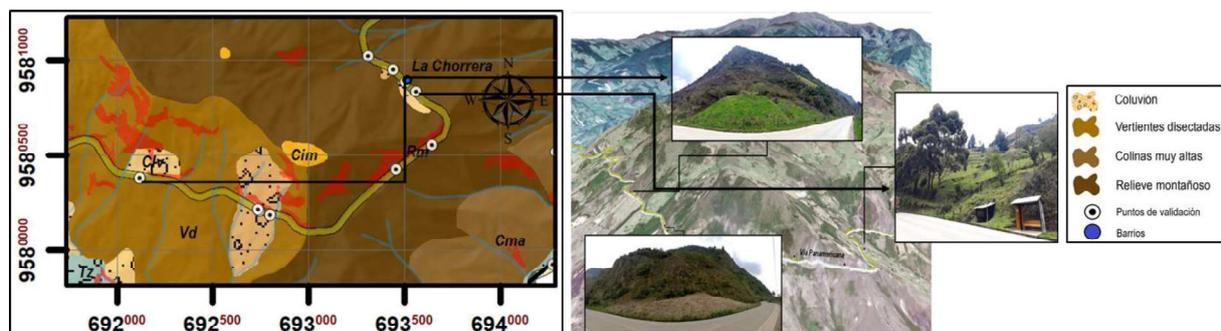


Coluviones

Con un área en la parroquia de 0,75 km² estas geoformas se encontraron en diferentes puntos de la misma. Algunos de los coluviones observados se determinaron que se originaron por depósitos de antiguos deslizamientos. En la vía Panamericana, geológicamente se depositan en los pies de relieves montañosos y se asientan sobre la Unidad Loma Bernabé y el intrusivo de Granodiorita, en este mismo sentido, se observó que litológicamente están compuestos por suelos arenosos y arcillosos y por fragmentos de rocas volcánicas angulares, principalmente de andesitas. Presentan pendientes muy abruptas (21° - 30°) a escarpadas (31° - 45°).

Figura 88.

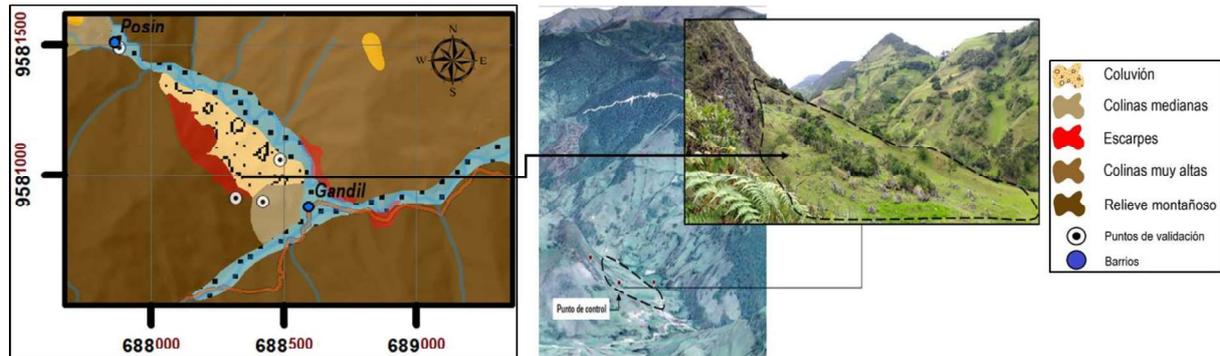
Validación de coluviones en la vía Panamericana



En el barrio Gandil se corroboró así mismo un coluvión como resultado de la meteorización y erosión del macizo rocoso de andesitas perteneciente a la Unidad Loma Bernabé, en su superficie se puede observar fragmentos de rocas andesíticas angulosas y cubierto de vegetación herbácea. Presenta pendientes muy abruptas (21° - 30°).

Figura 89.

Validación de coluvión en el barrio Gandil

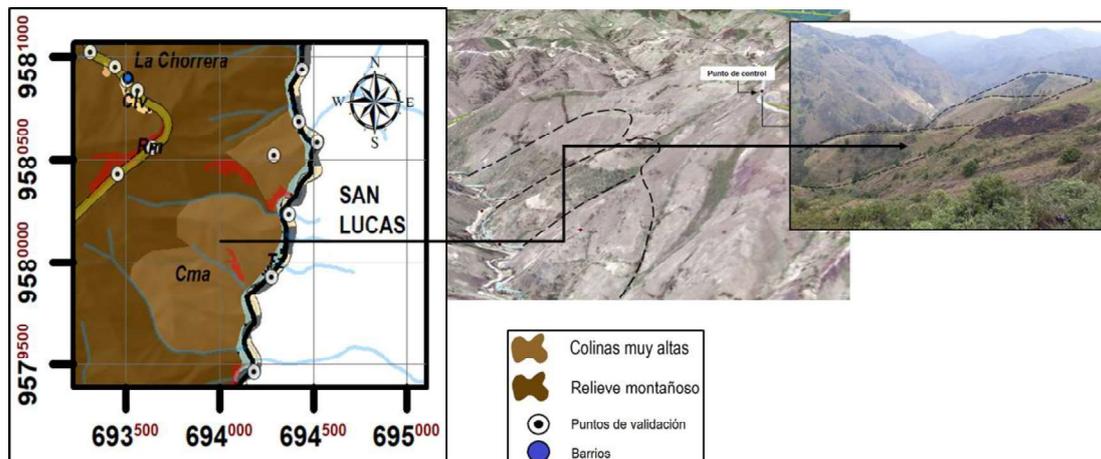


Colinas muy altas

Con una superficie de $7,62 \text{ km}^2$ se encuentran presentes los siguientes relieves colinados. En la vía Panamericana del barrio La Chorrera, se registró el punto de observación de 3 colinas muy altas. Con pendientes de rango escarpadas (31° - 45°) y geológicamente constituidos por el intrusivo de Granodiorita. Cubiertos por vegetación de tipo herbácea, arbustiva y arbórea.

Figura 90.

Validación de colinas muy altas en el barrio La Chorrera

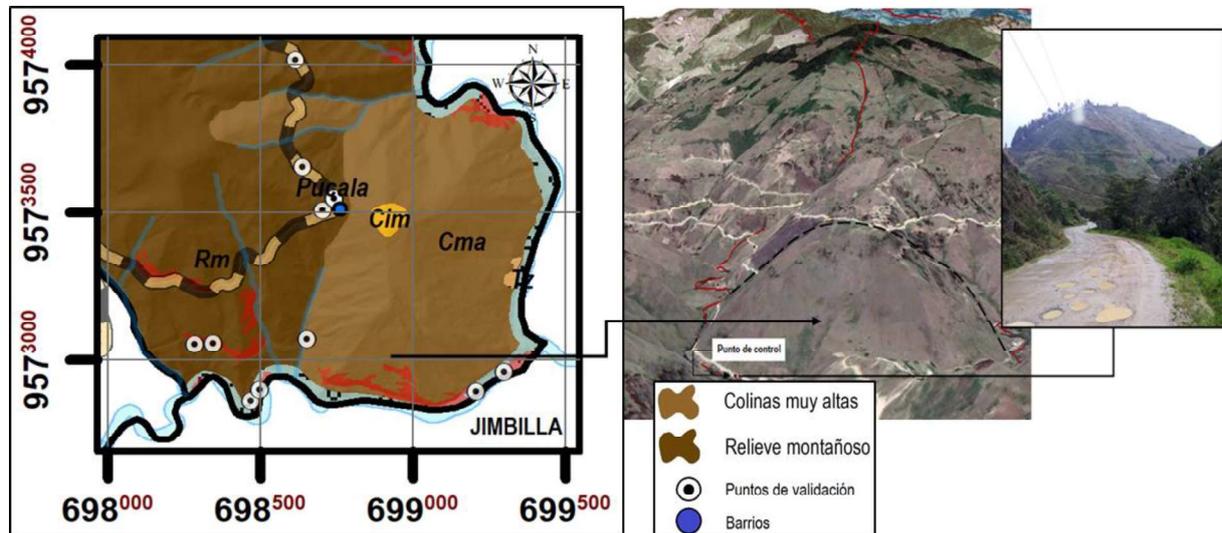


Otra colina muy alta que se corroboró en campo fue aquella localizada en el barrio Pucalá a través del recorrido por la vía a Jimbilla. Formada por pendientes escarpadas (31° -

45°). Geológicamente constituida por el intrusivo de Dorita. En su superficie se encuentra vegetación de tipo arbustiva, arbórea y cultivos.

Figura 91.

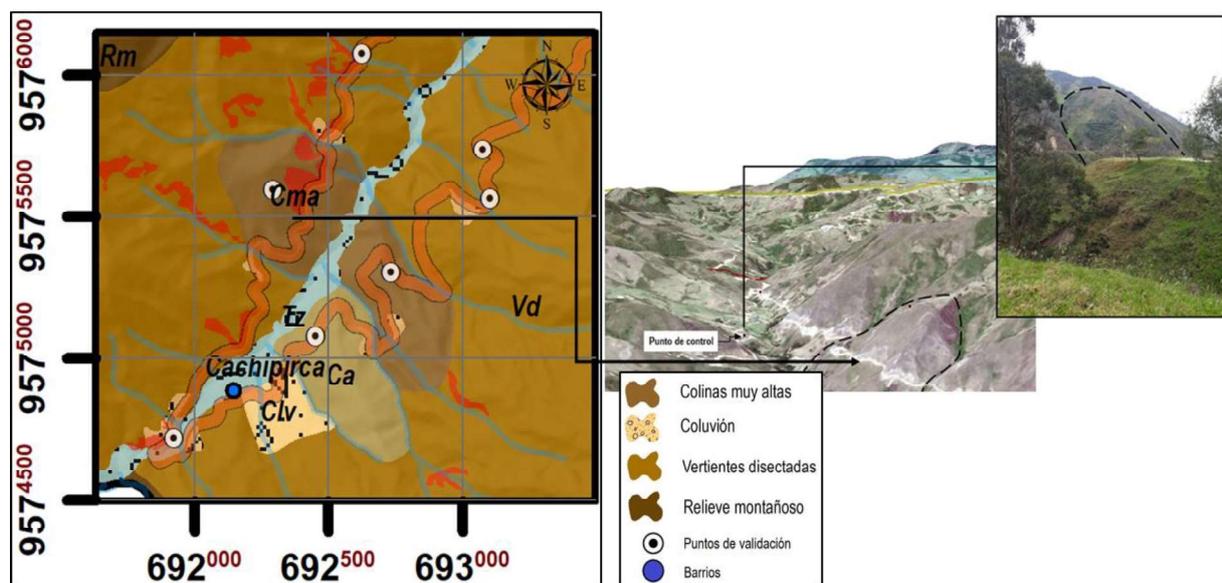
Validación de colinas muy altas en el barrio Pucalá



Por igual, en el barrio Cachipirca (sector suroeste de Santiago) se corroboró una colina muy alta por la carretera intraparroquial que conduce al barrio del mismo nombre. Presenta pendientes escarpadas (31° - 45°). Geológicamente localizado en el intrusivo de Granodiorita. Cubierto por vegetación de tipo herbácea, arbórea y eriales.

Figura 92.

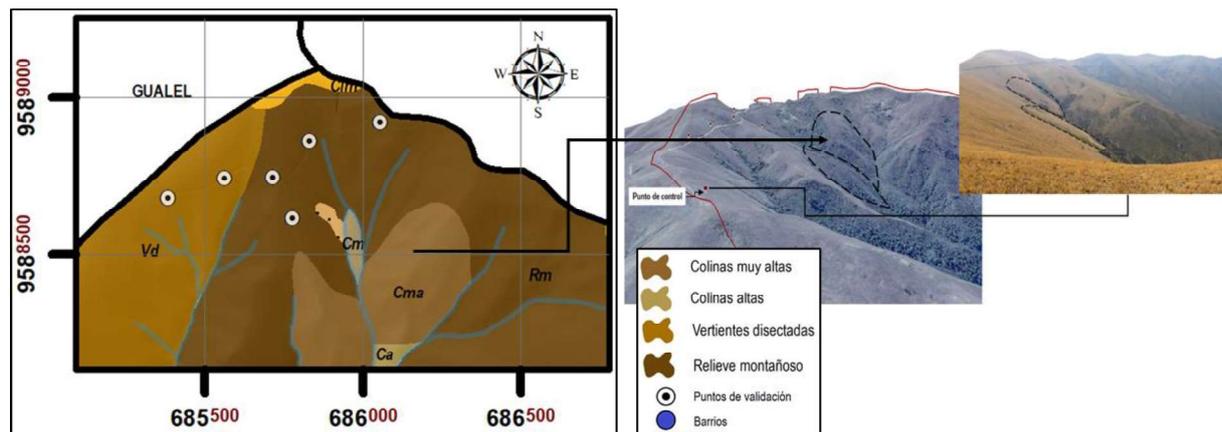
Validación de colinas muy altas en el barrio Cachipirca



Del mismo modo, se verificaron colinas muy altas en la parte alta de la parroquia (límite con la parroquia San Pablo de Tenta del cantón Saraguro). Presentan pendientes muy abruptas ($21^{\circ} - 30^{\circ}$) a escarpadas ($31^{\circ} - 45^{\circ}$). Geológicamente constituidas por la Unidad Loma Bernabé. Su cobertura vegetal es de tipo erial.

Figura 93.

Validación de colinas muy altas en la parte alta de Santiago

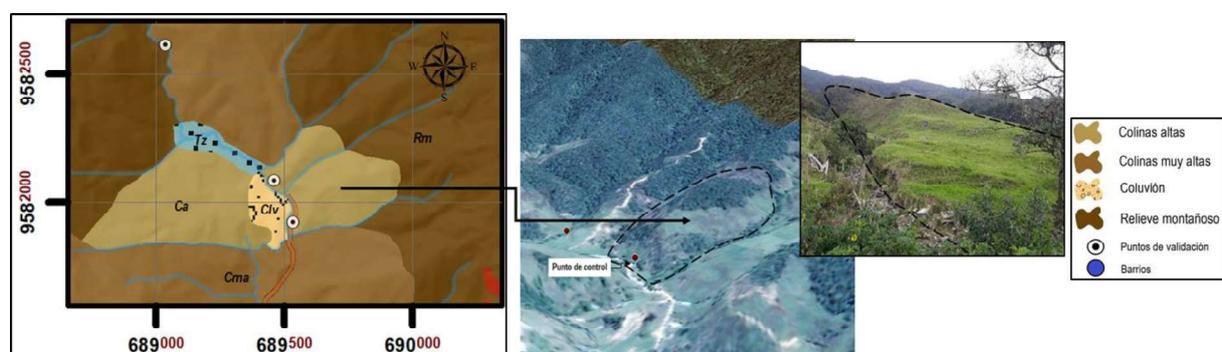


Colinas altas

Ocupan una superficie de $2,12 \text{ km}^2$. En el barrio Minas se corroboraron las colinas altas, poseen pendientes de rangos muy abruptas ($21^{\circ} - 30^{\circ}$) a escarpadas ($31^{\circ} - 45^{\circ}$). Geológicamente se encuentran en la Unidad Loma Bernabé y Granodiorita. Su cobertura vegetal es de tipo herbácea y de cultivos.

Figura 94.

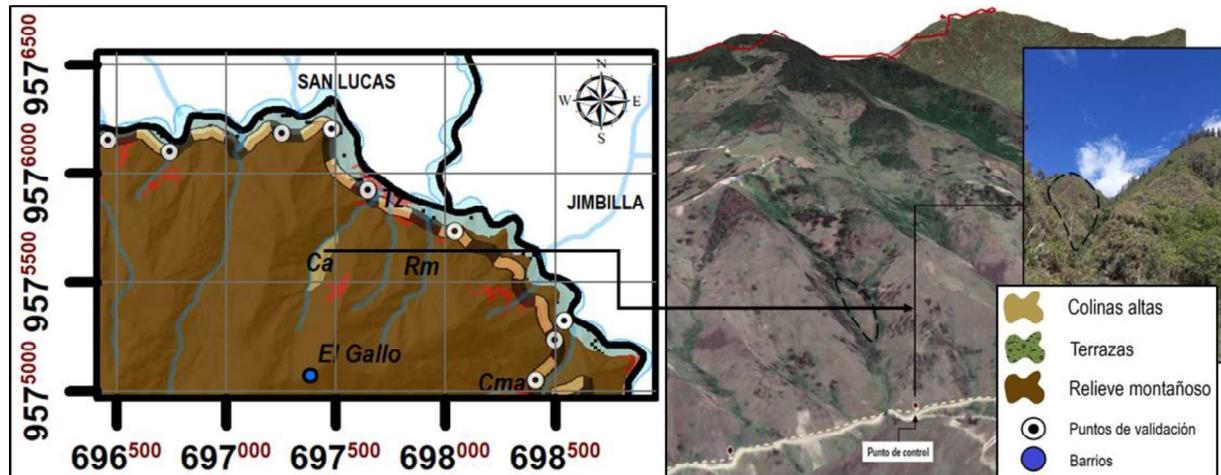
Validación de las colinas altas en el barrio Minas



De igual modo, en el recorrido por la vía antigua Loja – Cuenca en el barrio El Gallo, se verificó la presencia de una colina alta. Presenta pendientes escarpadas ($31^{\circ} - 45^{\circ}$) y geológicamente ubicada en la Unidad Tres Lagunas. Su cobertura vegetal es de tipo herbácea.

Figura 95.

Validación de colinas altas en el barrio El Gallo

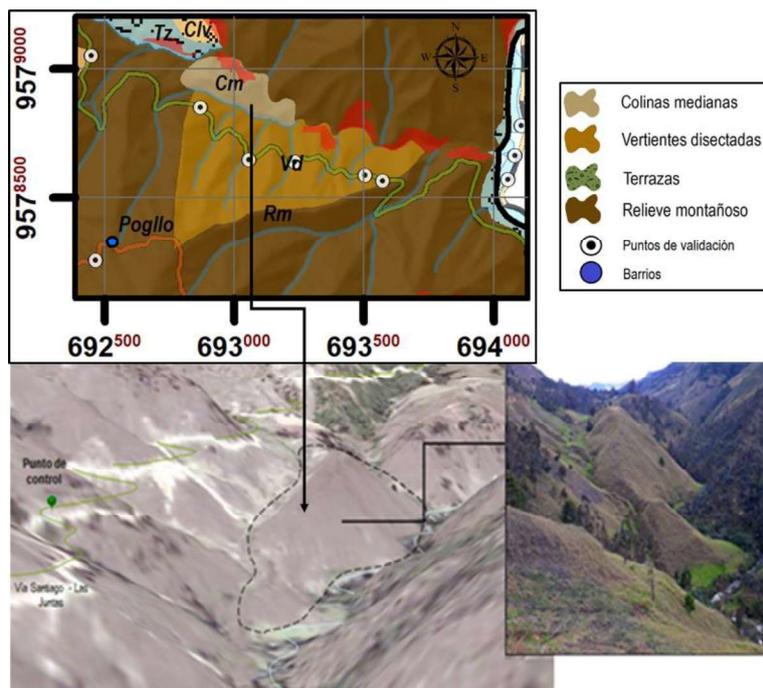


Colinas medianas

Con una extensión de 0,20 km² se constituyen como las unidades geomorfológicas de menor ocupación territorial. En el recorrido de la vía Santiago – Las Juntas se corroboraron colinas medianas en el barrio Pogllo al pie de una montaña. Con pendientes escarpadas (31° - 45°) y geológicamente formadas por Granodiorita. Su cobertura vegetal es aprovechada para cultivos y actividad agrícola.

Figura 96.

Validación de colinas medianas en el barrio Pogllo



De igual forma, en el barrio Gandil se observó la presencia de colinas medianas. Esta colina presenta pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$). Geológicamente se ubica en la Unidad Loma Bernabé y su cobertura vegetal es de tipo herbácea y arbustiva.

Figura 97.

Validación de colinas medianas en el barrio Gandil

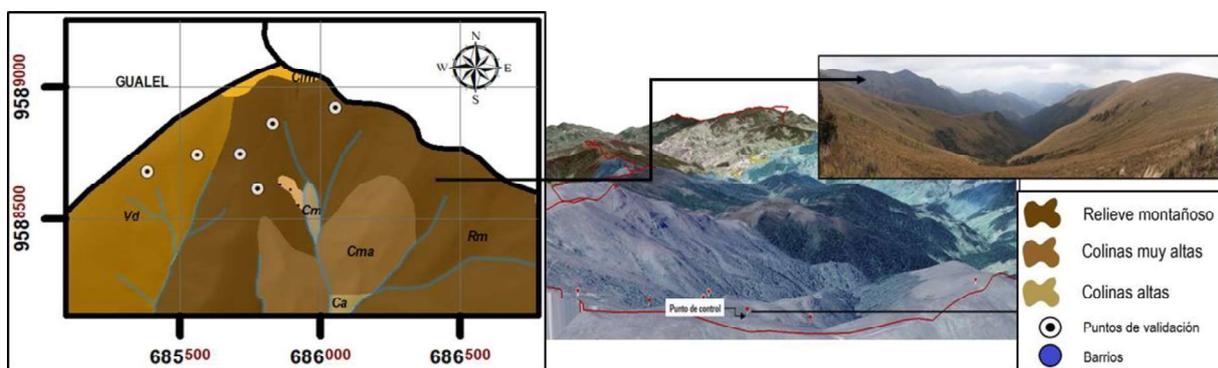


Relieve montañoso

Con una extensión igual a $74,19 \text{ km}^2$ se constituye como la unidad de mesorelieve de mayor proporción en la parroquia. En la parte alta de la parroquia se corroboraron los relieves montañosos cuyas formas presentan pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$) a escarpadas ($31^\circ - 45^\circ$). Geológicamente están constituidas por la Unidad Loma Bernabé y litológicamente se evidenciaron andesitas de textura porfídica, así como la presencia de bombas volcánicas de composición andesítica. Su cobertura vegetal es de tipo eriales y arbórea.

Figura 98.

Validación de relieves montañosos en la parte alta de Santiago

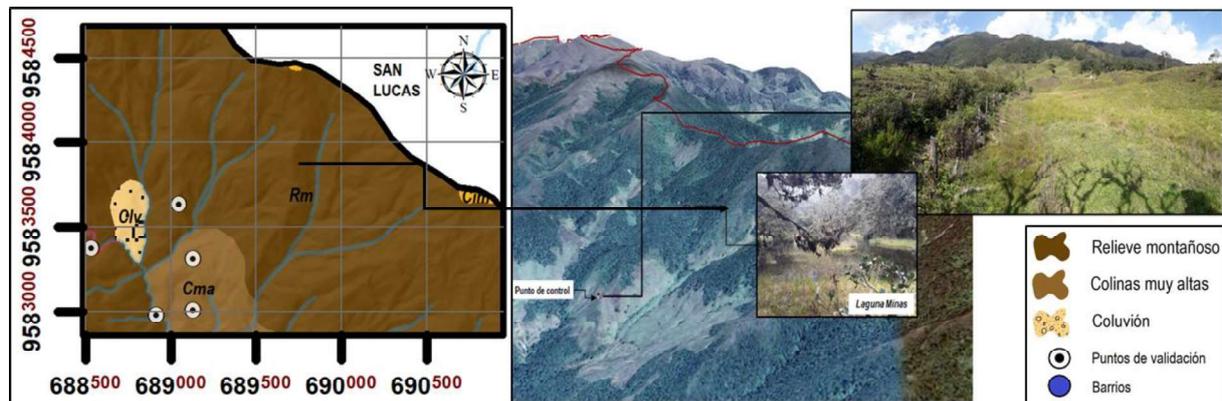


De igual modo, se registraron relieves montañosos a la altura del barrio Minas. Estos relieves poseen pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$) a escarpadas ($31^\circ - 45^\circ$). Geológicamente están constituidas por andesitas de la Unidad Loma Bernabé. En este sector se logró evidenciar

la laguna Minas originada por el plegamiento en el proceso de la orogénesis con una superficie de 763 m². La cobertura vegetal del relieve montañoso en este sector es de tipo herbáceo, arbustivo, de cultivos y arbóreo.

Figura 99.

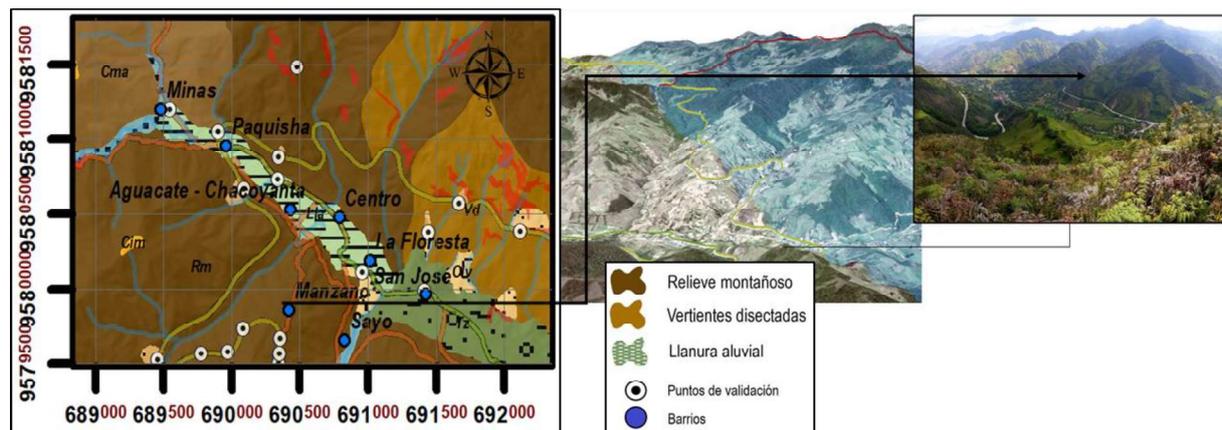
Validación de relieves montañosos en el sector Minas



En la zona central de la parroquia, desde el cerro La Cruz de Tiura se registraron relieves montañosos pertenecientes a los barrios Paquisha, Manzanos y Sayo. Con pendientes con rangos de muy abruptas (21° - 30°) a escarpadas (31° - 45°). Sus coberturas vegetales son de tipo herbáceas, arbustivas, de cultivos, arbóreas y eriales. Geológicamente están constituidas por la Unidad Loma Bernabé y Granodioritas.

Figura 100.

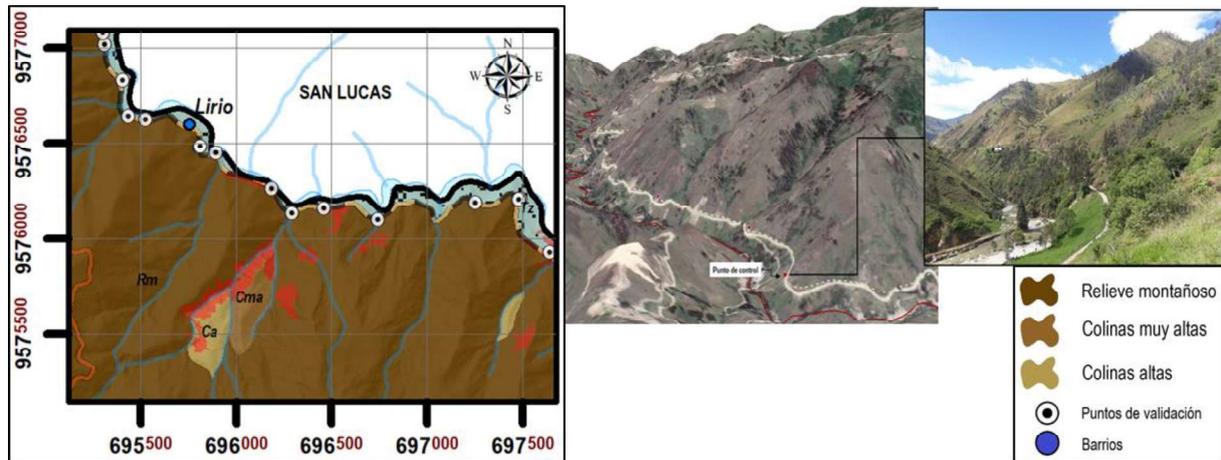
Validación de relieves montañosos visto desde el sector La Cruz de Tiura



Así mismo, se logró registrar relieves montañosos en la vía antigua Loja – Cuenca en el barrio Lirio. Con pendientes con rangos de muy abruptas (21° - 30°) a escarpadas (31° - 45°). Geológicamente los relieves están constituidos por materiales de la Unidad Tres Lagunas. Sus coberturas vegetales son de tipo herbácea, de cultivos y arbórea.

Figura 101.

Validación de relieves montañosos en el barrio Lirio

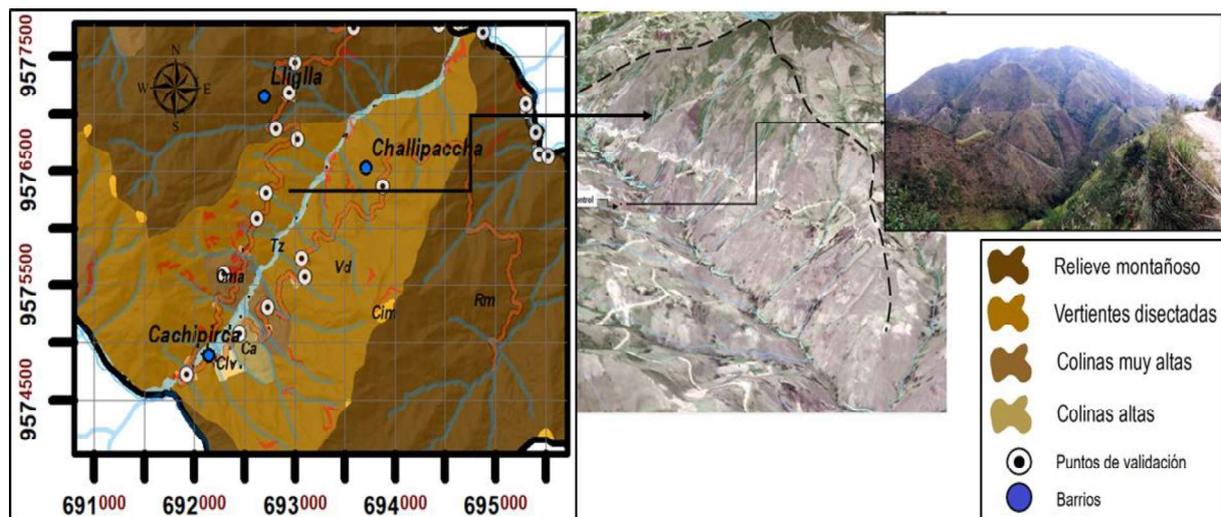


Vertientes disectadas

Con un área igual a 12,55 km². Corresponden a vertientes montañosas dónde se evidenció una gran disección en sus laderas. La vertiente disectada de mayor dimensión corresponde a la ubicada al suroeste de la parroquia, es decir, aquella que se visualizó en el recorrido a la carretera intraparroquial que conduce a los barrios Cachipirca y Challipaccha. Con pendientes con rangos mayormente identificados escarpadas (31° - 45°). Geológicamente los relieves están constituidos por materiales de la Unidad Tres Lagunas.

Figura 102.

Validación de vertientes disectadas en el barrio Cachipirca

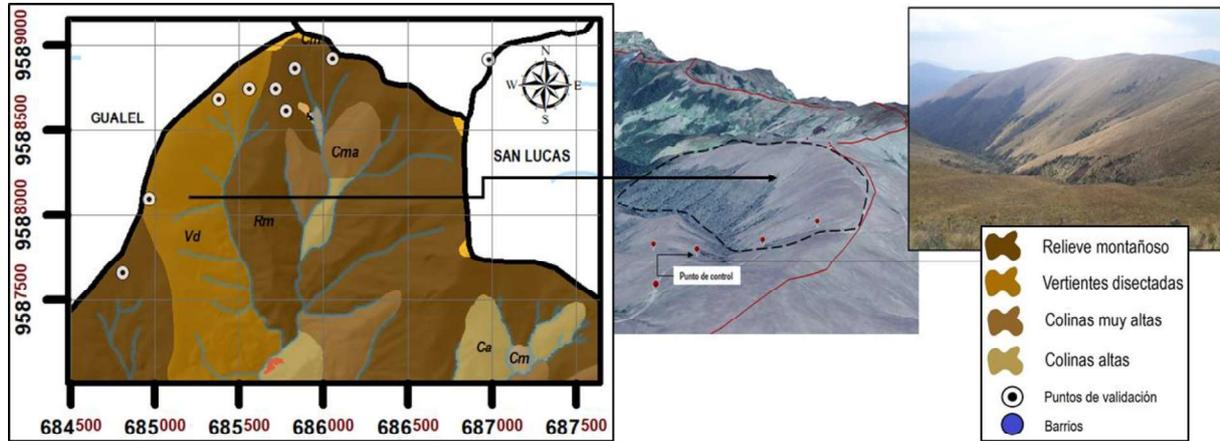


Por otro lado, en la parte alta de la parroquia al límite con la parroquia Gualiel se identificó una vertiente disectada cuyas pendientes van desde muy abruptas (21° - 30°) a

escarpadas (31° - 45°). Geológicamente los relieves están constituidos por materiales de la Unidad Loma Bernabé. Su cobertura vegetal es de tipo eriales y arbórea.

Figura 103.

Validación de vertiente disectada en la parte alta de la parroquia

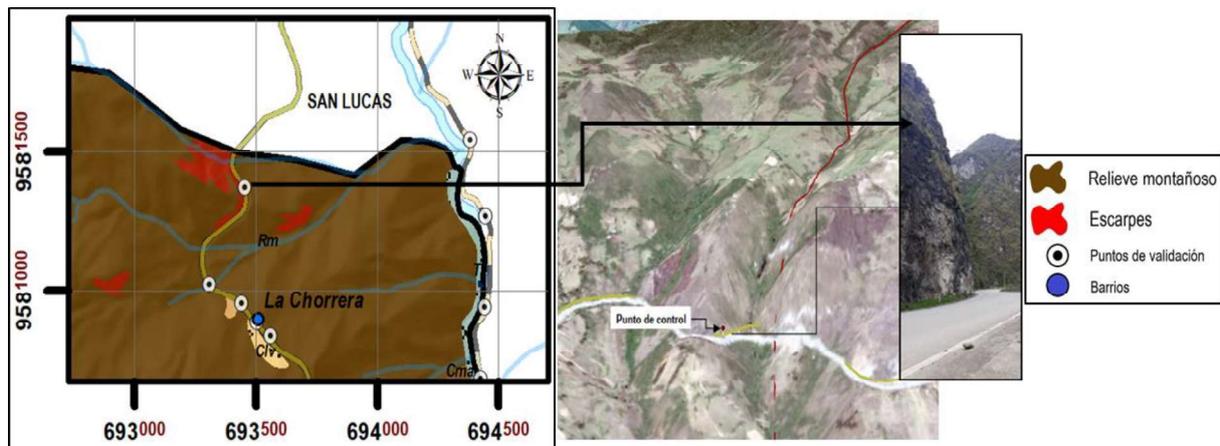


Escarpes

Ocupan una extensión de $1,32 \text{ km}^2$. Corresponden a afloramientos rocosos, taludes y/o laderas cuyas pendientes son mayores a 45° . Así mismo, estas geoformas corresponden a cascadas presentes en la parroquia. Geológicamente se encuentran en casi todas las unidades que afloran en la parroquia a excepción de las unidades sedimentarias como la Unidad Sayo Cruz y Unidad Gonzabal.

Figura 104.

Validación de escarpes en la vía Panamericana

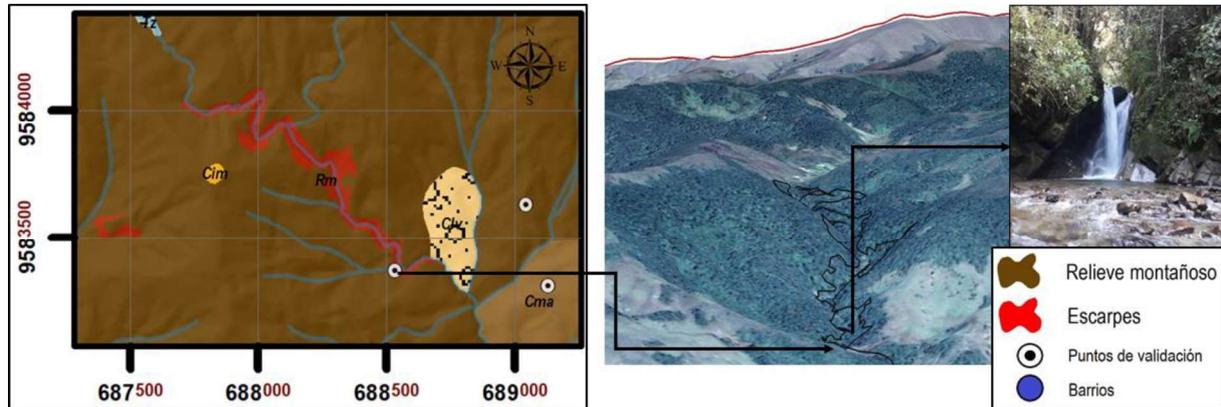


Entre algunos de los escarpes más importantes validados en campo son los correspondientes a cascadas que se encuentran en la parroquia, como es el caso del ejemplo de

la Figura 105 en donde se aprecia un conjunto de cascadas. Geológicamente constituidas por el intrusivo de Granodiorita.

Figura 105.

Cascada del Río Minas perteneciente al grupo de escarpes

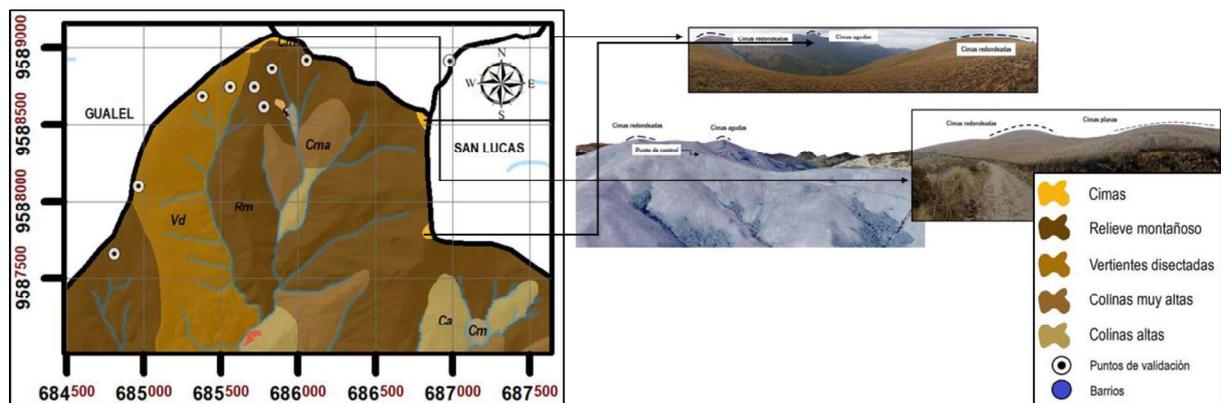


Cimas

Su validación se la realizó en conjunto a otras geoformas de las que hacían parte como relieves montañosos y relieves colinados. Ocupan una superficie igual a 0,37 km². Se observaron cimas agudas y redondeadas en su mayoría, y también cimas planas como en los relieves montañosos ubicados en la parte alta de la parroquia.

Figura 106.

Validación de cimas en la parte alta de la parroquia



Masas deslizadas

Se validaron un total de 69 deslizamientos identificados principalmente en las vías y carreteras que se encuentran en la parroquia en los sectores centro y sur de la misma. Ocupan un área equivalente a 0,31 km².

Figura 107.

Masa deslizada localizada en la vía Santiago - Las Juntas

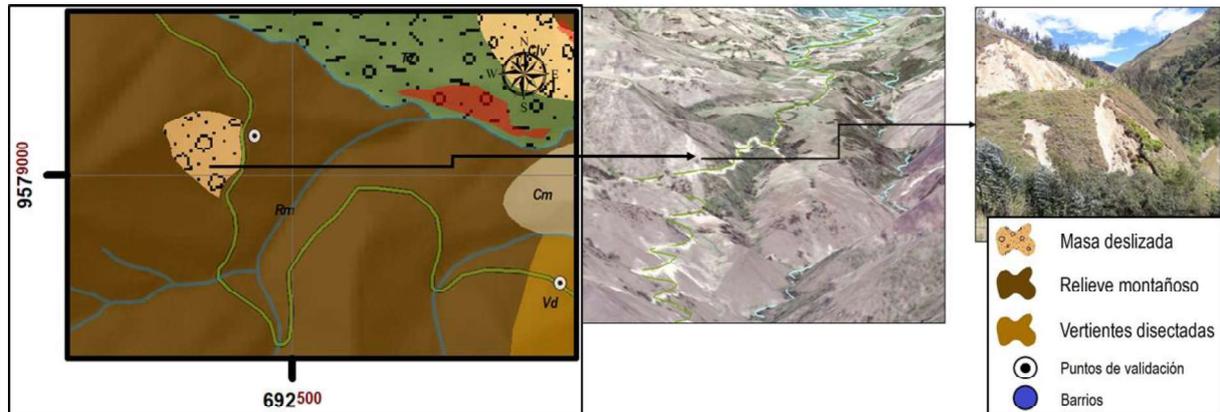
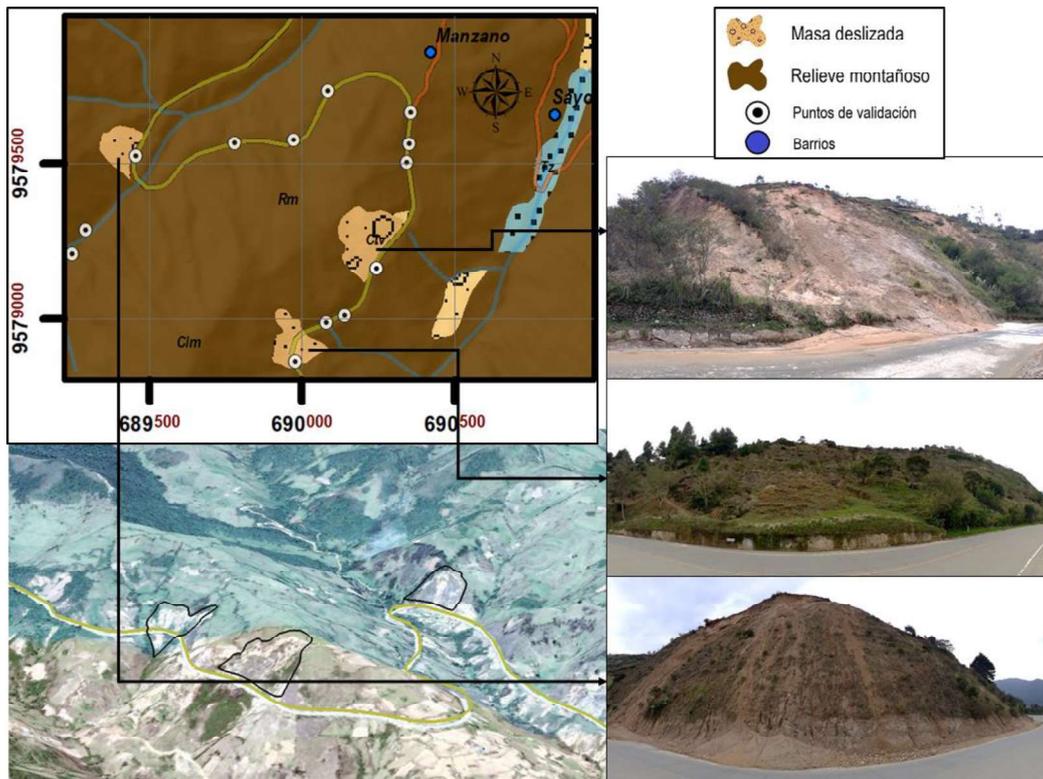


Figura 108.

Masas deslizadas localizadas en la vía Panamericana



Coluvios-aluviales

Ocupando un área equivalente a 0,40 km². La validación de estas geoformas se la realizó con el recorrido por carreteras intraparroquiales siguiendo los cauces de las quebradas que alimentan el río Santiago.

Figura 109.

Validación de coluvios-aluviales en la quebrada Minas



Figura 110.

Validación de coluvios-aluviales en la quebrada Gandil

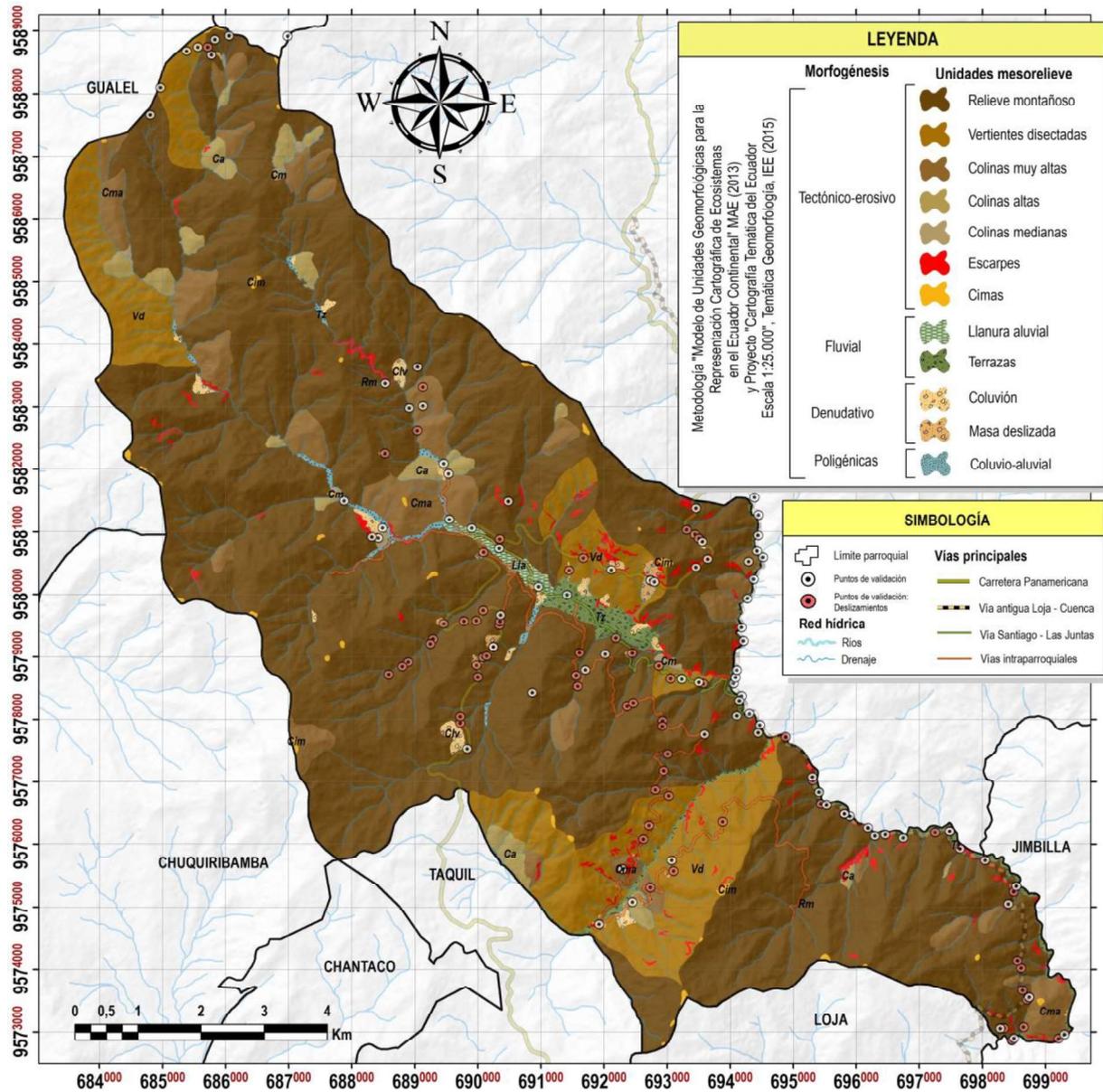


Puntos de validación de geformas georreferenciados

Con un total de 149 puntos de validación de unidades geomorfológicas a través del recorrido de senderos, caminos, carreteras y vías se validaron las unidades geomorfológicas dentro de la parroquia a escala 1: 10 000.

Figura 111.

Puntos de validación de las unidades geomorfológicas georreferenciados





7. Discusión

El resultado del primer objetivo se refiere a la obtención de unidades morfométricas las cuales nos dan una idea general de cómo se presenta el relieve en el área de estudio; como resultado de este primer objetivo se obtuvieron 8 clases morfométricas clasificando el relieve de la parroquia Santiago en base principalmente a las curvaturas y pendientes de la misma, mostrando así que la morfometría en la parroquia es muy compleja. Las clases han sido nombradas en base a la morfografía más relevante que se observa como formas planas, cimas y laderas; superficies lineales, superficies ligeras, medianas y fuertemente cóncavas y convexas; y por pendientes que van desde planas hasta muy escarpadas. Como se ha precisado anteriormente, el índice de curvatura muestra la forma de las laderas, siendo este un factor importante para conocer la aceleración y desaceleración de flujos y en la convergencia y divergencia de los mismos, de tal modo que, los resultados de las clases 6, 7 y 8 del presente Trabajo de Titulación son las zonas en las que existen mayor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa debido a que son las clases que presentan los mayores índices de concavidad y convexidad. Adicionalmente se elaboró el mapa de pendientes de la parroquia Santiago a escala 1:10 000 en el software ArcGIS ya que serán insumos necesarios en la realización del siguiente objetivo. En cuanto a las pendientes de la parroquia se cuantificaron y se determinó que predominan pendientes escarpadas (31° - 45°) con una extensión de 49,49 km², seguido de pendientes muy abruptas (21° - 30°) con un área igual a 37,11 km², y en menor extensión las pendientes planas (0° - 5°) con una superficie de 0,69 km²; es importante mencionar que las pendientes fueron clasificadas en base al rango de pendientes establecidos por Van Zuidman (1985), el cual clasifica las pendientes en 7 clases, se eligió esta clasificación debido a que reflejaba con mayor realidad las pendientes presentes en la parroquia. Se corrobora que la pendientes presentadas en el Trabajo de Titulación guarda similitud con respecto al rango de pendientes que predominan en la parroquia con la cartografía presentada por MAGAP-PRAT y SIGTierras a escala 1: 25 000 en el año 2015 el cuál clasifica las pendientes según el rango de clases del Instituto Espacial Ecuatoriano, en dónde hay un dominio de pendientes clasificadas como escarpada (46° a 56°) y de pendientes muy fuertes (36° a 45°) ocupando superficies de 87,92 km² y 8,94 km² respectivamente.

En relación a los resultados del segundo objetivo; luego de las etapas de fotointerpretación, delimitación y digitalización de las unidades morfométricas se obtuvieron un total de 347 geoformas en la parroquia Santiago, las cuales fueron nombradas en base a los nombres propuestos por el Ministerio del Ambiente (2013) y el Instituto Espacial Ecuatoriano



(2015). Para el análisis del resultado de este segundo objetivo se correlacionó con la cartografía geomorfológica a escala 1:25 000 elaborada por MAGAP-PRAT y SIGTierras en el año 2015. En el caso de los ambientes genéticos presentados en el presente Trabajo de Titulación se determinó que el relieve de la parroquia Santiago se formó por ambientes tectónico-erosivo, denudativo, fluvial y poligénicas; el ambiente tectónico-erosivo es dominante en el área de estudio, las cadenas montañosas originadas por tectonismo y la dinámica de sus laderas son muy reconocibles en la parroquia; el ambiente denudativo también es muy reconocible en la parroquia, reflejándose en las superficies depositadas en la base de relieves existentes y deslizamientos que se pueden observar en ella; las geoformas del ambiente fluvial se originan gracias a la dinámica de los ríos Santiago, San Lucas, Zenén y Zamora dando lugar a la formación de terrazas y llanura aluvial; mientras que el ambiente poligénico ha dado lugar a aquellas geoformas originadas por la dinámica fluvial de las principales quebradas en conjunta acción con la dinámica de las laderas que bordean dichos afluentes. Los ambientes genéticos que presenta la cartografía geomorfológica elaborada por MAGAP-PRAT y SIGTierras incluye el ambiente volcánico el cual lo presenta en las partes altas de la parroquia; con respecto al análisis de este último ambiente genético, en el presente Trabajo de Titulación no se incluyó este ambiente de formación debido a que se logró evidenciar con trabajo de campo y fotointerpretación que en dichas partes altas se presentan diaclasas en los afloramientos registrados y masas deslizadas en sus relieves, motivo por el que se le asignó un ambiente tectónico-erosivo en aquellas zonas.

Con respecto a las unidades geomorfológicas presentadas en el presente Trabajo de Titulación se identificaron un total de 347 geoformas agrupadas en 12 diferentes nombres, siendo estos: relieve montañoso, colinas muy altas, colinas altas, colinas medianas, vertientes disectadas, coluviones, masas deslizadas, escarpes, cimas, terrazas, coluvios-aluviales y llanura aluvial. En contraste con la información presentada en por MAGAP-PRAT y SIGTierras exponen un total de 185 geoformas los cuales se agrupan en un total de 17 diferentes nombres, estos son: coluvio-aluvial, coluvión, glacis de esparcimiento, interfluvio de cimas redondeadas, relieve colinado bajo, relieve colinado medio, relieve colinado alto relieve colinado muy alto, relieve montañoso, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico montañoso, superficies onduladas, terraza media, valle fluvial, vertientes abruptas y vertientes heterogéneas.

Las unidades geomorfológicas predominantes en el presente Trabajo de Titulación son los relieves montañosos con un área de 74,19 km², seguida de las vertientes disectadas y colinas



muy altas con superficies iguales a 12,55 km² y 7,62 km² respectivamente, mientras que las unidades geomorfológicas de menor extensión son las cimas, masas deslizadas y colinas medianas con áreas iguales a 0,37 km², 0,31 km² y 0,2 km² respectivamente. En correspondencia a la cartografía elaborada por MAGAP-PRAT y SIGTierras de igual modo dominan los relieves montañosos con una superficie equivalente a 69,88 km², seguido de los relieves colinados muy altos y relieves colinados altos con áreas iguales a 14,25 km² y 8,03 km² respectivamente, mientras que las unidades geomorfológicas de menor extensión son glacis de esparcimiento, vertiente heterogénea e interfluvio de cimas redondeadas con áreas iguales a 0,07 km², 0,02 km² y 0,01 km² respectivamente. En cuanto a la llanura aluvial del Trabajo de Titulación y al valle fluvial identificado por MAGAP-PRAT y SIGTierras, en ambos resultados esta unidad geomorfológica presenta un área de 0,4 km².

En correspondencia a las unidades geomorfológicas que difieren entre los resultados del Trabajo de Titulación con la cartografía presentada por MAGAP-PRAT y SIGTierras se encuentran: glacis de esparcimiento, interfluvio de cimas redondeadas, relieve colinado bajo, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico montañoso, superficies onduladas, vertientes abruptas y vertientes heterogéneas. En relación al glacis de esparcimiento esta geoforma se ubica en la parte norte de la parroquia al margen de la quebrada Minas, estas geoformas son de origen denudativo en la que materiales detríticos se depositan formando una superficie amplia y plana enlazando con otro relieve, sin embargo, en el Trabajo de Titulación se identificó esta geoforma como coluvio-aluvial ya que, al encontrarse en el margen de la quebrada Minas se puede deducir que dicha superficie se formó también por depósitos aluviales, razón por lo que se concluyó que su origen es poligénico. Con respecto al interfluvio de cimas redondeadas esta se localiza en la parte alta de la parroquia al límite con la parroquia San Lucas, así mismo, las superficies onduladas se refieren a superficies con pendientes planas en los interfluvios de las diferentes cimas en la parroquia coincidiendo con las cimas identificadas en el Trabajo de Titulación. En cuanto a los relieves volcánicos montañosos y relieves volcánicos colinados muy altos, estas geoformas pertenecen a relieves de origen volcánico, y como ya se mencionó en párrafos anteriores, no se consideró este ambiente de formación en el Trabajo de Titulación. En lo que refiere a los relieves colinados bajos, estas geoformas las localizan en la vía antigua Loja - Cuenca en el barrio Lirio, sin embargo, de acuerdo a su desnivel relativo no correspondería a un relieve colinado bajo sino más bien a un relieve colinado alto tal como se presenta en los resultados del Trabajo de Titulación. Sobre la vertiente abrupta identificada en la cartografía de MAGAP-PRAT y SIGTierras, esta se localiza en la parte central de la



parroquia en el barrio San José, correspondiendo a la vertiente o escarpe de la terraza que se identificó en el Trabajo de Titulación.

Otro aspecto considerado como complemento en el levantamiento geomorfológico es con respecto a la Morfodinámica, es por ello que para darle mayor validez al trabajo de investigación se tomaron 69 puntos de validación en campo para conocer los sectores en donde se produce la dinámica del relieve, de modo que se presenció que la mayor parte de los deslizamientos registrados en el trabajo de campo se dan en las partes centro, sur y sureste de la parroquia, es decir, en lugares donde se asienta la población de Santiago y en las vías tanto intercantonales como intraparroquiales. Una clara evidencia sobre este apartado es que se pudo evidenciar que gran parte de los deslizamientos se producen en el intrusivo de granodiorita, producto de la alta meteorización que presenta en su estructura. Si contrastamos estos resultados con la cartografía de Susceptibilidad a movimientos en masa elaborada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) a escala 1:50 000 en el año 2011, los puntos de validación obtenidos en campo coinciden con los niveles definidos como alta y muy alta susceptibilidad a movimientos en masa; cabe mencionar que en los resultados de la cartografía SNGRE se presentan niveles bajos y medios de susceptibilidad de movimientos en masa en la vía Panamericana a la entrada de la parroquia, sin embargo, por los trabajos realizados en campo se lograron evidenciar importantes deslizamientos en dicho tramo de la vía, así como deslizamientos menores. En lo que respecta a la geología del área de estudio se pudo evidenciar con la toma de 168 puntos de validación en distintos afloramientos, que se encuentran presentes ambientes volcánicos y metamórficos en la mayor parte de su territorio lo que condiciona a que la parroquia presente una topografía muy pronunciada y pendientes escarpadas.

8. Conclusiones

En relación a los índices topográficos de la parroquia se obtuvieron un total de 8 clases de unidades morfométricas como resultado obtenido en el software Envi, permitiendo éste resultado obtener una idea general de cómo se presentan las formas del terreno por lo que fue necesario una posterior etapa de fotointerpretación de estas unidades morfométricas para así obtener las unidades geomorfológicas. De este resultado, las clases predominantes en la parroquia son aquellas clases que corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas ($21^\circ - 30^\circ$), ocupando un área de $31,34 \text{ km}^2$ representando un 30,75 % del total en la parroquia, seguido de las clases que corresponden a laderas con superficies mayormente cóncavas y convexas, y pendientes abruptas a muy abruptas ($16^\circ - 30^\circ$), con área total de $24,15 \text{ km}^2$ representando un 23,69 % del total en la parroquia y finalmente las clases que corresponden a laderas con superficies moderadamente cóncavas y convexas, y pendientes muy abruptas a escarpadas ($21^\circ - 45^\circ$), ocupando un área de $19,43 \text{ km}^2$ representando un 19,06 % del total en la parroquia.

Del resultado de la fotointerpretación se obtuvieron en total 347 geoformas distribuidas de la siguiente manera: 114 escarpes, 56 relieves montañosos, 41 cimas, 33 colinas muy altas, 24 masas deslizadas, 21 colinas altas, 12 terrazas, 19 coluviones, 9 coluvios aluviales, 10 vertientes disectadas, 7 colinas medianas y 1 llanura aluvial. De mayor a menor extensión, las unidades geomorfológicas se distribuyen así: los relieves montañosos son los de mayor extensión territorial con un área de $74,19 \text{ km}^2$ (72,80 % del total de ocupación en la parroquia), vertientes disectadas ocupan un área igual a $12,55 \text{ km}^2$ (12,31 % del total de ocupación en la parroquia), colinas muy altas están presentes con una extensión de $7,62 \text{ km}^2$ (7,48 % del total de ocupación en la parroquia), colinas altas con un área igual $2,12 \text{ km}^2$ (2,08 % del total de ocupación en la parroquia), las terrazas ocupan $1,68 \text{ km}^2$ en la parroquia (2,04 % del total de ocupación en la parroquia), los escarpes ocupan un área igual a $1,32 \text{ km}^2$ (1,30 % del total de ocupación en la parroquia), los coluviones poseen una extensión de $0,75 \text{ km}^2$ (0,74 % del total de ocupación en la parroquia), la llanura aluvial con una superficie de $0,40 \text{ km}^2$ (0,39 % del total de ocupación en la parroquia), los coluvios-aluviales con una superficie de $0,40 \text{ km}^2$ (0,39 % del total de ocupación en la parroquia), las cimas tienen una extensión de $0,37 \text{ km}^2$ (0,36 % del total de ocupación en la parroquia), masas deslizadas con un área de $0,31 \text{ km}^2$ (0,30 % de ocupación territorial) y finalmente las colinas medianas se asientan en la parroquia con un área igual a $0,20 \text{ km}^2$ (0,20 % del total de ocupación en la parroquia). Los deslizamientos registrados se evidenciaron que se localizan en la parte central y al sureste de la parroquia, pero



principalmente en las vías que conducen a la parroquia, es decir, se encuentran en zonas donde se concentra la población de Santiago.

Con la corroboración en campo de 149 puntos de validación mediante el recorrido por las vías y senderos accesibles se validó la cartografía geomorfológica elaborada previamente. Para su validación se tomaron fotografías, puntos GPS y cualquier información relevante que sirvió para la descripción de cada unidad geomorfológica, mismas que se presentan en las fichas de descripción de geformas. El registro de las geformas se realizó en diferentes sectores de la parroquia, tanto en las partes altas como en las más bajas, recorridos a través de carreteras que permitieron llegar a los diferentes barrios de la parroquia y senderos que conducían a cimas de los relieves montañosos y colinados para una mayor visualización del territorio.

Concluida la elaboración del mapa geomorfológico a escala 1:10 000 esta información podría ser empleada para proyectos de análisis de riesgos en la parroquia puesto que, la geomorfología es la variable más importante en la elaboración de mapas de susceptibilidad, considerando que la parroquia presenta una Morfodinámica muy latente, tal como lo expone el SNGRE en su cartografía de Susceptibilidad de Movimientos en masa dándole a la parroquia un nivel muy alto de susceptibilidad.



9. Recomendaciones

Uno de los insumos más importantes en la elaboración de las unidades morfométricas es el Modelo de Elevación Digital, por lo que se debe tener el DEM con una resolución de pixeles adecuado a la escala de trabajo a la que se vaya a realizar. Además de esto, trabajar con un DEM sin recortar de acuerdo al área de estudio.

Para la etapa de fotointerpretación así mismo es importante contar con ortofotos de resolución adecuada a la escala de trabajo. Además de las ortofotos, es recomendable apoyarse de otros insumos como la topografía, pendientes, red hidrográfica, hillshade, curvatura en planta que permite identificar las líneas divisorias de agua, ya que todos estos insumos permitirán identificar con mayor claridad las geoformas. También se le puede sumar información como cobertura y uso de tierra y aspectos como la morfología para darle más realce a la investigación.

Levantar el mayor número de puntos de validación ya que de esta forma la información que se corroboró tendrá mayor validez, y en el caso de zonas en las que no se pudo acceder debido a que se encuentran localizados en bosques, propiedades privadas, limitación de caminos y senderos para su acceso, etc, es posible contar con el apoyo de las fotografías aéreas.



10. Bibliografía

- Carvajal Perico, J. H. (Ed.). (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Recuperado a partir de <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/52>
- C.D. Tomlin. *Geographic information systems and cartographic modelling*. Prentice Hall., 1990.
- Cruden, M. C., y Varnes, D. J. (1996): «*Landslide types and proceses*». En: Turner, A. K., y Schuster, R. L. (Eds.): *Landslides: Investigation and Mingingon*. Special Report 247. National Academy Pres. Washington, 36-75
- Diario Crónica. (3 de diciembre de 2020). *Derrumbes dejaron la vía Saraguro-Loja deshabilitada*. Recuperado de: <https://cronica.com.ec/2020/12/03/derrumbes-dejaron-la-via-saraguro-loja-deshabilitada/>
- El Telégrafo. (26 de enero de 2013). *Lluvias causan más deslaves y bloquean la vía Loja-Cuenca*. Recuperado a partir de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/2013-17/1/lluvias-causan-mas-deslaves-y-bloquean-la-via-loja-cuenca>
- El Universo. (3 de diciembre de 2020). *Vía Loja - Cuenca permanece cerrada por deslaves*. Recuperado de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/12/03/nota/8070259/loja-cuenca-permanece-cerrada-deslaves/>
- ESRI. (2011). *Explorar modelos digitales de elevación*. ESRI. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/exploring-digital-elevation-models.htm>
- GAD del cantón Loja. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja*. Loja
- GAD de la parroquia Santiago. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Santiago*. Loja
- Geología web. (12 de julio de 2020). *Patrones de drenaje y su interpretación*. Geología web. <https://geologiaweb.com/geologia-general/patrones-drenaje/>
- Grupo Energía Bogotá. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto La Virginia Alférez*. Capítulo 3 Caracterización del área de influencia del proyecto. Bogotá



- Gutiérrez, M. (2008). *GEOMORFOLOGÍA*. ISBN: 978-84-8322-389-5. Pearson Educación. Madrid
- INIGEMM. (2017). *HOJA GEOLÓGICA LOJA ESCALA 1:100.000*. Quito
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) (2015). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1: 25 000*.
- Jones, D. K. C. (1980): «British applied geomorphology: an appraisal». *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband*, 36,48-73
- J. Star and J. Estes. *Geographic Information Systems: An Introduction*. Prentice-Hall, 1990.
- Lugo, J. (2011). *Diccionario geomorfológico*. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN (Obra general): 970-32-2965-4. México, D.F
- Méndez, M; Jiménez, D. *Generación de Modelos de Elevación Digital (DEM) a partir del análisis fotogramétrico utilizando imágenes CARTA-2005*. Tecnología en Marcha. Vol. 26, N° 4. Pág 26-35
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental*. Quito. Recuperado de: <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Gobierno%20Provincial%20Azuay/limites%20GPA/EstudioLimitesAzuayLoja/Geoformas453103936428118386.pdf>
- Morea, M & Huerta J. (2013). *Sistemas de información geográfica*. Quito
- My GIS Notebook. (3 de marzo de 2019). *Ráster vs vectorial*. My GIS Notebook. <https://mygisnotebook.blog/2019/03/03/raster-vs-vectorial/>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. España. Recuperado de: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Oyarzún, J. (2009). *Léxico sobre procesos y estructuras geológicas*. Universidad de La Serena. Chile
- Rodríguez Castiblanco, E. A., Sandoval Ramírez, J. H., Chaparro Córdón, J. L., Trejos González, G. A., Medina Bello, E., Ramírez Hernández, K. C., Castro Marín, E., Castro Guerra, J. A., & Ruiz Peña, G. L. (Eds.). (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000*. Libros del Servicio Geológico



Colombiano. Recuperado a partir de <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/34>

Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *Introducción*. SGM. Recuperado de: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Introduccion-rocas.html>

SIG TIERRAS. (2017). *Ortofotografía del Ecuador*. El país desde otra perspectiva. Quito

Tarbuck, E., Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. ISBN edición española: 84-205-4400-0. Pearson Educación S. A. Madrid

Unidad MAGAP-PRAT; SIGTIERRAS & Consorcio TRACASA-NIPSA (2015). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1: 25 000*. Quito

USGS. (29 de noviembre de 2016). *Landslide Types and Processes*. USGS. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>

Van Zuidam, R. (1985). *Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping*. ITC: International Institute for Aerospace Survey and Earth Science. Smiths Publishers. The Hague the Nether-lands, 442 pp.

Vergara, L. (2017). *CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL DISTRITO DE JESÚS, CAJAMARCA*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.

Villota, H. (1997). "Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno". *Revista CIAF*, 15(1): 83-117. Santa Fe de Bogotá

Zinck, J.A. (2012). *GEOPEDOLOGÍA. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. ISBN: 90 6164 339 2. Recuperado de: https://www.actswithscience.com/Descargas/zinck_geopedologia_2012.pdf

Zinck, A. 1987. *Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología.



11. Anexos

Anexo 1. Puntos de validación de los afloramientos

PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	FORMACIÓN
1	690804	9580596	2432	Granodiorita
2	691192	9580221	2392	Granodiorita
3	691172	9580297	2404	Granodiorita
4	691243	9580290	2389	Granodiorita
5	691328	9580323	2382	Granodiorita
6	691462	9580367	2382	Granodiorita
7	691940	9580169	2416	Granodiorita
8	691972	9580167	2429	Granodiorita
9	693017	9580083	2559	Unidad Loma Bernabé
10	690290	9580213	2468	Granodiorita
11	690325	9580231	2459	Granodiorita
12	690467	9580340	2427	Granodiorita
13	690599	9580335	2421	Granodiorita
14	690639	9580254	2430	Granodiorita
15	690664	9580182	2427	Granodiorita
16	690804	9580020	2426	Granodiorita
17	690864	9579869	2430	Granodiorita
18	690892	9579931	2418	Granodiorita
19	690896	9579919	2418	Granodiorita
20	690308	9580207	2459	Granodiorita
21	690339	9580311	2468	Granodiorita
22	690384	9580360	2456	Granodiorita
23	690290	9580213	2468	Granodiorita
24	690325	9580231	2459	Granodiorita
25	690467	9580340	2427	Granodiorita
26	690599	9580335	2421	Granodiorita
27	690639	9580254	2430	Granodiorita
28	690664	9580182	2427	Granodiorita
29	690788	9580036	2427	Granodiorita
30	690804	9580020	2426	Granodiorita
31	690864	9579869	2430	Granodiorita
32	690884	9579909	2425	Granodiorita
33	690892	9579931	2418	Granodiorita
34	690896	9579991	2414	Granodiorita
35	689720	9580945	2451	Granodiorita
36	688317	9580910	2621	Unidad Loma Bernabé
37	688128	9580828	2654	Unidad Loma Bernabé
38	689657	9580939	2463	Granodiorita
39	689477	9580981	2471	Granodiorita
40	688541	9580964	2516	Unidad Loma Bernabé
41	688463	9581095	2521	Unidad Loma Bernabé
42	687957	9581415	2533	Unidad Loma Bernabé
43	687517	9581629	2632	Unidad Loma Bernabé



PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	FORMACIÓN
44	691222	9574490	2557	Unidad Cera
45	689433	9581559	2485	Granodiorita
46	689488	9581645	2513	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
47	689509	9581744	2521	Granodiorita
48	689546	9581846	2525	Granodiorita
49	689551	9581953	2534	Granodiorita
50	689550	9581969	2535	Granodiorita
51	689545	9581958	2534	Granodiorita
52	689265	9582297	2573	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
53	689041	9583681	2842	Granodiorita
54	689099	9583496	2783	Granodiorita
55	689745	9576889	2812	Unidad Gonzabal
56	689904	9576868	2818	Unidad Gonzabal
57	689920	9576926	2808	Unidad Gonzabal
58	689954	9576978	2799	Unidad Gonzabal
59	689977	9577033	2785	Unidad Gonzabal
60	689993	9577137	2750	Unidad Gonzabal
61	690002	9577271	2716	Unidad Gonzabal
62	690024	9577303	2711	Unidad Gonzabal
63	690014	9577339	2707	Unidad Gonzabal
64	690012	9577378	2694	Unidad Gonzabal
65	690084	9577473	2680	Unidad Gonzabal
66	689996	9576838	2841	Unidad Gonzabal
67	690243	9576719	2840	Unidad Gonzabal
68	690367	9576812	2870	Unidad Gonzabal
69	690449	9576867	2903	Unidad Gonzabal
70	690467	9576864	2909	Unidad Gonzabal
71	690856	9576825	2967	Granodiorita
72	691072	9576918	2964	Granodiorita
73	689221	9581040	2473	Granodiorita
74	689233	9581018	2484	Granodiorita
75	689102	9580865	2503	Granodiorita
76	688881	9580831	2525	Granodiorita
77	688836	9580848	2498	Granodiorita
78	688631	9580898	2506	Granodiorita
79	688581	9580887	2516	Granodiorita
80	688559	9580917	2520	Unidad Loma Bernabé
81	688548	9580928	2522	Unidad Loma Bernabé
82	688399	9580555	2569	Unidad Loma Bernabé
83	689361	9579347	2571	Granodiorita
84	689364	9579349	2571	Granodiorita
85	689268	9579193	2601	Granodiorita
86	689107	9579085	2623	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
87	689094	9579057	2634	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
88	689081	9578925	2661	Contacto Loma Bernabé y Unidad Sayo Cruz
89	689035	9578858	2690	Contacto Loma Bernabé y Unidad Sayo Cruz
90	688956	9578884	2689	Contacto Loma Bernabé y Unidad Sayo Cruz



PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	FORMACIÓN
91	688734	9578733	2734	Contacto Loma Bernabé y Unidad Sayo Cruz
92	688559	9578472	2823	Contacto Loma Bernabé y Unidad Sayo Cruz
93	690536	9580963	2545	Granodiorita
94	690446	9581135	2600	Granodiorita
95	690725	9581073	2531	Granodiorita
96	691196	9580916	2556	Unidad Loma Bernabé
97	689554	9581619	2543	Unidad Loma Bernabé
98	688898	9582236	2666	Unidad Loma Bernabé
99	688455	9582727	2821	Unidad Loma Bernabé
100	687625	9583950	3053	Unidad Loma Bernabé
101	687364	9584382	3043	Unidad Loma Bernabé
102	698232	9573268	2112	Unidad Agoyán
103	698727	9573576	2141	Contacto Unidad Tres Lagunas y Granodiorita
104	698549	9574138	2115	Contacto Unidad Tres Lagunas y Granodiorita
105	698611	9574412	2084	Contacto Unidad Tres Lagunas y Granodiorita
106	698669	9574708	2070	Contacto Unidad Tres Lagunas y Granodiorita
107	698084	9575701	2004	Granodiorita
108	696852	9576182	2008	Granodiorita
109	696158	9576282	2008	Unidad Tres Lagunas
110	698451	9573010	1952	Unidad Agoyán
111	699097	9572798	1905	Contacto Unidad Tres Lagunas y Diorita
112	698421	9572986	1936	Unidad Agoyán
113	695319	9576963	2035	Unidad Tres Lagunas
114	694905	9577593	2058	Granito
115	694161	9578166	2064	Contacto Pórfido andesítico con Granodiorita
116	693933	9578430	2108	Granito
117	693617	9578460	2157	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
118	693546	9578443	2173	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
119	693410	9578601	2186	Granodiorita
120	692592	9578966	2247	Granodiorita
121	685956	9588900	3623	Unidad Loma Bernabé
122	685918	9588896	3627	Unidad Loma Bernabé
123	685592	9588765	3600	Unidad Loma Bernabé
124	685006	9588275	3584	Unidad Loma Bernabé
125	691482	9580570	2526	Unidad Loma Bernabé
126	692913	9580158	2575	Unidad Loma Bernabé
127	693467	9581350	2466	Unidad Loma Bernabé
128	693298	9581185	2488	Unidad Loma Bernabé
129	693285	9581113	2491	Unidad Loma Bernabé
130	693336	9580320	2582	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
131	693157	9580131	2577	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
132	692160	9580386	2564	Unidad Loma Bernabé
133	692442	9580280	2562	Unidad Loma Bernabé
134	693642	9580563	2548	Unidad Loma Bernabé
135	689185	9577220	2775	Unidad Sayo Cruz
136	689287	9577162	2774	Unidad Sayo Cruz
137	689388	9577136	2785	Unidad Gonzabal



PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	FORMACIÓN
138	689359	9577291	2760	Unidad Sayo Cruz
139	689822	9578398	2672	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
140	690040	9578969	2623	Granodiorita
141	690346	9579322	2613	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
142	690362	9579646	2592	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
143	690082	9579733	2588	Granodiorita
144	689761	9579565	2575	Granodiorita
145	689698	9579542	2573	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
146	689494	9579412	2568	Granodiorita
147	689465	9579539	2562	Granodiorita
148	689866	9579861	2529	Granodiorita
149	689978	9579993	2521	Granodiorita
150	691654	9579191	2420	Granodiorita
151	691534	9578880	2429	Granodiorita
152	691996	9578999	2472	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
153	692114	9578679	2472	Granodiorita
154	692128	9578243	2456	Granodiorita
155	693192	9577879	2488	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita
156	693581	9577776	2459	Contacto Pórfido andesítico con Granodiorita
157	693352	9577437	2444	Granodiorita
158	692957	9577190	2399	Granodiorita
159	692725	9576867	2453	Granodiorita
160	692547	9575955	2431	Granodiorita
161	692421	9575571	2420	Granodiorita
162	691936	9574754	2416	Unidad Cera
163	692341	9574964	2424	Contacto Unidad Cera y Granodiorita
164	692705	9575083	2424	Contacto Unidad Cera y Granodiorita
165	693057	9575749	2401	Unidad Tres Lagunas
166	693434	9576079	2412	Unidad Tres Lagunas
167	693774	9576077	2437	Unidad Tres Lagunas
168	694397	9576673	2420	Unidad Tres Lagunas



Anexo 2. Puntos de validación de las unidades geomorfológicas

PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	DESCRIPCIÓN
1	698743	9573548	2146	Relieves montañosos
2	698539	9575325	1964	Terrazas
3	698285	9573054	1968	Relieves montañosos
4	699301	9572958	1896	Colinas muy altas
5	698043	9575735	1996	Vertientes disectadas
6	697644	9575928	1992	Vertientes disectadas
7	697480	9576206	2000	Terrazas
8	696742	9576099	2010	Terrazas
9	696459	9576156	2002	Terrazas
10	696293	9576133	2012	Relieves montañosos
11	696185	9576259	2004	Vertientes disectadas
12	695898	9576448	2004	Terrazas
13	695813	9576484	2010	Terrazas
14	695530	9576624	2029	Relieves montañosos
15	695409	9576829	2024	Terrazas
16	695306	9577076	2045	Vertientes disectadas
17	694474	9577906	2048	Terrazas
18	694446	9577775	2106	Relieves montañosos
19	694307	9578090	2052	Terrazas
20	694181	9578370	2065	Terrazas
21	694055	9578573	2095	Terrazas
22	694083	9578664	2087	Terrazas
23	694106	9578780	2080	Terrazas
24	694213	9579254	2095	Vertientes disectadas
25	694184	9579464	2106	Terrazas
26	694277	9579926	2090	Colinas muy altas
27	694373	9580232	2103	Terrazas
28	694522	9580585	2127	Colinas muy altas
29	694427	9580687	2113	Terrazas
30	694445	9580940	2125	Relieves montañosos
31	694447	9581268	2127	Terrazas
32	694385	9581543	2138	Terrazas
33	694108	9578054	2094	Colinas muy altas
34	694144	9578291	2074	Terrazas
35	686984	9588915	3575	Relieves montañosos
36	686056	9588919	3633	Relieves montañosos
37	685833	9588861	3622	Relieves montañosos
38	685716	9588743	3608	Vertientes disectadas
39	685562	9588741	3594	Vertientes disectadas
40	685382	9588679	3581	Vertientes disectadas
41	684966	9588096	3558	Vertientes disectadas
42	692118	9580382	2564	Coluvión
43	692737	9580216	2554	Coluvión
44	692800	9580188	2551	Vertientes disectadas
45	693562	9580838	2509	Coluvión



PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	DESCRIPCIÓN
46	694291	9580520	2210	Colinas muy altas
47	690864	9578424	2723	Relieves montañosos
48	690245	9579160	2611	Coluvión
49	692293	9575596	2548	Vertientes disectadas
50	690338	9580730	2421	Llanura aluvial
51	690962	9580111	2387	Coluvión
52	691415	9579986	2372	Terrazas
53	688422	9580897	2565	Colinas medianas
54	688487	9581057	2528	Coluvión
55	689534	9581918	2525	Colinas altas
56	689131	9583007	2712	Colinas muy altas
57	689045	9583630	2832	Relieves montañosos
58	689832	9577528	2716	Coluvión
59	691924	9574716	2416	Terrazas
60	693075	9575737	2406	Vertientes disectadas
61	693233	9578639	2198	Colinas medianas
62	691705	9578783	2446	Relieves montañosos
63	690359	9579666	2592	Relieves montañosos
64	688320	9580911	2621	Vertientes disectadas
65	693457	9581372	2479	Vertientes disectadas
66	688533	9583369	2769	Vertientes disectadas
67	687880	9581487	2544	Colinas medianas
68	684809	9587660	3472	Relieves montañosos
69	689903	9581052	2431	Colinas muy altas
70	689460	9582084	2540	Colinas altas
71	693457	9580427	2570	Colinas muy altas
72	692452	9575076	2418	Colinas altas
73	698410	9575048	2027	Colinas muy altas
74	685778	9588614	3570	Colinas muy altas y alta
75	692020	9579038	2466	Vertientes disectadas y terraza
76	693643	9580559	2548	Colinas muy altas
77	689546	9581195	2462	Colinas muy altas
78	688914	9582975	2636	Colinas muy altas
79	693503	9578587	2171	Vertientes disectadas
80	690483	9581480	2726	Relieves montañosos



Anexo 3. Puntos de validación de los deslizamientos

PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	DESCRIPCIÓN
1	689130	9583308	2783	Deslizamiento
2	689038	9582613	2596	Deslizamiento
3	698743	9573548	2146	Deslizamiento
4	698706	9573509	2153	Deslizamiento
5	698637	9573656	2146	Deslizamiento
6	698616	9574019	2128	Deslizamiento
7	698555	9574136	2106	Deslizamiento
8	698539	9575325	1964	Deslizamiento
9	698497	9575238	2016	Deslizamiento
10	698345	9573056	1978	Deslizamiento
11	698653	9573072	1941	Deslizamiento
12	699208	9572892	1896	Deslizamiento
13	698470	9572862	1905	Deslizamiento
14	698345	9573056	1978	Deslizamiento
15	698653	9573072	1941	Deslizamiento
16	697487	9576208	2000	Deslizamiento
17	697253	9576188	2003	Deslizamiento
18	695811	9576480	2010	Deslizamiento
19	695439	9576640	2024	Deslizamiento
20	695314	9577019	2041	Deslizamiento
21	694881	9577709	2039	Deslizamiento
22	693572	9578567	2181	Deslizamiento
23	693056	9578648	2220	Deslizamiento
24	692870	9578852	2217	Deslizamiento
25	692449	9579053	2275	Deslizamiento antiguo
26	692187	9579302	2293	Deslizamiento
27	688526	9582240	2746	Deslizamiento
28	693311	9581025	2489	Deslizamiento
29	689721	9577936	2702	Deslizamiento antiguo
30	691672	9580572	2549	Flujo
31	689723	9578041	2692	Deslizamiento
32	689999	9578671	2641	Deslizamiento
33	689978	9578861	2630	Deslizamiento antiguo
34	690080	9578985	2624	Deslizamiento
35	690142	9579010	2614	Deslizamiento
36	690245	9579161	2611	Deslizamiento antiguo
37	690345	9579503	2606	Deslizamiento
38	690353	9579564	2600	Deslizamiento
39	690085	9579734	2584	Deslizamiento
40	689974	9579575	2580	Deslizamiento
41	689779	9579566	2576	Deslizamiento
42	689457	9579523	2561	Deslizamiento
43	690091	9580668	2450	Deslizamiento
44	690347	9580879	2461	Deslizamiento
45	692742	9580210	2558	Deslizamiento antiguo



PUNTOS	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)	DESCRIPCIÓN
46	693442	9580954	2500	Deslizamiento antiguo
47	693506	9580888	2513	Deslizamiento antiguo
48	691447	9580377	2389	Deslizamiento antiguo
49	691613	9579060	2426	Deslizamiento
50	691559	9578696	2421	Deslizamiento antiguo
51	691585	9578527	2435	Deslizamiento
52	692367	9578210	2439	Deslizamiento
53	692466	9578260	2455	Deslizamiento
54	692715	9576299	2412	Flujo
55	692626	9576078	2428	Flujo
56	692931	9577977	2496	Deslizamiento
57	692927	9577886	2492	Deslizamiento
58	693010	9577441	2433	Deslizamiento
59	692946	9577177	2404	Deslizamiento antiguo
60	692814	9576865	2425	Deslizamiento
61	693027	9576770	2410	Deslizamiento
62	692734	9575305	2425	Deslizamiento
63	693104	9575566	2440	Deslizamiento
64	693880	9576357	2424	Deslizamiento
65	689291	9579285	2583	Deslizamiento
66	689247	9579207	2595	Deslizamiento
67	688896	9578910	2671	Escarpe de deslizamiento
68	688804	9578838	2690	Deslizamiento
69	688588	9578711	2750	Deslizamiento



Anexo 4. Descripción de afloramientos mediante fichas de campo

FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	1
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía Panamericana (Barrio La Chorrera)		
CARACTERÍSTICAS		COORDENADAS	
Tipo de afloramiento	Antrópico	Datum	UTM - WGS84
Unidad/Formación	Loma Bernabé	Zona 17S	
Grado de alteración	Media	X	693467
		Y	9581350
		Z	2466
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	12,7	142/65	
Ancho (m)	9,4		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN	
		<p>El presente afloramiento es un macizo rocoso de andesitas de color gris con textura afanítica.</p>	



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	2
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía Panamericana (Barrio La Chorrera)	COORDENADAS	
CARACTERÍSTICAS		Datum	UTM - WGS84
Tipo de afloramiento	Antrópico	Zona 17S	
Unidad/Formación	Loma Bernabé	X	693298
Grado de alteración	Alta	Y	9581185
		Z	2488
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	11,3		
Ancho (m)	7,2		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN	
		<p>El afloramiento se compone de brechas volcánicas. Sus clastos volcánicos andesíticos de color morado varían en tamaños de 1,43 cm a 4,28 cm.</p>	



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	3
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía Panamericana	COORDENADAS	
CARACTERÍSTICAS		Datum	UTM - WGS84
Tipo de afloramiento	Antrópico	Zona 17S	
Unidad/Formación	Contacto Loma Bernabé y Granodiorita	X	693336
Grado de alteración	Alto	Y	9580320
DIMENSIONES		Z	2582
Alto (m)	3,5	DATOS ESTRUCTURALES	
Ancho (m)	2,8		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	
		<p>El afloramiento corresponde a un contacto entre andesitas de color grises pertenecientes a la Unidad Loma Bernabé y las granodioritas.</p>	

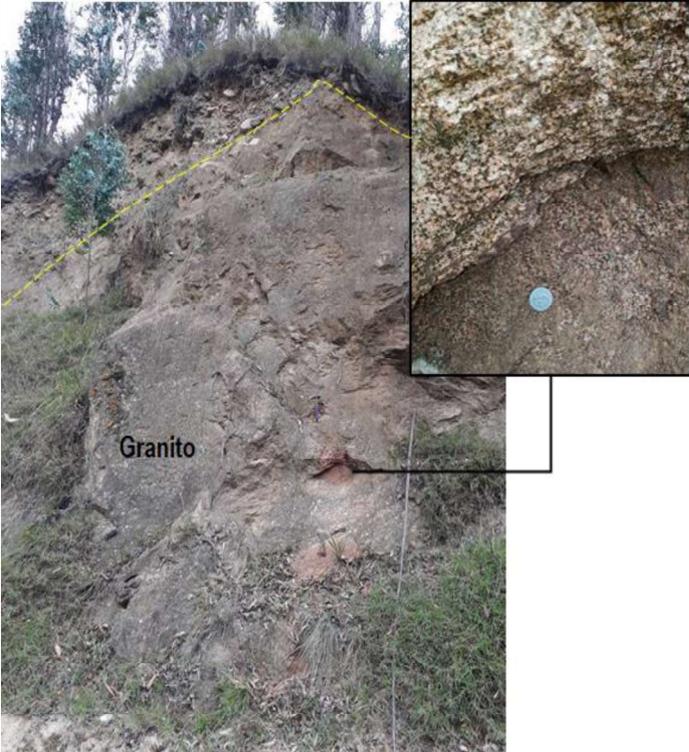


FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	4
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía Panamericana	COORDENADAS	
CARACTERÍSTICAS		Datum	UTM - WGS84
Tipo de afloramiento	Antrópico	Zona 17S	
Unidad/Formación	Loma Bernabé	X	692913
Grado de alteración	Medio	Y	9580158
		Z	2575
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	7,8	296/81	
Ancho (m)	8,3		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	
		<p>El afloramiento está formado por andesitas de color grises y verdes de textura afanítica. Se observa la presencia además de vegetación arbustiva.</p>	



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	5
Parroquia	Santiago		
Sector	Sendero que conduce al barrio Sayo		
CARACTERÍSTICAS		COORDENADAS	
Tipo de afloramiento	Natural	Datum	UTM - WGS84
Unidad/Formación	Unidad Gonzabal	Zona 17S	
Grado de alteración	Medio	X	690024
		Y	9577303
		Z	2711
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	1,8		
Ancho (m)	8,2		
FOTOGRAFÍA			
			
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA			
<p>El afloramiento corresponde a la Unidad Gonzabal y presenta lavas basálticas y en la parte superior una capa de cobertura vegetal de 20 cm de espesor</p>			



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	6
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía Santiago - Las Juntas	COORDENADAS	
CARACTERÍSTICAS		Datum	UTM - WGS84
Tipo de afloramiento	Antrópico	Zona 17S	
Unidad/Formación	Granito	X	693933
Grado de alteración	Medio	Y	9578430
		Z	2108
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	6,15		
Ancho (m)	4,25		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	
		<p>Se puede observar un afloramiento de granito de color rosa por la alta presencia de feldespatos potásicos, sobre él se encuentra una capa de conglomerados de 60 cm de espesor y una capa de cobertura vegetal de 10 cm.</p>	



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	7
Parroquia	Santiago		
Sector	Vía antigua Loja - Cuenca		
CARACTERÍSTICAS		COORDENADAS	
Tipo de afloramiento	Antrópico	Datum	UTM - WGS84
Unidad/Formación	Unidad Agoyán	Zona 17S	
Grado de alteración	Bajo	X	698451
		Y	9573010
		Z	1952
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	4,9		
Ancho (m)	10,45		
FOTOGRAFÍA			
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA			
<p>El afloramiento corresponde a esquistos biotíticos de coloraciones café a oscuras.</p>			



FICHA DE CAMPO PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CODIFICACIÓN	
Provincia	Loja	Responsable	Galo López
Cantón	Loja	Afloramiento N°	8
Parroquia	Santiago		
Sector	Parte alta de la parroquia, límite con Gualiel		
CARACTERÍSTICAS		COORDENADAS	
Tipo de afloramiento	Antrópico	Datum	UTM - WGS84
Unidad/Formación	Loma Bernabé	Zona 17S	
Grado de alteración	Alto	X	685918
		Y	9588896
		Z	3627
DIMENSIONES		DATOS ESTRUCTURALES	
Alto (m)	3,3		
Ancho (m)	2,9		
FOTOGRAFÍA			
		DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	
		<p>El afloramiento corresponde a andesitas con presencia de diaclasas en su estructura, de textura porfirica de tonos grises y verdes.</p>	



Anexo 5. Descripción de geformas mediante fichas de campo

1. UBICACIÓN			
División Político Administrativa	Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)		
Provincia: <table border="1" style="display: inline-table; width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Loja</td></tr></table>	Loja	Coord. X: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">690498</td></tr></table> m	690498
Loja			
690498			
Cantón: <table border="1" style="display: inline-table; width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Loja</td></tr></table>	Loja	Coord. Y: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">9580587</td></tr></table> m	9580587
Loja			
9580587			
Parroquia: <table border="1" style="display: inline-table; width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Santiago</td></tr></table>	Santiago	Altitud: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">2407</td></tr></table> m.s.n.m	2407
Santiago			
2407			
Sector: <table border="1" style="display: inline-table; width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Barrio Paquisha</td></tr></table>	Barrio Paquisha		
Barrio Paquisha			
2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
Geoforma N°	<table border="1" style="width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">1</td></tr></table>	1	
1			
Responsable	<table border="1" style="width: 150px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Galo López</td></tr></table>	Galo López	
Galo López			
3. GEOMORFOLOGÍA			
UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	<table border="1" style="width: 400px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">Llanura aluvial</td></tr></table>	Llanura aluvial	
Llanura aluvial			
MORFOLOGÍA			
1. Forma de Cima	2. Forma de Vertiente		
<input type="checkbox"/> Aguda <input type="checkbox"/> Redondeada <input type="checkbox"/> Plana	<input type="checkbox"/> Cóncava <input type="checkbox"/> Convexa <input type="checkbox"/> Rectilínea <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> Mixta		
3. Forma de Valle			
<input type="checkbox"/> En U <input type="checkbox"/> En V <input checked="" type="checkbox"/> Plano			
MORFOMETRÍA			
a) Pendiente	b) Desnivel Relativo		
<input checked="" type="checkbox"/> Plana (< 5°) <input type="checkbox"/> Inclínada (6° - 10°) <input type="checkbox"/> Muy inclinada (11° - 15°) <input type="checkbox"/> Abrupta (16° - 20°) <input type="checkbox"/> Muy abrupta (21° - 30°) <input type="checkbox"/> Escarpada (31° - 45°) <input type="checkbox"/> Muy escarpada (> 45°)	<input checked="" type="checkbox"/> 0 a 5 m <input type="checkbox"/> 5 a 15 m <input type="checkbox"/> 15 a 25 m <input type="checkbox"/> 25 a 50 m <input type="checkbox"/> 50 a 100 m <input type="checkbox"/> 100 a 200 m <input type="checkbox"/> 200 a 300 m <input type="checkbox"/> > a 300 m		
c) Longitud de la Vertiente			
<input type="checkbox"/> Muy corta < a 15 m <input type="checkbox"/> Corta 15 a 50 m <input type="checkbox"/> Mod. Larga, 50 a 250 m <input type="checkbox"/> Larga 250 a 500 m <input type="checkbox"/> Muy larga > a 500 m			
4. COBERTURA VEGETAL			
1. Arbórea	<table border="1" style="width: 30px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">x</td></tr></table>	x	
x			
2. Arbustiva	<table border="1" style="width: 30px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;"> </td></tr></table>		
3. Herbácea	<table border="1" style="width: 30px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;">x</td></tr></table>	x	
x			
4. Cultivo	<table border="1" style="width: 30px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;"> </td></tr></table>		
5. Eriales	<table border="1" style="width: 30px; height: 20px;"><tr><td style="text-align: center;"> </td></tr></table>		
5. REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			



1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Gandil

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	688184	m
Coord. Y:	9581111	m
Altitud:	2650	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	2
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Escarpes

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input checked="" type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input checked="" type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Gandil

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	688295	m
Coord. Y:	9582446	m
Altitud:	2861	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	3
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Relieve montañoso

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input checked="" type="checkbox"/>	Aguda
<input type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input checked="" type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input checked="" type="checkbox"/>	En U
<input type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input checked="" type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Arbustiva	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Herbácea	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Cultivo	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Eriales	<input type="checkbox"/>

**5. REGISTRO
FOTOGRAFICO**





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Gandil

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	688471	m
Coord. Y:	9580908	m
Altitud:	2550	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	4
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Colinas medianas

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input checked="" type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input checked="" type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea	<input type="checkbox"/>
2. Arbustiva	<input type="checkbox"/>
3. Herbácea	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Cultivo	<input type="checkbox"/>
5. Eriales	<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Gandil

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	688772	m
Coord. Y:	9581531	m
Altitud:	2732	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	5
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Colinas muy altas

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input type="checkbox"/>	Redondeada
<input checked="" type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input checked="" type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input checked="" type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Arbustiva	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Herbácea	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Cultivo	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Eriales	<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRAFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Pucalá (Vía a Jimbilla)

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	699009	m
Coord. Y:	9573416	m
Altitud:	2159	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	6
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Colinas muy altas

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input checked="" type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input checked="" type="checkbox"/>	En U
<input type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input checked="" type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Lirio (Vía antigua Loja-Cuenca)

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	695428	m
Coord. Y:	9576844	m
Altitud:	2020	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	7
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Terraza

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input type="checkbox"/>	En V
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input checked="" type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input checked="" type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio Poglo (Vía Santiago - Las Juntas)

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	693057	m
Coord. Y:	9578892	m
Altitud:	2153	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	8
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Colinas medianas

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input checked="" type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input checked="" type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Parte alta de la parroquia, límite con la parroquia Gualal

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	685837	m
Coord. Y:	9588982	m
Altitud:	3657	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	9
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Relieve montañoso

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input checked="" type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input checked="" type="checkbox"/>	En U
<input type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input checked="" type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio El Gallo (vía antigua Loja - Cuenca)

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	697426	m
Coord. Y:	9575586	m
Altitud:	2164	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	10
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Colinas altas

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input checked="" type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input checked="" type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea
2. Arbustiva
3. Herbácea
4. Cultivo
5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Barrio San José

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	691408	m
Coord. Y:	9579903	m
Altitud:	2369	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	11
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Terraza

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input type="checkbox"/>	En V
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input checked="" type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input checked="" type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

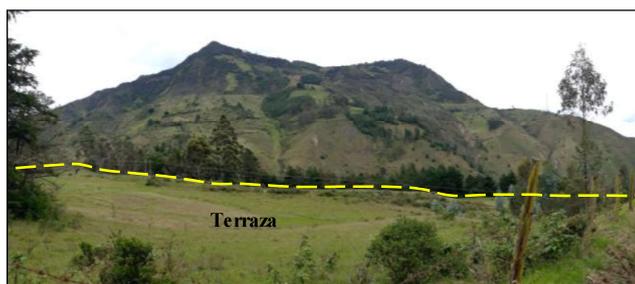
<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

- 1. Arbórea
- 2. Arbustiva
- 3. Herbácea
- 4. Cultivo
- 5. Eriales

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





1. UBICACIÓN

División Político Administrativa

Provincia:	Loja
Cantón:	Loja
Parroquia:	Santiago
Sector:	Parte alta de la parroquia, límite con la parroquia Gualiel

Localización (UTM, WGS 84 Zona 17S)

Coord. X:	685126	m
Coord. Y:	9588245	m
Altitud:	3541	m.s.n.m

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

Geoforma N°	12
Responsable	Galo López

3. GEOMORFOLOGÍA

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

Vertiente disectada

MORFOLOGÍA

1. Forma de Cima

<input type="checkbox"/>	Aguda
<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeada
<input type="checkbox"/>	Plana

2. Forma de Vertiente

<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Rectilínea
<input type="checkbox"/>	Irregular
<input checked="" type="checkbox"/>	Mixta

3. Forma de Valle

<input type="checkbox"/>	En U
<input checked="" type="checkbox"/>	En V
<input type="checkbox"/>	Plano

MORFOMETRÍA

a) Pendiente

<input type="checkbox"/>	Plana (< 5°)
<input type="checkbox"/>	Inclinada (6° - 10°)
<input type="checkbox"/>	Muy inclinada (11° - 15°)
<input type="checkbox"/>	Abrupta (16° - 20°)
<input type="checkbox"/>	Muy abrupta (21° - 30°)
<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpada (31° - 45°)
<input type="checkbox"/>	Muy escarpada (> 45°)

b) Desnivel Relativo

<input type="checkbox"/>	0 a 5 m
<input type="checkbox"/>	5 a 15 m
<input type="checkbox"/>	15 a 25 m
<input type="checkbox"/>	25 a 50 m
<input type="checkbox"/>	50 a 100 m
<input type="checkbox"/>	100 a 200 m
<input type="checkbox"/>	200 a 300 m
<input checked="" type="checkbox"/>	> a 300 m

c) Longitud de la Vertiente

<input type="checkbox"/>	Muy corta < a 15 m
<input type="checkbox"/>	Corta 15 a 50 m
<input type="checkbox"/>	Mod. Larga, 50 a 250 m
<input type="checkbox"/>	Larga 250 a 500 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy larga > a 500 m

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Arbustiva	<input type="checkbox"/>
3. Herbácea	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Cultivo	<input type="checkbox"/>
5. Eriales	<input type="checkbox"/>

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO





Anexo 6. Mapas temáticos resultantes del Trabajo de Titulación:

1. Mapa de ubicación de la parroquia Santiago
2. Mapa de Isoyetas de la parroquia Santiago
3. Mapa de isotermas de la parroquia Santiago
4. Mapa hidrográfico de la parroquia Santiago
5. Mapa de cobertura y uso del terreno de la parroquia Santiago
6. Mapa topográfico de la parroquia Santiago
7. Mapa Morfométrico de la parroquia Santiago
8. Mapa de pendientes de la parroquia Santiago
9. Mapa geológico regional de la parroquia Santiago
10. Mapa geomorfológico de la parroquia Santiago

(Ubicados en el CD-R N°1)



Anexo 7. Certificación de traducción al idioma de inglés

Mgs. Mayra Yadira Chamba Cañar

PERITO DEL CONSEJO DE LA JUDICATURA DE LOJA

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés de un resumen de proyecto de graduación la cual se realizó en base a los documentos originales entregados por el egresado y autor de la misma el Señor GALO ANDRÉS LÓPEZ CELI, con cédula de identidad Nro. 1105756488, con el tema denominado "Levantamiento geomorfológico a escala 1:10.000 con la utilización de la herramienta SIG de la parroquia rural Santiago, cantón y provincia de Loja", traducción que servirán para fines personales de uso del cliente. Es todo lo que puedo decir en honor a la verdad que me acreditan como perito traductor.

That the document herein composed is a faithful translation from Spanish to English of a summary of a graduation project which was made based on the original documents submitted by the graduate and author of the same, Mr. GALO ANDRÉS LÓPEZ CELI, with identity card No. 1105756488, with the theme "Geomorphological survey at scale 1:10,000 with the use of the GIS tool of the rural parish Santiago, canton and province of Loja", translation that will serve for personal purposes for the use of the client. This is all I can say in honor to the truth that I am accredited as an expert translator.

Loja, 7 de septiembre del 2022.

Mayra Yadira Chamba Cañar.

PERITO TRADUCTOR

Mayra Yadira Chamba Cañar

1104492408

Perito Traductor DEL Consejo de la Judicatura Loja

Nro. De Calificación: 1259856

Docente de Inglés del Ministerio de Educación

Docente del Instituto Particular de Inglés "Fine-Tuned English"