UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

"ELABORACIÓN DE MAPA GEOMORFOLÓGICO A ESCALA 1:25000, MEDIANTE PLATAFORMA SIG DE LA PARROQUIA RURAL MALACATOS PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR"

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

AUTORA:

Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez

DIRECTOR:

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2022

Certificación de Tesis

Ingeniero.

Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, realizado por la señorita egresada: CECIBEL DEL CISNE DÁVILA IÑIGUEZ con C.I.; 1105224123, en su proceso de investigación denominado: "ELABORACIÓN DE MAPA GEOMORFOLÓGICO A ESCALA 1:25000, MEDIANTE PLATAFORMA SIG DE LA PARROQUIA RURAL MALACATOS PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR", previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar para su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 25 de noviembre del 2021

Firmado electrónicamente por:
WALTER SIMON
TAMBO ENCALADA

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Autoría

Yo, Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo formalmente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Institucional – biblioteca Virtual.

Firmado electrónicamente por:
CECIBEL DEL CISNE DAVILA INIGUEZ

Firma:

Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez

CI. 1105224123

Fecha: 17 de marzo de 2022

Correo electrónico: cecibel.davila@unl.edu.ec

Celular: 0982548252

Carta de autorización por parte de la autora para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo

Yo, Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez, declaro ser la autora del presente trabajo de titulación: "Elaboración de Mapa Geomorfológico a Escala 1:25000, mediante plataforma SIG de la Parroquia Rural Malacatos perteneciente al Cantón Loja, Provincia de Loja, Ecuador", como requisito para obtener el título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial; y autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de la autorización, firma la autora, en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de marzo del dos mil veintidós.

Firmado electrónicamente por:
CECIBEL DEL CISNE DAVILA INIGUEZ

Firma:

Autora: Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez
Cédula: 1105224123
Dirección: Ciudad Victoria
Correo electrónico: cecibel.davila@unl.edu.ec
Celular: 0982548252

Datos complementarios

Director de Tesis: Ing. Walter Simón Tambo Encalada. Mg.Sc.
Tribunal de Grado: Ing. Fermín Alexander González Sisalima. Mg.Sc
Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg.Sc.
Ing. Carlos Danilo Ortega Vallejo. Mg.Sc.

Dedicatoria

Dedico esta investigación especialmente a Dios, por haber sido mi guía durante mi camino estudiantil y por permitirme alcanzar esta etapa tan importante.

A mi madre por ser el pilar fundamental de mi vida y demostrarme su cariño, apoyarme en todo momento, por ser mi ejemplo a seguir y haberme educado con buenos valores. A mi hermana Nathaly por brindarme su apoyo y compartir conmigo buenos y malos momentos.

A Jaime porque ha sabido dejar huella en mí desde el primer día que asumió su rol de padre, enseñándome que lo más importante es el corazón, que sin amor las cosas no tienen sentido y que la felicidad es algo que se vive cada día.

A mi familia en general porque siempre estuvieron a mi lado apoyándome, he hicieron que esta experiencia sea muy amena y enriquecedora, y siempre me han motivado a seguir mejorando y luchar por cumplir mis sueños.

Y fundamentalmente le dedico este trabajo de titulación a mi sobrina Antonella por ser el motivo de mis alegrías y mi inspiración para seguir adelante.

Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez

Agradecimiento

Agradezco principalmente a Dios por protegerme, cuidarme y darme fuerza para superar todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mi madre, que me ha enseñado a no rendirme ante las dificultades, siempre escuchando sus sabios consejos que con amor me han sabido guiar.

A mi hermana Nathaly y a mis primos Jhoder, Adrián, Paola y Lisbeth; y fundamentalmente a Eduardo Abad por acompañarme durante este arduo camino.

De manera muy especial agradezco al Ing. Walter Simón Tambo Encalada por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de este trabajo, quien, con su dirección, y enseñanza me permitió ejecutar este proyecto de investigación.

Finalmente agradezco de manera muy sincera a todas aquellas personas que de una u otra manera supieron ayudarme para que esta aspiración estudiantil llegue hoy a su oportuna culminación.

Cecibel del Cisne Dávila Iñiguez

Índice de Contenido

Carátula ---------- i
Certificación de Tesis ---------- ii
Autoría ---------- iii
Carta de autorización por parte de la autora para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo ---------- iv
Dedicatoria ---------- v
Agradecimiento ---------- vi
Índice de Contenido ---------- vii
Índice de Figuras ---------- xi
Índice de Tablas ---------- xiv
1. Título ---------- 1
2. Resumen ---------- 2
2.1. Abstract ---------- 3
3. Introducción ---------- 4
3.1. Antecedentes ---------- 6
3.2. Preguntas de Investigación ---------- 7
3.3. Hipótesis ---------- 8
3.4. Justificación ---------- 8
3.5. Alcance ---------- 9
3.6. Objetivos ---------- 10
3.6.1. Objetivo general ---------- 10
3.6.2. Objetivos específicos ---------- 10
4. Marco Teórico ---------- 11
4.1. Geomorfología ---------- 11
4.1.1. Geoforma ---------- 11
4.1.1.1. Categoría de geoformas. ---------- 11
4.1.2. Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos ---------- 14
4.1.3. Ambientes geomorfológicos ---------- 15
4.1.3.1. Ambiente denudativo. ---------- 15
4.1.3.2. Ambiente deposicional. ---------- 15
4.1.3.3. Ambiente estructural. ---------- 15
4.1.3.4. Ambiente tectónico erosivo. ---------- 16
4.1.3.5. Ambiente volcánico. ---------- 16
4.1.3.6. Ambiente glaciar. ---------- 17

4.1.4. Atributos geomorfológicos. ----17
4.1.4.1. Atributos morfológicos. ----18
4.1.4.2. Atributos morfométricos. ----18
4.1.4.3. Atributos morfogenéticos. ----18
4.1.4.4. Atributos morfoestructurales. ----19
4.1.4.5. Atributos relacionados con el drenaje. ----19
4.2. Índices de Relieve ----19
4.2.1. Índices topográficos ----19
4.2.2. Índice de formas del terreno ----20
4.2.2.1. Curvaturas. ----20
4.2.2.2. Sombreado. ----21
4.2.2.3. Pendiente. ----21
4.3. Sistema de Información Geográfica ----22
4.3.1. Tipos de datos ----22
4.3.2. Triangulated Irregular Networks (TIN) ----23
4.3.3. Modelo Digital de Elevación (DEM) ----23
4.4. Imagen Satelital ----23
4.5. Cartografía ----23
4.5.1. Área mínima cartografiable ----23
4.6. Geología ----24
4.6.1. Roca ----24
4.6.2. Depósito superficial ----24
4.6.3. Afloramiento ----25
4.7. Fotointerpretación ----25
4.8. Zonificación ----25
4.9. Amenazas Geológicas ----25
4.9.1. Deslizamientos ----25
4.9.2. Susceptibilidad a deslizamientos ----26
5. Metodología ----27
5.1. Descripción del Área de Estudio ----27
5.1.1. Ubicación ----27
5.1.2. Acceso ----28
5.1.3. Hidrografía ----28
5.1.4. Geología regional ----30
5.1.4.1. Geología estructural. ----31
5.2. Materiales ----32

5.2.1. Materiales de campo ---- 32
5.2.2. Materiales de oficina ---- 32
5.3. Método ---- 33
5.4. Metodología ---- 34
5.4.1. Procedimiento para la obtención de la cartografía ---- 34
5.4.1.1. Mapa geomorfológico. ---- 34
5.4.1.2. Mapa geológico. ---- 47
5.4.1.3. Mapa de pendientes. ---- 47
5.4.1.4. Mapa de uso actual del suelo. ---- 49
5.4.1.5. Mapa de isoyetas. ---- 50
5.4.1.6. Mapa de susceptibilidad. ---- 52
6. Resultados ---- 56
6.1. Geomorfología ---- 56
6.1.1. Jerarquía del relieve del área de estudio ---- 56
6.1.2. Configuración geológica ---- 57
6.1.2.1. Geología local. ---- 57
6.1.2.2. Estructuras locales. ---- 64
6.1.2.3. Validación de la geología. ---- 68
6.1.3. Edad y génesis de las formaciones ---- 75
6.1.3.1. Edad. ---- 75
6.1.3.2. Génesis. ---- 77
6.1.4. Rasgos morfológicos del área de estudio ---- 81
6.1.5. Rasgos morfométricos del área de estudio ---- 82
6.1.5.1. Pendiente. ---- 82
6.1.5.2. Desnivel relativo. ---- 84
6.1.5.3. Longitud de la vertiente. ---- 85
6.1.6. Atributos relacionados al drenaje ---- 87
6.1.6.1. Forma de drenaje. ---- 87
6.1.7. Atributos morfodinámicos ---- 87
6.1.7.1. Deslizamientos. ---- 88
6.1.7.2. Erosión. ---- 93
6.1.8. Uso actual del suelo ---- 94
6.1.8.1. Validación del uso actual del suelo. ---- 95
6.1.9. Descripción general de unidades geomorfológicas ---- 106
6.1.9.1. Cordillera. ---- 106
6.1.9.2. Serranía. ---- 107

6.1.9.3. Piedemonte. ---- 111
6.1.9.4. Valle tectónico. ---- 113
6.1.9.5. Valle glaciar. ---- 114
6.1.10. Validación de geoformas ---- 115
6.2. Susceptibilidad a Deslizamientos ---- 122
6.2.1. Precipitaciones ---- 122
6.2.2. Determinación de los pesos ---- 124
6.2.2.1. Variable geomorfología. ---- 124
6.2.2.2. Variable geología. ---- 126
6.2.2.3. Variable pendiente. ---- 127
6.2.2.4. Variable de uso actual del suelo. ---- 128
6.2.2.5. Variable de isoyetas. ---- 130
6.2.2.6. Susceptibilidad final. ---- 131
6.2.3. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos ---- 132
6.2.3.1. Correlación de las zonas de susceptibilidad con los deslizamientos. ---- 134
7. Discusión de Resultados ---- 138
7.1. Análisis de la Clasificación de Unidades de Relieve ---- 138
7.2. Análisis de la Validación Cartográfica Relacionada a la Geomorfología ---- 143
7.2.1. Cartografía geológica ---- 143
7.2.2. Cartografía de uso actual del suelo ---- 144
7.2.3. Cartografía geomorfológica ---- 144
7.3. Análisis de la Clasificación de los Niveles de Susceptibilidad a Deslizamientos ---- 145
7.3.1. Elementos importantes ---- 145
7.3.1.1. Análisis de la variable geología. ---- 146
7.3.1.2. Análisis de la variable geomorfología. ---- 147
7.3.1.3. Análisis de la variable pendiente. ---- 147
7.3.1.4. Análisis de la variable uso actual del suelo. ---- 148
7.3.1.5. Análisis de la variable isoyetas. ---- 149
7.3.2. Zonas de mayor susceptibilidad en la parroquia Malacatos ---- 149
8. Conclusiones ---- 152
9. Recomendaciones ---- 155
10. Referencias Bibliográficas ---- 156
11. Anexos ---- 159

Índice de Figuras

Figura 1. Badlands de Gorade. 15
Figura 2. Relieves Escalonados, en Graderío. Geoformas del Ecuador. 16
Figura 3. Relieve Colinado Bajo. Geoformas del Ecuador. 16
Figura 4. Pilones o Agujas Volcánicas. Geoformas del Ecuador 17
Figura 5. Sistema lacustre Lagunas del Compadre 17
Figura 6. Patrones de Drenaje 19
Figura 7. Modelamiento Topográfico 21
Figura 8. Ejemplo de Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos 26
Figura 9. Ubicación del Área de Estudio 27
Figura 10. Acceso Aéreo y Acceso Terrestre al Área de Estudio 28
Figura 11. Mapa de Microcuencas de la Parroquia Malacatos 29
Figura 12. Modelo Cartográfico 35
Figura 13. DEM del Área de Estudio 36
Figura 14. Modelamiento Topográfico 37
Figura 15. Índices Topográficos Generados 37
Figura 16. Configuración del PCA 38
Figura 17. Archivos Generados con ACP 39
Figura 18. Configuración de Parámetros para la Clasificación no Supervisada 40
Figura 19. Resultado de la Clasificación Automática no Supervisad (ISODATA) 40
Figura 20. Configuración de la Herramienta Majority/Minority Analysis 41
Figura 21. Comparación de Ráster sin Análisis de Vecindario y Ráster Aplicado el Filtro 42
Figura 22. Unidades con Función de Filtrado 42
Figura 23. Unidades con Función de Filtrado 43
Figura 24. Identificación de Unidades de Relieve en ArcScene 10.5. 45
Figura 25. Identificación de Unidades de Relieve en Google Earth. 45
Figura 26. Calibración de Unidades Geomorfológicas 46
Figura 27 Información Levantada en Campo Correlacionada con Mapa Preliminar 46
Figura 28. Proceso para la Obtención de Mapa de Pendientes 48
Figura 29. Flujograma para la Generación de Mapa de Pendientes “Model Builder” 49
Figura 30. Proceso de Interpolación de Precipitaciones 51
Figura 31 Flujograma para la Generación de Mapa de Isoyetas “Model Builder” 52
Figura 32. Flujograma “Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos” 54
Figura 33. Materiales Característicos de la Unidad Chigüinda 58
Figura 34. Material Característico de la Unidad Tres Lagunas 59

Figura 35. Material Característico de la Formación Loma Blanca 59
Figura 36. Representación de la Formación San José 60
Figura 37. Materiales Característicos de la Formación Santo Domingo 61
Figura 38. Materiales Característicos de la Formación San Francisco 62
Figura 39. Materiales Característicos de la Formación Cerro Mandango 62
Figura 40. Material de Depósito Coluvial 63
Figura 41. Material de Depósito Aluvial 64
Figura 42. Falla Inferida, Sector Palandita 64
Figura 43. Falla Inferida, en el Sector San Francisco 65
Figura 44. Falla Inferida, Sector Santa Cruz 65
Figura 45. Falla Inferida en la Quebrada Santa Gertrudis 66
Figura 46. Falla Observada en el Barrio Belén 66
Figura 47. Anticlinal Identificado en el Barrio Santa Cruz 67
Figura 48. Sinclinal Identificado en el Área de Estudio 67
Figura 49. Muestra de Ajustes Realizados para Cartografía Geológica 68
Figura 50. Puntos de Validación de la Geología 75
Figura 51. Relieves Montañosos y Relieve Colinado Alto Relacionado a Ambientes Tectónico - Erosivos 78
Figura 52. Relieves Colinado Alto Relacionado a un Ambiente Estructural 79
Figura 53. Ambiente Denudativo en el Sector Picotas 79
Figura 54. Colinas Bajas de Ambiente Deposicional en el Barrio San Francisco 80
Figura 55. Llanura de Inundación de la Quebrada Nangora y el Río Solanda 80
Figura 56. Ambiente Glaciar en el Parque Nacional Podocarpus 81
Figura 57. Muestra de Registro de Información Morfológica 81
Figura 58. Representación de Pendientes de la Parroquia Malacatos 83
Figura 59. Análisis Estadístico de una Geoforma 85
Figura 60. Asignación de Atributos de acuerdo a la Longitud de la Vertiente 86
Figura 61. Deslizamientos Identificados a partir de Imagen Satelital 90
Figura 62. Deslizamientos a los que no se Pudo Acceder 91
Figura 63. Deslizamiento en la Vía a La Granja, Sector Santa Ana 91
Figura 64. Deslizamiento en el Sector San Francisco Alto 92
Figura 65. Deslizamiento en el Sector Palandita 92
Figura 66. Deslizamiento Ubicado en el Parque Colambo Yacuri 93
Figura 67. Deslizamiento Rotacional, Sector La Florida 93
Figura 68. Erosión Evidenciada en el Área de Estudio 94
Figura 69. Uso Actual del Suelo en la Parroquia Malacatos 105

Figura 70. Validación de Uso Actual del Suelo de la Parroquia Malacatos 106
Figura 71. Relieve Montañoso Identificado en el Área de Estudio 107
Figura 72. Relieve Colinado Muy Alto Identificado en la Parroquia Malacatos 108
Figura 73. Relieve Colinado Alto Identificado en el Área de Estudio 109
Figura 74. Relieve Colinado Medio Identificado en el Área de Estudio 110
Figura 75. Colinas Bajas Destinado a Uso Pecuario 111
Figura 76. Abanico Aluvial Identificado en la Parroquia 112
Figura 77. Terraza Identificada en el Área de Estudio 113
Figura 78. Llanura Aluvial Identificada en el Área de Estudio 114
Figura 79. Mesorelieve del Valle Glaciar 115
Figura 80. Validación de Unidades Geomorfológicas de Mesorelieve 122
Figura 81. Mapa de Precipitaciones de la Parroquia Malacatos 124
Figura 82. Susceptibilidad a Deslizamientos de la Parroquia Malacatos 134
Figura 83. Clasificación de Unidades Macro y Mesorelieve 139
Figura 84. Comparación entre Resultado Obtenido e Información Existente 140
Figura 85. Rocas Aborregadas Identificadas en las Lagunas del Compadre 141
Figura 86. Sistema Lacustre de Lagunas del Compadre Identificado Mediante Fotointerpretación 142
Figura 87. Muestra de Área con Escasos Puntos de Control 144
Figura 88. Validación de Deslizamientos con Zonas de Susceptibilidad 150
Figura 89. Deslizamientos que Coindicen Espacialmente con las Zonas de Susceptibilidad 151

Índice de Tablas

Tabla 1. Factores Desencadenantes de los Procesos Geomorfológicos 14
Tabla 2. Atributos Morfométricos de las Geoformas 18
Tabla 3. Clasificación de Curvaturas Relacionado a las Formas del Terreno 20
Tabla 4. Tipos de Datos del SIG 22
Tabla 5. Unidades Mínimas Cartografiable 24
Tabla 6. Microcuencas de la Parroquia Malacatos 29
Tabla 7. Unidades de Relieve 44
Tabla 8. Clasificación de las Pendientes 48
Tabla 9. Clasificación de Uso Actual del Suelo 49
Tabla 10. Datos de Estaciones Meteorológicas 50
Tabla 11. Clasificación de Isoyetas 51
Tabla 12. Esquema del Método de Jerarquías Analíticas para la Asignación de Pesos. 53
Tabla 13. Estimación de Coeficientes Xij 53
Tabla 14. Clasificación de Susceptibilidad 55
Tabla 15. Unidades Geomorfológicas de la Parroquia Malacatos 56
Tabla 16. Ubicación Geográfica de Afloramientos, DATUM WGS84 69
Tabla 17. Edad del Relieve de la Parroquia Malacatos 77
Tabla 18. Génesis de las Unidades Geomorfológicas de la Parroquia Malacatos 78
Tabla 19. Caracterización General Morfológica del Área de Estudio 82
Tabla 20. Clasificación de las Pendientes 83
Tabla 21. Muestra de un Análisis Estadístico Zonal 84
Tabla 22. Categorización para la Longitud de las Vertientes en el Área de Estudio 86
Tabla 23. Muestra de un Análisis Relacionado al Drenaje 87
Tabla 24. Inventario de Deslizamientos de la Parroquia Malacatos 88
Tabla 25. Resultados de la Clasificación de Uso Actual del Suelo de la Parroquia. 94
Tabla 26. Ubicación Geográfica de Puntos de Control de Uso Actual del Suelo, DATUM WGS84 96
Tabla 27. Puntos de Validación de Unidades de Relieve en la Parroquia Malacatos (UTM/WGS84) 115
Tabla 28. Resultado de Clasificación de Precipitaciones 123
Tabla 29 Valoración de las Variables de Geomorfología 125
Tabla 30 Matriz Normalizada para Geomorfología 125
Tabla 31 Valoración de las Variables de Geología 126
Tabla 32 Matriz Normalizada para Geología 127
Tabla 33 Pesos Asignados a la Variable Pendiente 128

Tabla 34 Matriz Normalizada para la Variable Pendiente 128
Tabla 35 Valoración de Elementos de la Variable Uso Actual del Suelo 129
Tabla 36 Normalización para la Variable Uso Actual del Suelo 129
Tabla 37 Valoración de la Variable de Isoyetas 130
Tabla 38 Matriz Normalizada para la Variable de Isoyetas 130
Tabla 39 Valoración de Variables para la Susceptibilidad 131
Tabla 40 Matriz Normalizada para la Variable de Susceptibilidad 131
Tabla 41 Clasificación de Susceptibilidad a Deslizamientos en la Parroquia Malacatos 132
Tabla 42 Puntos de Corroboración de Zonas de Susceptibilidad. 135

Lista de Acrónicos por Siglas

DEM	Digital Earth Model (Modelo Digital de Elevación)
CR	Cordillera Real
ESRI	Environmental Systems Research Institute (Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales)
GAD	Gobierno Autónomo Desentralizado
IDW	Inverse Distance Weighted (Distancia Inversa Ponderada)
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PNP	Parque Nacional Podocarpus
MAGAP	El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGTIERRAS	Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica
SGR	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
TIN	Triangulated Irregular Networks (Red Irregular de Triángulos)
UTM	Universal Transverse Mercator (Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator)

1. Título

"ELABORACIÓN DE MAPA GEOMORFOLÓGICO A ESCALA 1:25000, MEDIANTE PLATAFORMA SIG DE LA PARROQUIA RURAL MALACATOS PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR"

2. Resumen

El presente proyecto titulado “Elaboración de mapa geomorfológico a escala 1:25000, mediante plataforma SIG de la parroquia rural Malacatos perteneciente al cantón y provincia de Loja, Ecuador” está encaminado a la generación de cartografía geológica, geomorfológica y de susceptibilidad a deslizamientos, para lo cual se hizo uso de un Modelo Digital de Elevación a escala 1:25000 del programa ALOS PALSAR y una imagen satelital descargada del programa SASPlanet.

La cartografía base generada, permitió realizar una caracterización cualitativa y cuantitativa del relieve a través de la clasificación automática Isodata realizada en el software ENVI 5.3 sobre la base del DEM, adicionando una interpretación mediante la visualización en 3D permitida por la extensión ArcScene que ofrece el software ArcGIS.

El análisis de su geología, geomorfología y susceptibilidad a deslizamientos se lo realizó en base a su génesis, edad, morfometría, morfología e inventario de deslizamientos, para ello también se obtuvo mapa de pendientes, mapa del uso actual del suelo, mapa de isoyetas.

La información cartográfica generada fue validada en campo mediante puntos de control, también se apoyó de interpretaciones de la imagen satelital, a partir de ello se realizaron las correcciones pertinentes y consigo se obtuvo los mapas finales. Posteriormente, con la cartografía obtenida se generó el mapa de susceptibilidad a deslizamiento tomando como base la matriz de jerarquización analítica de Saaty, realizando la valoración, normalización y ponderación de cada uno de los elementos considerados.

Palabras claves: *Mapa geomorfológico, plataforma SIG, Malacatos, clasificación automática isodata, geología, susceptibilidad a deslizamientos, morfometría, morfología, jerarquización analítica de Saaty.*

2.1. Abstract

The present project titled "Elaboration of a geomorphological map at a scale of 1: 25000, through GIS platform of the Malacatos rural parish belonging to the canton and province of Loja, Ecuador" is aimed at generating geological, geomorphological and landslide susceptibility cartography, to which was made use of a Digital Elevation Model at a scale of 1:25000 from the ALOS PALSAR program and a satellite image downloaded from the SASPlanet program.

The base cartography generated, allowed to carry out a qualitative and quantitative characterization of the relief through the automatic Isodata classification carried out in the ENVI 5.3 software on the basis of the DEM, adding an interpretation through the 3D visualization allowed by the ArcScene extension offered by the software ArcGIS.

The analysis of its geology, geomorphology and susceptibility to landslides was carried out based on its genesis, age, morphometry, morphology and inventory of landslides, for this, slope map, current land use map, isohyets map were also obtained.

The catographic information generated was validated in the field through control points, it was also supported by interpretations of the satellite image, from which the pertinent corrections were made and the final maps were obtained. Subsequently, with the cartography obtained, the landslide susceptibility map was generated based on the Saaty analytical hierarchy matrix, carrying out the valuation, normalization and weighting of each of the elements considered.

Keywords: *Geomorphological map, GIS platform, Malacatos, automatic isodata classification, geology, susceptibility to landslide, morphometry, morphology, Saaty analytical hierarchy*

3. Introducción

La geomorfología es una ciencia básicamente genética, evolutiva y dinámica, cuyo objetivo es el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado en describir y entender su génesis y su actual comportamiento.

Desde 1950, la provincia de Loja ha experimentado un crecimiento demográfico muy importante, siendo la décima provincia más poblada del país; este aumento poblacional se traduce a la necesidad de realizar estudios que permitan brindar un criterio técnico para la expansión de la zona urbana de una manera ordenada, evitando así los asentamientos humanos en zonas vulnerables que ponen en verdadero riesgo la vida de las personas. (INEC, 2010)

Tomando en cuenta el Censo Poblacional del 2010, la parroquia de Malacatos experimenta un crecimiento significativo, de acuerdo a las proyecciones de población del INEC, que va desde los 7.114 (2010) a 9.076 habitantes (2020). En el área de estudio debido al crecimiento demográfico se ha identificado un desequilibrio dinámico del sector, en especial por las diferentes actividades humanas realizadas en cada una de las localidades como agricultura, actividades pecuarias y de conservación, dando como resultado un desorden territorial. En este contexto tenemos que la tasa de crecimiento poblacional se debe a que esta región es considerada como un centro turístico, también, ha sido elegido como residencia ocasional y permanente por personas de la ciudad de Loja y extranjeros.

A pesar de los avances tecnológicos y las nuevas herramientas digitales para la obtención de geoinformación, es importante la actualización de la cartografía de la parroquia Malacatos, de esta forma se puede presentar un nivel de detalle requerido para el desarrollo de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, generando una serie de inconvenientes debido a que los espacios territoriales son mal utilizados como también por falta de conocimiento de las características del suelo, y una preocupación para entes gubernamentales, comunidades y personas en particular por la dinámica de los paisajes en el territorio, ya que la continua ocurrencia de eventos ambientales catastróficos como movimientos en masa, inundaciones, daños en la estructura vial y vivienda, también se podría dar pérdida de vidas humanas, entre otros; esto no solo limitan el desarrollo del territorio, sino además afectan la calidad de vida de las personas que enfrentan este tipo de situaciones.

De esta manera surge la necesidad de profundizar en el estudio del territorio en cuanto a su geomorfología para poder identificar y delimitar las áreas susceptibles a deslizamientos. El estudio de estos procesos, así como la elaboración de cartografía geomorfológica, se ve limitada en muchos casos por la extensión de las zonas de estudio, ocasionando reducciones en la precisión de la documentación generada. Estas carencias, han sido reducidas a partir herramientas apoyadas en Sistemas de Información Geográfica y validación en campo.

En este contexto, el presente trabajo de titulación dispone de la siguiente secuencia:

Primeramente, se especifica el título del tema desarrollado; el resumen, que describe a breves rasgos el método utilizado para la caracterización geomorfológica, y, la introducción, en donde se hace hincapié la importancia de la investigación tanto para el nivel universitario como para la localidad en la que se ejecuta el proyecto.

En el capítulo 2 y 3 se describen cada uno de los objetivos del proyecto, siendo estos la base para alcanzar el propósito de esta investigación; también se tiene la revisión de literatura, en la misma que se cita y describe conceptos que engloban a la geomorfología, especificando términos que permitan una mejor compresión del proyecto.

En el capítulo 4 se mencionan los materiales utilizados tanto en el área de oficina como en campo y se describe la metodología empleada, describiendo su procedimiento y cada una de las herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) que se ejecutan para elaborar la cartografía digital, en base a ello se obtienen diferentes mapas de relevancia para el proyecto, teniendo entre estos temas como la geomorfología, geología, uso actual del suelo, precipitaciones, pendientes y con ello se da lugar al mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

En el capítulo 5 se detallan los resultados del trabajo de titulación, donde se realiza una caracterización geológica, geomorfológica incluyendo su respectivo inventario de deslizamientos, también se realiza la caracterización de la zona en cuanto a su pendiente, precipitaciones y uso actual del suelo, adicionalmente se realiza la caracterización de la susceptibilidad a deslizamientos aplicando la metodología de Saaty.

En el capítulo 6, 7, 8 y 9 se presenta la discusión de los resultados, donde se realiza el diagnóstico de las unidades geomorfológicas determinadas durante el proyecto, con ello se detallan las conclusiones y las recomendaciones. Finalmente se mencionan las referencias

bibliográficas, de documentos, textos y metodologías utilizadas durante la investigación y los anexos, correspondiente a fichas de campo, y mapas finales que respaldan la investigación.

3.1. Antecedentes

Durante los últimos años, numerosas entidades han realizado investigaciones y trabajos basados en la zonificación del territorio con fines de planificación y el ordenamiento del territorial, entre las cuales se puede mencionar dentro del país el MAGAP, el MAE y el SNRG.

En cuanto al ámbito geomorfológico el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, a partir del El Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS), presenta cartografía a escala 1:25000, donde muestra que dentro del área de estudio el relieve ha sido el resultado de diversos procesos endógenos y exógenos, citando entre ellos, la génesis tectónica erosiva, fluvial y glaciar; dentro de esta cartografía base se tiene que el relieve predominante es el relieve montañoso, presentado cimas redondeadas en mayor grado y caracterizado por vertientes rectilíneas, irregulares, mixtas y convexas; asociadas a valles en V.

El Ministerio del Ambiente en el 2013 desarrolló una metodología para el levantamiento de las unidades geomorfológicas en el territorio ecuatoriano, con una cartografía a escala 1:25.000. Esa metodología presenta un resumen de los procesos y modelados morfogénicos dominantes en el territorio nacional. Al mismo tiempo, el Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO), ha contribuido con información cartográfica como es el mapa de geoformas.

El estudio realizado con anterioridad por el GAD parroquial de Malacatos, muestra en su PDOT (2015) que la unidad geomorfológica con mayor extensión en la parroquia es el relieve montañoso, constituido específicamente por rocas metamórficas y rocas intrusivas; relacionándose de esta forma con lo presentado en el SIGTIERRAS. Morfológicamente presentan cimas redondeadas en su mayoría, asociadas a vertientes rectilíneas y cóncavas; aunque sobre las rocas intrusivas se desarrollan también cimas redondeadas y vertientes mixtas e irregulares. Morfométricamente estos relieves presentan pendientes que van desde 25 a 100% en su mayoría, el desnivel relativo supera los 300 metros y los sectores que se encuentran en este tipo de relieve son Chinguilamaca, Calera, San José, El Vergel, San Francisco Bajo, San Francisco Alto, Picota, Palandita, Granadillo.

En cuanto a la susceptibilidad a deslizamientos se tiene la siguiente información:

Según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2019), la parroquia de Malacatos está en una categoría de muy alta amenaza con el 9.97%, la categoría alta con 36.68%, la categoría media 37.56% en movimientos en masa, lo que representa aproximadamente el 84.21% del área de estudio.

El modelo de amenaza para deslizamientos presentado en el PDOT de la parroquia presenta cuatro niveles de amenaza (alto, medio, bajo y nulo). En relación a los deslizamientos la parroquia se encuentra afectada por amenaza alta en un 60.95% que se ubican al este y oeste de la parroquia en su mayoría. Los poblados que se encuentran sobre esta zona son: Granadillos, Potopamba, Tres Leguas, El Prado Alto, Chinguilamaca, Santo Domingo, Jabonillo, Naranjo Dulce, San Francisco Alto, Palandita.

Como dato importante el equipo técnico del PDOT (2015), indica que existen viviendas construidas en zonas amenazadas a movimientos en masa en 16 poblados de la parroquia, por ende, podría poner en vulnerabilidad a los pobladores.

Para la elaboración de presente trabajo, se tomaron en cuenta todos los anteriores trabajos con el fin de elaborar el mapa geomorfológicos y mapa de susceptibilidad a deslizamientos a escala 1: 25.000 con el apoyo de las técnicas modernas y cartografía digital junto con las técnicas tradicionales de la fotointerpretación y trabajo de campo.

3.2. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la clasificación de unidades de relieve de la parroquia Malacatos, según la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental?
- ¿Qué elementos son importantes considerar al momento de realizar una superposición cartográfica para determinar zonas de mayor influencia a la ocurrencia de deslizamientos?
- ¿Cuáles son las zonas más susceptibles a deslizamientos en la parroquia Malacatos, según la cartografía generada y análisis realizado?

3.3. Hipótesis

- La metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental permite distinguir patrones geomorfológicos claramente, fundamentado su origen y composición geológica
- El área de estudio presenta diversas unidades morfológicas, con variaciones en sus rangos dinámicos, que influencian la ocupación territorial.
- Los deslizamientos de la parroquia Malacatos coindicen espacialmente con las áreas de niveles alto de susceptibilidad a este fenómeno.

3.4. Justificación

La aplicación de tecnologías SIG, se ha convertido en una herramienta importante para la gestión y el análisis digital del terreno con fines cartográficos, que permite organizar y procesar una amplia gama de información georreferenciada. Desde este punto de vista el presente proyecto se ha centrado en la elaboración de mapa geomorfológico de la parroquia Malacatos perteneciente al cantón y provincia de Loja, abarcando un área de 206 km^2 destinado al almacenamiento de información digital; la caracterización cuantitativa del paisaje a través de técnicas de clasificación automática sobre la base del DEM y la interpretación digital 3D.

Considerando las características sociales, ambientales y económicas del área de estudio es importante mantener un orden entre desarrollo urbanístico, actividades productivas y conservación ambiental, por ello el proyecto de tesis tiene como finalidad identificar y caracterizar los índices más relevantes sobre el paisaje, la geología, y geoformas presentes en la parroquia Malacatos, con el objeto de generar conocimiento sobre la dinámica del relieve como base científica para el ordenamiento del territorio, esto sin lugar a duda ayuda a la gestión adecuada del territorio, en especial a los asentamientos humanos, a más de esto contribuirá en la ejecución de proyectos encaminados al desarrollo de las comunidades y en la gestión de riesgos, para de esta manera salvaguardar y velar por la seguridad de las personas.

Una de las herramientas más importantes para el diseño y formulación de políticas y estrategias que permitan la reducción de la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de la población es la zonificación de las amenazas mediante la elaboración de mapas, en base a las plataformas SIG, las cuales pueden ser utilizadas por los planificadores urbanísticos, gobiernos y autoridades locales para la regulación del uso del suelo y la elaboración de Planes de Desarrollo.

Atendiendo a la problemática, y como aporte adicional para el análisis, seguimiento y ordenamiento nacional frente a las amenazas y desastres naturales, nace la necesidad de generar información cartográfica geomorfológica a una escala semi - detallada (1:25 000) ampliando los criterios de: grado de detalle, resolución y precisión de la información geográfica que será representada, brindando una fuente de información fidedigna para mapas posteriores, esta información es necesaria para aportar conocimientos acertados sobre la susceptibilidad de las distintas zonas del área de estudio, contribuyendo a una mejor expansión de su territorio y por ende garantizar la calidad de vida de los pobladores de la parroquia Malacatos, los cuales serán los beneficiarios directos de la información generada, siendo en la actualidad una población de más de 9000 habitantes, a más del GAD parroquial, ya que la información construida le servirá como base para el diseño de la cartografía referente a evaluación de peligros y riesgos naturales; análisis urbanístico, obras públicas y en todo lo concerniente a la gestión ambiental; y de forma indirecta los beneficiarios sería la población del cantón Loja que cuenta con más de 214.855 habitantes, de acuerdo al Censo realizado en el 2010.

3.5. Alcance

Debido a que no se cuenta con información actualizada sobre la geomorfología y susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Malacatos, se propone en este trabajo de titulación realizar un levantamiento de unidades geomorfológicas mediante herramientas SIG y complementarlo con la identificación de zonas de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos a una escala adecuada, siendo esta de 1:25000 en un área de 206.01km^2.

El tema a trabajarse incluye variables morfométricas, morfológicas, geológicas, climatológicas y antropogénicas; ya que son estas las que se encuentran ligadas directamente a la ocurrencia de deslizamientos. Esta información permitirá dar a conocer a las autoridades locales sobre los posibles problemas que se pueden originar debido a una mala gestión del territorio y servirá de apoyo a la hora de realizar el PDOT de la parroquia; de la misma forma brindará información base a otras entidades públicas o privadas encaminadas al desarrollo de la población.

3.6. Objetivos

3.6.1. Objetivo general

Elaborar un Mapa Geomorfológico a escala 1:25000 de la parroquia rural Malacatos del Cantón Loja, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica.

3.6.2. Objetivos específicos

- Generar cartografía geomorfológica preliminar, como insumo para el levantamiento de campo, considerando información secundaria y el uso de herramienta SIG.
- Validar en campo la información cartográfica obtenida a partir del Modelo Digital de Elevación, con la finalidad de obtener el mapa geomorfológico final.
- Zonificar las áreas de susceptibilidad a deslizamientos que se evidencien en la parroquia Malacatos.

4. Marco Teórico

4.1. Geomorfología

De acuerdo a lo establecido por Duque (2013), la geomorfología es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan; está muy relacionada tanto con la geografía física como con la geografía humana.

4.1.1. Geoforma

Una geoforma es un cuerpo tridimensional: tiene forma, tamaño, volumen y topografía, elementos que generan un relieve; está compuesta por materiales que le son característicos: como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos; tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman. (Duque, 2013, pág. 542)

4.1.1.1. Categoría de geoformas.

Se basa en el sistema jerárquico de forma piramidal de análisis fisiográfico de acuerdo a Villota (1997). En el área de estudio este sistema ha sido modificado por el Ministerio del Ambiente (2013) y establece la siguiente categoría:

Relieve General: Figura la primera y más grande categoría de unidades de relieve a escala regional, fundamentalmente representa las regiones naturales del Ecuador. Se diferencian tres tipos de relieves generales:

- Costa, este se relaciona a relieves colinados y llanuras extensas asociada con la región Litoral.
- De montaña, correspondiente a relieves montañosos y escarpados, representando de esta manera a la región Andes.
- Oriente, de relieves de llanuras y penillanuras, característico de la región Amazónica.

Macrorelieve: Corresponde a la categoría intermedia de unidades de relieve a escala de paisaje (10–200 km), asocia agrupaciones de relieve de tipo geogenético, litológico y topográficos. Se distinguen relieves menores que los anteriores como:

– Montaña: Grandes elevaciones naturales, caracterizado por un desnivel desde la de base hasta la cumbre >300 m, donde su altura y forma son el resultado del plegamiento de

las rocas superiores de la corteza terrestre; su cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada, redondeada y tabular; generalmente su pendiente es mayor al 30%.

- Serranía: Se asocia a series o sistemas montañosos con una alineación montañosa principal; este tipo de unidad geomorfológica pueden ser de génesis estructural, plegado y denudativo.
- Valle: Corresponde a llanura de tierra con pendientes menores al 8%, se caracteriza por encontrarse entre dos elevaciones del terreno; este tipo de unidad de relieve puede presentar forma de U, V y plano.
- Valle Tectónico: Es una depresión de gran extensión originada por fuerzas internas de origen tectónico formando un valle fluvial que corresponde al dominio territorial comprendido entre las divisorias hidrográficas y drenado por un curso de agua y sus afluentes; morfológicamente puede presentarse como un graben.
- Valle Glaciar: Está definido por unos rellanos escalonados o terrazas más o menos plano o cóncavo o en forma de U que se forma en procesos de glaciación.
- Cordillera: Representa un sistema dual de alineaciones montañosas y colinosas, enlazadas entre sí. Constituyen zonas plegadas o en fase de plegamiento.
- Piedemonte: Corresponde a las partes bajas de montañas y serranías hasta el sitio de contacto con el valle o la llanura.
- Penillanura: Se relaciona a terreno de gran extensión, de baja altitud y pocos relieves producida en la última etapa del ciclo de denudación. Este tipo de relieve como consecuencia de la erosión, suele presentar una superficie suavemente ondulada, donde difícilmente se logra diferenciar la altura entre los valles y los interfluvios.

Mesorelieve: Son las unidades geomorfológicas de menor magnitud, que caracterizan un paisaje tridimensional (geoformas) y se asocia a uno o más atributos morfométricos (forma y grado de la pendiente; tipo y grado de erosión; grado de disección; clase de condición de drenaje). (Villota, 1997). En esta agrupación el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013), describe la siguiente subclasificación:

- Relieves Montañosos: Incluye montañas cuya altura y formas son consecuentes de los procesos de plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos de las estructuras iniciales a pesar de haber sido afectadas por los procesos de denudación fluvio – erosional y glaciárica, respectivamente.

- Laguna: Corresponde a un depósito natural de agua ocupando depresiones topográficas bien excavadas por el hielo glaciar, de menores dimensiones, sobre todo en profundidad, que un lago.
- Llanura Subglaciar: Es un relieve climático que se forma posterior de que se haya retirado el hielo del terreno quedando como elementos de esta llanura rocas pulidas, aborregadas, bloques erráticos, alternando con till subglaciar, sedimentos lacustres y supraglaciares, céspedes, drumlins y morrenas.
- Circo glaciar: Corresponde a cuencas con cabecera en forma de circo limitadas por crestas, picos, horns y aristas más o menos continuas, o interrumpidas por corredores de hielo que comunican distintos compartimentos.
- Colinas: Corresponde a una 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 promedia superior al 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular.

  Colinas Altas: Son unidades de relieve con una topografía colinada arrugada con una diferencia de altura relativa de 75-200 metros, con una pendiente que varía de 14-20 %.

  Colinas Medianas: Son unidades relieve con una topografía ondulada con una diferencia de altura relativa de 25-75 metros, con una pendiente que varía de 8-13 %.

  Colinas Bajas: Son unidades de relieve con una topografía suavemente ondulada con una diferencia de altura relativa de 5-25 metros, con una pendiente que varía de 3-7%.
- Vertientes: Es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos y los bajos. El perfil de una vertiente puede ser regular, irregular, mixta, rectilínea, convexa y cóncava (es decir, con rupturas de pendiente).
- Terrazas: Son zonas llanas, bajas y estrechas formadas por depósitos aluviales de arenas características del Cuaternario combinados con guijarros grandes. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de erosión.
- Llanura Aluvial: Zona llana donde tan solo destacan pequeñas ondulaciones que forman los diques naturales y las crestas de barras semilunares (scrolls).
- Abanico Aluvial: Terreno semicircular o silueta cónica, con su parte superior más estrecha y empinada; posee una suave pendiente entre 1 a 10 grados (<20%).

4.1.2. Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos

El relieve durante el tiempo ha evolucionado tanto por procesos constructivos como por procesos destructivos que se ven generalmente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y consecuentemente colmatar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas y pueden categorizarse en cuatro grupos. (Diaz, 2012)

Tabla 1.

Factores Desencadenantes de los Procesos Geomorfológicos

Factores Desencadenantes	
Geográficos	**Bióticos**
Corresponde a factores exógenos, como relieve, suelo, clima (presión, temperatura y vientos) y cuerpos de agua (agua superficial, con la acción de la escorrentía, la acción fluvial y marina, o los hielos en el modelado glacial).	El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación, sin embargo, existen no pocos animales que colaboran con el proceso erosivo.
Erosión causada por el viento	Erosión biológica en caliza
Geológicos	**Antrópicos**
La tectónica, orogénesis y vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico.	La acción del hombre sobre el relieve es de distinta índole, dependiendo de la actividad que se realice, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.
Plegamiento	Erosión antrópica

Fuente: Diaz (2012)
Elaboración: Dávila (2021)

4.1.3. Ambientes geomorfológicos

Este aspecto implica el fundamento de la génesis de las diferentes geoformas, indicando las causas y procesos que dieron origen a las unidades de relieve; ya que la génesis de un paisaje está en dependencia de diferentes procesos y agentes que interactúen para definir las formas a la superficie terrestre, variando de esta manera el grado de intensidad como extensión durante intervalos de tiempo geológico. (INGEOMINAS, 2004)

4.1.3.1. Ambiente denudativo.

De acuerdo a lo mencionado por INGEOMINAS (2004), este ambiente se encuentra determinado por acción de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y principalmente resulta de procesos de meteorización, erosión y remoción en masa, sobre geoformas preexistentes.

Figura 1.

Badlands de Gorade.

Fuente: Junta de Andalucía (2005)

4.1.3.2. Ambiente deposicional.

Acción y efecto de abandonar los materiales que lleva en suspensión un agente de transporte debe ser preferido a deposición (Hupb Lugo, 1989)

4.1.3.3. Ambiente estructural.

El ambiente estructural corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos sin geoformas marcadas de otros ambientes. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados. (IDEAM, 2013, pág. 19)

Figura 2.

Relieves Escalonados, en Graderío. Geoformas del Ecuador.

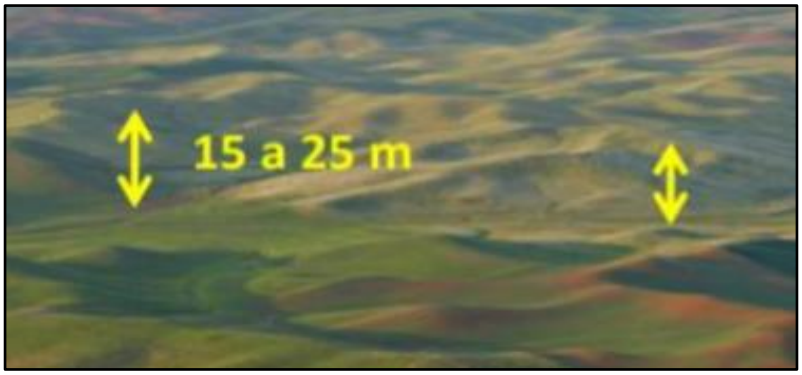
Fuente: SIGTIERRAS (2014)

4.1.3.4. Ambiente tectónico erosivo.

Geoformas banales que no se encuentran ligadas a ningún sustrato litológico determinado; corresponde a una génesis tectónica y han sido modeladas durante el tiempo debido a procesos de erosión con diferentes grados de intensidad. Dentro de este ambiente se encuentran relieves ondulados, colinados y montañosos. (Idurre, 2014, pág. 4)

Figura 3.

Relieve Colinado Bajo. Geoformas del Ecuador.



Fuente: SIGTIERRAS (2014)

4.1.3.5. Ambiente volcánico.

Se asocia a geoformas originadas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos; estas geoformas volcánicas se pueden presentar de varios tamaños, abarcando de esta forma cráteres de tamaño métrico hasta mesetas lávicas de miles de kilómetros de extensión. (IDEAM, 2013, pág. 20)

Figura 4.

Pilones o Agujas Volcánicas. Geoformas del Ecuador.

Fuente: SIGTIERRAS (2014)

4.1.3.6. Ambiente glaciar.

El periodo geológico cuaternario ha estado sujeto a varios ciclos glaciales, siendo estos periodos fríos que ha modificado la cordillera alta de los Andes con los procesos altamente erosivos y de acumulación asociados con la gelifracción y abrasión durante el avance de las lenguas glaciares. Como subambientes, se destacan las depresiones semicirculares llamadas circos glaciales con sus lagunas y artesas, seguidos comúnmente por las morrenas glaciales, lomas alargadas de acumulaciones de detritos de gelifracción. (IDEAM, 2013, pág. 23)

Figura 5.

Sistema lacustre Lagunas del Compadre

Fuente: Dávila, C. (2021)

4.1.4. Atributos geomorfológicos.

Son atributos que permiten identificar y clasificar las unidades de relieve tomando como base los diferentes indicadores descriptivos y funcionales de las geoformas. Para este propósito,

se consideran algunas clases de atributos, con respecto a los tipos de datos que debe contener un mapa geomorfológico detallado. (Tricart, 1995)

4.1.4.1. Atributos morfológicos.

De acuerdo a Tricart (1995) los atributos morfológicos son indicadores descriptivos que caracterizan la forma del relieve de una geoforma específica. En esta categoría se considera la forma de la cima, de la vertiente y finalmente la forma del valle.

4.1.4.2. Atributos morfométricos.

En base a lo establecido por Zinck (2012), en este apartado los parámetros son extraídos de modelos digitales, a partir de los cuales se realiza un análisis y procesamiento de la información para configurar y obtener una expresión cuantitativa de elementos como la altura relativa, la densidad de drenaje y pendiente caracterizados a continuación en la tabla 2.

Tabla 2.

Atributos Morfométricos de las Geoformas.

Atributos Morfométricos	
Desnivel relativo	Está referido a la altura existente entre el cauce de los ríos o quebradas (altitud base) y la parte más alta de las formas del relieve (cimas).
Densidad de drenaje	La densidad de drenaje mide el grado de disección o incisión de una superficie de terreno.
Pendiente	Se expresa en grados o porcentaje y es fundamentalmente una propiedad descriptiva, que permite indicar el grado de inclinación del terreno. Donde este valor es directamente proporcional, es decir, a mayor inclinación, mayor valor de pendiente.

Fuente: Zinck (2012)
Elaboración: Dávila (2021)

4.1.4.3. Atributos morfogenéticos.

Según lo descrito por Arroyo (2011) estos atributos permiten explicar la génesis, el desarrollo dinámico de las formas del relieve y los procesos modificadores que actúan sobre ellas. Aquí se realiza una comparación entre los procesos geomorfológicos exógenos en el pasado y en el presente.

4.1.4.4. Atributos morfoestructurales.

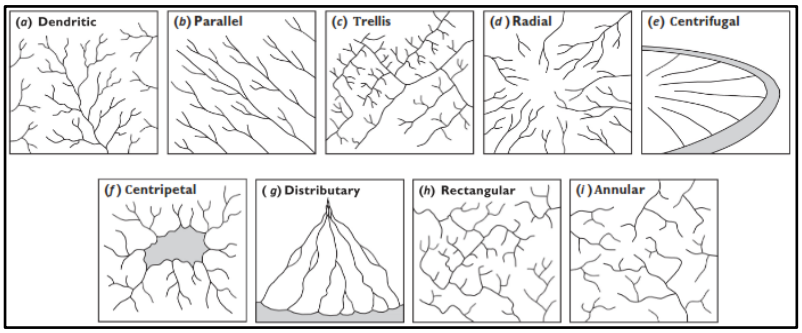
De acuerdo a lo indicado por INGEOMINAS (2004) estos atributos representan un análisis de las formas de relieve de tipo estructural, donde se puede registrar el dominio geológico-estructural en la formación de las geoformas.

4.1.4.5. Atributos relacionados con el drenaje.

La morfología de la red y la densidad de drenaje son indicadores esenciales de estudio que están en dependencia de la geomorfología como de caracteres bióticos del sistema, esta a su vez se encuentra caracterizada por la composición de diferentes variables como: litología, estructura geológica, tipo de relieve, presencia de cobertura vegetal, etc. (Zinck, 2012, pág. 92)

Figura 6.

Patrones de Drenaje



Fuente: Huggett (2007)

4.2. Índices de Relieve

4.2.1. 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 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). (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 18)

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2013) los índices topográficos se clasifican en primarios y secundarios, describiéndolos de a siguiente manera:

- 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)

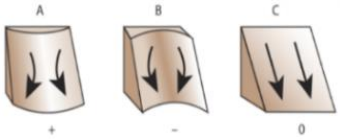
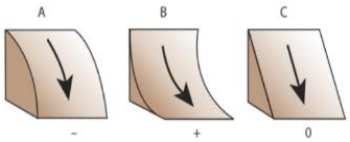
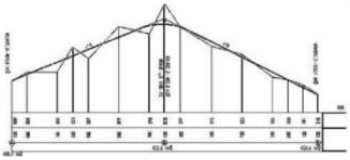
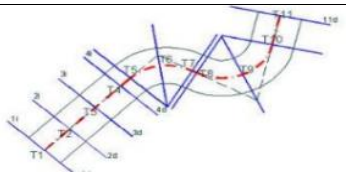
4.2.2. Índice de formas del terreno

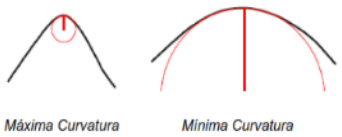
4.2.2.1. Curvaturas.

De acuerdo a lo expuesto por el Ministerio del Ambiente (2013) en la Guía metodológica para la clasificación de unidades geomorfológicas dentro de los índices de formas del terreno se encuentra diferentes tipos de curvatura, descritos en la tabla 3.

Tabla 3.

Clasificación de Curvaturas Relacionado a las Formas del Terreno.

Tipos de Curvaturas	Representación Gráfica
Curvatura Horizontal: Curvatura en el plano que corta la superficie según la curva de nivel. Una curvatura horizontal convexa representa una zona en la que el flujo tiende a dispersarse (divergente), mientras que si es cóncava el flujo tiende a concentrarse (convergente), ya que las líneas de flujo convergen. Si es plana, es cero.	
Curvatura vertical: Curvatura según el plano de la máxima pendiente. Los valores positivos de las celdas indican una curvatura convexa (el agua experimenta una aceleración), mientras que los negativos indican una curvatura cóncava (zonas con tendencia a acumular agua). Un valor de cero indica que la superficie es lineal (C).	
Curvatura longitudinal: Se calcula o se define como la intersección con el plano de la pendiente normal y la dirección del aspecto.	
Curvatura transversal: Es definida como intersección con el plano de la pendiente y la dirección perpendicular del aspecto.	

Tipos de Curvaturas	Representación Gráfica
Mínima Curvatura y Máxima Curvatura: La curvatura de una superficie en un punto es el producto de la curvatura máxima y mínima.	

Fuente: Ministerio del Ambiente (2013)

4.2.2.2. Sombreado.

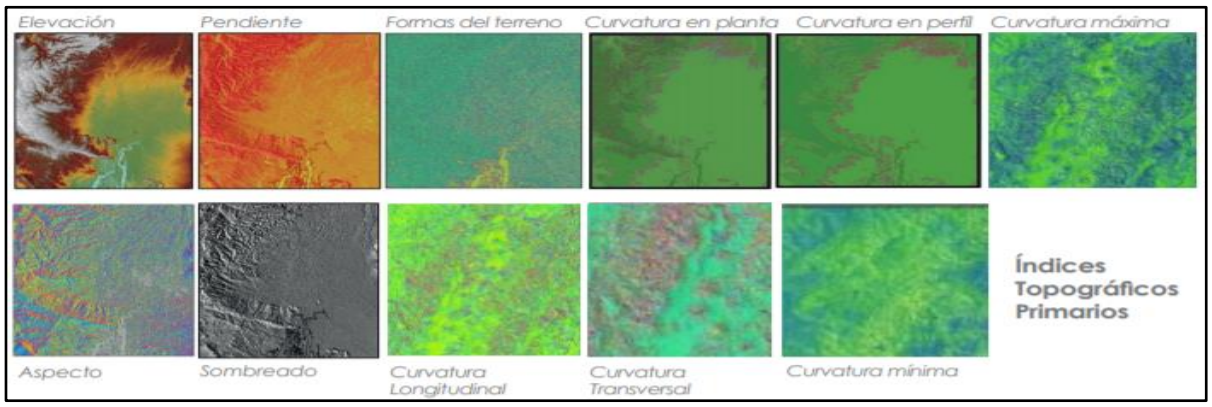
El análisis del sombreado del relieve es una técnica que permite generar de forma automatizada mapas de relieve sombreados, los mismos que admiten realzar visualmente los elementos del terreno simulando los efectos de iluminación de la luz del sol sobre la superficie terrestre a cualquier altitud y en cualquier azimut. La reflectancia de la superficie a partir de la posición de sol se calcula como un rango de valores entre 0 y 100. (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 20)

4.2.2.3. Pendiente.

Permite conocer e indicar el grado de inclinación del terreno, donde se establece que a mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie, donde esta última se obtiene dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal. El valor resultante generalmente se lo expresa en planimetría como un porcentaje de pendiente que equivale al valor de la tangente (pendiente) multiplicado por 100. (Ministerio del Ambiente, 2013, pág. 20)

Figura 7.

Modelamiento Topográfico



Fuente: Ministerio del Ambiente (2013)

4.3. Sistema de Información Geográfica

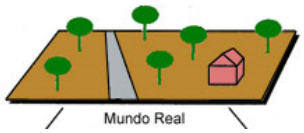
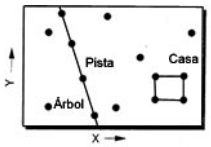
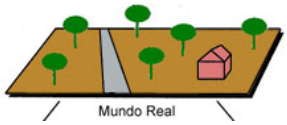
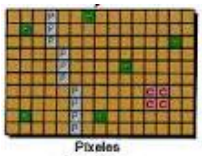
Un Sistema de Información Geográfica consiste en la agrupación de información en formato digital y herramientas informáticas para su análisis con objetivos específicos. Un SIG presenta información georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio empleando un sistema de coordenadas estandarizado, generalmente este es UTM. (Sarria, 2004, pág. 5)

4.3.1. Tipos de datos

De acuerdo a Sarria (2004) Los modelos lógicos hacen referencia a como se muestrea y organiza la información geográfica para lograr una representación adecuada. Básicamente dentro de un SIG de tiene dos modelos lógicos que se conocen como formato ráster y formato vectorial, pág.10. Estos se caracterizan a continuación en la tabla 4

Tabla 4.

Tipos de Datos del SIG

Tipos de datos	
Vector: Se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. Los objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos), se registran con sus respectivas coordenadas. En este caso los puntos se definen por un par de coordenadas en el espacio, las líneas como una sucesión de puntos conectados y los polígonos como líneas cerradas o como un conjunto de líneas.	  SIG Vectorial
Ráster: Registra la información en una matriz de celdas, generalmente cuadradas, donde cada una de estas celdas representa un área de la realidad del territorio, y se le atribuye un valor único. Una capa ráster se conforma de 4 elementos principales que son la matriz de datos, la información geométrica, su posición espacial y una tabla de colores que permita visualizar la matriz coloreada en pantalla, y una tabla con información descriptiva si corresponde.	  SIG Raster

Fuente: Piumetto (2005)
Elaboración: Dávila (2021)

4.3.2. Triangulated Irregular Networks (TIN)

El modelo TIN es manera simple de construir una superficie a partir de una red de puntos espaciados irregularmente, en los que se conoce la elevación, formando tripletas de triángulos cercanos no colineales. Generalmente muestrea puntos específicos de la superficie, tales como picos, crestas, puntos de inflexión en la pendiente. (López, 2006, pág. 5)

4.3.3. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Un modelo digital de elevaciones (DEM) es un arreglo ordenado de números que representa la distribución espacial de la elevación sobre un datum arbitrario en un paisaje, permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas x, y, z respecto a un sistema de georreferenciación conocido (López, 2006, pág. 4)

4.4. Imagen Satelital

Consiste en una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que es captura por un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (Rodríguez, 2005, pág. 53)

4.5. Cartografía

Según lo expuesto por GTIG, FING & UdelarR (2012) la cartografía es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de mapas para poder representar grandes extensiones del territorio o su totalidad, buscando una relación matemática en la que las deformaciones sean reconocibles.

4.5.1. Área mínima cartografiable

De acuerdo a Priego, Bocco, Mendoza, & Garrido (2008) es la unidad más pequeña de superficie que puede ser delimitada en un mapa. Normalmente corresponde a 4 o 5 mm^2 en el mapa publicado. A continuación, se definen las diferentes unidades mínimas cartografiables.

Tabla 5.

Unidades Mínimas Cartografiable

Escala	Área mínima cartografiable (4 x 4 mm)	
	m^2	Km^2
1:500	4	0.000004
1:1000	16	0.000016
1:2000	64	0.000064
1:5000	400	0.0004
1:10 000	1600	0.0016
1:20 000	6400	0.0064
1:25 000	10000	0.01
1:50 000	40000	0.04
1:100 000	160000	0.16
1:250 000	1000000	1
1:500 000	4000000	4
1:1000 000	16000000	16
1:6000 000	576000000	576

Fuente: Priego, Bocco, Mendoza, y Garrido (2008)

4.6. Geología

Es la ciencia del planeta Tierra, estudia su origen y los cambios que ha sufrido durante el tiempo, también estudia los materiales que la componen, las estructuran que la conforman y los procesos endógenos y exógenos que actúan en este, en minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, paisaje, erosión y depósito. (Valera, 2014, pág. 11)

4.6.1. Roca

Son agregados naturales duros y compactos de partículas minerales con fuertes uniones, cohesivas permanentes, que habitualmente se consideran un sistema continuo. La proporción de diferentes minerales, la estructura granular, la textura y el origen de la roca sirven para su clasificación geológica. (González, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 121)

4.6.2. Depósito superficial

Son geoformas consecuentes de procesos exógenos, las cuales se caracterizan por presentar etapas de desgaste de la superficie terrestre, donde los materiales son erosionados y transportados por los sistemas fluviales, glacial y eólicos; consecuentemente estos materiales resultantes son acumulados temporalmente en los valles, planicies aluviales y zonas litorales. (IDEAM, 2013, pág. 15)

4.6.3. Afloramiento

Camargo (2004), define al afloramiento como la exposición en superficie de la litología y / o de alguna estructura geológica.

4.7. Fotointerpretación

Es una técnica que permite analizar y examinar las imágenes fotográficas de un área determinada u otros elementos, con la finalidad de identificar los distintos componentes captados por la película, que se encontraban sobre la superficie en el momento de la captura y que pueden suministrar información de interés. (Chuvieco, 1996)

4.8. Zonificación

El Servicio Geológico Colombiano (2017) define a la zonificación como la división del territorio en áreas o dominios homogéneos y su categoría de acuerdo al nivel de susceptibilidad, amenaza o riesgo actual o potencial.

4.9. Amenazas Geológicas

Corresponde a aquellos elementos de origen natural, que, con una severidad suficiente pueden causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios. La amenaza geológica incluye procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como: actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas; así como procesos externos (exógenos) tales como movimientos en masa: deslizamientos, caídas de rocas, flujos, avalanchas, colapso de superficiales. (Servicio Geológico Colombiano, 2016, pág. 21)

4.9.1. Deslizamientos

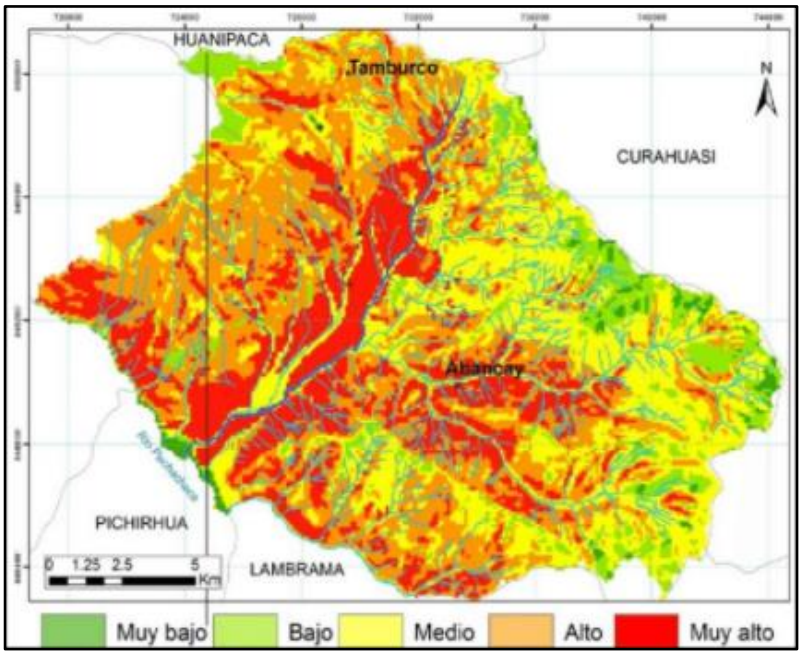
Son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan sobre la superficie de rotura al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes. (González, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 623)

4.9.2. Susceptibilidad a deslizamientos

Medida cualitativa o cuantitativa de la magnitud y distribución espacial de movimientos en masa existentes o que potencialmente pueden ocurrir en un área. Su determinación se basa solamente en el análisis de factores intrínsecos o condicionantes y puede también incluir una descripción de la velocidad e intensidad de los movimientos en masa existentes o potenciales. (Servicio Geológico Colombiano, 2017, pág. 22)

Figura 8.

Ejemplo de Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos



Fuente: Villacorta, S. 2016

5. Metodología

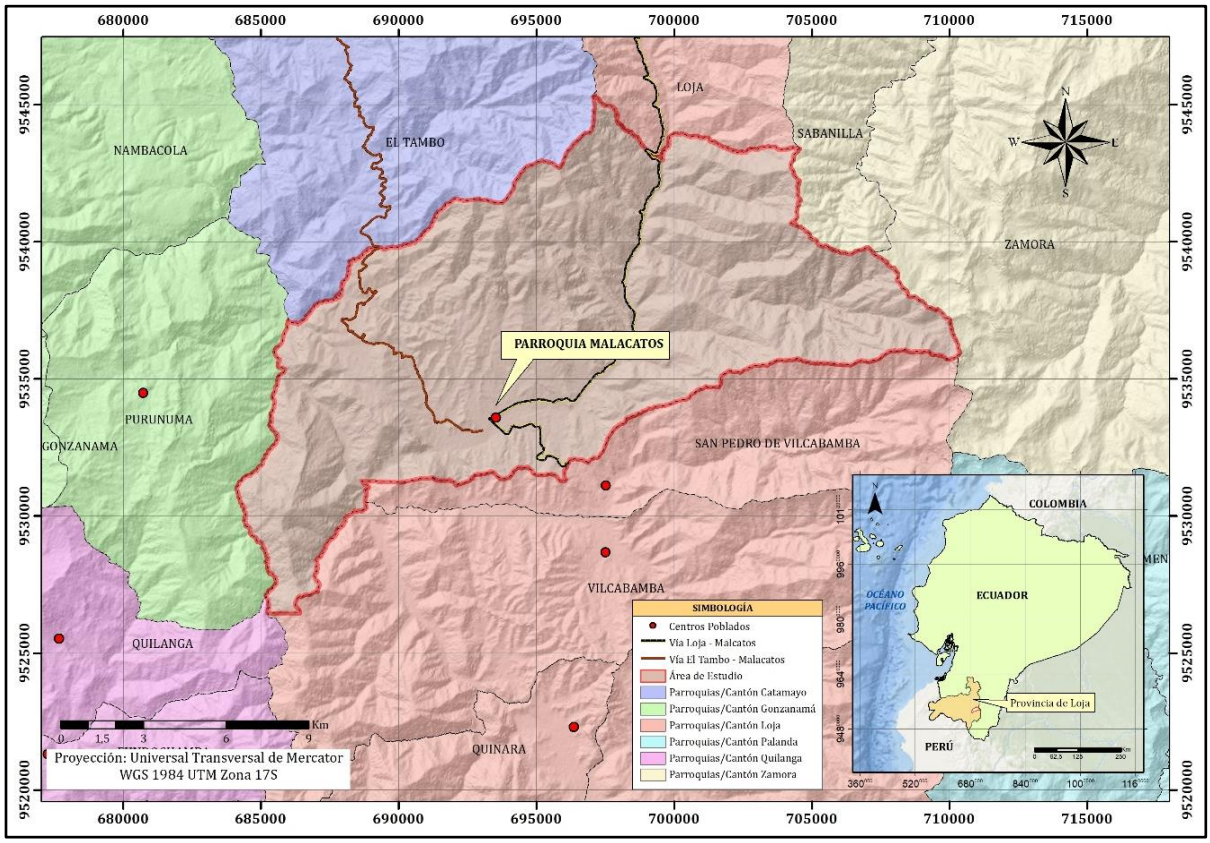
5.1. Descripción del Área de Estudio

5.1.1. Ubicación

La parroquia Malacatos está ubicada al sur del Ecuador, pertenece a la Zona 7, provincia y cantón Loja. Se encuentra a 33 kilómetros de la ciudad de Loja en las coordenadas geográficas UTM 693546 longitud; 9533788 latitud; altitudinalmente, se halla entre los 1500 y 3500 m.s.n.m. y su extensión aproximada es de 206,01 Km².

Figura 9.

Ubicación del Área de Estudio



Fuente: Dávila (2021)

La parroquia Malacatos como se muestra en la figura 9, limita al norte con la parroquia urbana San Sebastián del cantón Loja y parroquia rural El Tambo del cantón Catamayo; al sur con las parroquias rurales San Pedro de Vilcabamba y Vilcabamba; al este con la parroquia Sabanilla y con el cantón Zamora provincia de Zamora Chinchipe; y al oeste con la parroquia rural Purunuma del cantón Gonzanamá y una pequeña parte del cantón Quilanga.

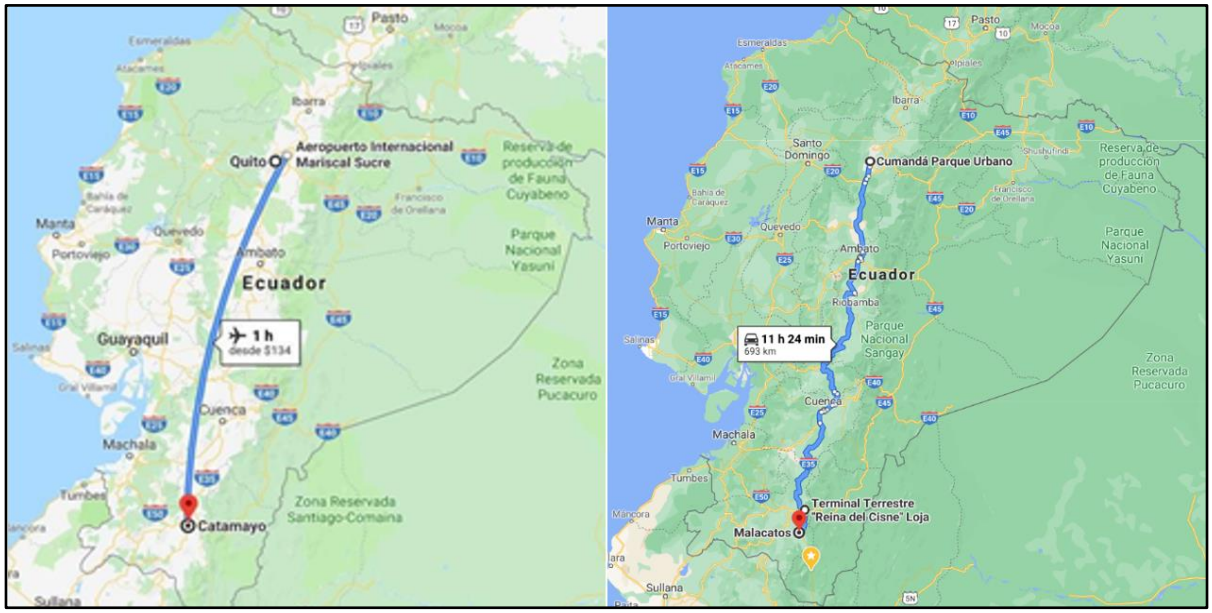
5.1.2. Acceso

El acceso a la parroquia rural Malacatos se lo puede realizar desde la ciudad de Quito por vía aérea hasta la ciudad de Catamayo con un tiempo de viaje de una hora; y luego por la vía terrestre que conecta Catamayo - Loja con un tiempo estimado de 30 minutos, seguidamente se toma la vía Loja – Malacatos con un tiempo estimado de 20 minutos.

El acceso terrestre se lo puede realizar por la carretera E35 que conecta Quito - Cuenca – Loja con una distancia aproximada de 693km y un tiempo de viaje aproximado de11h00min y luego se toma la vía Loja - Malacates en un tiempo aproximado de 20 min y por la región costa la carretera E25 con una distancia de 734 km y un tiempo estimado de 12h20min.

Figura 10.

Acceso Aéreo y Acceso Terrestre al Área de Estudio



Fuente: Dávila (2021)

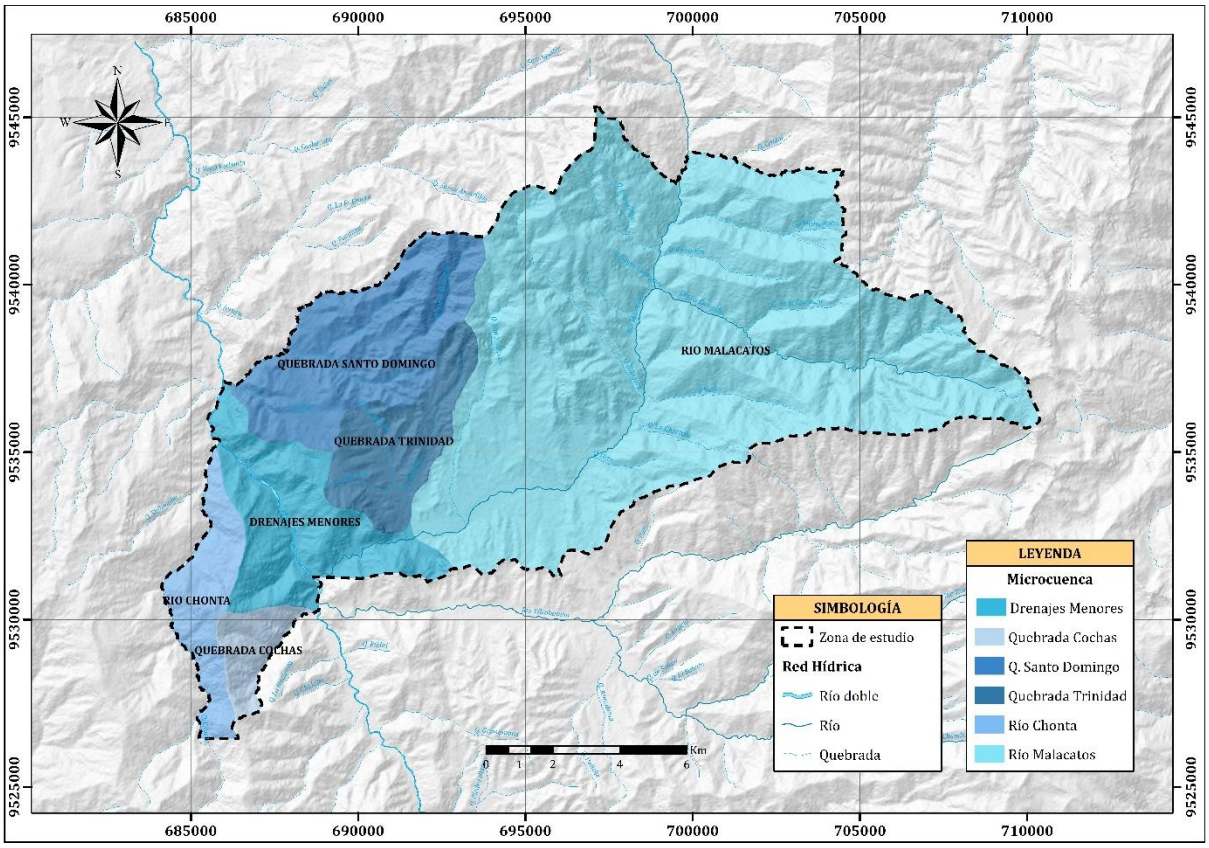
5.1.3. Hidrografía

El drenaje del área de estudio corresponde a la cuenca del río Chira, y a la subcuenca del río Catamayo, en la parroquia se identifican seis microcuencas importantes que abastecen de agua para uso doméstico, riego y abrevaderos para los animales. (Municipio de Loja, 2019)

En la figura siguiente encuentran representadas las distintas microcuencas de la parroquia Malacatos.

Figura 11.

Mapa de Microcuencas de la Parroquia Malacatos



Fuente: Municipio de Loja (2019)
Elaboración: Dávila (2021)

Como se ha indicado en la parroquia Malacatos se encuentran seis microcuencas, las cuales son caracterizadas a continuación en la tabla 6:

Tabla 6.

Microcuencas de la Parroquia Malacatos

Microcuenca	Area (Ha)	Quebradas
Río Malacatos	133.40	San Francisco, Mizhiquiyacu, La Era, Potobamba, La Chorrera y el Río Campana, Tres Leguas, Huacamullo, Los Muertos, Quebrada Zapallal, Yunanga, Yunguilla, El Chorrillo.
Santo Domingo	24.81	Santo Domingo, Naranjo Dulce, Picotas, Cobalera y Capulí
Río Chonta	9.50	-

Microcuenca	Area (Ha)	Quebradas
Drenajes menores	20.58	Al río Malacatos drenan las quebradas Pilaraca, San Francisco, y Trinidad; al río Solanda las quebradas Guararás,Pailón y Las Cochas; y al Uchima la red hídrica está formada por pequeñas quebradas de recorrido corto.
Trinidad	12.99	La Cabrería, Trinidad, Ceibopamba
Cochas	4.72	-

Fuente: Municipio de Loja (2019)
Elaboración: Dávila (2021)

5.1.4. Geología regional

De acuerdo a lo caracterizado en la memoria técnica de la hoja 57 de la carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000 (IEE, 2017); la zona de estudio se encuentra representada por la siguiente litología:

Unidad Chigüinda (L_C): (Litherland y otros, 1994) Se encuentra ampliamente expuesta, principalmente en el flanco occidental de la Cordillera Real y formando el basamento de las cuencas de Loja y Vilcabamba. Incluye secuencias de rocas metamórficas de bajo grado con filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos. Litherland y otros (1994) sugieren una edad Devónico a Pérmico.

Unidad Tres Lagunas (^L): (Aspden y otros, 1992) Aflora principalmente en la vertiente oriental de la Cordillera Real y en el alto estructural que separa la cuenca de Loja de las cuencas occidentales de Catamayo y Malacatos – Vilcabamba. Consiste de rocas graníticas de grano medio a grueso, variablemente metamorfizadas y cizalladas, con plagioclasa, feldespato alcalino, moscovita, biotita y fenocristales de cuarzo azul. Los granitoides se interpretan como tipo S emplazados en una zona de rift. Litherland y otros (1994) señalan una edad de 227.6 ± 32 Ma, confirmada por Spikings y otros (2014).

Formación Loma Blanca (OM_{Lb}): (Kennerley, J., 1973) Los principales afloramientos se encuentran a lo largo de la vía Malacatos – Purununa. Afloran brechas volcánicas polilíticas, con niveles de tobas andesíticas púrpuras y areniscas volcánicas del mismo color y grano fino, con las que se intercalan localmente flujos de lavas andesíticas.

Formación San José (M_{Sjo}): (Hungerbühler, 1997). Los principales afloramientos se observan en los sectores San José y El Carmen. Incluye areniscas calcáreas, delgadas capas de calizas y conglomerados con clastos volcánicos y metamórficos. Hungerbühler y otros (2002) indican un rango de edad entre 13.5±1.2 y 13.1±1.9.

Formación Santo Domingo (M_{Sd}): (Hungerbühler, 1997). Los afloramientos tipo se presentan a lo largo de la vía Malacatos – El Tambo y en los sectores Santo Domingo y La Merced. Está formada por una asociación de facies inferior formada en su mayor parte por niveles lutíticos y evaporíticos (miembro yeso) graduando lateralmente a una asociación de facies con lutitas, areniscas, capas de turba y carbón (miembro carbón). Se reportas dataciones entre 14.6±1.8 a 12.0±1.2 Ma.

Formación San Francisco (M_{Sfr}): (Corrochano, 2014) Se observa en el sector de la quebrada Santo Domingo cerca del poblado San Francisco Bajo, así como en el sector "La Granja Block". Consiste de limolitas y areniscas gris azuladas, bien clasificadas, con intercalaciones canaliformes de areniscas de color marrón con estratificación cruzada en surco y, conglomerados con clastos metamórficos. Se reportan dataciones con rango de edades de 14.6±1.8 a 12.0±1.2 Ma (Hungerbühler y otros, 2002).

Formación Cerro Mandango (MPL_{Cm}): (Kennerley, 1973) Aflora en la cuenca sedimentaria de Malacatos – Vilcabamba. Litológicamente consiste de una secuencia de conglomerados intercalados con estratos métricos de tobas de lapilli de color café grisáceo. Yace en discordancia angular sobre los sedimentos miocénicos de la Formación San Francisco.

Depósitos Glaciales (Q_G): Se observan en las zonas altas de la cordillera, en el sector de las Lagunas del Parque Nacional Podocarpus. Incluyen morrenas con tillitas en circos glaciares y valles en U.

Depósitos Coluviales (Q_C): Depósitos Cuaternarios, generalmente incluyen material poco consolidado con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas.

Depósitos Aluviales (Q_A): Depósitos de edad Cuaternaria, se encuentran en los márgenes de los ríos Solanda, Malacatos. Están constituidos por material poco consolidado con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas.

5.1.4.1. Geología estructural.

De acuerdo al IEE (2017) estructuralmente la zona de estudio está representada por:

Fallas con dirección N–S se encuentran afectando principalmente a las rocas metamórficas en la CR. Dos fallas inversas regionales (Banderillas y Tres Torres) de rumbo N – S forman un "pop up". Otras fallas inversas N – S en la vertiente occidental de la Cordillera Real están asociadas a clivajes y plegamientos con vergencia al oeste que probablemente se relacionan con cabalgamiento que suplican el espesor de la Unidad Chigüinda.

Fallas probablemente transgresivas de dirección NO -SE, entre las que se destaca la denominada Picota, la misma que controla los bordes de la cuenca de Malacatos. Se considera que esta falla ha jugado un papel importante en la deformación expresada en los plegamientos de las secuencias sedimentarias.

5.2. Materiales

Para poder llevar a cabo la presente investigación fue necesario disponer de los siguientes materiales de campo y oficina.

5.2.1. Materiales de campo

- GPS Garmin
- Martillo Geológico
- Brújula Brunton
- Fundas plásticas ziploc
- Libreta de campo
- HCl al 10%
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica 50m
- Carta Geológica de Gonzanamá a escala 1:100 000, obtenida del IGM
- Lupa
- Etiquetas
- Lápices de colores
- Aplicación Avenza Maps

5.2.2. Materiales de oficina

- Computador
- Impresora

- Software: ArcGIS 10.5, ENVI 5.3, Word 2019, Excel 2019, Power Point 2019
- Programa: Alaska Satellite Facility
- Aplicación Avenza Maps
- DEM: satélite ALOS PALSAR, resolución 5x5m, obtenido de Alaska Satellite Facility
- Imagen Satelital, resolución 1.1x1.1m/pixel, obtenido del SASPlanet con el visualizador ENRI
- Carta Geológica de Gonzanamá a escala 1:100 000, obtenida del IGM

5.3. Método

Para el desarrollo del trabajo de investigación, en cuanto a la elaboración de mapa geomorfológico mediante las herramientas SIG en la parroquia Malacatos, se aplicó el Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica del Ecuador, establecida por el MAE; esta metodología involucra diversas técnicas y métodos como: el método descriptivo en el cual se caracteriza el área de estudio y permite describir de forma cuantitativa y cualitativa las unidades de relieve; el método deductivo el mismo que permite obtener información a partir de la ya existente y técnicas de observación empleadas en cada una de las salidas a campo.

El método consiste en una clasificación automática No supervisada (ISODATA), este crea agrupamientos espectrales o clusters en los cuales el analista debe intentar asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos, el mismo que da como resultado la generación de unidades morfométricas.

En relación al tercer objetivo se emplea un método cuantitativo, denominado como proceso jerárquico de Saaty, el mismo que permite realizar una jerarquización de prioridades que muestran preferencia global para cada una de las alternativas de decisión; aquí se consideran elementos como geomorfología, geología, pendiente, uso actual del suelo e isoyetas.

A partir de lo expuesto se obtuvo una base de datos y cartografía tanto geomorfológica como de susceptibilidad a deslizamientos, misma que se correlacionó en campo, con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

5.4. Metodología

Inicialmente para poder llevar a cabo el trabajo fue de suma importancia realizar una adecuada recopilación de información tanto bibliográfica como cartográfica, esta fue revisada minuciosamente y analizada con un criterio técnico con la finalidad de establecer los componentes esenciales en la gestión del trabajo de investigación.

Uno de los insumos de gran valor en este trabajo fue la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente en el 2013, la cual indica el proceso a seguir para poder realizar un mapa de Unidades Geomorfológicas, mediante una clasificación automática a partir de índices topográficos calculados a partir del DEM.

Para poder generar la cartografía necesaria para el desarrollo del trabajo se tomó en consideración la siguiente información cartográfica:

- Modelo digital de Elevación ***ALOS PALSAR***, con una resolución espacial de 12.5 m
- Imagen satelital de la parroquia Malacatos obtenida de ***SasPlanet*** con visualizador de ENRI (resolución espacial 1.1x 1.1 m/pixel; fecha de toma 17/03/2020), este programa permite modificar la escala de acuerdo a su requerimiento.
- Límite Parroquial, subcuencas de la parroquia a escala 1:25.000 proporcionado por el Municipio de Loja.
- Registro de precipitaciones medias anuales establecidas en los Anuarios Meteorológicos de INAMHI (1990-2019)
- Hoja geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000 del (INIGEMM, 2017)

5.4.1. Procedimiento para la obtención de la cartografía

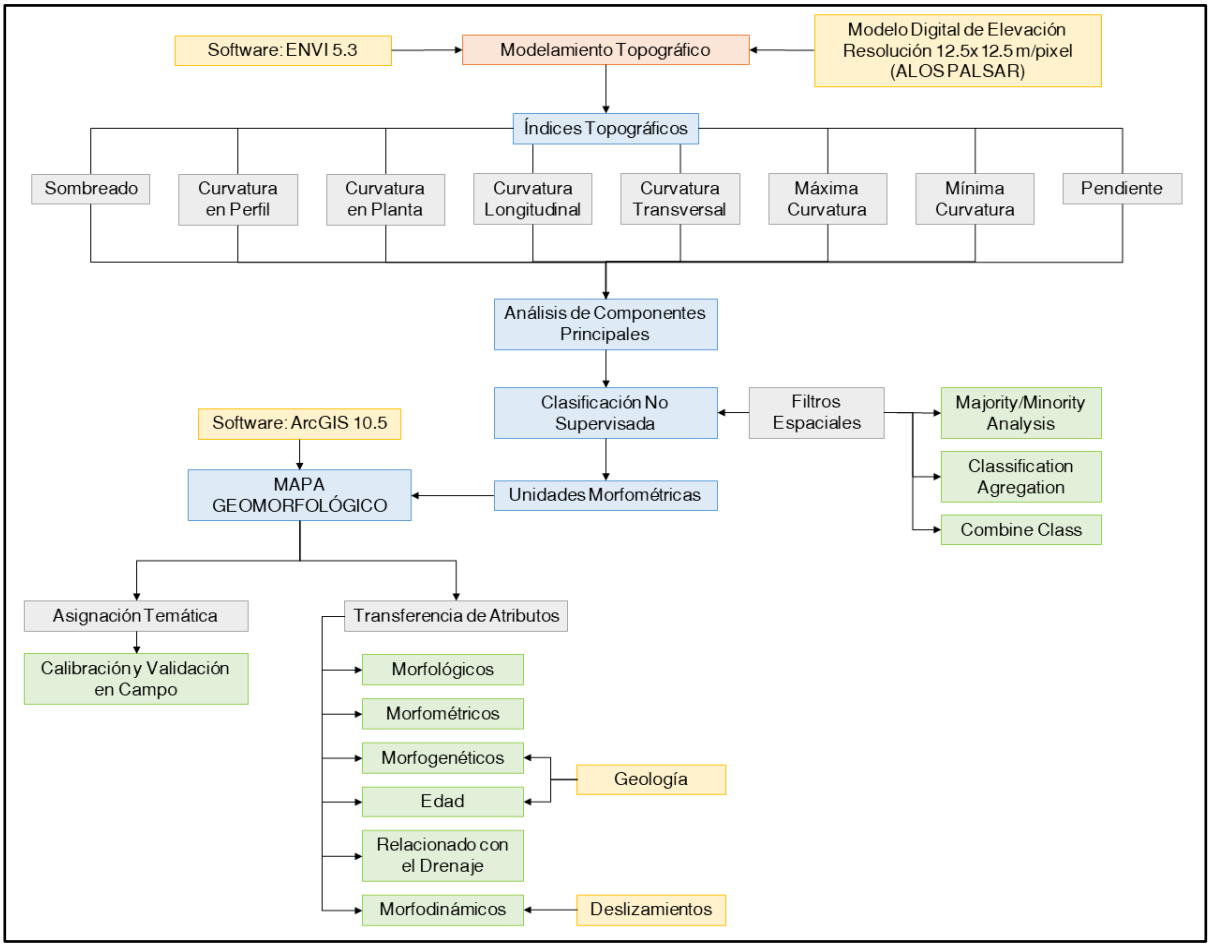
5.4.1.1. Mapa geomorfológico.

Para la elaboración del objetivo principal del presente proyecto se consideró la metodología planteada por el Ministerio del Ambiente (2013) para la representación cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental, esta muestra los lineamientos para la elaboración de cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 sobre la plataforma SIG.

A continuación, se presenta el modelo cartográfico a seguir planteado por el Ministerio del Ambiente, modificado por Dávila (2021).

Figura 12.

Modelo Cartográfico



Fuente: Ministerio del Ambiente (2013)
Elaborado por: Dávila (2021)

5.4.1.1.1. Modelo Digital de Elevación (MDE).

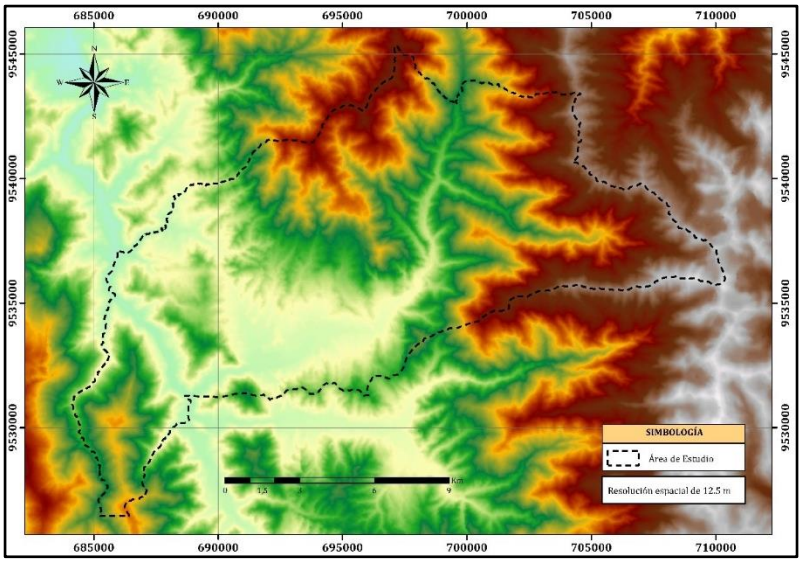
Para el análisis del relieve inicialmente se realizó el procesamiento del DEM (satélite ALOS PALSAR), el mismo que está disponible según 3 niveles de procesamiento (imagen cruda, datos comprimidos e imagen expandida) con una resolución radiométrica de 16 bits y una resolución espacial de 12.5 x12.5 m/pixel.

Es importante indicar que para un adecuado análisis, identificación e interpretación de las distintas unidades geomorfológicas de la parroquia Malacatos, el modelo de elevación digital obtenido no se lo debe recortar, ya que de lo contrario esto implicaría posibles errores en la interpretación.

Para analizar el modelo digital de elevación del área de estudio, fue necesario afinar o mejorar el modelo ya que el mismo presenta ciertas anomalías leves, las cuales se encuentran en las uniones de los bordes de las imágenes radar para formar el mosaico, esto se solucionó utilizando un filtro de convolución, el cual produce una imagen de salida en la que el valor de brillo en un píxel dado, es una función de algún promedio ponderado de la luminosidad de los píxeles circundantes.

Figura 13.

DEM del Área de Estudio



Fuente: Alaska Satellite Facility (2011)
Elaborado por: Dávila (2021)

5.4.1.1.2. Modelamiento topográfico.

Mediante el procesamiento del DEM se obtuvieron diferentes índices topográficos esenciales, entre estos se tiene: sombreado, pendiente, curvatura en perfil, curvatura en planta, curvatura longitudinal, curvatura transversal, máxima y mínima curvatura.

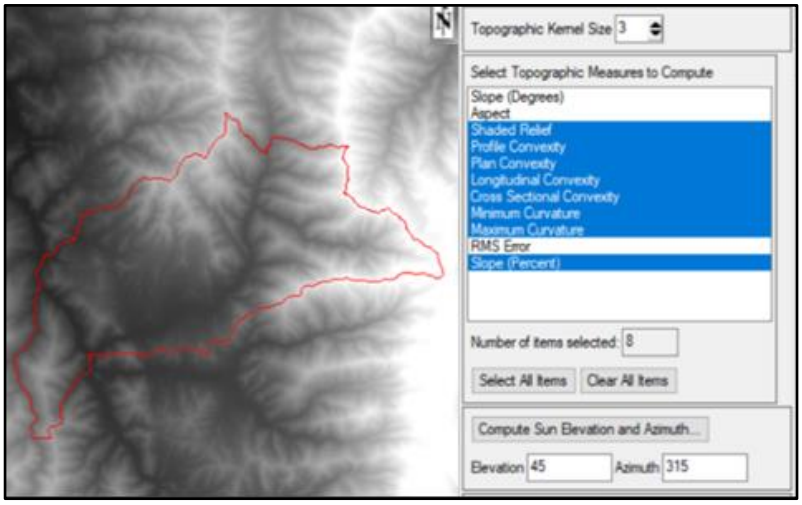
Para poder generar los índices topográficos se hizo uso del software ENVI 5.3, donde se dirigió al *ToolBox* del software, y se seleccionó la herramienta ***Terrain --> Topographic Modeling***, en el cual se ingresó el DEM; al ejecutarse la herramienta se desplegó el cuadro de diálogo de *Topo Model Parameters*, la misma que se configuró de la siguiente manera:

- En la opción *Topographic Kernel Size* se ingresó un vecindario de 3 x 3 pixeles (tamaño del kernel), que corresponde a una matriz que escanea todo el DEM de pixel en pixel para generar los índices apropiadas en función de los algoritmos de cada uno de ellos.

– En *Select Topographic Measures to Compute*, se eligió las medidas topográficas a calcular, la herramienta crea una banda separada para cada medida topográfica, en la capa de sombreado se designa datos de elevación del sol de 45° y azimut de 315°.

Figura 14.

Modelamiento Topográfico

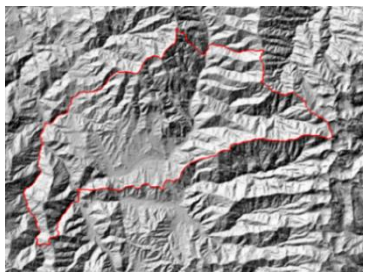


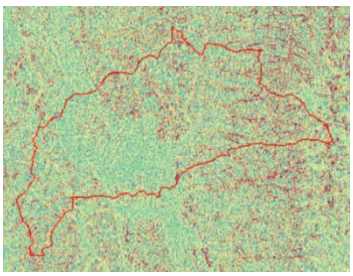
Fuente: Dávila (2021)

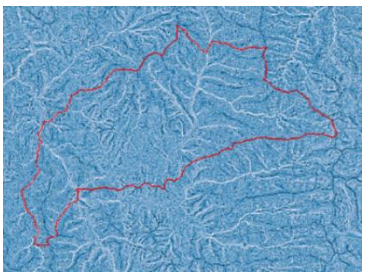
Este procesamiento dio como resultado un archivo ráster multivariante, es decir nos presenta las 8 capas de los índices topográficos ejecutados, los mismos que se visualizan en la figura 15; estos elementos sirvieron de insumo para realizar la clasificación no supervisada.

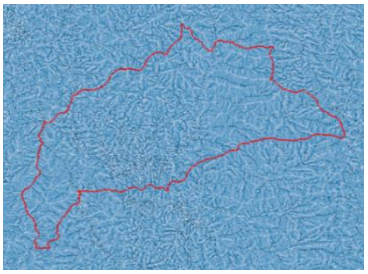
Figura 15.

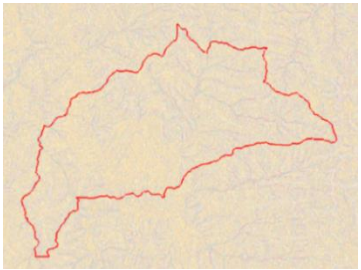
Índices Topográficos Generados

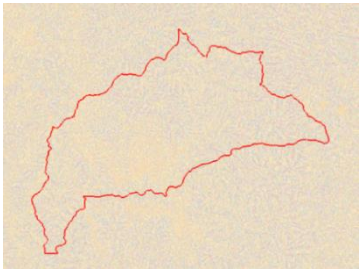

Sombras

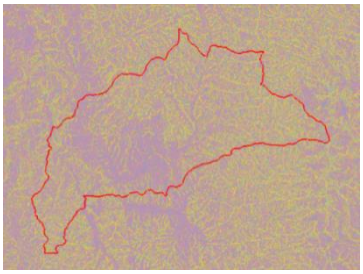

Pendiente


Curvatura en perfil

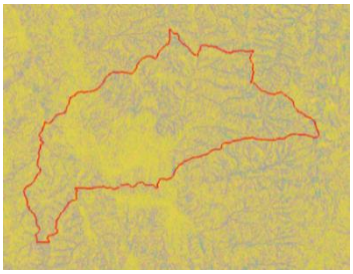

Curvatura en planta


Curvatura longitudinal


Curvatura transversal



Máxima Curvatura



Mínima curvatura

Fuente: Dávila (2021)

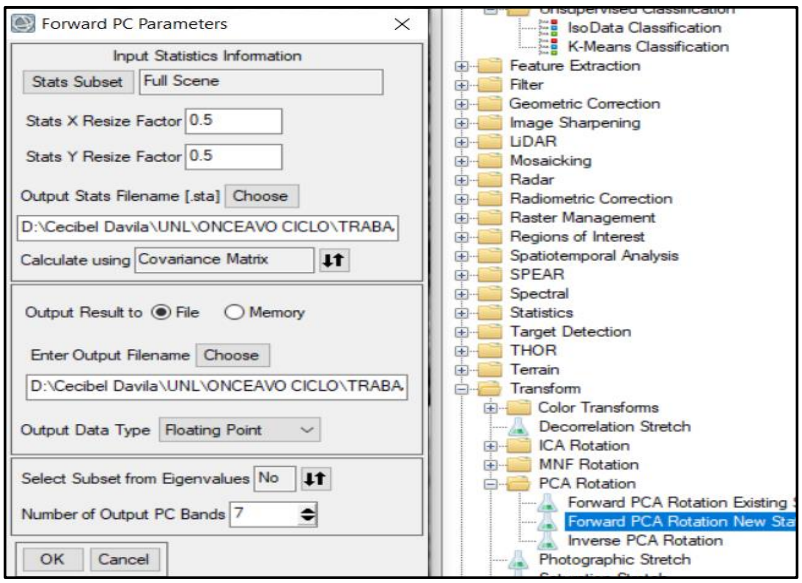
5.4.1.1.3. Análisis de componente principales.

Técnica utilizada para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables (índices topográficos) no correlacionadas. Los componentes se ordenan por la cantidad de varianza original que describen, por lo que la técnica es útil para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Técnicamente, el ACP busca la proyección según la cual los datos queden mejor representados en términos de mínimos cuadrados. (Exelis Visual , 2015)

Para realizar el Análisis de Componentes Principales se utilizó la herramienta *Forward PCA Rotation New Statistics & Rotate*, considerando los siguientes parámetros:

Figura 16.

Configuración del PCA



Fuente: Dávila (2021)

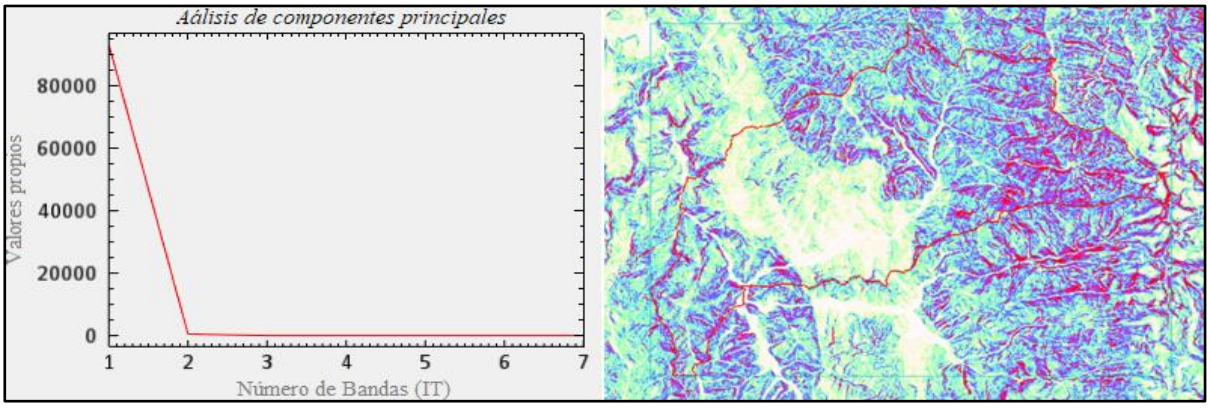
- Factores de Redimensionamiento X/Y, equivalente al tamaño de celda, definido en 0.5 para que la herramienta funcione a velocidad óptima en los cálculos estadísticos.
- Cálculo a partir de una Matriz de Covarianza, ya que los datos no cambian mucho entre las bandas y no es necesaria la normalización de las mismas.
- Elección subconjunto de valores propios, la herramienta permite seleccionar el número de bandas de salida, que por defecto son iguales al número de bandas de entrada.

El Análisis de Componentes Principales proyectó como resultado dos archivos:

- Una gráfica comparativa que muestra las capas no correlacionadas y estadísticas de ruido, la primera y segunda banda del PCA contiene el mayor porcentaje de variación.
- El archivo ráster multivariante que consta de las capas de salida de la herramienta de análisis de componentes principales.

Figura 17.

Archivos Generados con ACP



Fuente: Dávila (2021)

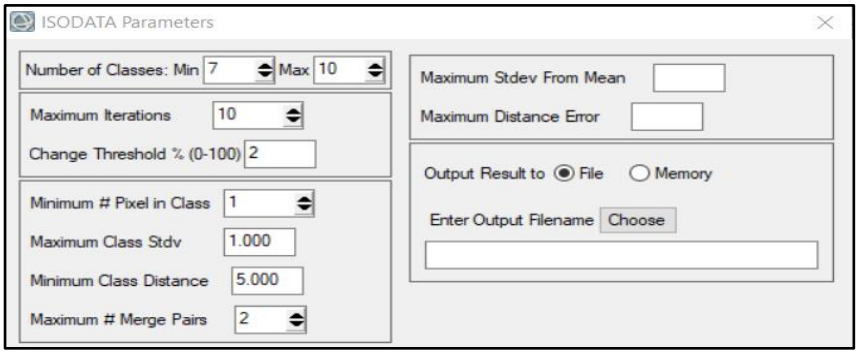
5.4.1.1.4. Clasificación automática no supervisada.

La clasificación automática no supervisada se lo realizó en base a la herramienta ***ISODATA***, ubicada en *Classication -> Unsupervised Classification -> IsoData Classificaion.*

El procesamiento que da lugar esta herramienta consiste en calcular los medios de clase uniformemente distribuidos en el espacio de datos, y luego agrupa iterativamente los píxeles restantes utilizando técnicas de distancia mínima. Cada iteración recalcula los medios y reclasifica los píxeles con respecto a los nuevos medios, para ello es importante configurar el número de clases, el número de iteraciones y el umbral de cambio, en este caso se ha utilizado los valores mostrados en la siguiente figura.

Figura 18.

Configuración de Parámetros para la Clasificación no Supervisada



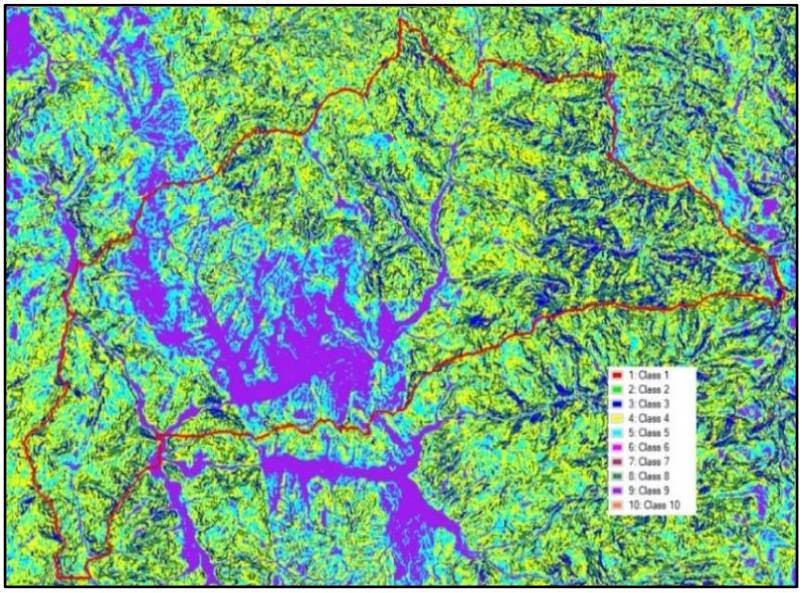
Fuente: Dávila (2021)

- Number of Classes (Número de clases): 10 es el valor estimado de unidad geomorfológicas que se pueden encontrar en el área de estudio.
- Maximum Iterations (Número de iteraciones): 10, pues es un valor adecuado que permite al software continuar el ciclo que sigue el algoritmo varias veces hasta cumplir el % del umbral de convergencia.
- Change Threshould (Umbral de convergencia): 2% ya que este valor indica mayor confianza en la clasificación.

Como resultado del procesamiento se obtuvo un modelo de unidades de relieve dispersas, representados en la figura 19.

Figura 19.

Resultado de la Clasificación Automática no Supervisad (ISODATA)



Fuente: Dávila (2021)

5.4.1.1.5. Análisis SIG.

Para una mejor representación fue importante suavizar los filtros, para ello se realizó una ***post-clasificación*** con el objetivo de que las unidades dispersas se agrupen para formar un conjunto, la finalidad de este procesamiento es reducir el ruido.

Inicialmente se ejecutó la herramienta ***Majority/Minority Analysis***, la configuración de esta herramienta está en dependencia del área cartografiable establecida en el proyecto de tesis, que en este caso corresponde al objeto más pequeño a representar. Para la configuración de la herramienta, ubicada en *Classication -> Post Classification -> Majority/Minority Analysis*, se debe basar en los siguientes puntos:

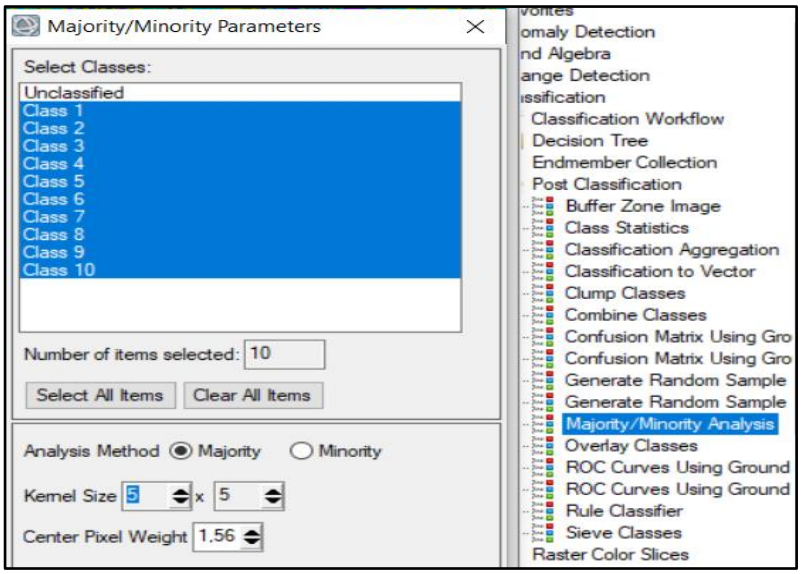
- Tamaño de Matriz de suavizado: 5 x 5 (En un mapa, el tamaño mínimo que debe ocupar una unidad cartográfica es al menos 25mm^2; un cuadrado de 5mm de lado) (Vink, 1975)
- Área mínima cartografiada: en función de la escala cartográfica 1:25000 que corresponde al modelo ***ALOS PALSAR*** utilizado como insumo para el análisis. Para poder determinar los valores la UMC se emplea la siguiente ecuación:

$$UMC = \left(MUM * \left[\frac{E}{1000}\right]^2\right) UMC = \left(25mm^2 * \left[\frac{25000}{1000}\right]^2 \frac{m^2}{mm^2}\right) = 15625\ m^2 = 1{,}56\ Ha$$

Donde: E = escala del modelo de elevación digital, MUM = 5mm*5mm.

Figura 20.

Configuración de la Herramienta Majority/Minority Analysis

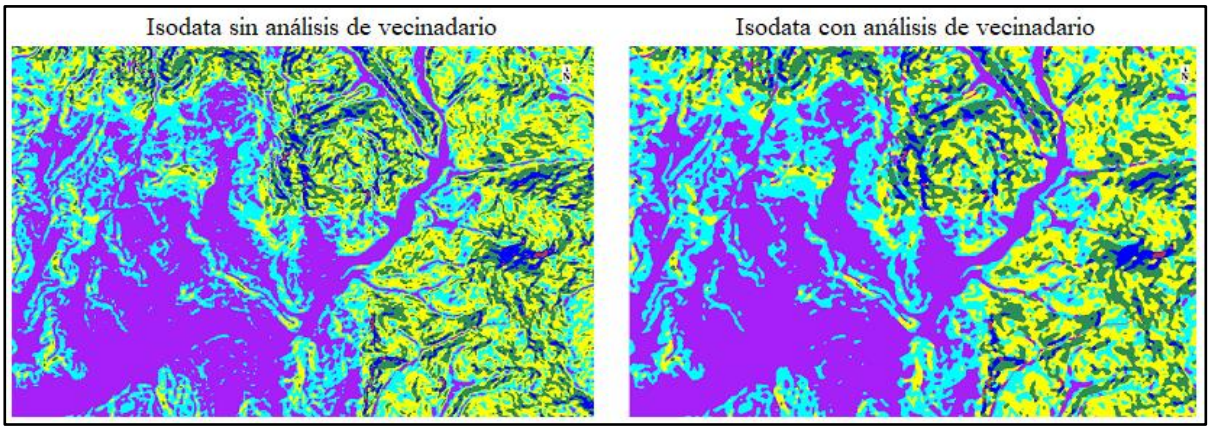


Fuente: Dávila (2021)

Los valores de píxel central se sustituyen por el resultado de la función de filtrado, ese análisis de vecindario generó una nueva capa temática, la cual suaviza las unidades morfométricas, como se logra ver en la figura 21.

Figura 21.

Comparación de Ráster sin Análisis de Vecindario y Ráster Aplicado el Filtro

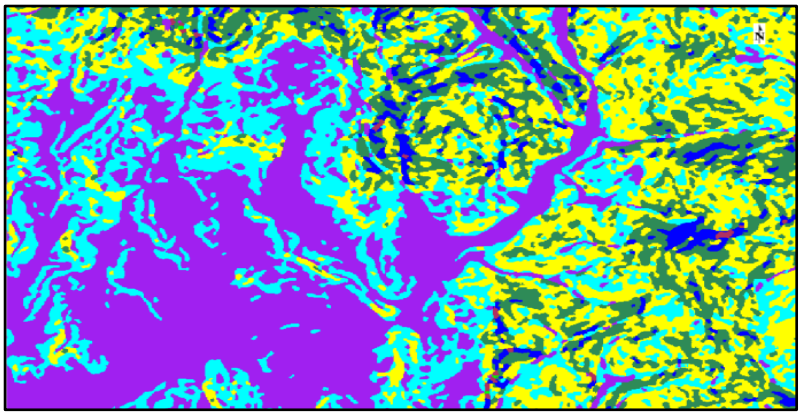


Fuente: Dávila (2021)

Como se logra visualizar, el análisis de vecindario ejecutado dio como resultado una capa más limpia, permitió definir las unidades geomorfológicas de mejor manera, a pesar de ello, es recomendable que también se elimine clusters empleando la herramienta ***Classification Aggregation*** ubicada en, *Classication -> Post Classification ->Classification Aggregation*, esta permitió remover pequeños grupos mediante la sustitución de los valores de los pixeles de estos grupos con el valor de la clase más cercana a cada una; esto se observa en la figura 22.

Figura 22.

Unidades con Función de Filtrado



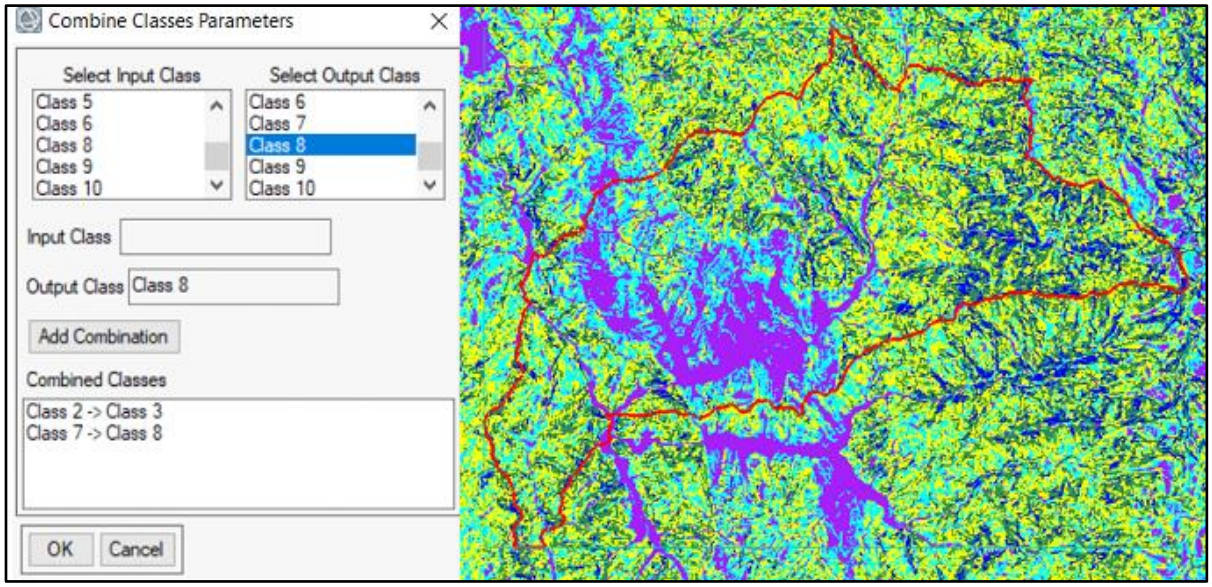
Fuente: Dávila (2021)

Para visualizar e identificar de mejor manera el cambio que ha generado la herramienta ***Classification Aggregation*** se tomó como ejemplo una pequeña parte del área de estudio. Las

unidades se identificaron de mejor manera, pero fue necesario aplicar un filtro más, para ello usé la herramienta ***Combine Class***, ubicada en *Classication -> Post Classification -> Combine Class,* esta herramienta permite combinar clases individuales que corresponden a una misma clase temática, sin alterar el número de clases. Este procesamiento se refleja en la figura 23.

Figura 23.

Unidades con Función de Filtrado



Fuente: Dávila (2021)

En este caso de acuerdo a la extensión que representa la clase dos se ha unido con la clase tres, y la clase siete con la ocho, esto lo podemos visualizar en la imagen anterior.

Como resultado final del procesamiento en el software ***ENVI 5.3*** y después de haber ejecutado todos los filtros se obtuvo un archivo ráster, siendo este el insumo base para asignar atributos y mejorar los recintos en el Software ***ArcGIS 10.5***, ya que la clasificación automática no es un modelo totalmente preciso.

5.4.1.1.6. Asignación temática.

La asignación temática geomorfológica se la realizó considerando la clasificación establecida por el Ministerio del Ambiente (2013), la misma que está planteada de forma jerárquica partiendo de lo más general a lo específico, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7.

Unidades de Relieve

Región Biogeográfica	Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
ANDES	De Montaña	Cordillera	Relieve Montañoso Edificios Volcánicos Vertientes
		Serranía	Relieve Colinado muy Alto Relieve Colinado Alto Relieve Colinado Mediano Cuesta Gargantas
		Valle Tectónico	Terraza Aluvial Llanura Aluvial Mesetas Graben
		Valle Glaciar	Domo Volcánico Islote Glacis Morrenas Circo Glaciar Llanura Subglaciar Laguna
	Tierras Bajas	Penillanura	Vertientes Coluvión Coluvio Aluvial
		Piedemonte	Colinas Bajas Abanico Aluvial Cuesta Cono de Derrubios Mesetas Estribaciones Andinas

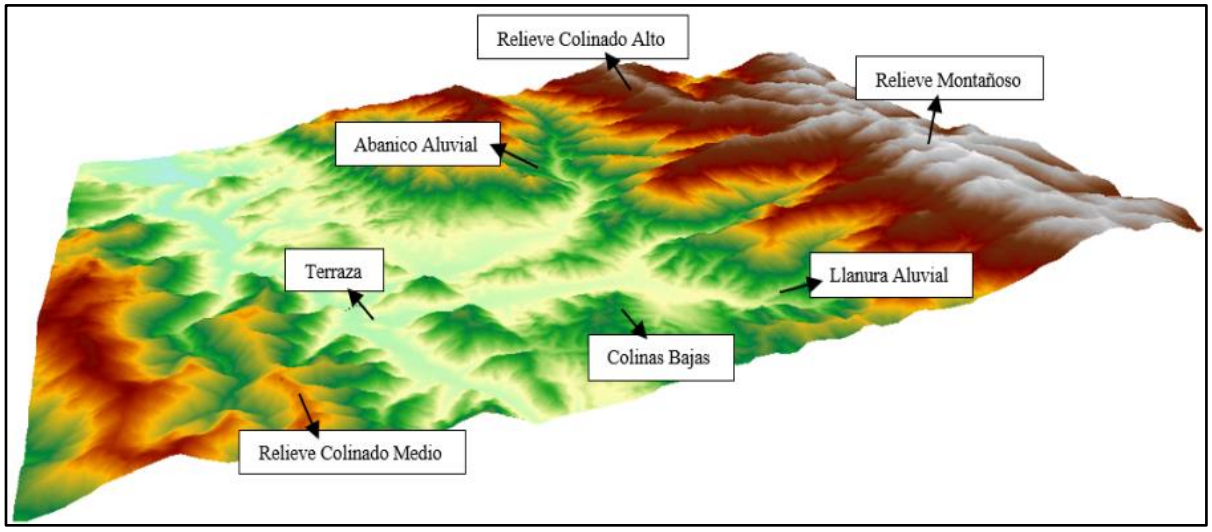
Fuente: Ministerio del Ambiente (2013)

Teniendo clara las definiciones de las diferentes unidades de relieve se procede a generar los polígonos que representan cada geoforma, para este trabajo fue necesario realizar la interpretación de las unidades geomorfológicas.

Dentro de este apartado se utilizaron diferentes insumos como fotografías áreas, el índice topográfico denominado como mapa de sombras, visualizaciones en 3D que nos facilita el software ***ArcGIS 10.5,*** información georreferenciada levantada en campo como litología y uso de suelo, enlazado a su fotografía del paisaje ya que es la base para la interpretación.

Figura 24.

Identificación de Unidades de Relieve en ArcScene 10.5.

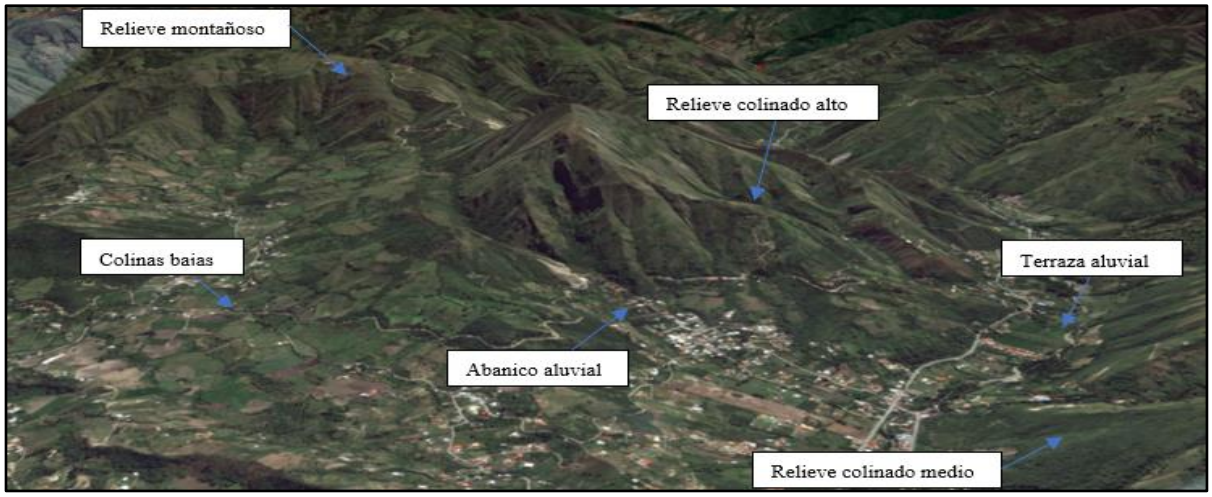


Fuente: Dávila (2021)

De la misma forma se puede visualizar en la figura siguiente la identificación de unidades de relieve en Google Earth.

Figura 25.

Identificación de Unidades de Relieve en Google Earth.



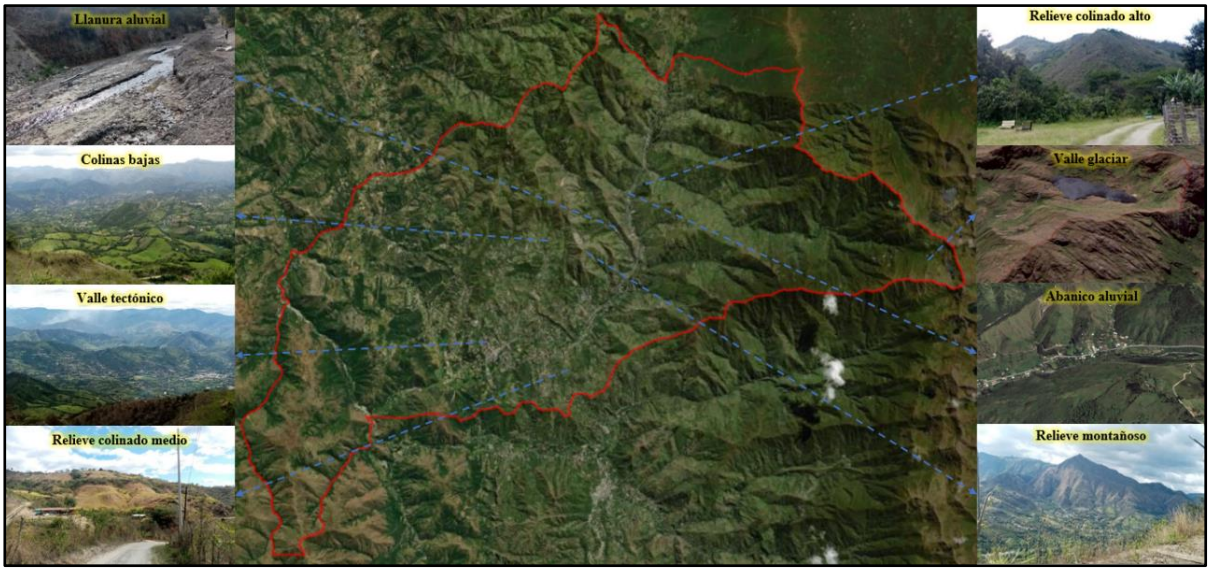
Fuente: Dávila (2021)

Para poder realizar una gestión adecuada de las fotografías tomadas en campo se utilizó la aplicación ***Avenza Maps***, la misma que permite vincular cada una de las imágenes con un punto GPS específico, ya que actúa como un lector geoespacial, esto facilitó la ubicación e interpretación de las unidades geomorfológicas, a partir de ello se tiene como resultado el mapa de unidades de relieve; con ello se procede a extraer información para alimentar la tabla de

atributos de cada una de estas unidades, por ejemplos se atribuyó su respectiva edad y génesis, tomando como base la litología levantada en el trabajo de campo; también atributos adicionales como forma de la vertiente, del valle y de la cima; y atributos morfométricos relacionados al desnivel relativo, longitud de la vertiente y pendiente.

Figura 26.

Calibración de Unidades Geomorfológicas

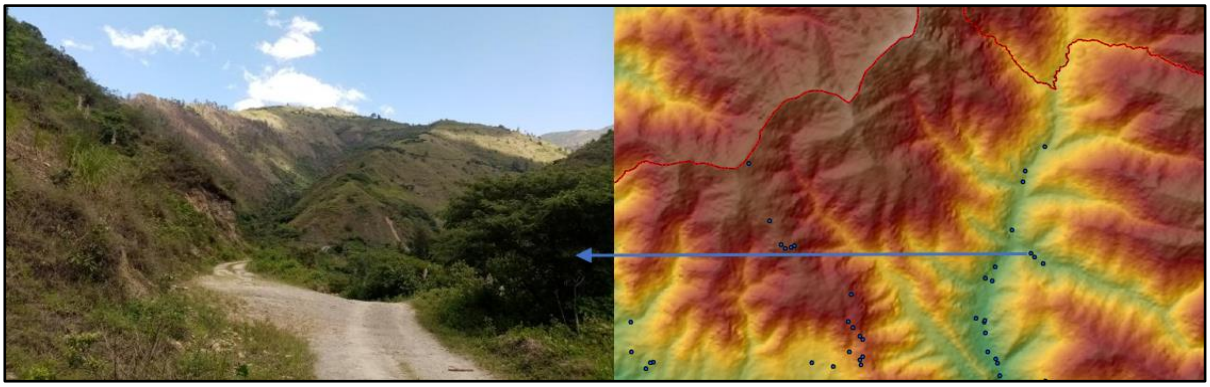


Fuente: Dávila (2021)

En cuanto al trabajo de campo es importante indicar que se levantaron puntos de manera aleatoria en toda la parroquia, cada punto cuenta con la información indicada anteriormente; esto con la finalidad de validad la cartografía generada. A continuación, se observa un ejemplo del trabajo realizado.

Figura 27

Información Levantada en Campo Correlacionada con Mapa Preliminar



Fuente: Dávila (2021)

5.4.1.2. Mapa geológico.

Inicialmente se tomó como referencia la Carta Geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000, a partir de la cual se realizó un mapa preliminar de unidades litológicas que abarca el área de estudio, seguidamente se accedió a la parroquia con la finalidad de levantar información que permita corroborar la cartografía ya existente, los recorridos realizados fueron en todas las vías accesibles del área de estudio, caminos de herradura y consideró también el levantamiento de información en las cercanías a la red hídrica de la zona.

La información geológica se levantó mediante la descripción de afloramientos georreferenciados con ayuda de fichas de campo (ver Anexo 1), aquí se recopiló información: litológica, estructural, elementos de yacencia y dimensiones, la cual fue correlacionada con la información presentada en la carta geológica antes mencionada.

El número de afloramientos levantados fue representativo, sin embargo, para obtener una cartografía con mayor precisión se tomaron puntos de control de manera aleatoria en toda la parroquia; permitiendo extraer la mayor información posible; en algunos afloramientos se tomó muestras del material para su posterior análisis.

Una vez culminada esta etapa se realizaron las correcciones pertinentes en la cartografía base, donde se presentaron los datos obtenidos referente a la litología y características estructurales identificadas en la parroquia Malacatos; de esta manera se obtuvo el mapa geológico a escala 1:25.000.

5.4.1.3. Mapa de pendientes.

Los mapas de pendientes representan la inclinación del relieve, la misma que se puede encontrar asociada a la litología, a los ambientes geológicos y al uso de suelo. Para la generación de este mapa se siguió el procesamiento siguiente:

A partir DEM obtenido de ***ALOS PALSAR***, con una resolución espacial de 12.5 m/pixel se generó un ***Slope***, mediante la herramienta *Spatial Analyst Tools.*

Seguidamente se realizó la reclasificación con la opción *Reclass – Reclassify;* para el propósito del proyecto se utilizó la clasificación presentada por Demek (1972), la misma que se especifica en la tabla 8.

Tabla 8.

Clasificación de las Pendientes

Color	Clase	Rango (°)
	Ligeramente Inclinado	0° - 5°
	Medianamente Inclinado	5° - 15°
	Fuertemente Inclinado	15° - 35°
	Empinado	35° - 55°
	Vertical	>55°

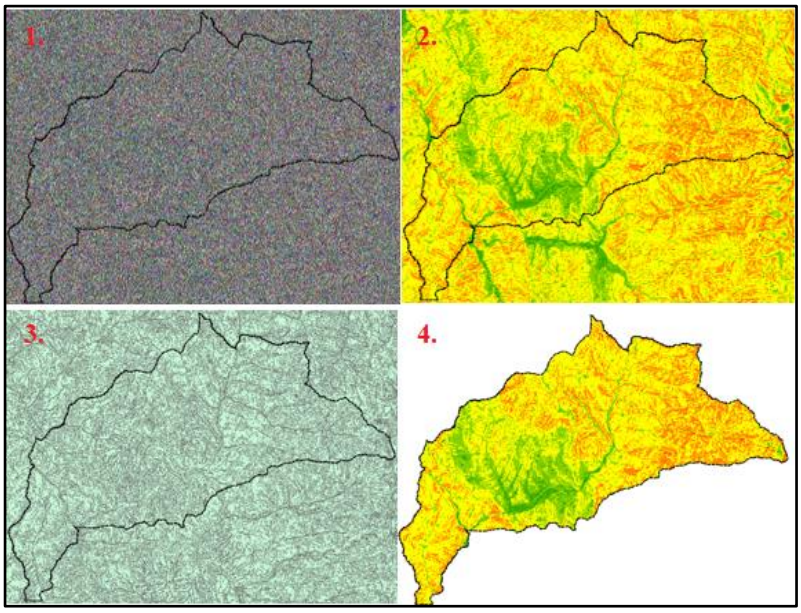
Fuente: Demek (1972)

Luego se convierte el resultado a formato vector, con la herramienta *Raster to Polygon*.

Finalmente se cortó el resultado en el polígono de estudio y se disolvió por el gridcode usando la opción *Data Management Tools – Generalization – Dissolve*, se complementó el resultado con atributos como área, perímetro, porcentaje y descripción.

Figura 28.

Proceso para la Obtención de Mapa de Pendientes

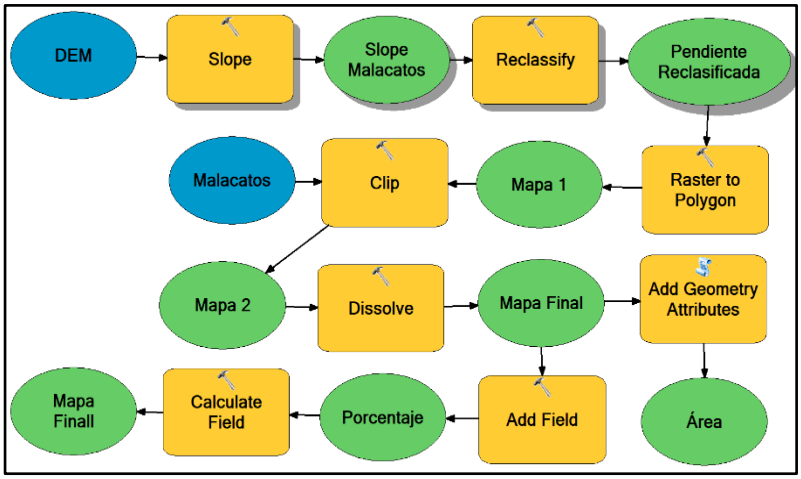


Elaborado por: Dávila (2021)

A continuación, en la figura 29 se presenta el esquema empleado para realizar un mapa de pendiente de acuerdo a la clasificación de Demek (1972), desde el Model Builder.

Figura 29.

Flujograma para la Generación de Mapa de Pendientes "Model Builder"



Elaborado por: Dávila (2021)

5.4.1.4. Mapa de uso actual del suelo.

La información base para la elaboración del mapa de uso actual de suelo fue cedida por el GAD Municipal de Loja, elaborada en el 2018.

Para poder obtener una cartografía más actualizada se procedió a levantar información en campo y se realizaron interpretaciones visuales de la imagen satelital de la parroquia, obtenida del programa ***SASPlanet*** con el visualizador ***ENRI***, a una escala de 1.1x1.1m/pixel.

Como resultado se identificaron 8 clases de uso del suelo, las mismas que se especifican en la tabla 9.

Tabla 9.

Clasificación de Uso Actual del Suelo

Color	Uso actual del suelo
	Cuerpo de Agua
	Bosque Nativo
	Vegetación Arbustiva y Herbácea
	Plantación Forestal
	Páramo
	Tierra Agropecuaria
	Improductivo
	Zona Antrópica

Fuente: Municipio de Loja (2018)

5.4.1.5. Mapa de isoyetas.

Para elaborar el mapa de Isoyetas de la parroquia en estudio se tomaron en cuenta los datos de precipitaciones en mm/año, registrados durante 30 años (1990 - 2019) en 14 estaciones meteorológicas y pluviométricas próximas a la parroquia Malacatos, mismas que se obtuvieron del INAMHI.

Fue importante dentro de este apartado tomar en cuenta las estaciones que se encuentran cercanas a la zona de estudio sin importar que estén fuera del polígono, ya que estos datos permiten obtener un resultado más próximo.

Tabla 10.

Datos de Estaciones Meteorológicas

Nombre	Código	Tipo	Ubicación		Precipitación media (mm/año)
			Latitud (m)	Longitud(m)	
Cajanuma	M0543	PV	698995	9548378	861.69
Changaimina	M0756	PV	663873	9533582	713.81
El Lucero	M0433	PV	669345	9513147	820.18
El Tambo - Loja	M0759	PV	688478	9549169	645.06
Gonzanamá	M0149	PV	673885	9531875	1325.77
La Toma- Catamayo	M060	AR	680630	9558124	331.40
La Argelia - Loja	M0033	AP	699469	9553261	939.37
Malacatos	M0143	CO	691652	9533403	558.86
Nambacola	M1214	CP	673905	9542195	639.52
Quilanga	M0241	CO	677263	9525256	976.71
Quinara	M0145	CO	694711	9522583	910.05
Vilcabamba	M144	CO	697711	9528770	924.37
Yangana	M0147	CO	702481	9516977	1156.09
Zamora	M207	PV	727343	9546866	1912.33

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (1990-2019)
Elaborado por: Dávila (2021)

Una vez teniendo los datos de precipitación se realizó el procesamiento en el Software ArcGIS 10.5, este se basa en la interpolación de los datos, utilizando la herramienta ***IDW***, que se encuentra en *Spatial Analyst Tools – Interpolation – IDW.*

Luego se realizó una reclasificación, en este caso se consideraron 3 categorías que van desde muy baja a media, representado con colores característicos que se indican a continuación en la tabla 11.

Tabla 11.

Clasificación de Isoyetas

Color	Clase	Rango (mm/año)
	Precipitaciones muy Bajas	560.44 – 695.08
	Precipitaciones Bajas	695.08 – 829.72
	Precipitaciones Medias	829.72 – 964.36

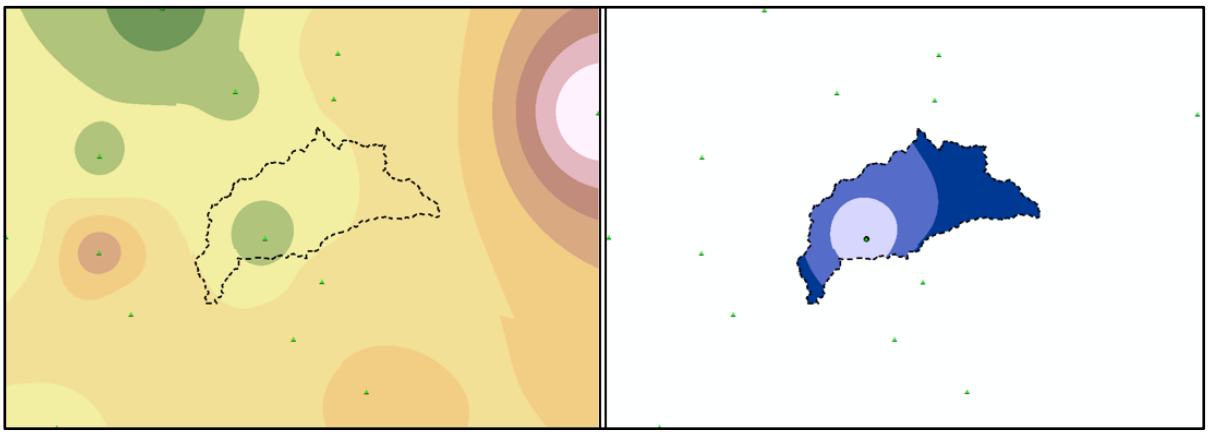
Fuente: Dávila (2021)

Seguidamente se convirtió el resultado de Ráster a Vector, con la herramienta *Conversion Tool – From Raster – Raster to Polygon.*

Finalmente, se disolvió para descartar campos repetidos y al resultado de este se le agregaron atributos como área, perímetro, porcentaje y descripción.

Figura 30.

Proceso de Interpolación de Precipitaciones

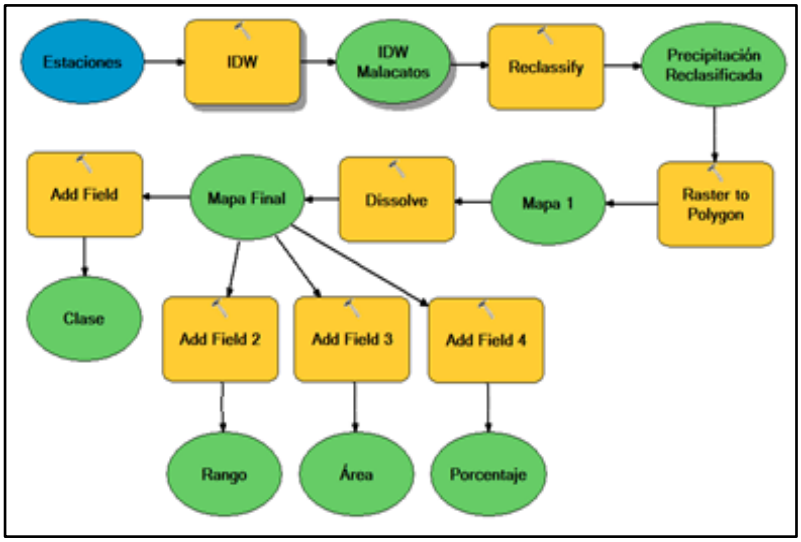


Fuente: Dávila (2021)

Seguidamente, en la figura 31 se puede observar el proceso realizado mediante la herramienta Model Builder que ofrece el software ***ArcGIS 10.5.***

Figura 31

Flujograma para la Generación de Mapa de Isoyetas "Model Builder"



Fuente: Dávila (2021)

5.4.1.6. Mapa de susceptibilidad.

Para el análisis de la susceptibilidad del terreno a la ocurrencia de deslizamientos en este trabajo de investigación se propone la aplicación de un método Analytical Hierarchy Process (AHP), desarrollado por Saaty (1980)

El proceso de análisis jerárquico (AHP) consiste en la asignación de un vector de pesos w = [w1, w2,…, wn] a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio; se compara cada criterio i con cada criterio j, obteniendo unos valores aij que es posible agrupar en una matriz cuadrada de orden n, la llamada matriz de comparaciones por pares, A = [aij], es decir, el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar, estableciendo una matriz de comparación de importancia (tomándolos en pares) cada uno de los criterios con los demás, para posteriormente determinar el promedio por cada fila y posteriormente el total el cual establece los pesos "Wj".

En la tabla siguiente, se muestra un esquema del método de jerarquías analíticas para asignación de pesos.

Tabla 12.

Esquema del Método de Jerarquías Analíticas para la Asignación de Pesos.

Matriz de comparación por pares					***Promedio***	***Total***
Factores	**A**	**B**	**C**	**D**		
A	X_{AA}	X_{AB}	X_{AC}	X_{AD}	= Promedio ($X_{AA:}$ X_{AD})	W_A
B	X_{BA}	X_{BB}	X_{BC}	X_{BD}	= Promedio ($X_{BA:}$ X_{BD})	W_B
C	X_{CA}	X_{CB}	X_{CC}	X_{CD}	= Promedio ($X_{CA:}$ X_{CD})	W_C
D	X_{DA}	X_{DB}	X_{DC}	X_{DD}	= Promedio ($X_{DA:}$ X_{DD})	W_D
					Suma (Columna)	Suma = 1

Fuente: Saaty (1980)

Saaty, establece una escala de medida para la estimación de los coeficientes Xij que se describen en la tabla siguiente.

Tabla 13.

Estimación de Coeficientes Xij

Nivel de Importancia	**Definición**	**Descripción del criterio i, al compararse con j**
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i, j) contribuyen de igual manera al proceso de deslizamiento
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (i) sobre el otro (j).
3	Fuerte preferencia	Prácticamente la dominancia del criterio (i) sobre el otro (j) está demostrada
4	Alta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía del criterio (i)

Fuente: Saaty (1980)

Una vez que se elaboró la matriz de comparaciones pareadas se realizó el proceso de sintetización, donde se determinó la prioridad de cada uno de los elementos que se comparan. Para definir la calidad de la decisión final, se medió el grado de consistencia entre las opiniones pareadas.

La consistencia de los juicios del experto, se calculó a partir del autovalor máximo (nmáx), y se comparó con el número de criterios que es n, en el caso que estos valores sean iguales, se verifica que el juicio es completamente consistente.

En relación a esto, Saaty proporciona tablas de consistencia para medir ésta. Asimismo, también define la razón de consistencia (RC), a partir del índice de consistencia (IC) y del índice de consistencia aleatorio (ICA):

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

Donde IC es el índice de consistencia de A y se calcula mediante la expresión:

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

El valor de n_{max} se calcula de $AW = n_{max}W$ observando que la ecuación es:

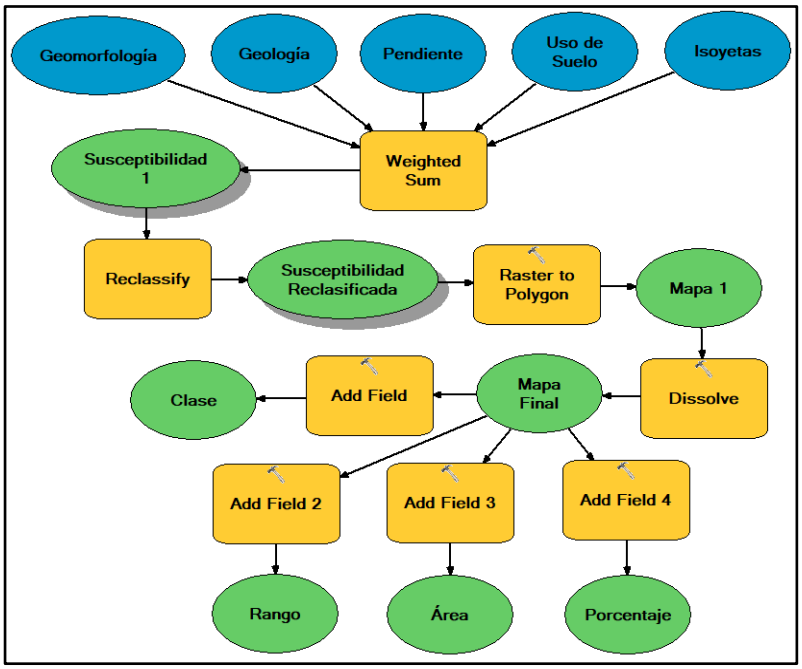
$$\sum_{j=1}^{n} = \mathrm{a}_{ij}\overline{w} = n_{max}\overline{w}, i = 1, 2, \ldots., n \text{ dado que } \sum_{i=1}^{n} = \overline{w_1} = 1, \text{obtenemos:}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n} \mathrm{a}_{ij}\,\overline{w_1}\right) = n_{max}\sum_{i=1}^{n}\overline{w_1}$$

Si IC es menor al 10% la inconsistencia se considera como aceptable, en cambio, si el decisor no logra un IC adecuado, debe revisarse sus juicios. En la práctica esto puede llevar a un largo proceso de sucesivas correcciones.

Figura 32.

Flujograma "Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos"



Fuente: Dávila (2021)

De acuerdo a los criterios considerados y mediante la herramienta de suma ponderada, se ingresaron cada una de las variables en formato ráster para agruparlas y realizar un análisis completo, dando como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Malacatos. En la figura 32 se presenta los insumos necesarios para el mapa de susceptibilidad.

Los datos obtenidos se clasifican en cinco categorías que se observan en la tabla 14, esto se lo realiza en base a la propuesta de Mora (2004) quién plantea una metodología involucrando las mismas variables consideradas en este trabajo de estudio.

Tabla 14.

Clasificación de Susceptibilidad

Color	Calificativo de susceptibilidad	Características
	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, etc.
	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables.
	Media	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, etc. Recomendable para usos urbanos de baja densidad.
	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (< 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
	Muy alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (> 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección.

Fuente: Mora (2004)

6. Resultados

6.1. Geomorfología

El levantamiento de las unidades geomorfológicas en la parroquia Malacatos se logró teniendo como base el procesamiento realizado en el software ENVI 5.3, el mismo que nos dio como resultado unidades morfométricas; dentro de este apartado se realizó una combinación de información cartográfica como pendientes, sombras, visualizaciones en 3D y se consideró criterios genéticos, litológicos, morfológicos, morfométricos, morfodinámicos y relacionados al drenaje; a más de ello se realizaron las respectivas visitas de campo para poder validar la cartografía generada.

Una vez concluida la fase de fotointerpretación e identificación de las unidades de relieve, se asignó a las geoformas atributos referentes a:

- Jerarquía del relieve: Relieve general, macrorelieve y mesorelieve.
- Características geológicas: Litología característica que conforma el relieve.
- Génesis: Indica el proceso que ha dado origen al relieve.
- Morfología: Consiste en lineamientos cualitativos que describen la forma de cima, la forma de la vertiente y la forma del valle del polígono
- Morfometría: Grupo de aspectos cuantitativos del relieve, asociados a la pendiente, desnivel relativo y longitud de vertiente
- Drenaje: Forma de drenaje.

6.1.1. Jerarquía del relieve del área de estudio

Las unidades son el resultado de la clasificación propuesta en la MAE (2013). Dentro del área se categorizaron a nivel general el relieve de montaña, en cuanto al macrorelieve se tiene cinco unidades y a nivel de mesorelieve diez categorías indicadas en la tabla 15.

Tabla 15.

Unidades Geomorfológicas de la Parroquia Malacatos

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve	Área Km^2	%
De montaña	Cordillera	Relieve montañoso	117.37	56.97
	Serranía	Relieve colinado muy alto	66.35	32.21
		Relieve colinado alto		
		Rv. colinado medio		

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve	Área Km^2	%
	Piedemonte	Colinas bajas	11.99	5.82
		Abanico Aluvial		
	Valle tectónico	Llanura Aluvial	7.82	3.79
		Terraza Aluvial		
	Valle glaciar	Circo glaciar	2.48	1.20
		Llanura glaciar		
		Laguna		

Elaborado por: Dávila (2021)

Los mapas resultantes se pueden observar en el Anexo 16. (Mapa de Mesorelieve) y Anexo 17. (Mapa de Macrorelieve).

6.1.2. Configuración geológica

6.1.2.1. Geología local.

La parroquia rural de Malacatos está conformada por material sedimentario correspondiente a lutitas, dolomías, arcillas, areniscas; rocas metamórficas como esquistos, filitas, cuarcita, gneis y rocas ígneas como andesita, granito. Adicionalmente encontramos depósitos aluviales y coluviales que se encuentran al margen del río Malacatos y del río Campanas.

Para poder realizar una caracterización adecuada de la geología existente en la parroquia fue necesario realizar un registro de afloramientos, a más de ello se tomaron puntos de control, los mismo que permitieron realizar una validación de la cartografía ya existente con la finalidad de obtener una información de mayor validez.

6.1.2.1.1. Unidad Chigüinda.

Esta unidad litológica es la que abarca mayor extensión en el área de estudio, especialmente se encuentra al este y sur-oeste de la parroquia; se logran observar afloramientos en el Parque Nacional Podocarpus y el Parque Colambo Yacuri, en el barrio Tres Leguas, Rumishitana, Santa Gertrudis, Yamba, Granadillo, El Carmen.

Estos afloramientos se caracterizan por encontrarse con una meteorización de media a alta y en la mayoría se logró identificar presencia de oxidaciones. La unidad consiste de rocas

metamórficas de grado bajo a medio, desde filitas y cuarcitas a esquistos grafitosos y esquistos micáceos. En varias zonas se logró observar estructuras de deformación, tales como pliegues.

Figura 33.

Materiales Característicos de la Unidad Chigüinda

Fuente: Dávila (2021)

Las filitas son de color gris oscuro, tienen textura lepidoblástica y estructura foliada, se caracterizan por estar compuestas principalmente por sericita. Las cuarcitas son de color blanco grisáceo, textura granoblástica y estructura masiva. Los esquistos grafitosos son de color gris oscuro y textura lepidoblástica, mientras que los esquistos micáceos son de color café verdoso.

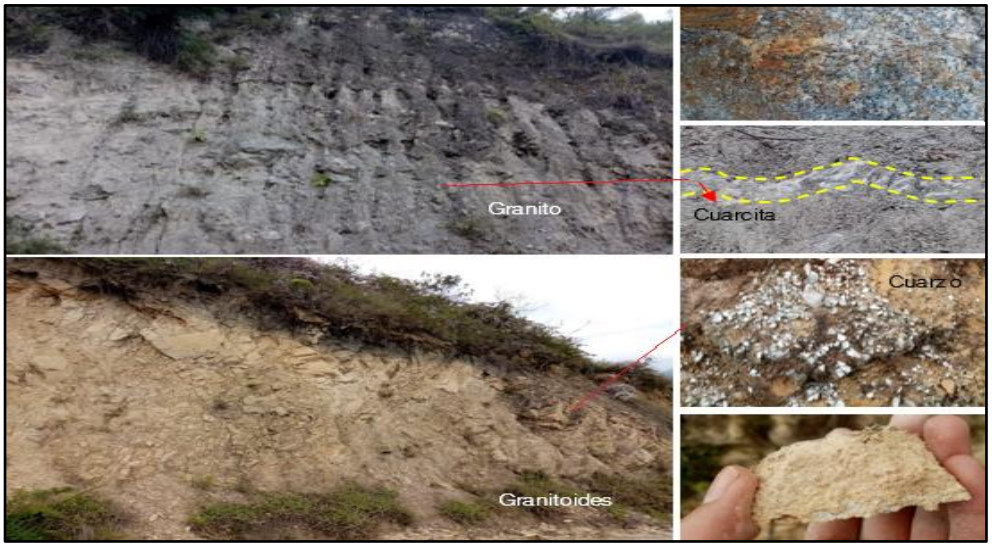
6.1.2.1.2. Unidad Tres Lagunas.

La Unidad Tres lagunas se localiza mayormente en el barrio Palandita, Potrerillos; también se logró validar su presencia en el barrio Santa Cruz y alrededor de las lagunas del Parque Nacional Podocarpus.

Litológicamente está constituida por cuerpos intrusivos, denominados granitoides, de textura fanerítica de grano medio a grueso y estructura masiva; localmente se encuentra con varias diaclasas en todas las direcciones. En las rocas se logra apreciar cristales de plagioclasa, moscovita, biotita, cuarzo azul y feldespato.

Figura 34.

Material Característico de la Unidad Tres Lagunas



Fuente: Dávila (2021)

6.1.2.1.3. Formación Loma Blanca.

La formación Loma Blanca se localiza al margen del río Solanda y del río Campana en la parte oeste de la parroquia; aflora también en la vía Malacatos – Purunuma en el sector de Loma Cochasquí, en esta vía se pueden apreciar buenos afloramientos, de igual manera en el camino de herradura entre Loma Cabrería y Loma Blanca.

Figura 35.

Material Característico de la Formación Loma Blanca

Fuente: Dávila (2021)

Esta formación consiste en una secuencia de brechas volcánicas de composición andesítica de coloración verdosa, textura brechosa y estructura masiva, además niveles de tobas andesíticas púrpuras de textura piroclástica y estructura masiva, tufitas de textura brechosa y estructura masiva, y areniscas volcánicas de estructura masiva con clastos angulosos de andesita.

6.1.2.1.4. Formación San José.

Esta formación la podemos encontrar en el barrio San José entre la Quebradas Platón y la Quebrada Santo Domingo, se la puede visualizar en la vía Malacatos – Purunuma; además aflora en el sector La Granja, en la vía Loja – Malacatos y en el barrio San José.

Se caracteriza por la presencia de areniscas calcáreas, calizas y conglomerados con clastos volcánicos y metamórficos; también se logró observar la presencia de estratos de limo con nódulos calcáreos, a más de ello se encontró láminas de yeso fibroso.

Figura 36.

Representación de la Formación San José

Fuente: Dávila (2021)

6.1.2.1.5. Formación Santo Domingo.

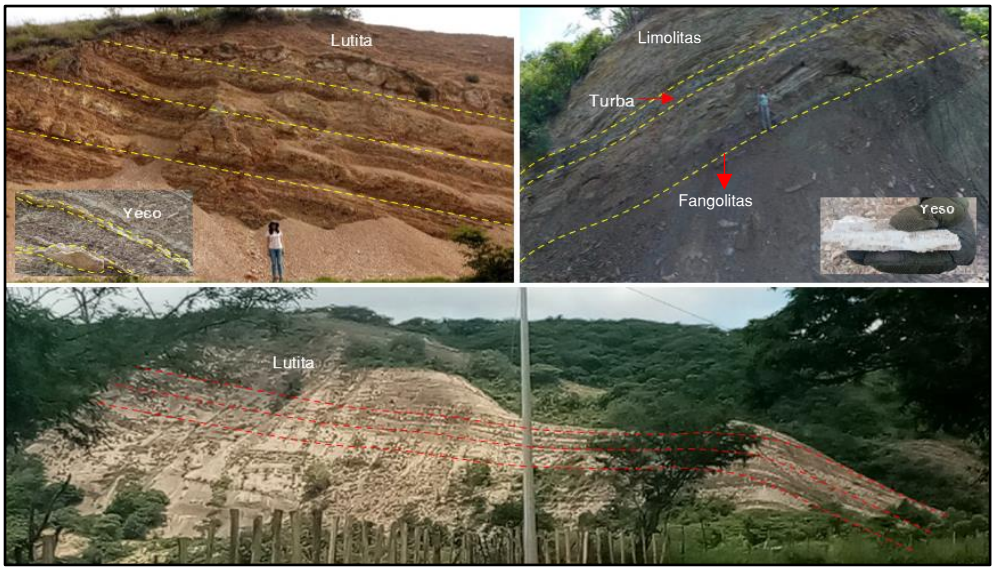
Encontramos esta formación distribuida a lo largo de la vía Malacatos – El Tambo, en el sector Santo Domingo, Naranjo Dulce y La Merced y en el sector La Granja aflorando entre el barrio El Sauce y barrio Belén.

La mayor cantidad de afloramientos registrados, muestran un grado de meteorización de medio a alta.

Esta formación se caracteriza por la presencia de lutitas de color amarillo muy característico de textura pelítica con niveles de yeso fibroso dispuestas de manera subhorizontal a la estratificación u oblicua siguiendo planos de fracturación dominantes, estas vetillas son aproximadamente de 0.5 a 5 cm; también se puede observar fangolitas de color marrón oscuro que alteran con limos de coloración más clara, capas de turba y carbón. Se observan intercalaciones ocasionales de areniscas de grano medio a grueso y conglomerados. Generalmente cada una de estas capas se encuentran buzando de 20° a 50° tentativamente.

Figura 37.

Materiales Característicos de la Formación Santo Domingo



Fuente: Dávila (2021)

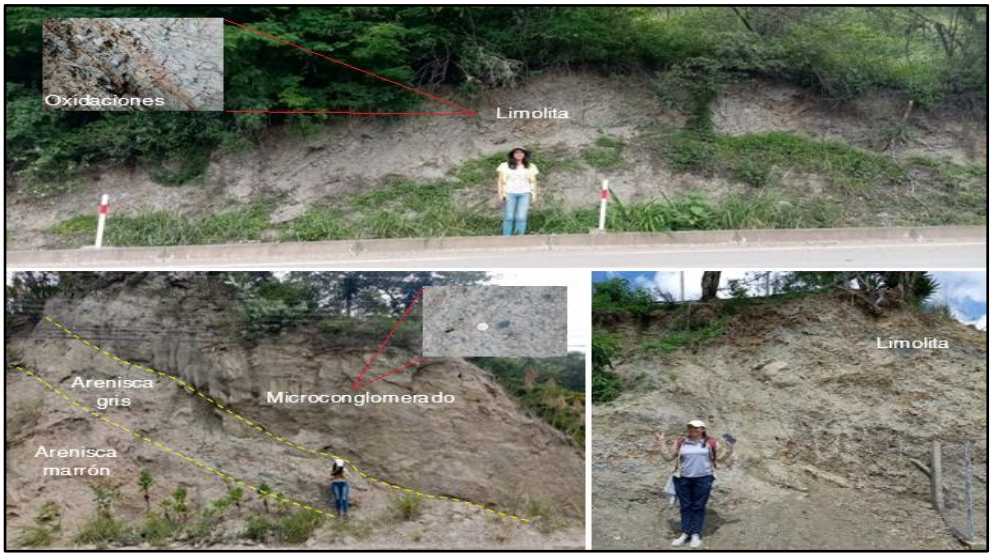
6.1.2.1.6. Formación San Francisco.

Abarca gran extensión de la parroquia, se localiza en la parte central del área de estudio, se accede por la vía que dirige al barrio Calera, Belén, La Florida, San Francisco, también en la vía que conecta al barrio Trinidad con el barrio Ceibopamba; además aflora en la parte alta de la quebrada Santo Domingo y en el barrio El Prado.

Se caracteriza litológicamente por la presencia de limolitas, areniscas grises azuladas, intercalaciones de areniscas de color marrón a rojiza con estratificación cruzada de microconglomerados con clastos metamórficos.

Figura 38.

Materiales Característicos de la Formación San Francisco



Fuente: Dávila (2021)

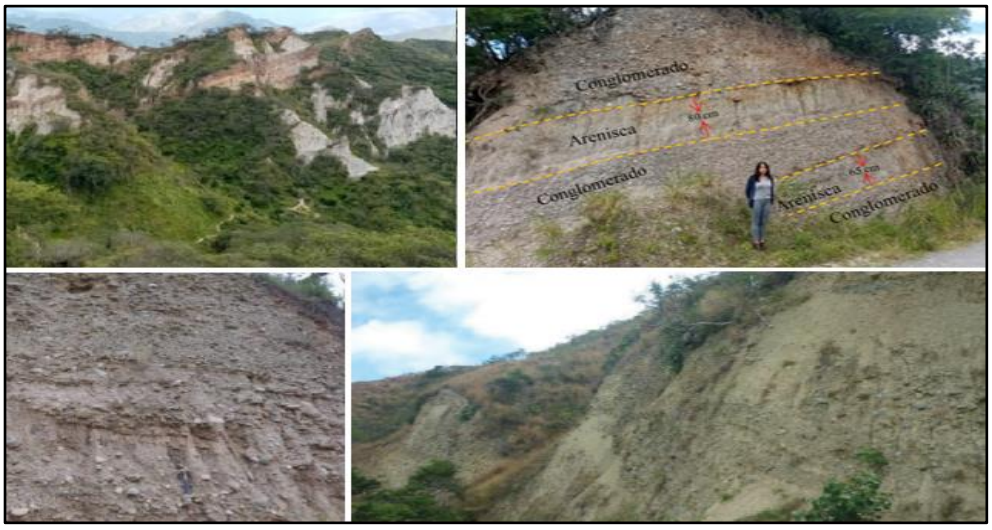
6.1.2.1.7. Formación Cerro Mandango.

La formación Cerro Mandango aflora en la parte central del área de estudio cerca del sector Jabonillo, y en sur de la parroquia Malacatos.

Litológicamente se caracteriza por el predominio de ortoconglomerados masivos y pobremente clasificados, con intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso y suelen presentar estratificación horizontal, también se logró observar la presencia de tobas de lapilli.

Figura 39.

Materiales Característicos de la Formación Cerro Mandango



Fuente: Dávila (2021)

Los afloramientos registrados presentan superficies fuertemente erosionadas, producto de meteorización física (eólica, fluvial), su coloración varía entre gris y rojiza debido a oxidaciones generadas por el agua. Los clastos son subredondeados a subangulosos con tamaños que varían de 3 cm a 10 cm, son de origen metamórfico.

6.1.2.1.8. Depósito coluvial.

Los depósitos coluviales de mayor dimensión se localizan en el barrio Taxiche y parte del barrio San Francisco, comprenden cantos de andesita además de fragmentos redondeados a subredondeados de rocas intrusivas como granito y andesita, como también de rocas metamórficas como filitas, esquistos y cuarcitas. En algunos afloramientos se logra observar cárcavas pronunciadas producto de meteorización física (eólica, fluvial)

Figura 40.

Material de Depósito Coluvial

Fuente: Dávila (2021)

6.1.2.1.9. Depósito aluvial.

Se encuentran dispersos por la parte central del área de estudio, corresponden a la zona baja de unidades morfológicas, estos depósitos se localizan a lo largo de los márgenes de los principales drenajes del área de investigación como es el Río Malacatos, Río Solanda, Quebrada Trinidad, Quebrada Santa Gertrudis, Quebrada Potrerillos y la Quebrada Nangora. Los depósitos aluviales comprenden principalmente cantos, gravas y guijarros, cuyos fragmentos van de subangulosos a angulosos de roca andesita, cuarcita y granodiorita con tamaños de hasta 40 cm de diámetro.

Figura 41.

Material de Depósito Aluvial

Fuente: Dávila (2021)

6.1.2.2. Estructuras locales.

A partir del levantamiento de información en campo, dentro del área de estudio se identificaron diversas estructuras, como pliegues y fallas inversas e inferidas, estas últimas se lograron diferenciar por lineamiento de las quebradas y contactos entre unidades litológicas.

La siguiente figura muestra una falla inferida, conocida como falla Chontacruz; marca el contacto litológico entre la Unidad Tres Lagunas representada por rocas ígneas y la Unidad Chigüinda representada por rocas metamórficas; esta falla tiene una dirección NS.

Figura 42.

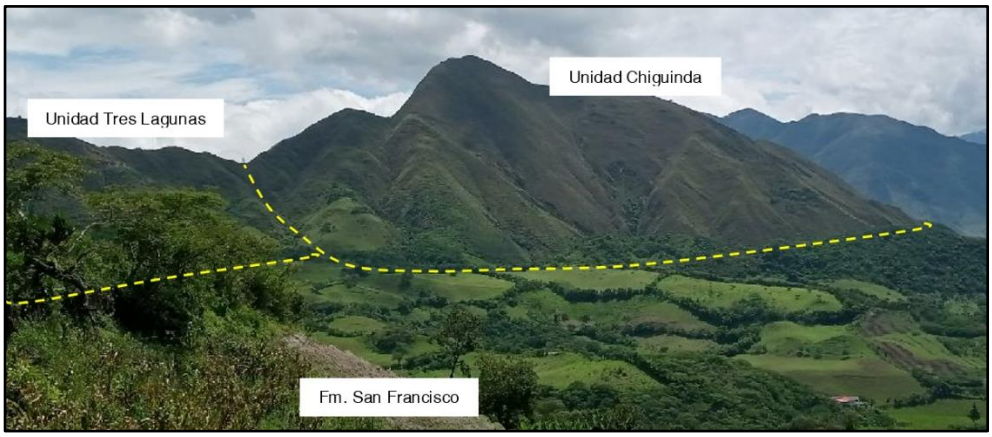
Falla Inferida, Sector Palandita

Fuente: Dávila (2021)

Perpendicular a la falla descrita anteriormente se encuentra una falla inferida que marca el contacto litológico entre material ígneo, metamórfico y material sedimentario de la formación San Francisco.

Figura 43.

Falla Inferida, en el Sector San Francisco



Fuente: Dávila (2021)

En el sector Santa Cruz también se registra una falla inferida que separa el Unidad Chigüinda de la Formación Loma Blanca con dirección NS.

Figura 44.

Falla Inferida, Sector Santa Cruz

Fuente: Dávila (2021)

Paralela a esta falla al oeste del barrio Santa Cruz se encuentra una falla inferida que marca el contacto entre Unidad Tres Lagunas y la Unidad Chigüinda.

También se ha podido inferir la presencia de una falla con dirección NE en la quebrada Santa Gertrudis, específicamente en el barrio Yamba, cerca de la vía que conduce al barrio Granadillo.

Figura 45.

Falla Inferida en la Quebrada Santa Gertrudis

Fuente: Dávila (2021)

Una falla inferida importante es la denominada Tres Torres, la cual en el área de estudio marca el contacto litológico entre la Unidad Chigüinda y la Unidad Tres Lagunas, esta falla se localiza específicamente en el sistema lacustre de las Lagunas del Compadre.

Dentro de las fallas locales observadas se tiene una en el barrio Belén, esta es de tipo inversa representada por material sedimentario de la Formación Santo Domingo, caracterizado específicamente por lutitas y niveles de yeso. Esta falla tiene un azimut de 219° y un buzamiento de 29°, con un desplazamiento de 60 centímetros. Esta estructura se encuentra asociado a ambientes compresivos, pudiendo de esta manera visualizarse pliegues.

Figura 46.

Falla Observada en el Barrio Belén

Fuente: Dávila (2021)

En el sector Santa Cruz podemos apreciar un proceso de plegamiento abierto, este se encuentra alterado en gran parte por la presencia de raíces vegetales, específicamente este anticlinal se encuentra cerca de la concesión de pétreos del Municipio de Loja. Los esquistos

que lo componen son micáceos y se encuentran en capas que van de 5 a 20 centímetros, presentan tonalidades rojizas por oxidaciones de hierro, y colores grises y verdes por la presencia de clorita.

Figura 47.

Anticlinal Identificado en el Barrio Santa Cruz

Fuente: Dávila (2021)

En el sector San José se localiza otro pliegue, este es sinclinal compuesto por nódulos calcáreos y limolitas, específicamente se lo encuentra en la vía Malacatos – El Tambo.

Figura 48.

Sinclinal Identificado en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

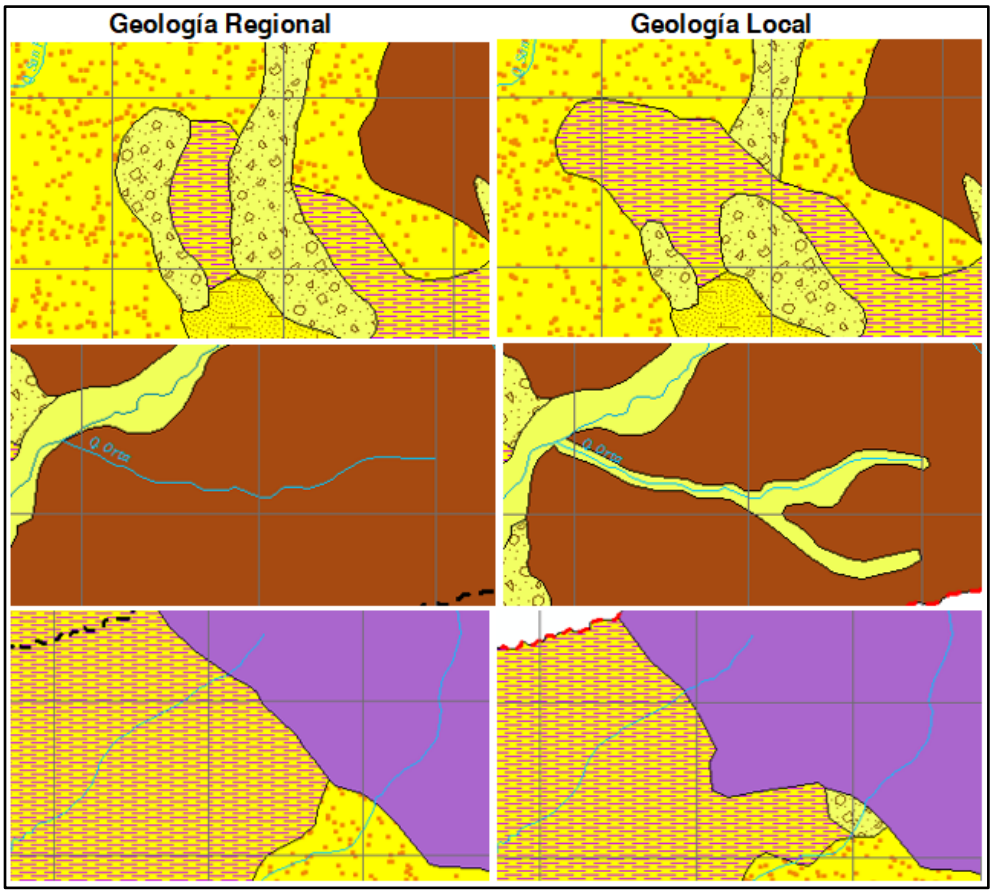
Tomando como base la carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000 y la corroboración de la litología mediante trabajo de campo en el área de estudio y sus respectivos ajustes se tiene como resultado el mapa geológico local. (ver Anexo 12)

6.1.2.3. Validación de la geología.

A partir del trabajo de campo, con la descripción de 224 afloramientos y 400 puntos de control (Ver Anexo 2) a lo largo de las vías y caminos de herradura, como también cerca de redes hídricas de la parroquia Malacatos se pudo constatar que la carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000 no coincide espacialmente con 19 afloramientos (1, 4, 6, 18, 20, 22, 25, 34, 56, 86, 96, 130, 131, 132,133, 201, 205, 209, 217) y con 22 puntos de control (5, 8, 18, 21, 27, 28, 30, 41, 42, 49, 50, 55, 106, 108, 205, 206, 282, 290, 345, 380, 381, 382); es decir tiene una validez de 93%; en este caso para aumentar este porcentaje se ha realizado los ajustes necesarios para obtener una cartografía a mayor detalle y con información fiable, siendo este valor muy próximo al 98%. A continuación, se puede observar una muestra de los ajustes realizados.

Figura 49.

Muestra de Ajustes Realizados para Cartografía Geológica



Fuente: Dávila (2021)

La localización geográfica de los afloramientos se representa en la tabla 16, estos permitieron obtener una cartografía más detallada.

Tabla 16.

Ubicación Geográfica de Afloramientos, DATUM WGS84

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
1	688916	9531366	Depósito aluvial
2	689325	9531701	Depósito aluvial
3	689446	9531906	Depósito aluvial
4	690114	9532254	Unidad Chigüinda
5	690521	9532303	Fm. Loma Blanca
6	690737	9532294	Depósito aluvial
7	691477	9532195	Fm. Loma Blanca
8	692619	9532448	Depósito aluvial
9	693522	9532145	Fm. Cerro Mandango
10	693693	9532841	Fm. Cerro Mandango
11	694828	9533391	Depósito coluvial
12	697888	9535379	Depósito aluvial
13	698352	9537663	Depósito aluvial
14	698361	9536758	Depósito aluvial
15	697713	9537825	Depósito aluvial
16	697910	9537894	Unidad Chigüinda
17	697276	9538946	Unidad Chigüinda
18	697581	9539419	Depósito aluvial
19	698324	9539314	Unidad Chigüinda
20	698120	9540352	Depósito aluvial
21	698793	9540410	Unidad Chigüinda
22	698928	9540945	Depósito aluvial
23	698948	9541402	Unidad Chigüinda
24	699252	9541725	Unidad Chigüinda
25	699554	9542310	Depósito aluvial
26	699467	9542912	Unidad Chigüinda
27	700138	9543374	Unidad Chigüinda
28	700708	9543403	Unidad Chigüinda
29	700719	9542464	Unidad Chigüinda
30	700704	9542181	Unidad Chigüinda
31	701195	9540664	Unidad Chigüinda
32	699972	9540297	Unidad Chigüinda
33	700323	9539698	Unidad Chigüinda
34	699064	9539822	Depósito aluvial
35	702677	9538270	Unidad Chigüinda

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
36	699010	9538807	Unidad Chigüinda
37	699936	9538716	Unidad Chigüinda
38	700757	9538455	Unidad Chigüinda
39	701764	9537476	Unidad Chigüinda
40	703510	9536299	Unidad Chigüinda
41	699303	9536866	Unidad Chigüinda
42	698735	9535058	Unidad Chigüinda
43	699442	9534618	Unidad Chigüinda
44	698287	9533971	Unidad Chigüinda
45	698608	9534529	Depósito aluvial
46	698316	9541243	Unidad Chigüinda
47	697296	9541154	Unidad Chigüinda
48	697732	9541630	Unidad Chigüinda
49	698457	9542384	Unidad Chigüinda
50	698037	9543420	Unidad Chigüinda
51	697353	9543801	Unidad Chigüinda
52	696932	9542539	Unidad Chigüinda
53	696624	9542710	Unidad Chigüinda
54	697370	9535555	Unidad Chigüinda
55	696650	9536402	Unidad Chigüinda
56	696276	9535974	Unidad Chigüinda
57	695349	9537587	Depósito coluvial
58	695611	9537592	Fm. San Francisco
59	696087	9538086	Unidad Chigüinda
60	695893	9538316	Unidad Tres Lagunas
61	695816	9538414	Unidad Tres Lagunas
62	694746	9539900	Unidad Tres Lagunas
63	694446	9540135	Unidad Tres Lagunas
64	695242	9540294	Unidad Tres Lagunas
65	694591	9540295	Unidad Tres Lagunas
66	693827	9540664	Unidad Tres Lagunas
67	694528	9541590	Unidad Tres Lagunas
68	694581	9542331	Unidad Tres Lagunas
69	695191	9542944	Unidad Tres Lagunas
70	695656	9542824	Unidad Tres Lagunas
71	695758	9542159	Unidad Tres Lagunas
72	697022	9544122	Unidad Chigüinda
73	697108	9544358	Unidad Chigüinda

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
74	697107	9544822	Unidad Tres Lagunas
75	697106	9544984	Unidad Tres Lagunas
76	697101	9545184	Unidad Tres Lagunas
77	697070	9545309	Unidad Tres Lagunas
78	694512	9538829	Unidad Tres Lagunas
79	693380	9539367	Unidad Tres Lagunas
80	692133	9539553	Unidad Tres Lagunas
81	692145	9539956	Unidad Tres Lagunas
82	692638	9540908	Unidad Tres Lagunas
83	692491	9541299	Unidad Tres Lagunas
84	696868	9532954	Depósito coluvial
85	696698	9532894	Depósito coluvial
86	696177	9531940	Fm. Santo Domingo
87	695619	9532175	Fm. San Francisco
88	695986	9534241	Fm. San José
89	695558	9534664	Fm. San José
90	694906	9535096	Fm. San José
91	695711	9535215	Fm. Santo Domingo
92	694935	9536211	Depósito coluvial
93	694750	9536101	Fm. Santo Domingo
94	694643	9536047	Fm. Santo Domingo
95	693999	9536130	Fm. Santo Domingo
96	688678	9537764	Fm. Santo Domingo
97	691339	9538906	Unidad Tres Lagunas
98	690927	9538559	Fm. Santo Domingo
99	690317	9538169	Fm. Santo Domingo
100	689201	9539741	Fm. Santo Domingo
101	688736	9539325	Fm. Santo Domingo
102	688611	9538629	Fm. Santo Domingo
103	688754	9538124	Fm. Santo Domingo
104	688622	9538042	Fm. Santo Domingo
105	689141	9538069	Fm. Santo Domingo
106	689204	9537644	Fm. Santo Domingo
107	689388	9537523	Fm. Santo Domingo
108	690069	9537142	Fm. Santo Domingo
109	689686	9536178	Fm. San Francisco
110	690780	9535404	Fm. San Francisco
111	691029	9536086	Fm. San Francisco

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
112	690784	9536259	Fm. Cerro Mandango
113	691723	9536947	Fm. Cerro Mandango
114	698299	9536802	Depósito aluvial
115	696998	9540631	Unidad Chigüinda
116	690831	9535104	Fm. San Francisco
117	690995	9534833	Fm. San Francisco
118	690600	9534327	Fm. San Francisco
119	691488	9533343	Depósito aluvial
120	691786	9533951	Fm. San Francisco
121	692366	9534433	Fm. San Francisco
122	692203	9536225	Fm. San Francisco
123	692314	9537611	Fm. San Francisco
124	692102	9533294	Fm. San Francisco
125	692243	9533246	Fm. San Francisco
126	692425	9533140	Fm. San Francisco
127	688137	9534582	Fm. Loma Blanca
128	687067	9534394	Fm. Loma Blanca
129	687315	9536203	Fm. Loma Blanca
130	685704	9536552	Unidad Chigüinda
131	685806	9536310	Depósito aluvial
132	685510	9536110	Depósito aluvial
133	687993	9533150	Unidad Chigüinda
134	686138	9534633	Unidad Chigüinda
135	686304	9532950	Unidad Chigüinda
136	686533	9531718	Unidad Chigüinda
137	688305	9531123	Unidad Chigüinda
139	686179	9530060	Unidad Chigüinda
140	685783	9529671	Unidad Chigüinda
141	686008	9528778	Unidad Chigüinda
142	686654	9527119	Unidad Chigüinda
143	695939	9538314	Unidad Tres Lagunas
144	690942	9534861	Fm. San Francisco
145	708745	9537826	Unidad Tres Lagunas
146	695568	9532351	Fm. San Francisco
147	695971	9535470	Fm. San Francisco
148	688932	9539549	Fm. Santo Domingo
149	688296	9536758	Fm. Santo Domingo
150	689146	9536294	Fm. San Francisco

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
151	696624	9532377	Fm. San Francisco
152	696106	9535370	Fm. Santo Domingo
153	695442	9535682	Fm. Santo Domingo
154	694998	9536556	Fm. San Francisco
155	693597	9536419	Fm. San Francisco
156	694593	9536691	Fm. San Francisco
157	689415	9536313	Fm. San Francisco
158	689523	9535975	Fm. San Francisco
159	689406	9535547	Fm. San Francisco
160	689593	9534339	Fm. Santo Domingo
161	690318	9533937	Fm. Santo Domingo
162	692439	9534111	Fm. San Francisco
163	696605	9534858	Fm. Santo Domingo
164	695871	9535043	Fm. Santo Domingo
165	694618	9534171	Fm. San Francisco
166	694903	9534648	Fm. San Francisco
167	688296	9536758	Fm. Santo Domingo
168	688719	9536503	Fm. Santo Domingo
169	689600	9537800	Fm. Santo Domingo
170	689400	9536600	Fm. San Francisco
171	691350	9536450	Fm. Cerro Mandango
172	695617	9531672	Fm. Cerro Mandango
173	696450	9532900	Fm. San Francisco
174	692600	9534950	Fm. San Francisco
175	692760	9535600	Fm. San Francisco
176	691850	9537380	Fm. San Francisco
177	689900	9539790	Fm. Santo Domingo
178	690790	9539430	Fm. Santo Domingo
179	690790	9539430	Fm. Santo Domingo
180	690480	9538950	Fm. Santo Domingo
181	689620	9538480	Fm. Santo Domingo
182	689390	9538350	Fm. Santo Domingo
183	689100	9538390	Fm. Santo Domingo
184	688710	9538380	Fm. Santo Domingo
185	690690	9538830	Fm. Santo Domingo
186	690700	9538380	Fm. Santo Domingo
188	691750	9538330	Fm. San Francisco
189	690396	9537675	Fm. Santo Domingo

Código de Afloramiento	Longitud (m)	Latitud (m)	Formación litológica
190	689630	9537490	Fm. Santo Domingo
191	688910	9537880	Fm. Santo Domingo
192	688670	9537401	Fm. Santo Domingo
193	689015	9537050	Fm. Santo Domingo
194	690300	9536810	Fm. San Francisco
195	690680	9536905	Fm. San Francisco
196	691290	9537280	Fm. San Francisco
197	691280	9537591	Fm. San Francisco
198	689010	9536810	Fm. San Francisco
199	688210	9536310	Fm. San José
200	690387	9536451	Fm. San Francisco
201	693210	9537390	Fm. San Francisco
202	693350	9537590	Fm. San Francisco
203	692501	9536400	Fm. San Francisco
204	687628	9536297	Fm. San José
205	687290	9536280	Fm. Loma Blanca
206	688720	9535480	Fm. Santo Domingo
207	691510	9535680	Fm. San Francisco
208	691800	9535710	Fm. San Francisco
209	689210	9535310	Fm. San Francisco
210	691340	9535400	Fm. San Francisco
211	691280	9534810	Fm. San Francisco
212	692400	9535180	Fm. San Francisco
213	690690	9534590	Fm. San Francisco
216	697514	9536062	Unidad Chigüinda
217	696754	9532150	Fm. Santo Domingo
218	695878	9531559	Fm. Cerro Mandango
219	694390	9533081	Fm. Cerro Mandango
220	695450	9538401	Unidad Tres Lagunas
221	709044	9537811	Unidad Tres Lagunas
222	685892	9530829	Unidad Chigüinda
223	688060	9529968	Depósito Aluvial
224	687008	9527964	Unidad Chigüinda

Fuente: Dávila (2021)

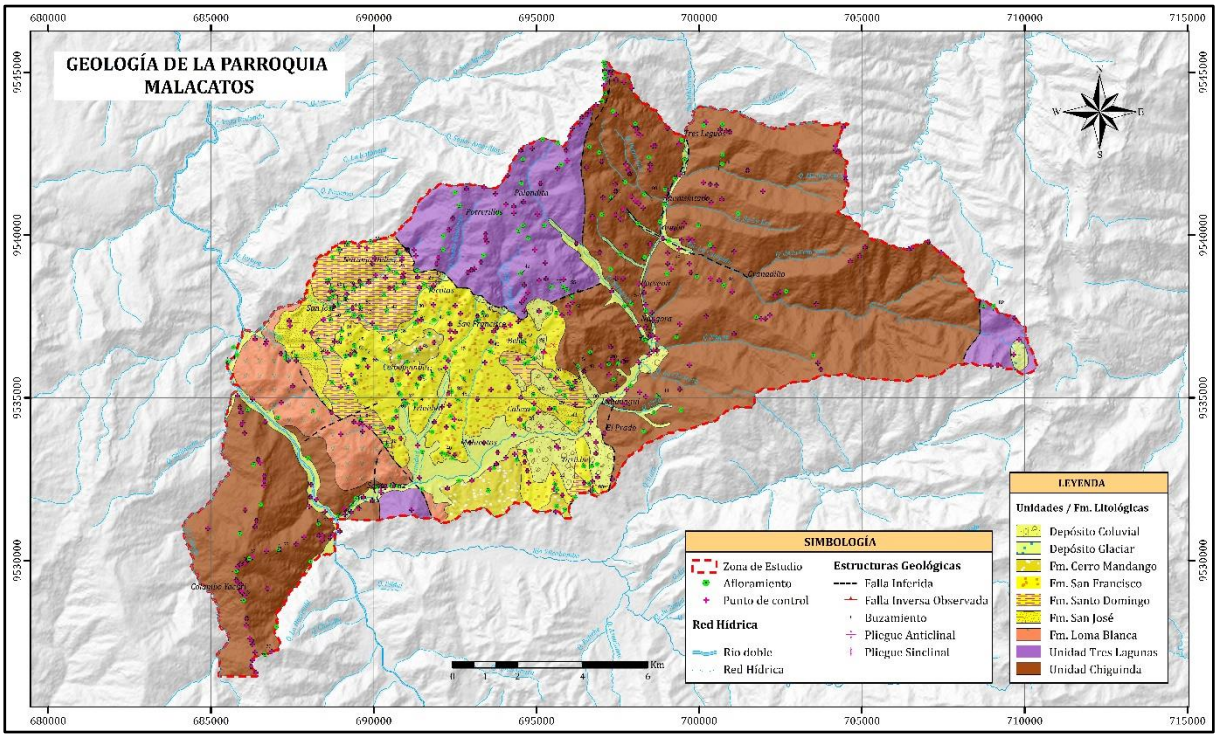
Dentro de este trabajo se obtuvo un total de 55 afloramientos asociados a la Unidad Chigüinda y 164 puntos de control; ligados a la Unidad Tres Lagunas se tiene 27 afloramientos y 55 puntos de control; de la misma forma se registró un número importante de afloramientos

y puntos de control dentro de la Formación Loma Blanca con un total de 6 y 14 respectivamente; dentro de la Formación San José se tiene 5 afloramientos y 7 puntos de control; en la Formación Santo Domingo se tiene un registro de 47 afloramientos y 39 puntos de control; en cuanto a la Formación San Francisco se tiene un número de 51 afloramientos y 6 puntos de control; en la Formación Cerro Mandango se encuentran 8 afloramientos y 11 puntos de control; finalmente dentro de los depósitos cuaternarios se tiene un total de 25 afloramientos y 64 puntos de control.

En base a las ediciones realizadas a partir de la validación en campo se obtuvo como resultado el siguiente mapa presentado en la figura 50.

Figura 50.

Puntos de Validación de la Geología



Fuente: Dávila (2021)

6.1.3. Edad y génesis de las formaciones

6.1.3.1. Edad.

El área de estudio se encuentra en la provincia de Loja al sur del Ecuador; geológicamente se encuentra representada por litología variada, donde se tienen rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Dentro de la parroquia encontramos mayor parte rocas metamórficas del paleozoico, ampliamente expuesta en la Cordillera Real, y formando el basamento de la cuenca de Malacatos; se constituye principalmente de rocas como: filitas, cuarcitas y esquistos. De acuerdo a Litherland y otros (1994) se reporta una datación de 362±12 Ma.

También se encuentra rocas de origen ígneo, en este caso asociadas a la Unidad Tres Lagunas del Triásico y a la Formación Loma Blanca del Oligomioceno; la primera aflora principalmente al centro norte de la parroquia y en el barrio Santa Cruz, donde se encuentra en contacto litológico con la Unidad Chigüinda y la Formación Loma Blanca, litológicamente consiste en rocas graníticas de grano medio a grueso; aquí de acuerdo a Litherland y otros (1994) se señala una edad de 227.6±32 Ma. La Formación Loma Blanca especialmente aflora entre la vía que Malacatos – Purunuma y el río Solanda, aquí encontramos brechas volcánicas, tobas andesíticas y areniscas volcánicas; dentro de esta formación, de acuerdo a la literatura se reporta una edad de 40.6 ± 5.4 Ma.

En cuanto a rocas sedimentarias se tienen diversas formaciones desde Mioceno al Mioplioceno de acuerdo a Hungerbühler y otros (2002). La Formación San José incluye areniscas calcáreas, conglomerados de clastos volcánicos a metamórficos, indican una edad que varía de 13.1 ±1.9 a 13.5 ± 1.2; la Formación Santo Domingo incluye lutitas con niveles de yeso y carbón, a más de ello fangolitas con dataciones de 12.0 ±1.2 a 14.6 ± 1.8; la Formación San Francisco se encuentra mayormente en el centro de la cuenca de Malacatos, se constituye de limolitas y areniscas con dataciones similares a la formación anterior; finalmente se encuentra la Formación Cerro Mandango, la cual consiste en una secuencia de conglomerados intercalados con estratos métricos de tobas de lapilli, situadas sobre la Fm. San Francisco; con edades que varían de 7.7 ± 0.8 a 11.4 ± 1.6.

Referente a depósitos superficiales se tienen tres tipos: coluvial, aluvial y glaciar del cuaternario. Representados por material de fuentes metamórficas e ígneas, además de tillitas en el caso de los depósitos glaciares.

En este sentido se considera importante describir los procesos que dieron origen a la litología del sitio, a través del tiempo geológico. Al relacionar la geología con las unidades de relieve se ha podido indicar las siguientes dataciones expresadas en la tabla 17.

Tabla 17.

Edad del Relieve de la Parroquia Malacatos

Mesorelieve	Unidad / Formación	Edad	Periodo
Relieve montañoso, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio	U. Chigüinda	362±12 Ma	Paleozoico
Relieve montañoso, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio	U. Tres Lagunas	227.6±32 Ma	Triásico
Relieve montañoso, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio	Fm. Loma Blanca	40.6±5.4 – 22.5±0.9 Ma	Oligo-Mioceno del Neógeno
Relieve colinado alto, relieve colinado medio, colinas bajas, llanura aluvial	Fm. San José	13.5±1.2 – 13.1±1.9 Ma	Mioceno del Neógeno
Relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, colinas bajas, llanura aluvial	Fm, Santo Domingo	14.6±1.8 – 12±1.2 Ma	
Relieve colinado muy alto, relieve colinado medio, colinas bajas, llanura aluvial, terraza aluvial	Fm. San Francisco		
Relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio, colinas bajas	Fm. Cerro Mandango	11.4±1.6 – 7.7±0.8 Ma	Mio-Plioceno del Neógeno
Colinas bajas, abanico aluvial	Depósito Coluvial	2.6 Ma	Cuaternario
Terraza aluvial, llanura aluvial, abanico aluvial	Depósito Aluvial		
Circo glaciar, llanura glaciar laguna	Depósito Glaciar		

Elaborado por: Dávila (2021)

6.1.3.2. Génesis.

En este sentido se considera importante describir los procesos que dieron origen a la litología del sitio a través del tiempo geológico como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18.

Génesis de las Unidades Geomorfológicas de la Parroquia Malacatos

Macro	Mesorelieve	Génesis	Área Km^2	%
Cordillera	Relieve montañoso	Tectónico-erosivo, estructural	117.37	56.97
Serranía	Relieve colinado muy alto	Tectónico-erosivo, estructural	66.35	32.21
	Relieve colinado alto	Tectónico-erosivo, estructural		
	Rv. colinado medio	Tectónico-erosivo, estructural, denudativo		
Piedemonte	Colinas bajas	Tectónico-erosivo, estructural, denudativo, deposicional	11.99	5.82
	Abanico Aluvial	Fluvial, deposicional		
Valle tectónico	Llanura Aluvial	Fluvial, deposicional	7.82	3.79
	Terraza Aluvial	Deposicional		
Valle glaciar	Circo glaciar	Glaciar	2.48	1.20
	Llanura glaciar	Glaciar		
	Laguna	Glaciar		

Elaborado por: Dávila (2021)

6.1.3.2.1. Tectónico – erosivo.

Relacionado a unidades colinadas y montañosas de diversas alturas y pendientes que han sido afectadas en mayor o menor grado por procesos de erosión; estas mantienen ciertas características de las unidades originales. Estos ambientes se asocian a la Unidad Chigüinda, a la Unidad Tres Lagunas, a la Formación Loma Blanca, San José y Santo Domingo.

Figura 51.

Relieves Montañosos y Relieve Colinado Alto Relacionado a Ambientes Tectónico - Erosivos

Fuente: Dávila (2021)

6.1.3.2.2. Estructural.

El ambiente estructural corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos. Este ambiente de formación está íntimamente relacionado a la Fm. Santo Domingo y la Unidad Chigüinda.

Figura 52.

Relieves Colinado Alto Relacionado a un Ambiente Estructural

Fuente: Dávila (2021)

6.1.3.2.3. Denudativo.

Se constituyen como procesos de desgaste en superficie; principalmente asociados a coluviales que, por procesos gravitacionales, así como acción del agua, han sufrido poco transporte desde su lugar de origen, presentando angulosidad en los clastos; dentro de este tipo de génesis también se tienen las colinas medianas representadas por material de la formación Cerro Mandango donde se logra visualizar cárcavas de gran profundidad dado por la erosión hídrica y eólica.

Figura 53.

Ambiente Denudativo en el Sector Picotas

Fuente: Dávila (2021)

6.1.3.2.4. Deposicional.

Concerniente a terrenos cuyo origen está relacionado a la depositación de material transportado por medios mecánicos producto de la desintegración de materiales preexistentes. El material de las formaciones San Francisco, San José y aluviales tienen por génesis este ambiente, asociados a edad Miocénica a cuaternaria.

Figura 54.

Colinas Bajas de Ambiente Deposicional en el Barrio San Francisco

Fuente: Dávila (2021)

6.1.3.2.5. Fluvial.

Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. La red hídrica se encarga de transportar su carga liquida y solida a lo largo del sistema fluvial generado procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos.

Figura 55.

Llanura de Inundación de la Quebrada Nangora y el Río Solanda

Fuente: Dávila (2021)

Estos procesos en el área de estudio han conllevado a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los abanicos de piedemonte, y las llanuras aluviales.

6.1.3.2.6. Glaciar.

En el área de estudio dentro de este ambiente se destacan las depresiones semicirculares llamadas "circos glaciales" con sus lagunas y artesas asociados en valles en U, seguidos por las morrenas glaciales, y rocas aborregadas.

Figura 56.

Ambiente Glaciar en el Parque Nacional Podocarpus

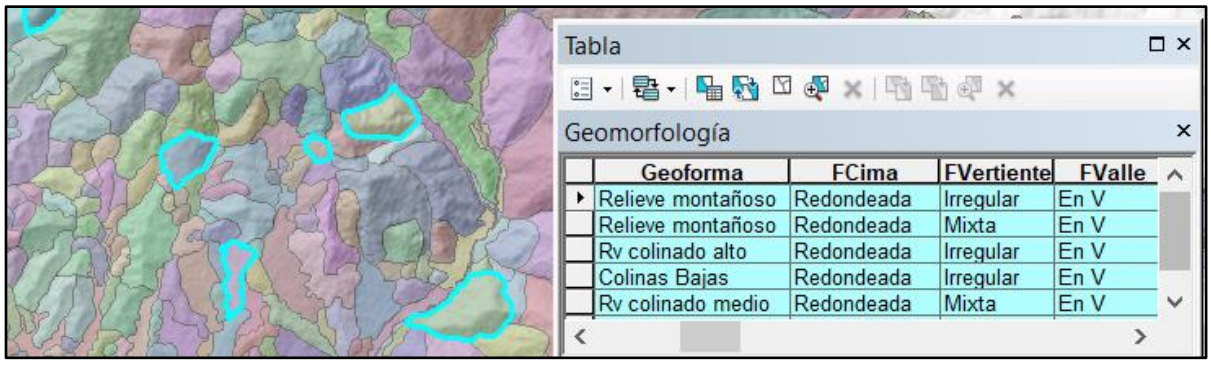
Fuente: Dávila (2021)

6.1.4. Rasgos morfológicos del área de estudio

Los atributos morfológicos, engloban las características cualitativas de la unidad de relieve, identificados mediante fotointerpretación y las visitas de campo, dicha información fue registrada como muestra en la figura 57.

Figura 57.

Muestra de Registro de Información Morfológica



Fuente: Dávila (2021)

A nivel regional se identificó un tipo de relieve, denominado “de montaña”, con cinco unidades morfológicas principales: cordillera, serranía, piedemonte, valle tectónico y valle glaciar; a continuación, se presenta de manera general el resultado de las características registradas.

Tabla 19.

Caracterización General Morfológica del Área de Estudio

Macro	Meso	Forma de la Cima	Forma de la Vertiente	Forma del Valle
Cordillera	Relieve montañoso	Agudas, redondeadas	Convexa, rectilínea, irregular, mixta	En V
Serranía	Relieve colinado muy alto	Agudas, redondeadas, planas	Convexa, irregular, rectilínea, mixta	En V
	Relieve colinado alto	Agudas, redondeadas, planas	Convexa, irregular, rectilínea, mixta	En V
	Rv. colinado medio	Agudas, redondeadas, planas	Convexa, irregular, rectilínea, mixta	En V
Piedemonte	Colinas bajas	Redondeadas	Convexa, irregular, mixta	En V
	Abanico Aluvial	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Valle tectónico	Llanura Aluvial	No aplicable	No aplicable	Plano
	Terraza Aluvial	No aplicable	No aplicable	Plano
Valle glaciar	Circo glaciar	Aguadas	Mixta	En U
	Llanura glaciar	No aplicable	No aplicable	Plano
	Laguna	No aplicable	No aplicable	No aplicable

Elaborado por: Dávila (2021)

6.1.5. Rasgos morfométricos del área de estudio

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, en este apartado se hizo uso del modelo digital de elevación para poder obtener aspectos morfométricos.

6.1.5.1. Pendiente.

Las pendientes se obtuvieron mediante el procesamiento del DEM de ALOS PALSAR, danto como resultado los siguientes valores mostrados en la tabla 20, la misma que tomó como base la clasificación de (Demek, 1972)

Tabla 20.

Clasificación de las Pendientes

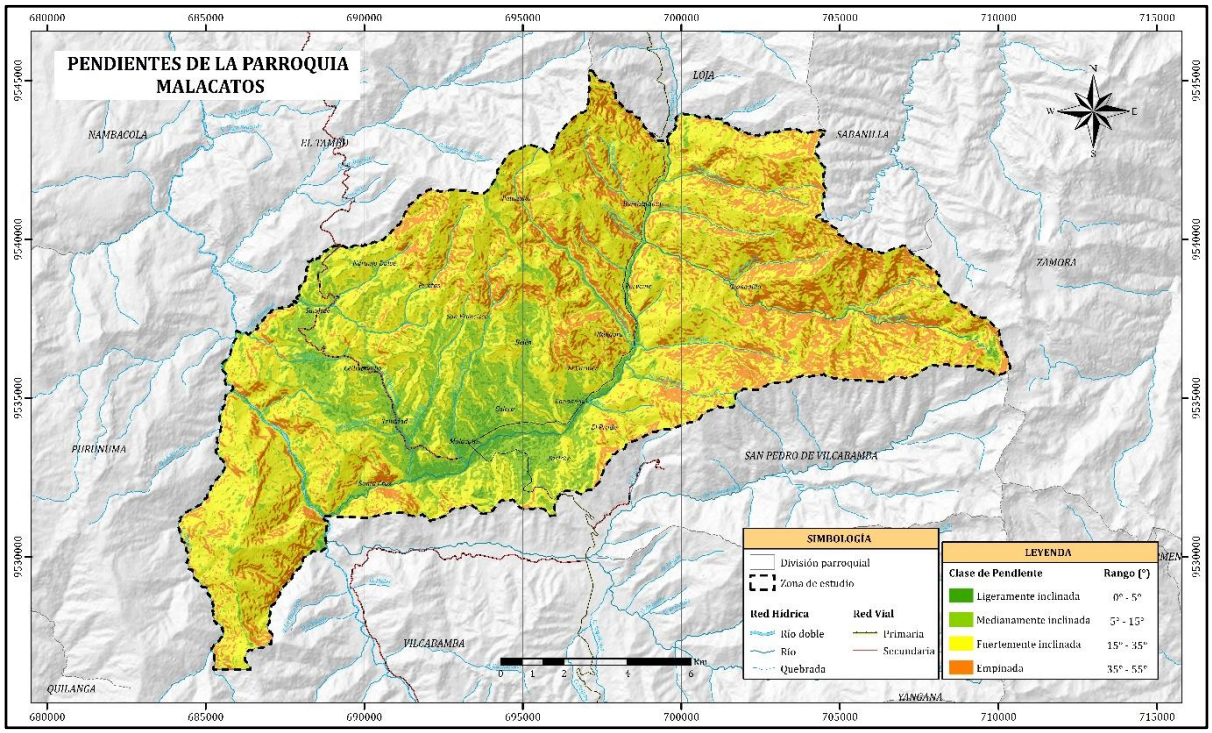
Color	Clase	Rango (°)	Área (Km^2)	Porcentaje (%)
	Ligeramente Inclinado	0° - 5°	7.690773	3.733275
	Medianamente Inclinado	5° - 15°	35.736685	17.347395
	Fuertemente Inclinado	15° - 35°	120.347532	58.419412
	Empinado	35° - 55°	42.231074	20.499918

Fuente: Demek (1972)
Elaborado por: Dávila (2021)

Después de calcular la pendiente en el software ArcGIS, se obtiene el siguiente mapa expresado en la figura 58.

Figura 58.

Representación de Pendientes de la Parroquia Malacatos



Elaborado por: Dávila (2021)

Aquí se puede observar que se presentan pendientes desde 0° hasta mayores a 55°, donde las pendientes de clasificación vertical cubren un área muy pequeña, por ello se la ha considerado entro de las pendientes empinadas, teniendo como resultado cuatro clases.

En la zona de estudio predominan las pendientes fuertemente inclinadas que varían desde 15° a 35°, abarcando un total de 120.35 km^2, correspondiendo a un 58.42%;

seguidamente encontramos pendientes empinadas, representando un área de 42.23 km^2, equivalente al 20.50% y las pendientes medianamente inclinas con un área de 35.74 km^2, lo mismo que es el 17.35% siendo estas tres consideradas como las más susceptibles debido a que pueden producir erosiones intensivas y deslizamientos.

En menor área se encuentra las pendientes ligeramente inclinadas con rangos de 0° a 5° abarcando un área de 7.69 km^2, es decir, el 3.73%; específicamente en esta zona se encuentra el mayor número de población; en la misma que se pueden generar movimientos de masa como reptaciones, pero no son de gran relevancia durante el trabajo en estudio ya que únicamente se analiza la susceptibilidad a deslizamientos.

6.1.5.2. Desnivel relativo.

Este parámetro corresponde a la diferencia de alturas entre la parte más baja de una geoforma y la parte más alta de esta. Este atributo se mide en metros y se lo obtiene a través de análisis estadístico zonal que ofrece el software ArcGIS; mediante el cual se obtiene la altura promedio (Mean), la altura mínima (Min), la altura máxima (Max) y el desnivel relativo (Range) de cada unidad de relieve, con el fin de poder diferenciar las unidades en función de estos parámetros.

En la tabla 21 se puede observar una muestra del análisis estadístico zonal realizado.

Tabla 21.

Muestra de un Análisis Estadístico Zonal

Code	Count	Área	Min	Max	Range	Mean	Std	Sum
1	1791	279843,75	1933	2359	426	2167,71	104,98	3882369
2	7038	1099687,5	1926	2425	499	2198,10	134,19	15470225
3	924	144375	1799	1999	200	1903,78	49,23	1759090
4	1022	159687,5	1953	2295	342	2160,83	94,75	2208366
5	492	76875	1919	2235	316	2054,95	66,36	1011037
6	40	6250	1511	1546	35	1524,65	9,70	60986
7	36	5625	1462	1493	31	1474,31	10,16	53075
8	6	937,5	1442	1446	4	1444,17	1,46	8665
9	8	1250	1435	1441	6	1438,75	2,11	11510
10	73	11406,25	1407	1426	19	1412,30	5,73	103098

Code	Count	Área	Min	Max	Range	Mean	Std	Sum
11	23	3593,75	1402	1421	19	1411,17	5,50	32457
12	24	3750	1402	1413	11	1407,17	2,98	33772
13	1223	191093,75	1357	1406	49	1382,43	10,46	1690713
14	1629	254531,25	1405	1533	128	1440,77	30,75	2347008
15	1827	285468,75	1356	1429	73	1384,79	13,99	2530008
16	2409	376406,25	1399	1898	499	1584,46	125,90	3816959

Elaborado por: Dávila (2021)

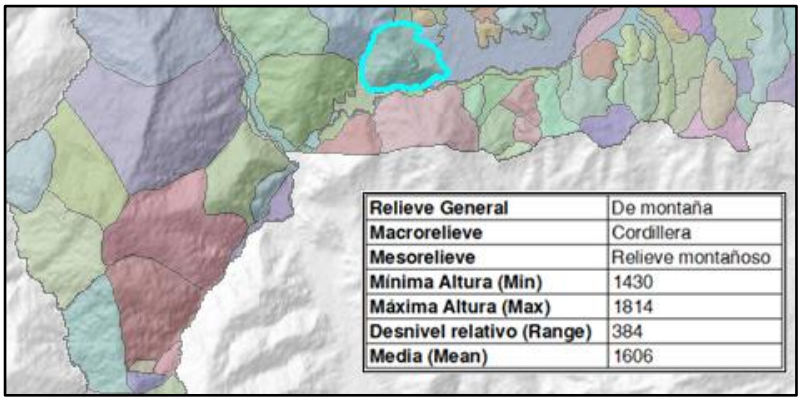
Este resultado se reclasificó de acuerdo a las descripciones de relieve que presenta el Ministerio del Ambiente en la metodología empleada en este trabajo, relacionada al modelo de unidades geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental.

En la figura 59 se puede observar una muestra del relieve montañoso, el cual se encuentra en una altura promedio 1606 metros, su altura mínima es de 1430 metros, su altura máxima es de 1814 metros y tiene un desnivel relativo mayor a 300 metros.

Sin duda la herramienta de estadística zonal que presenta en software es un aporte importante al momento de realizar una clasificación de unidades de relieve.

Figura 59.

Análisis Estadístico de una Geoforma



Fuente: Dávila (2021)

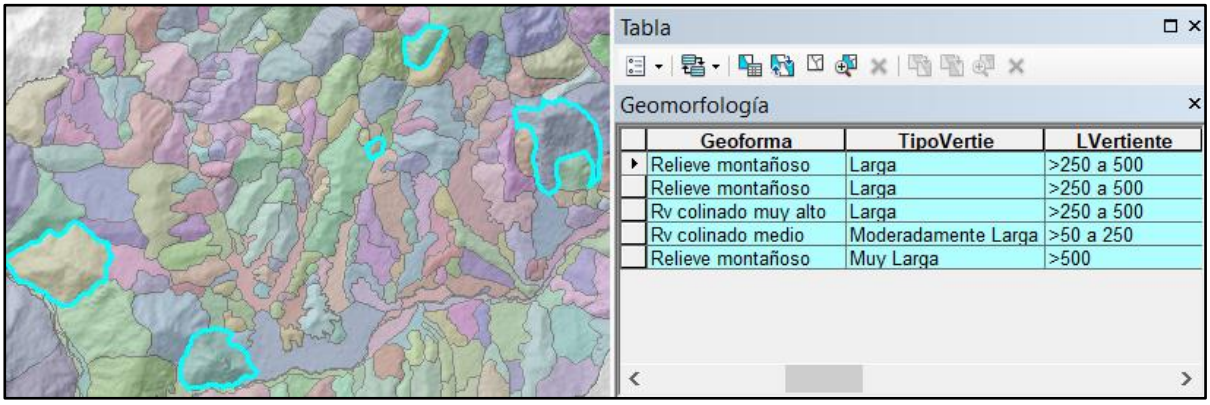
6.1.5.3. Longitud de la vertiente.

Representa la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros.

A continuación, sen la figura 60 e observa una muestra del trabajo registrado en base a la longitud de la vertiente.

Figura 60.

Asignación de Atributos de acuerdo a la Longitud de la Vertiente



Fuente: Dávila (2021)

La longitud de la vertiente tiene relación directa principalmente con los procesos exógenos como es la erosión y movimientos de masa. Este criterio se categorizó como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22.

Categorización para la Longitud de las Vertientes en el Área de Estudio

Macro	Meso	Vertiente	
		Tipo	Longitud (metros)
Cordillera	Relieve montañoso	Moderadamente larga, larga y muy larga	50 a >500
Serranía	Relieve colinado muy alto	Moderadamente larga, larga y muy larga	50 a >500
	Relieve colinado alto	Moderadamente larga, larga y muy larga	50 a >500
	Rv. colinado medio	Corta, moderadamente larga y larga	15 a 500
Piedemonte	Colinas bajas	Corta y moderadamente larga	15 a 250
	Abanico Aluvial	Corta y moderadamente larga	15 a 250
Valle tectónico	Llanura Aluvial	No aplicable	No aplicable
	Terraza Aluvial	No aplicable	No aplicable
Valle glaciar	Circo glaciar	Moderadamente larga	50 a >500
	Llanura glaciar	No aplicable	No aplicable
	Laguna	No aplicable	No aplicable

Fuente: Dávila (2021)

6.1.6. Atributos relacionados al drenaje

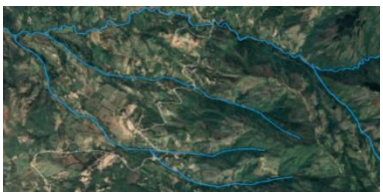
6.1.6.1. Forma de drenaje.

Este atributo es de gran importancia al momento de realizar un análisis morfológico del relieve, ya que la forma del drenaje representa la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, también presenta indicadores en cuanto a su litología y las estructuras que lo controlan.

La determinación de la tipología del drenaje se realiza por fotointerpretación haciendo uso de la red de drenaje de la parroquia y describiéndola como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.

Muestra de un Análisis Relacionado al Drenaje

Tipo de drenaje	Descripción	Gráfico
Red Paralela	Corresponde a terrenos montañosos donde las quebradas y vaguadas concurren hacia un afluente principal. Este tipo de red se observa en la zona de cordillera hacia el noreste de la parroquia.	
Red Meándrica	El río posee una extensión apreciable conocido como llanura de inundación, aquí se generan curvas pronunciadas conocidas como meandros. El caudal involucrado es importante y de volumen apreciable.	
Red Subdendrítica	Se relaciona a rocas sedimentarias del área de estudio.	

Elaborado por: Dávila (2021)

6.1.7. Atributos morfodinámicos

Las formas de relieve de la zona de estudio son el resultado del conjunto de numerosos factores, como ya se ha indicado anteriormente donde se cita la litología, estructuras geológicas, pendientes, entre otros, que, a su vez, se encuentran íntimamente relacionados con los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa); que han modelado, continúan moldeando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas.

La caracterización morfodinámica permite la evaluación de dicha zona en términos de estabilidad del terreno. El atributo morfodinámico se desarrolla a partir de dos componentes principales:

6.1.7.1. Deslizamientos.

Debido a lo indicado anteriormente, en este trabajo se ha considerado los deslizamientos como un parámetro complementario dentro de la información geomorfológica.

El inventario se lo realizó mediante trabajo de campo, donde por medio de fichas y fotografías se registró los deslizamientos encontrados en la zona de estudio, también se inventarió aquellos deslizamientos que se logran visualizar en la imagen satelital y a los cuales no se puedo acceder.

A continuación, en la tabla 24 se muestra el resultado del inventario de deslizamientos.

Tabla 24.

Inventario de Deslizamientos de la Parroquia Malacatos

N°	Ubicación	Coordenadas UTM/WGS84		Area (Ha)	Porcentaje
		X (m)	Y(m)		
1	La Florida	9535167	693304	0.097779	0.351313
2	Cascarita	9539884	698905	0.006837	0.024565
3	El Carmen	9535480	696165	0.030020	0.107860
4	Santa Ana	9532289	691733	0.004538	0.016303
5	Los Lirios	9542671	699545	0.025959	0.093268
6	Tres Leguas	9542638	699542	0.012276	0.044107
7	Tres Leguas	9542308	699557	0.010948	0.039334
8	La Florida	9536130	693999	0.195618	0.706074
9	Nangora	9536544	698820	0.066845	0.240169
10	Palandita	9542399	694328	0.013145	0.047230
11	Palandita	9541529	693983	0.007815	0.028079
12	Palandita	9541215	693885	0.001708	0.006137
13	Palandita	9539943	694813	0.066362	0.238435
14	Palandita	9539919	694823	0.050620	0.181873
15	Palandita	9539122	695340	0.022983	0.082575
16	Palandita	9539459	695801	1.296884	4.659618
17	Palandita	9539382	695702	0.582761	2.093821
18	San Francisco Alto	9537731	696023	0.023887	0.085823

N°	Ubicación	Coordenadas UTM/WGS84		Area (Ha)	Porcentaje
		X (m)	Y(m)		
19	San Francisco Alto	9537629	696067	0.043659	0.156865
20	San Francisco Alto	9537873	695806	0.026476	0.095128
21	San Francisco Alto	9537697	695821	0.015160	0.054467
22	San Francisco Alto	9537849	695834	0.005954	0.021393
23	Palandita	9540166	695904	1.302758	4.680722
24	Vía a Granadillo	9539052	699056	0.020728	0.074475
25	Vía a Granadillo	9538814	699015	0.028531	0.102508
26	Cerro Yunanga	9537533	696375	12.645187	45.433304
27	San Antonio	9544951	697114	0.007758	0.027875
29	Cerca de Colambo Yacuri	9530688	688384	0.026435	0.094978
30	Cerca de Colambo Yacuri	9530561	688334	0.095766	0.344082
31	Cerca de Colambo Yacuri	9530548	688029	0.074415	0.267370
32	Colombo Yacuri	9530060	686179	0.079220	0.284633
33	Colambo Yacuri	9530006	686127	0.008749	0.031434
34	Colambo Yacuri	9529935	686054	0.020622	0.074092
35	Colambo Yacuri	9529876	685905	0.010647	0.038252
36	Colambo Yacuri	9529802	685816	0.040676	0.146147
37	Colambo Yacuri	9529255	685918	0.068207	0.245065
38	Colambo Yacuri	9529063	685915	0.029547	0.106161
39	Colambo Yacuri	9529033	685955	0.049317	0.177191
41	Colambo Yacuri	9527189	686363	0.082573	0.296678
42	Colambo Yacuri	9532948	686302	0.245072	0.880528
43	Colambo Yacuri	9533152	686479	0.201613	0.724383

Deslizamientos identificados a partir de fotointerpretación

N°	Ubicación	Coordenadas UTM/WGS84		Area (Ha)	Porcentaje
		X (m)	Y(m)		
44	La Era	9541816	700963	0.985163	3.539625
45	Parque Nacional Podocarpus	9541011	702069	0.216062	0.776297
46	Parque Nacional Podocarpus	9540794	702704	0.20699	0.743700
47	Parque Nacional Podocarpus	9540921	702455	0.567429	2.038736
48	Parque Nacional Podocarpus	9541308	703185	0.289427	1.039892
49	Parque Nacional Podocarpus	9541223	703392	0.128809	2.416220
50	Parque Nacional Podocarpus	9541149	703465	0.071573	0.462800
51	Parque Nacional Podocarpus	9541144	703746	0.582158	0.257156
52	Parque Nacional Podocarpus	9541117	703731	0.582158	2.091656
53	Parque Nacional Podocarpus	9541646	703984	0.15513	0.557373
54	Parque Nacional Podocarpus	9541038	703355	0.314797	1.131044

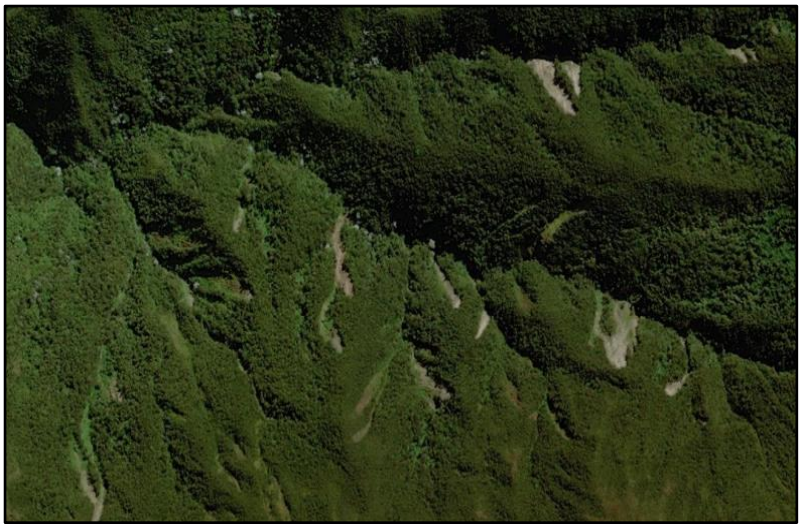
N°	Ubicación	Coordenadas UTM/WGS84		Area (Ha)	Porcentaje
		X (m)	Y(m)		
55	Parque Nacional Podocarpus	9539329	705794	0.196344	0.705452
56	Parque Nacional Podocarpus	9539329	705434	0.400646	1.439494
57	Parque Nacional Podocarpus	9539614	704873	0.274642	0.986771
58	Parque Nacional Podocarpus	9538889	705794	0.548164	1.969517
59	Parque Nacional Podocarpus	9538672	706567	0.321909	1.156598
60	Parque Nacional Podocarpus	9536820	707096	1.039653	3.735402
61	Parque Nacional Podocarpus	9536868	707471	0.682125	2.450829
62	Parque Nacional Podocarpus	9536878	707725	0.503137	1.807738
63	Parque Nacional Podocarpus	9536556	707646	0.224239	0.805675
64	Parque Nacional Podocarpus	9538635	705080	1.276212	4.585345
65	Parque Nacional Podocarpus	9542565	703101	0.424732	1.526034
	TOTAL			27.832417	100

Fuente: Dávila (2021)

La mayor parte de deslizamientos registrados se encuentran en el Parque Nacional Podocarpus, constituidos litológicamente de esquistos mediana a altamente meteorizados, y son de origen natural, estos fueron identificados en la imagen satelital.

Figura 61.

Deslizamientos Identificados a partir de Imagen Satelital

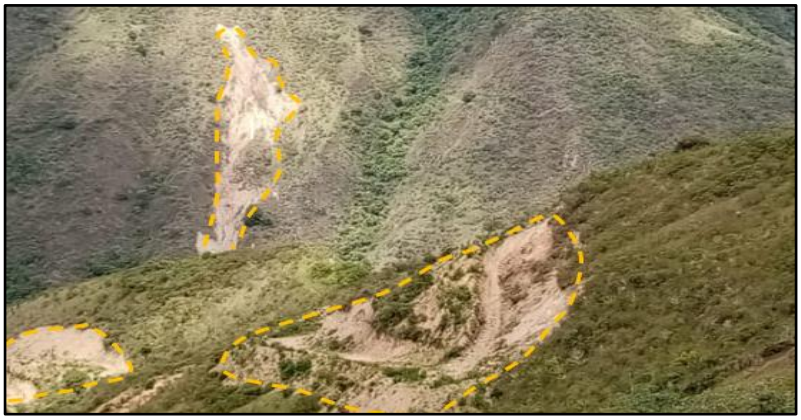


Fuente: SASPLANET (2019)

Dentro del registro tenemos algunos deslizamientos tanto en el sector Tres Leguas, a lo largo del sendero ecológico y en el sector Palandita que debido a su ubicación no se pudo acceder, pero tomando como base la aplicación ***Avenza Maps*** se los pudo ubicar en el mapa.

Figura 62.

Deslizamientos a los que no se Pudo Acceder



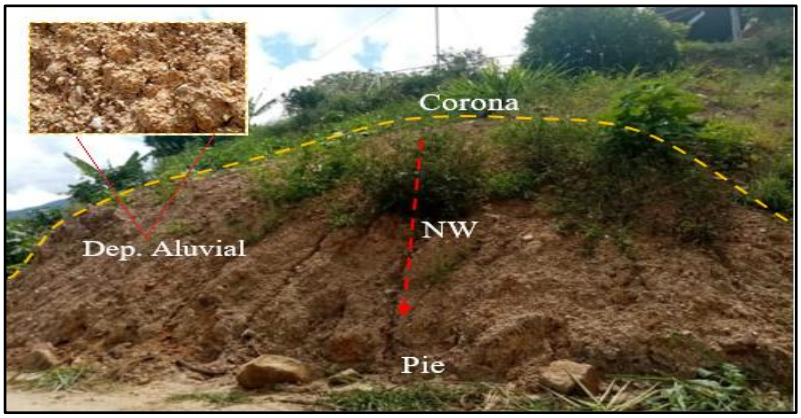
Fuente: Dávila (2021)

Encontramos un número importante de deslizamientos en el sector Tres Leguas, San Francisco Alto, Palandita y Parque Colambo Yacuri donde encontramos materiales altamente meteorizados y con humedad de media a alta.

En el sector Tres Leguas se tienen tres deslizamientos, constituido generalmente por depósitos aluviales y se encuentran con una humedad media. Dentro de los depósitos cuaternarios también encontramos el deslizamiento número 5, situado vía a La Granja.

Figura 63.

Deslizamiento en la Vía a La Granja, Sector Santa Ana



Fuente: Dávila (2021)

En el sector de San Francisco alto se tiene un registro de 7 deslizamientos caracterizados principalmente por material de la Unidad Chigüinda, el mismo que se compone de esquistos pelíticos y cuarcitas, este material se encuentra altamente meteorizado, provocando de esta manera movimientos de masa.

Figura 64.

Deslizamiento en el Sector San Francisco Alto

Fuente: Dávila (2021)

En el sector Palandita encontramos un número considerado de deslizamientos registrados, teniendo un total de 9, aquí podemos encontrar granitoides con alteración terrosa con cristales milimétricos de cuarzo, en esta zona también se logra apreciar oxidaciones.

Figura 65.

Deslizamiento en el Sector Palandita

Fuente: Dávila (2021)

El mayor número de deslizamientos registrados se encuentran en el Parque Colambo Yacuri, y cerca de este, dando un total de 16 deslizamientos, estos se caracterizan por la presencia de material metamórfico bastante meteorizado y donde se logra apreciar la existencia de humedad.

Figura 66.

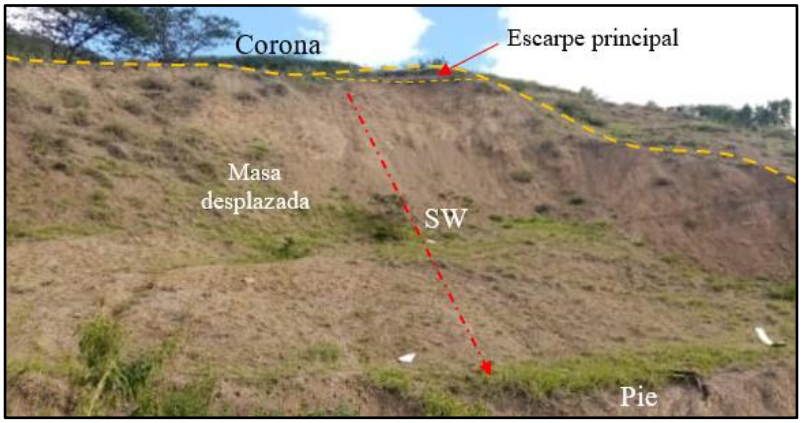
Deslizamiento Ubicado en el Parque Colambo Yacuri

Fuente: Dávila (2021)

En el sector La Florida, se identificó un deslizamiento de tipo rotacional ubicado en la vía que conduce al barrio San Francisco Alto, cerca del canal de riego. Litológicamente se encuentra representado por la Formación Santo Domingo, la misma que presenta un material sedimentario, caracterizado por lutitas con capas de areniscas y niveles de yeso, presenta una meteorización de media a alta, en este deslizamiento las estructuras se encuentran buzando con 28°NE, la dirección de este fenómeno es de SW; la cobertura es arbustiva.

Figura 67.

Deslizamiento Rotacional, Sector La Florida



Fuente: Dávila (2021)

6.1.7.2. Erosión.

Las geoformas continuamente están expuestos a procesos de erosión, originando de este modo cambios en el relieve, reflejados en profundas disecciones de las pendientes, depósitos de material dispuestos sobre las laderas, aumento de la tasa de sedimentación de los cauces y hasta pérdida de la cobertura vegetal.

El análisis de procesos de erosión también se registró en campo; donde, se encontró que el tipo de erosión predominante en la zona de estudio son los surcos y cárcavas, con grado de erosión moderada; en menor proporción se presenta erosión laminar y procesos de socavación lateral y de fondo debido a la acción de corrientes superficiales.

Figura 68.

Erosión Evidenciada en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

6.1.8. Uso actual del suelo

Considerando que el uso de suelo se encuentra influenciado con la geomorfología ha sido importante realizar también un registro cartográfico referente a este ámbito. Dentro de este apartado se ha obtenido 8 clases de uso actual del suelo a partir de los datos facilitados por el GAD Municipal de Loja y actualizada por la autora, estas pueden ser observadas en la tabla 25.

Tabla 25.

Resultados de la Clasificación de Uso Actual del Suelo de la Parroquia.

Color	Uso actual del suelo	Área (Km^2)	Porcentaje (%)
	Cuerpo de Agua	0.609362	0.295799
	Bosque Nativo	43.408242	21.07134
	Vegetación Arbustiva y Herbácea	89.297314	43.34694
	Plantación Forestal	2.885674	1.40077
	Páramo	8.213800	3.98716
	Tierra Agropecuaria	54.85008	26.62547

Color	Uso actual del suelo	Área (Km^2)	Porcentaje (%)
	Improductivo	1.974315	0.95837
	Zona Antrópica	4.767218	2.314411

Fuente: Dávila (2021)

De acuerdo a esto se tiene que la vegetación herbácea y arbustiva es la que abarca la mayor extensión del área de estudio con 89.30 km^2, representando el 43.35%, aquí encontramos principalmente especies de junco, lechuguin, paja, pasto, yashipa, puya.

Seguidamente se tiene el uso agropecuario en una extensión de 54.85 km^2, lo mismo que es el 26.63% del territorio, en lo referente a cultivos se pudo encontrar cultivos de maíz, apio, arveja, caña de azúcar, cebada, tomate de árbol, zapallo, yuca.

El suelo de la parroquia Malacatos se encuentra cubierta en gran extensión también por un bosque nativo, especialmente en el Parque Nacional Podocarpus, aquí localizan especies nativas como podocarpus, ducos, cashcos, pumamaqui, cucharillo, kike, entre otras. Este tipo de uso abarca un área de 43.41 km^2, igual al 21.07%. Seguidamente se encuentra una superficie de 8.21 km^2, equivalente a 3.99% representado por páramo.

En una extensión menor con tan solo 4.76 km^2, el territorio se encuentra con un uso antrópico, dentro del cual se pudo localizar canteras, casas de hacienda, complejo educacional y recreacional, granja avícola, área de proceso de urbanización, centro poblado y la red vial.

En cuanto a las plantaciones forestales, su área es significativamente menor a la identificada dentro del bosque natural, abarcando únicamente un 2.89 km^2, equivalente a un 1.40% del área total de la parroquia, esta formación vegetal se distribuye dentro de la parroquia en pequeñas cantidades y de forma aleatoria, se caracteriza por la presencia de especies como ceibo, pretino, laurel, pino, eucalipto, entre otras.

Dentro de todas las categorías establecidas la de menor área es el suelo improductivo con un área de 1.97 km^2 junto con los cuerpos de agua, con una extensión de 0.61km^2 de la parroquia, lo mismo sería decir el 0.30% del área total, dentro de este uso se consideró el río doble y lagunas.

6.1.8.1. Validación del uso actual del suelo.

Es importante indicar que la cartografía presentada por el Municipio de Loja (2018) relacionada al uso actual del suelo fue actualizada mediante fotointerpretación con uso de la

imagen satelital de 1.1m/pixel descargado de SASPlanet con fecha del año (2021), donde las modificaciones básicamente se relacionaron al uso antrópico, donde se tomaron en cuenta las vías y zonas en proceso de urbanización, ya que ha existido durante estos años un crecimiento poblacional en la parroquia.

Para poder validar la cartografía de uso de suelo fue de suma importancia registrar en las fichas geomorfológicas el apartado relacionado a este parámetro, a más de ello se tomaron puntos de control dando un total de 325 puntos.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los puntos de control con el uso actual de suelo al que corresponden.

Tabla 26.

Ubicación Geográfica de Puntos de Control de Uso Actual del Suelo, DATUM WGS84

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
1	710128	9535976	Páramo
2	709795	9536487	Cuerpo de agua
3	709585	9536065	Páramo
4	708668	9536363	Vegetación arbustiva y herbácea
5	709074	9536906	Cuerpo de agua
6	709620	9537096	Páramo
7	708900	9537496	Páramo
8	708192	9538318	Páramo
9	707773	9536817	Bosque nativo
10	707021	9536842	Bosque nativo
11	706979	9539086	Bosque nativo
12	705833	9539280	Bosque nativo
13	704565	9539711	Bosque nativo
14	704314	9540448	Bosque nativo
15	704044	9541108	Bosque nativo
16	701015	9538266	Vegetación arbustiva y herbácea
17	700145	9538400	Vegetación arbustiva y herbácea
18	699743	9538854	Vegetación arbustiva y herbácea
19	699604	9539514	Vegetación arbustiva y herbácea
20	701077	9539486	Bosque nativo
21	700301	9540283	Vegetación arbustiva y herbácea
22	699534	9540343	Tierra agropecuaria

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
23	700752	9540645	Bosque nativo
24	699303	9535277	Vegetación arbustiva y herbácea
25	698368	9535038	Tierra agropecuaria
26	697888	9535379	Tierra agropecuaria
27	698113	9535786	Tierra agropecuaria
28	698463	9536321	Plantación forestal
29	698348	9536235	Plantación forestal
30	698605	9536445	Vegetación arbustiva y herbácea
31	698718	9536452	Tierra agropecuaria
32	698595	9537051	Tierra agropecuaria
33	699411	9537268	Vegetación arbustiva y herbácea
34	698122	9537182	Bosque nativo
35	698499	9537709	Tierra agropecuaria
36	698360	9537849	Tierra agropecuaria
37	697713	9537825	Tierra agropecuaria
38	697085	9533911	Tierra agropecuaria
39	696819	9533284	Tierra agropecuaria
40	696579	9533878	Tierra agropecuaria
41	695711	9535215	Zona antrópica
42	696276	9535974	Improductivo
43	695114	9536894	Zona antrópica
44	694892	9535939	Zona antrópica
45	694953	9537229	Tierra agropecuaria
46	695136	9537632	Zona antrópica
47	695528	9537555	Zona antrópica
48	696698	9532894	Tierra agropecuaria
49	696677	9532152	Tierra agropecuaria
50	695293	9532137	Zona antrópica
51	694640	9533326	Zona antrópica
52	694340	9533270	Tierra agropecuaria
53	694332	9533040	Vegetación arbustiva y herbácea
54	693960	9534109	Tierra agropecuaria
55	693693	9532841	Vegetación arbustiva y herbácea
56	693808	9533318	Tierra agropecuaria
57	693174	9533505	Tierra agropecuaria
58	692627	9533833	Tierra agropecuaria
59	691500	9533168	Tierra agropecuaria
60	691412	9532550	Zona antrópica

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
61	692013	9532257	Vegetación arbustiva y herbácea
62	691496	9532199	Tierra agropecuaria
63	691157	9532367	Tierra agropecuaria
64	690521	9532303	Tierra agropecuaria
65	690644	9533347	Vegetación arbustiva y herbácea
66	691356	9534014	Vegetación arbustiva y herbácea
67	691687	9534192	Tierra agropecuaria
68	691419	9534638	Zona antrópica
69	690831	9535104	Tierra agropecuaria
70	690797	9535129	Tierra agropecuaria
71	690450	9535475	Zona antrópica
72	691429	9536521	Vegetación arbustiva y herbácea
73	692219	9535607	Zona antrópica
74	692791	9535109	Tierra agropecuaria
75	693321	9534729	Tierra agropecuaria
76	693339	9535177	Tierra agropecuaria
77	694562	9535372	Tierra agropecuaria
78	693548	9536082	Tierra agropecuaria
79	692718	9532414	Tierra agropecuaria
80	691171	9531558	Vegetación arbustiva y herbácea
81	690114	9532254	Vegetación arbustiva y herbácea
82	689763	9531976	Tierra agropecuaria
83	689318	9531547	Tierra agropecuaria
84	688704	9531339	Zona antrópica
85	688999	9532167	Vegetación arbustiva y herbácea
86	688132	9531094	Vegetación arbustiva y herbácea
87	688573	9530498	Tierra agropecuaria
88	688084	9532320	Tierra agropecuaria
89	689667	9533974	Vegetación arbustiva y herbácea
90	688137	9534582	Vegetación arbustiva y herbácea
91	685751	9526840	Improductivo
92	686096	9526918	Improductivo
93	686419	9527145	Improductivo
94	686285	9527430	Improductivo
95	685837	9527501	Bosque nativo
96	686164	9527734	Vegetación arbustiva y herbácea
97	686767	9527531	Vegetación arbustiva y herbácea
98	686524	9527995	Vegetación arbustiva y herbácea

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
99	685581	9528294	Vegetación arbustiva y herbácea
100	685999	9528354	Vegetación arbustiva y herbácea
101	686088	9528003	Vegetación arbustiva y herbácea
102	686556	9528754	Vegetación arbustiva y herbácea
103	685931	9528639	Vegetación arbustiva y herbácea
104	685708	9528794	Vegetación arbustiva y herbácea
105	685365	9529103	Bosque nativo
106	685855	9529099	Vegetación arbustiva y herbácea
107	686743	9529139	Vegetación arbustiva y herbácea
108	686477	9529558	Vegetación arbustiva y herbácea
109	686108	9529584	Vegetación arbustiva y herbácea
110	684910	9530994	Vegetación arbustiva y herbácea
111	686956	9530372	Vegetación arbustiva y herbácea
112	687356	9530384	Vegetación arbustiva y herbácea
113	687720	9530647	Vegetación arbustiva y herbácea
114	687243	9530867	Vegetación arbustiva y herbácea
115	686145	9530726	Improductivo
116	686050	9531553	Vegetación arbustiva y herbácea
117	686304	9532950	Vegetación arbustiva y herbácea
118	687529	9532466	Vegetación arbustiva y herbácea
119	687869	9533045	Cuerpo de agua
120	687535	9533850	Cuerpo de agua
121	686574	9534602	Cuerpo de agua
122	685985	9534231	Vegetación arbustiva y herbácea
123	685715	9534947	Vegetación arbustiva y herbácea
124	685529	9536089	Cuerpo de agua
125	685806	9536310	Vegetación arbustiva y herbácea
126	686354	9536797	Vegetación arbustiva y herbácea
127	686681	9536642	Improductivo
128	687315	9536203	Vegetación arbustiva y herbácea
129	688104	9536989	Tierra agropecuaria
130	688477	9536907	Tierra agropecuaria
131	688159	9537726	Tierra agropecuaria
132	687245	9537110	Tierra agropecuaria
133	688584	9536375	Tierra agropecuaria
134	689686	9536178	Vegetación arbustiva y herbácea
135	688980	9535339	Tierra agropecuaria
136	692103	9537520	Tierra agropecuaria

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
137	692183	9537628	Tierra agropecuaria
138	693331	9537124	Tierra agropecuaria
139	688658	9538268	Vegetación arbustiva y herbácea
140	689168	9538172	Vegetación arbustiva y herbácea
141	689201	9539741	Tierra agropecuaria
142	690875	9539216	Tierra agropecuaria
143	691264	9538495	Tierra agropecuaria
144	693001	9538918	Tierra agropecuaria
145	694082	9537099	Tierra agropecuaria
146	696040	9537586	Vegetación arbustiva y herbácea
147	696017	9537688	Vegetación arbustiva y herbácea
148	696067	9537747	Vegetación arbustiva y herbácea
149	695830	9537849	Vegetación arbustiva y herbácea
150	696067	9538092	Vegetación arbustiva y herbácea
151	696022	9538150	Vegetación arbustiva y herbácea
152	695893	9538316	Vegetación arbustiva y herbácea
153	695807	9538433	Vegetación arbustiva y herbácea
154	697308	9538273	Bosque nativo
155	698113	9539114	Tierra agropecuaria
156	696223	9539742	Bosque nativo
157	695772	9539500	Improductivo
158	697587	9540486	Vegetación arbustiva y herbácea
159	694950	9539545	Vegetación arbustiva y herbácea
160	694649	9539870	Tierra agropecuaria
161	694756	9539889	Vegetación arbustiva y herbácea
162	694823	9539919	Vegetación arbustiva y herbácea
163	694574	9539939	Tierra agropecuaria
164	694364	9540409	Vegetación arbustiva y herbácea
165	693983	9541532	Vegetación arbustiva y herbácea
166	695526	9541331	Vegetación arbustiva y herbácea
167	695122	9542925	Tierra agropecuaria
168	696821	9542908	Bosque nativo
169	697293	9545029	Tierra agropecuaria
170	697509	9544836	Bosque nativo
171	697429	9544353	Tierra agropecuaria
172	697245	9544853	Bosque nativo
173	697165	9544704	Páramo
174	696546	9543696	Vegetación arbustiva y herbácea

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
175	698349	9543622	Tierra agropecuaria
176	699467	9542912	Tierra agropecuaria
177	700138	9543374	Bosque nativo
178	700708	9543403	Páramo
179	699554	9542310	Vegetación arbustiva y herbácea
180	699045	9541375	Tierra agropecuaria
181	698805	9540223	Tierra agropecuaria
182	698753	9540090	Zona antrópica
183	698928	9540945	Zona antrópica
184	704500	9541484	Bosque nativo
185	704456	9541798	Páramo
186	704497	9542168	Bosque nativo
187	704293	9542420	Bosque nativo
188	704044	9542663	Bosque nativo
189	704296	9543160	Bosque nativo
190	703869	9543359	Bosque nativo
191	699035	9542380	Tierra agropecuaria
192	696132	9542534	Páramo
193	695504	9532855	Tierra agropecuaria
194	695200	9533502	Zona antrópica
195	695365	9534900	Tierra agropecuaria
196	694663	9534961	Zona antrópica
197	696624	9535531	Zona antrópica
198	696861	9534604	Zona antrópica
199	689404	9535257	Tierra agropecuaria
200	690727	9534382	Tierra agropecuaria
201	689409	9533355	Vegetación arbustiva y herbácea
202	690467	9532711	Vegetación arbustiva y herbácea
203	689319	9532069	Vegetación arbustiva y herbácea
204	694708	9535978	Tierra agropecuaria
205	694759	9536146	Tierra agropecuaria
206	694474	9537234	Zona antrópica
207	694012	9537857	Vegetación arbustiva y herbácea
208	695327	9538015	Tierra agropecuaria
209	693682	9532077	Tierra agropecuaria
210	690359	9538595	Tierra agropecuaria
211	690856	9537685	Vegetación arbustiva y herbácea
212	689034	9537242	Vegetación arbustiva y herbácea

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
213	694364	9540409	Vegetación arbustiva y herbácea
214	701059	9535801	Vegetación arbustiva y herbácea
215	699924	9536012	Plantación forestal
216	692437	9540801	Tierra agropecuaria
217	693545	9540395	Páramo
218	696908	9542495	Bosque nativo
219	695119	9541723	Vegetación arbustiva y herbácea
220	695312	9542772	Tierra agropecuaria
221	698549	9542442	Tierra agropecuaria
222	700903	9543024	Páramo
223	700998	9539842	Tierra agropecuaria
224	700386	9539635	Tierra agropecuaria
225	701524	9539110	Tierra agropecuaria
226	702413	9537071	Vegetación arbustiva y herbácea
227	703853	9537283	Vegetación arbustiva y herbácea
228	706477	9537791	Bosque nativo
229	700480	9537732	Vegetación arbustiva y herbácea
230	697093	9536145	Vegetación arbustiva y herbácea
231	696644	9537125	Vegetación arbustiva y herbácea
232	695881	9536141	Vegetación arbustiva y herbácea
233	692287	9536724	Vegetación arbustiva y herbácea
234	692782	9535607	Vegetación arbustiva y herbácea
235	693796	9534984	Tierra agropecuaria
236	698460	9534198	Vegetación arbustiva y herbácea
237	697926	9534520	Tierra agropecuaria
238	695619	9532175	Zona antrópica
239	695159	9532772	Zona antrópica
240	692402	9532796	Tierra agropecuaria
241	693129	9534211	Tierra agropecuaria
242	692567	9534504	Tierra agropecuaria
243	690793	9536451	Vegetación arbustiva y herbácea
244	690297	9536069	Vegetación arbustiva y herbácea
245	689650	9532498	Vegetación arbustiva y herbácea
246	689893	9531454	Vegetación arbustiva y herbácea
247	694051	9539320	Vegetación arbustiva y herbácea
248	692571	9538532	Vegetación arbustiva y herbácea
249	689558	9539047	Vegetación arbustiva y herbácea
250	689711	9537891	Vegetación arbustiva y herbácea

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
251	689928	9537201	Tierra agropecuaria
252	695608	9533730	Tierra agropecuaria
253	696724	9535083	Zona antrópica
254	695457	9534559	Tierra agropecuaria
255	690611	9534610	Vegetación arbustiva y herbácea
256	691640	9535420	Vegetación arbustiva y herbácea
257	688592	9535166	Tierra agropecuaria
258	688071	9535774	Tierra agropecuaria
259	687683	9537510	Tierra agropecuaria
260	686616	9535854	Vegetación arbustiva y herbácea
261	685728	9535499	Vegetación arbustiva y herbácea
262	686206	9534906	Cuerpo de agua
263	685861	9532224	Vegetación arbustiva y herbácea
264	687119	9532917	Vegetación arbustiva y herbácea
265	689301	9534444	Plantación forestal
266	687830	9534468	Vegetación arbustiva y herbácea
267	688544	9538846	Tierra agropecuaria
268	688700	9539409	Tierra agropecuaria
269	690574	9539522	Tierra agropecuaria
270	691522	9538558	Tierra agropecuaria
271	695279	9539150	Tierra agropecuaria
272	696367	9538671	Vegetación arbustiva y herbácea
273	695635	9540638	Vegetación arbustiva y herbácea
274	697437	9538976	Vegetación arbustiva y herbácea
275	696482	9539542	Bosque nativo
276	698233	9540304	Vegetación arbustiva y herbácea
277	698351	9539152	Tierra agropecuaria
278	697757	9536881	Vegetación arbustiva y herbácea
279	698797	9535915	Tierra agropecuaria
280	700798	9541330	Plantación forestal
281	697069	9541220	Páramo
282	697876	9537515	Bosque nativo
283	699027	9538828	Vegetación arbustiva y herbácea
284	699145	9539773	Tierra agropecuaria
285	701208	9538088	Tierra agropecuaria
286	700439	9540041	Tierra agropecuaria
287	704767	9535875	Bosque nativo
288	705527	9536555	Bosque nativo

Código de Punto de Control	Longitud (m)	Latitud (m)	Uso Actual del Suelo
289	706150	9536006	Bosque nativo
290	706535	9536944	Bosque nativo
291	705433	9538495	Bosque nativo
292	706338	9538730	Bosque nativo
293	706979	9539086	Bosque nativo
294	704632	9539203	Bosque nativo
295	704041	9538749	Bosque nativo
296	702246	9540033	Páramo
297	702705	9540741	Bosque nativo
298	703811	9540638	Bosque nativo
299	703324	9542428	Bosque nativo
300	702424	9542522	Bosque nativo
301	698032	9543760	Bosque nativo
302	698290	9538422	Tierra agropecuaria
303	702128	9538533	Vegetación arbustiva y herbácea
304	700732	9537741	Vegetación arbustiva y herbácea
305	700160	9537647	Tierra agropecuaria
306	699977	9539199	Vegetación arbustiva y herbácea
307	699672	9539930	Tierra agropecuaria
308	696928	9544008	Vegetación arbustiva y herbácea
309	708438	9536470	Vegetación arbustiva y herbácea
310	708996	9536438	Vegetación arbustiva y herbácea
311	708194	9537853	Vegetación arbustiva y herbácea
312	707824	9536203	Vegetación arbustiva y herbácea
313	687530	9529904	Vegetación arbustiva y herbácea
314	685455	9530872	Vegetación arbustiva y herbácea
315	687070	9532301	Vegetación arbustiva y herbácea
316	686537	9531555	Vegetación arbustiva y herbácea
317	685265	9530058	Vegetación arbustiva y herbácea
318	688738	9534046	Vegetación arbustiva y herbácea
319	689926	9532116	Zona antrópica
320	691056	9533984	Zona antrópica
321	693104	9533122	Zona antrópica
322	692994	9536563	Vegetación arbustiva y herbácea
323	688258	9537155	Zona antrópica
324	689038	9536067	Vegetación arbustiva y herbácea
325	694258	9536580	Vegetación arbustiva y herbácea

Fuente: Dávila (2021)

A partir del trabajo de campo se pudo registrar un total de 123 puntos asociados a la vegetación arbustiva y herbácea, 101 puntos representados por tierra agropecuaria, un total de 26 puntos que indican un uso antrópico, 13 puntos dentro del uso denominado páramo, 8 puntos agrupados dentro del suelo improductivo, 7 puntos que representan cuerpos de agua y 5 puntos asociados a las plantaciones forestales que se localizan en la parroquia.

En base a este resultado se puede indicar que todos los puntos de control coincidieron espacialmente con la cartografía de uso actual del suelo, por ende, se puede decir que la información cartográfica presentada por el Municipio de Loja tiene gran validez, sin embargo debido a que la población de Malacatos ha incrementado y consigo la actividad antrópica, esta tuvo que ser actualizada, donde se puede indicar que las ediciones fueron pocas; con todo ello esta base cartográfica da una eficacia muy próxima al 100%.

En la figura siguiente se puede observar algunas de las fotografías registradas durante el trabajo de campo, al mismas que permitieron afianzar el trabajo investigativo.

Figura 69.

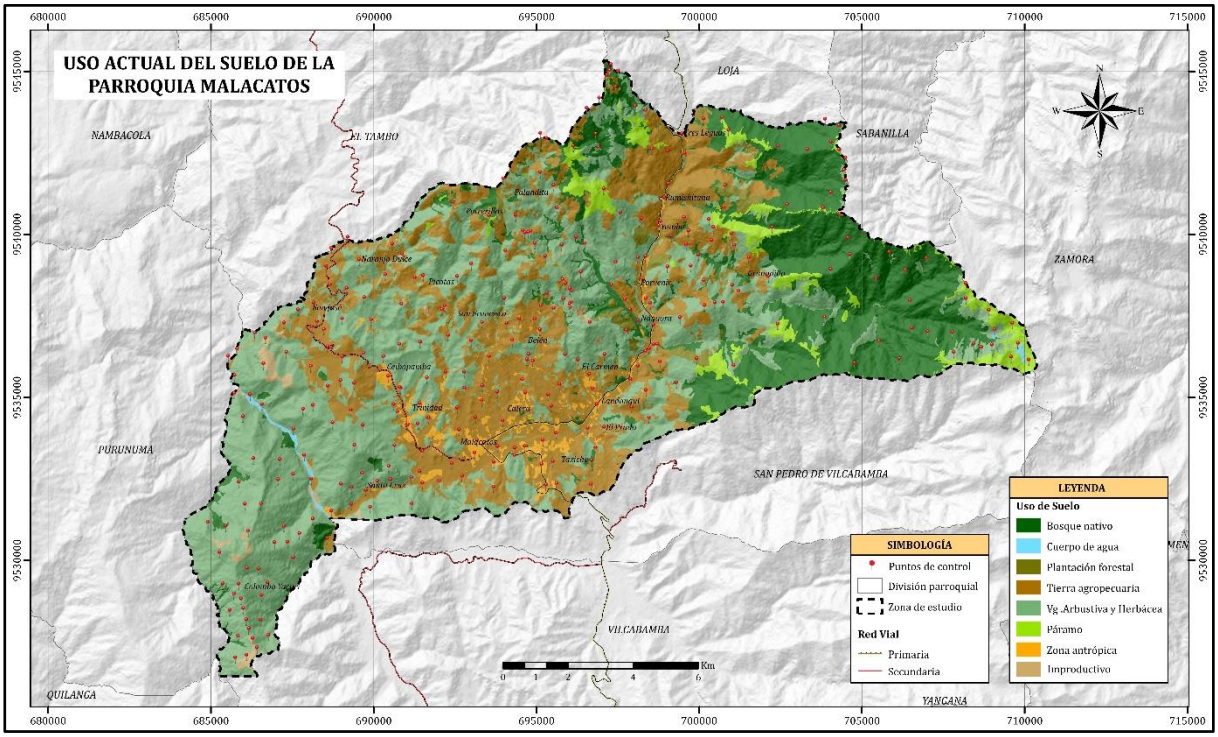
Uso Actual del Suelo en la Parroquia Malacatos

Fuente: Dávila (2021)

El resultado de esta clasificación se lo puede observar en el mapa mostrado a continuación, en la figura 70, donde se indica también la ubicación de los puntos de control.

Figura 70.

Validación de Uso Actual del Suelo de la Parroquia Malacatos



Fuente: Dávila (2021)

6.1.9. Descripción general de unidades geomorfológicas

6.1.9.1. Cordillera.

6.1.9.1.1. Relieve montañoso.

Consiste en la unidad de relieve más representativa de la parroquia Malacatos, representa un 117.37 km^2, lo que significa un 56.97 % del área de estudio, se localiza en el Parque Nacional Podocarpus, en el sector Palandita y oeste de la parroquia.

Implica relaciones de relieve de tipo geo genético tectónico erosivo y/o estructural debido a la variedad de litologías en las cuales se presenta; entre ellas se puede encontrar materiales metamórficos como filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoico, de rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica y de brechas volcánicas, tobas andesíticas y areniscas volcánicas de la Formación litológica Loma Blanca de edad Oligomioceno.

Figura 71.

Relieve Montañoso Identificado en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

Se caracterizan por pendientes fuertemente inclinadas (15° - 35°) a verticales (>55°), generalmente su desnivel desde la cima a la base es mayor a 300 metros, con vertientes de moderadas a muy largas, es decir, rangos de (50 a >300). Tiene cimas que varían entre redondeadas y agudas con vertientes irregulares, mixtas, rectilíneas y convexas, caracterizadas por valles en V.

Dentro de las unidades definidas se puedo observar vegetación arbustiva, vegetación herbácea, bosque representado por especies nativas de la zona, plantaciones agrícolas y suelo improductivo.

6.1.9.2. Serranía.

6.1.9.2.1. Relieve colinado muy alto.

Este tipo de unidad geomorfológica se encuentra distribuida de forma aleatoria en barrios como Loma Cementera, Jabonillo, Toronche, San Francisco Alto, Pucala, Yunanga, Loma Orta, El Porvenir, Santa Gertrudis; representa un área de 24.08 km^2 de la parroquia, lo mismo que corresponde al 11.69 % del territorio; cuyo origen se debe a procesos tectónico-erosivo y/o estructural.

Se conforman por material metamórfico de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoica, rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica, brechas volcánicas, tobas

andesíticas y areniscas volcánicas de la Formación Loma Blanca, conglomerados intercalados con tobas de lapilli de la Formación Cerro Mandango de edad Mioplioceno y por material de las formaciones Santo Domingo y San Francisco donde encontramos lutitas, limolitas, areniscas, conglomerados, calizas; estas formaciones son de edad Miocena.

Este relieve se caracteriza por pendientes fuertemente inclinadas (15° - 35°) a empinadas (35° - 55°), y el desnivel entre la cima y la base es de 100 a 300 metros con vertientes moderadamente largas a muy largas (50 a >300 m). La forma de sus cimas varía entre redondeadas y agudas; con vertientes convexas, irregulares, mixtas y rectilíneas; estas geoformas presentan valles en V.

Están representadas por vegetación herbácea y arbustiva, plantaciones forestales, cultivos y suelo improductivo.

Figura 72.

Relieve Colinado Muy Alto Identificado en la Parroquia Malacatos

Fuente: Dávila (2021)

6.1.9.2.2. Relieve colinado alto.

Esta unidad de relieve se encuentra distribuida a lo largo de la vía Loja – Nangora, en los flancos del Río Nangora, en los sectores de Santa Cruz, Taxiche, El Prado, San José, Naranjo Dulce, Picotas, y San Francisco; representa 21.10 km^2 de la parroquia Malacatos, siendo esto igual al 10.27 % del territorio; cuya génesis es tectónico-erosivo y/o estructural.

Se encuentran constituidas por material metamórfico de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoica, rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica, brechas volcánicas, tobas andesíticas y areniscas volcánicas de la Formación Loma Blanca, conglomerados intercalados con estratos métricos de tobas de lapilli de color café grisáceo característico de la Formación Cerro Mandango de edad Mioplioceno y por material de las formaciones San Francisco y San José donde encontramos limolitas, areniscas, conglomerados, calizas.

Estas geoformas se caracterizan por pendientes fuertemente inclinadas (15° - 35°) a empinadas (35° - 55°), y el desnivel entre la cima y la base es de 75 a 300 metros. Este tipo de relieve tiene sus cimas de forma variable, entre ellas tenemos planas, redondeadas y agudas, de la misma forma encontramos vertientes mixtas, irregulares, convexa y rectilíneas; estas geoformas también se encuentran representados por valles en V. Se encuentran cubiertas por vegetación herbácea y arbustiva, plantaciones forestales, y cultivos.

Figura 73.

Relieve Colinado Alto Identificado en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

6.1.9.2.3. Relieve colinado medio.

El relieve colinado medio que se encuentra en el área de estudio abarca una extensión de 21.16 km^2, lo mismo que equivale al 10.27% de área total de la parroquia. Específicamente este tipo de relieve se encuentra localizado en los sectores de Santa Ana, Taxiche, El Prado, San José, Trinidad, Naranjo Dulce, Picotas, y San Francisco, Belén.

Están representadas por material metamórfico de media a alta meteorización correspondientes de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoica, rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica, conglomerados con estratos de tobas de lapilli de la Formación Cerro Mandango de edad Mioplioceno y por material de edad Mioceno entre las cuales se pueden citar las formaciones San Francisco, Santo Domingo y San José, representadas litológicamente por limolitas, lutitas, areniscas, conglomerados, calizas.

Se caracterizan por pendientes que varían de mediana a fuertemente inclinadas, con grados de 5° - 15° y de 15° - 35° respectivamente. En cuanto al desnivel de estas geoformas su valor está entre 25 a 75 metros, con vertientes cortas a largas; con génesis de tipo tectónico erosivo y estructural. Característicamente sus cimas son en mayor extensión redondeadas, un número menor de geoformas tienen cima aguda y muy pocas cimas son planas; sus vertientes en este tipo de relieve se asocian a vertientes convexas, irregulares, rectilíneas y mixtas; estas estas encuentran formando valles en V.

Figura 74.

Relieve Colinado Medio Identificado en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

Estas geoformas se encuentran cubiertas por vegetación arbustiva y en poca extensión por vegetación herbácea, también se pudo constatar la presencia de cultivos y suelo improductivo.

6.1.9.3. Piedemonte.

6.1.9.3.1. Colinas bajas.

Estas unidades de relieve se encuentran abarcando un área de estudio abarca una extensión de 10.06 km^2, equivalente al 4.88% del territorio. Estas unidades se encuentran de manera aleatoria en varios sectores de la parroquia Malacatos, entre los cuales se puede mencionar La Era, Trinidad, Ceibopamba, Belén, El Sauce, Calera, Taxiche, El Prado Bajo.

Esta categoría está constituida litológicamente por material del Mioceno representado por las formaciones San Francisco, Santo domingo y San José, donde podemos encontrar limolitas, lutitas, areniscas, turba, conglomerados, calizas, también existen colinas bajas compuestas por depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario.

Figura 75.

Colinas Bajas Destinado a Uso Pecuario

Fuente: Dávila (2021)

Se caracterizan por pendientes ligera a medianamente inclinadas, en rangos de grados de 0° - 5° y de 5° - 15° respectivamente y el desnivel de estas geoformas está entre 5 a 25 metros, con vertientes de cortas a moderadamente largas. La mayor parte de esta unidad de relieve tiene cima redondeada y se asocia a génesis de tipo deposicional y estructural; a más de ello tiene vertientes convexas, irregulares y mixtas formando vales en V.

Estas geoformas se encuentran cubiertas por vegetación arbustiva, cultivos y suelo residencial.

6.1.9.3.2. Abanico aluvial.

El relieve definido dentro de esta unidad abarca un área de 1.93 km^2, equivalente al 0.94% del territorio. Estas unidades se encuentran de manera aleatoria en los flancos de la terraza en varios sectores de la parroquia Malacatos como son El Carmen, El Porvenir, Santa Cruz y cerca del casco urbano. Corresponden a génesis de tipo deposicional debido a la acción de las corrientes de agua presenta en la zona.

Figura 76.

Abanico Aluvial Identificado en la Parroquia

Fuente: Dávila (2021)

Litológicamente se encuentra compuesto por material metamórfico altamente meteorizado de Unidad Chigüinda de edad Paleozoica, niveles lutíticos y evaporíticos, lutitas, areniscas, capas de turba y carbón, característico de la Formación Santo Domingo de edad Miocénica, también se ha constatado la existencia de material poco consolidado, con cantos de rocas metamórficas y volcánicas relacionadas a los depósitos aluviales del Cuaternario.

Estas geoformas se están cubiertas por vegetación arbustiva, cultivos y viviendas. Este accidente geográfico identificado en la parroquia se caracteriza por su forma semicircular o silueta cónica, con su parte superior más estrecha y empinada; posee una suave pendiente entre 1° y 10° grados.

6.1.9.4. Valle tectónico.

6.1.9.4.1. Terraza.

Las terrazas definidas del área de estudio se ubican en los flancos del río Malacatos, desde el sector Nangora hasta el sector Santa Cruz, y en los flancos del Rio Solanda, como en algunas quebradas, entre estas se pueden mencionar la Quebrada Trinidad, Ceibopamba, San Francisco. Estas geoformas abarcan todo el casco urbano de la parroquia. El relieve identificado representa 4.86 km^2, siendo el 2.36% del territorio y se asocia a una génesis deposicional.

Figura 77.

Terraza Identificada en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

En cuanto a su litología tenemos material poco consolidado con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas, asociados a depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario. El relieve se encuentra cubierto por suelo agropecuario, zona antrópica y cuerpos de agua. Característicamente se encuentran en zonas bajas a ambos lados del plano inundable y se originaron por repetidos descensos del nivel base de erosión.

6.1.9.4.2. Llanura aluvial.

Estas geoformas se encuentran en el río Nangora y del río Malacatos, en las quebradas Paltón, Santo Domingo, Mishquiyacu, cubriendo una extensión de 2.96 km^2, equivalente al 1.44% de área de la parroquia. Las llanuras identificadas están constituidas de material de edad

Miocénica representado por limolitas, lutitas, areniscas, conglomerados, calizas ligadas a las formaciones Santo Domingo y San José; como también de depósitos aluviales del Cuaternario.

Se halla cubierto por cuerpos de agua generalmente. Se caracteriza principalmente por estar ubicado en zonas planas y bajas en la cual se produce la divagación fluvial, y se considera como una llanura inundable.

Figura 78.

Llanura Aluvial Identificada en el Área de Estudio

Fuente: Dávila (2021)

6.1.9.5. Valle glaciar.

6.1.9.5.1. Circo glaciar.

Esta unidad geomorfológica se identificó en base a las características morfológicas que presenta el relieve, donde se puede apreciar que el circo glaciar es una depresión en forma circular con flancos abruptos, producida por la erosión glaciar en las paredes montañosas rodeando al valle glaciar. Litológicamente se encuentra constituido por rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas y abarca una extensión de 1.24 km^2, igual al 0.61%.

6.1.9.5.2. Llanura glaciar.

Se sitúa al fondo del circo glaciar, tiene una pendiente muy inferior a sus paredes y es una de las formas más características de la actividad erosiva de los glaciares. Este relieve se forma posterior de que se haya retirado el hielo del terreno, quedando como resultado rocas

aborregadas, litológicamente corresponden a depósitos glaciares, y ocupa una extensión de 1.09 km^2, equivalente al 0.53% del área total.

6.1.9.5.3. Laguna.

Esta geoforma abarca un área de 0.14 km^2, es decir el 0.07% del territorio total. Se lo definió a partir del mapa base de geología y la imagen satelital analizada, este tipo de geoforma corresponde a un depósito natural de agua por fusión de hielo ocupando depresiones topográficas del valle glaciar.

Figura 79.

Mesorelieve del Valle Glaciar

Fuente: Dávila (2021)

6.1.10. Validación de geoformas

La validación de cada una de las geoformas cartografiadas se la realizó en campo, con el registro de 210 puntos de control, también se llenaron fichas de campo que permitieron afinar las descripciones geomorfológicas de las unidades de relieve (ver Anexo 3).

Los puntos de control realizados se los presenta en la tabla 27:

Tabla 27.

Puntos de Validación de Unidades de Relieve en la Parroquia Malacatos (UTM/WGS84)

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
1	695279	9539150	San Francisco Alto	Cordillera	Relieve montañoso
2	695619	9532175	Cabianga	Serranía	Relieve colinado muy alto

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
3	688916	9531366	Ciriacu	Valle tectónico	Terraza aluvial
4	691522	9538558	Picota	Serranía	Relieve colinado medio
5	691500	9533168	Santanilla	Valle tectónico	Terraza aluvial
6	692240	9537639	San Francisco Medio	Serranía	Relieve colinado alto
7	692718	9532414	Santa Ana	Cordillera	Relieve montañoso
8	691590	9532167	Santa Ana	Serranía	Relieve colinado medio
9	698805	9540223	Yamba	Valle tectónico	Llanura aluvial
10	699145	9539773	Yamba	Serranía	Relieve colinado muy alto
11	698290	9538422	El Porvenir	Piedemonte	Abanico aluvial
12	698499	9537709	El Porvenir	Serranía	Relieve colinado muy alto
13	698348	9536235	Nangora	Piedemonte	Abanico aluvial
14	694364	9540409	Potrerillos	Cordillera	Relieve montañoso
15	694953	9537229	San Francisco Alto	Serranía	Relieve colinado medio
16	693983	9541532	Potrerillos	Cordillera	Relieve montañoso
17	694822	9539917	San Francisco Alto	Serranía	Relieve colinado muy alto
18	695807	9538433	San Francisco Alto	Cordillera	Relieve montañoso
19	696040	9537586	San Francisco Alto	Cordillera	Relieve montañoso
20	695136	9537632	San Francisco Alto	Piedemonte	Colinas bajas
21	694562	9535372	Belén	Piedemonte	Colinas bajas
22	693960	9534109	El Sauce	Valle tectónico	Terraza aluvial
23	694892	9535939	Belén	Piedemonte	Colinas bajas
24	693321	9534729	Saguaynuma	Piedemonte	Colinas bajas
25	701208	9538088	Granadillo	Cordillera	Relieve montañoso
26	700386	9539635	Potopamba	Cordillera	Relieve montañoso
27	700998	9539842	Potopamba	Cordillera	Relieve montañoso
28	701524	9539110	Granadillo	Cordillera	Relieve montañoso
29	695312	9542772	Pucala	Cordillera	Relieve montañoso
30	696928	9544008	Toronche	Cordillera	Relieve montañoso
31	699646	9542929	Tres Leguas	Serranía	Relieve colinado alto
32	687119	9532917	El Estanco	Cordillera	Relieve montañoso
33	696724	9535083	El Carmen	Piedemonte	Abanico aluvial
34	693925	9533345	La Recta	Piedemonte	Abanico aluvial
35	693682	9532077	El Vergel	Serranía	Relieve colinado medio
36	696807	9533345	Los Ceibos	Serranía	Relieve colinado alto
37	697093	9536145	Chorrillos	Serranía	Relieve colinado alto
38	686060	9534107	El Estanco	Cordillera	Relieve montañoso
39	685526	9536092	Chinguilamaca	Valle tectónico	Terraza aluvial

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
40	686616	9535854	Chinguilamaca	Cordillera	Relieve montañoso
41	697810	9535414	Chorrillos	Piedemonte	Abanico aluvial
42	689301	9534444	Ceibopamba	Piedemonte	Colinas bajas
43	689926	9532116	Santa Cruz	Piedemonte	Abanico aluvial
44	688258	9537155	Ceibopamba	Piedemonte	Colinas bajas
45	689038	9536067	Ceibopamba	Serranía	Relieve colinado medio
46	690611	9534610	Ceibopamba	Piedemonte	Colinas bajas
47	690297	9536069	Ceibopamba	Serranía	Relieve colinado medio
48	692287	9536724	San Francisco Medio	Serranía	Relieve colinado medio
49	690574	9539522	Cobalera	Serranía	Relieve colinado alto
50	688544	9538846	Naranjo Dulce	Serranía	Relieve colinado alto
51	698460	9534198	El Prado Alto	Cordillera	Relieve montañoso
52	694051	9539320	San Francisco Alto	Serranía	Relieve colinado muy alto
53	688467	9530479	El Huato	Valle tectónico	Terraza aluvial
54	688150	9532335	Ciriacu	Valle tectónico	Terraza aluvial
55	696908	9542495	Pucala	Cordillera	Relieve montañoso
56	700480	9537732	Granadillo	Cordillera	Relieve montañoso
57	700798	9541330	La Era	Cordillera	Relieve montañoso
58	700903	9543024	Tres Leguas	Cordillera	Relieve montañoso
59	698549	9542442	Los Lirios	Serranía	Relieve colinado muy alto
60	697876	9537515	Nangora	Valle tectónico	Llanura aluvial
61	697437	9538976	El Porvenir	Serranía	Relieve colinado muy alto
62	689711	9537891	Jabonillo	Serranía	Relieve colinado muy alto
63	699924	9536012	Chorrera	Cordillera	Relieve montañoso
64	692437	9540801	El Limón	Cordillera	Relieve montañoso
65	689500	9533366	Loma Blanca	Cordillera	Relieve montañoso
66	695159	9532772	Cabianga	Serranía	Relieve colinado medio
67	692782	9535607	Pedregal	Serranía	Relieve colinado medio
68	688071	9535774	Ceibopamba	Piedemonte	Colinas bajas
69	690793	9536451	Los Pericos	Serranía	Relieve colinado alto
70	696482	9539542	Q, Nangora	Valle tectónico	Llanura aluvial
71	696644	9537125	Cerro Yunanga	Cordillera	Relieve montañoso
72	694475	9537641	San Francisco	Serranía	Relieve colinado alto
73	693997	9537006	San Francisco	Serranía	Relieve colinado medio
74	694258	9536580	Belén	Serranía	Relieve colinado medio
75	694048	9535798	Calera	Piedemonte	Colinas bajas
76	695881	9536141	El Carmen	Serranía	Relieve colinado muy alto

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
77	696562	9536300	El Carmen	Cordillera	Relieve montañoso
78	696944	9535603	El Carmen	Serranía	Relieve colinado medio
79	698002	9534930	El Prado	Cordillera	Relieve montañoso
80	695622	9535062	La Florida	Piedemonte	Colinas bajas
81	695457	9534559	Los Ceibos	Serranía	Relieve colinado medio
82	688700	9539409	El Naranjo	Serranía	Relieve colinado alto
83	688307	9538486	San José	Cordillera	Relieve montañoso
84	688244	9538010	San José	Piedemonte	Colinas bajas
85	689034	9537242	San José	Serranía	Relieve colinado alto
86	688457	9536872	San José	Piedemonte	Colinas bajas
87	688717	9536031	San José	Piedemonte	Colinas bajas
88	687394	9535611	El Paltón	Cordillera	Relieve montañoso
89	692323	9533447	Malacatos	Serranía	Relieve colinado medio
90	692040	9533542	Malacatos	Valle tectónico	Llanura aluvial
91	691347	9533638	Trinidad	Valle tectónico	Terraza aluvial
92	691562	9533994	Trinidad	Valle tectónico	Llanura aluvial
93	691622	9532657	Malacatos	Valle tectónico	Terraza aluvial
94	690933	9532271	Santa Cruz	Valle tectónico	Llanura aluvial
95	690463	9532730	Santa Cruz	Cordillera	Relieve montañoso
96	688738	9534046	Guabanillo	Cordillera	Relieve montañoso
97	688853	9532293	Ciriacu	Cordillera	Relieve montañoso
98	689893	9531454	Santa Cruz	Cordillera	Relieve montañoso
99	687070	9532301	-	Cordillera	Relieve montañoso
100	689157	9531415	-	Valle tectónico	Terraza aluvial
101	688078	9531112	El Huato	Serranía	Relieve colinado muy alto
102	686537	9531555	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
103	685455	9530872	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
104	687530	9529904	Verbenas	Cordillera	Relieve montañoso
105	686072	9530283	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
106	685265	9530058	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
107	687067	9530417	-	Cordillera	Relieve montañoso
108	686861	9529487	-	Cordillera	Relieve montañoso
109	685903	9529054	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
110	686773	9527957	Los Picos	Serranía	Relieve colinado alto
111	685919	9527844	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
112	686629	9527479	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso
113	686474	9527166	Colambo Yacuri	Cordillera	Relieve montañoso

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
114	695635	9540638	Palandita	Serranía	Relieve colinado muy alto
115	695119	9541723	Palandita	Cordillera	Relieve montañoso
116	698797	9535915	Chorrera	Serranía	Relieve colinado medio
117	698233	9540304	Yamba	Serranía	Relieve colinado muy alto
118	687471	9537061	El Patón	Serranía	Relieve colinado medio
119	689491	9535251	El Guabanillo	Serranía	Relieve colinado alto
120	690359	9538595	Loma Cementera	Serranía	Relieve colinado alto
121	697069	9541220	Potrerillos	Cordillera	Relieve montañoso
122	687243	9533935	Chontiles	Valle tectónico	Terraza aluvial
123	686206	9534906	Chontiles	Valle tectónico	Terraza aluvial
124	685728	9535499	Shilinuma	Valle tectónico	Terraza aluvial
125	702424	9542522	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
126	703324	9542428	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
127	702705	9540741	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
128	703811	9540638	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
129	704632	9539203	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
130	704041	9538749	Cerro de Campana	Cordillera	Relieve montañoso
131	702246	9540033	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
132	701580	9539644	Rumishitana	Cordillera	Relieve montañoso
133	700811	9539470	-	Cordillera	Relieve montañoso
134	699977	9539199	Vía a Granadillo	Cordillera	Relieve montañoso
135	699672	9539930	Yamba	Cordillera	Relieve montañoso
136	699442	9540422	Yamba	Serranía	Relieve colinado alto
137	698773	9540020	Yamba	Piedemonte	Abanico aluvial
138	698351	9539152	El Porvenir	Piedemonte	Abanico aluvial
139	702128	9538533	Granadillo	Cordillera	Relieve montañoso
140	700732	9537741	-	Cordillera	Relieve montañoso
141	700160	9537647	-	Cordillera	Relieve montañoso
142	697342	9538308	Q. Nangora	Valle tectónico	Llanura aluvial
143	698894	9540933	Rumishitana	Piedemonte	Abanico aluvial
144	699672	9542305	Tres Leguas	Serranía	Relieve colinado alto
145	705433	9538495	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
146	706338	9538730	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
147	706568	9539100	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
148	706477	9537791	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
149	707177	9538945	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
150	707810	9538308	PNP	Cordillera	Relieve montañoso

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
151	708194	9537853	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
152	709010	9537553	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
153	708785	9537375	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
154	709811	9537056	PNP	Valle glaciar	Llanura glaciar
155	709882	9536424	PNP	Valle glaciar	Laguna
156	709404	9536353	PNP	Valle glaciar	Llanura glaciar
157	709132	9536883	PNP	Valle glaciar	Laguna
158	708996	9536438	PNP	Valle glaciar	Circo glaciar
159	708438	9536470	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
160	707824	9536203	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
163	706150	9536006	PNP	Cordillera	Relieve montañoso
164	705527	9536555	Zamboloma	Cordillera	Relieve montañoso
165	704767	9535875	Zamboloma	Cordillera	Relieve montañoso
166	697926	9534520	Landangui	Valle tectónico	Llanura aluvial
167	697091	9533458	El Prado	Serranía	Relieve colinado alto
168	695936	9535010	La Florida	Serranía	Relieve colinado medio
169	691214	9532419	Santa Ana	Valle tectónico	Terraza aluvial
170	692402	9532796	Malacatos	Valle tectónico	Terraza aluvial
171	693079	9533431	Malacatos	Valle tectónico	Terraza aluvial
172	689650	9532498	Cerro Pan de Azúcar	Cordillera	Relieve montañoso
173	688732	9530226	Los Tigres	Valle tectónico	Llanura aluvial
174	688095	9530369	Los Tigres	Serranía	Relieve colinado muy alto
175	687250	9528745	Q. Cochas	Cordillera	Relieve montañoso
176	686253	9528143	Loma Verbenas	Cordillera	Relieve montañoso
177	686176	9528416	Loma Verbenas	Cordillera	Relieve montañoso
178	686325	9527376	Loma Los Picos	Cordillera	Relieve montañoso
179	686441	9528915	Loma Verbenas	Cordillera	Relieve montañoso
180	687152	9529827	-	Cordillera	Relieve montañoso
181	685861	9532224	-	Cordillera	Relieve montañoso
182	687830	9534468	Guabanillo	Cordillera	Relieve montañoso
183	687683	9537510	San José	Serranía	Relieve colinado medio
184	688592	9535166	-	Serranía	Relieve colinado medio
185	693129	9534211	Malacatos	Piedemonte	Colinas bajas
186	691118	9534483	Trinidad	Serranía	Relieve colinado medio
187	691640	9535420	-	Serranía	Relieve colinado medio
188	692994	9536563	San Francisco	Serranía	Relieve colinado medio
189	690856	9537685	Picota	Serranía	Relieve colinado muy alto

N°	Coordenadas		Ubicación	Unidad de Relieve	
	X (m)	Y (m)		Macrorelieve	Mesorelieve
190	689928	9537201	Jabonillo	Serranía	Relieve colinado medio
191	689558	9539047	Naranjo Dulce	Serranía	Relieve colinado muy alto
192	692571	9538532	Picota	Serranía	Relieve colinado alto
193	698032	9543760	-	Cordillera	Relieve montañoso
195	697548	9544696	-	Cordillera	Relieve montañoso
196	697075	9544486	Toronche	Cordillera	Relieve montañoso
197	697202	9545318	-	Cordillera	Relieve montañoso
198	693545	9540395	Potrerillos	Cordillera	Relieve montañoso
199	697757	9536881	Cerro Yunanga	Serranía	Relieve colinado muy alto
200	696367	9538671	San Francisco Alto	Cordillera	Relieve montañoso
201	699027	9538828	El Porvenir	Serranía	Relieve colinado muy alto
202	702413	9537071	-	Cordillera	Relieve montañoso
203	703853	9537283	-	Cordillera	Relieve montañoso
204	701059	9535801	Chorrera	Cordillera	Relieve montañoso
205	693796	9534984	Calera	Serranía	Relieve colinado medio
206	695608	9533730	Los Ceibos	Piedemonte	Colinas bajas
207	692567	9534504	Malacatos	Piedemonte	Colinas bajas
208	709324	9537454	PNP	Valle glaciar	Circo glaciar
209	708964	9536121	PNP	Valle glaciar	Circo glaciar
210	710234	9536025	PNP	Valle glaciar	Circo glaciar

Fuente: Dávila (2021)

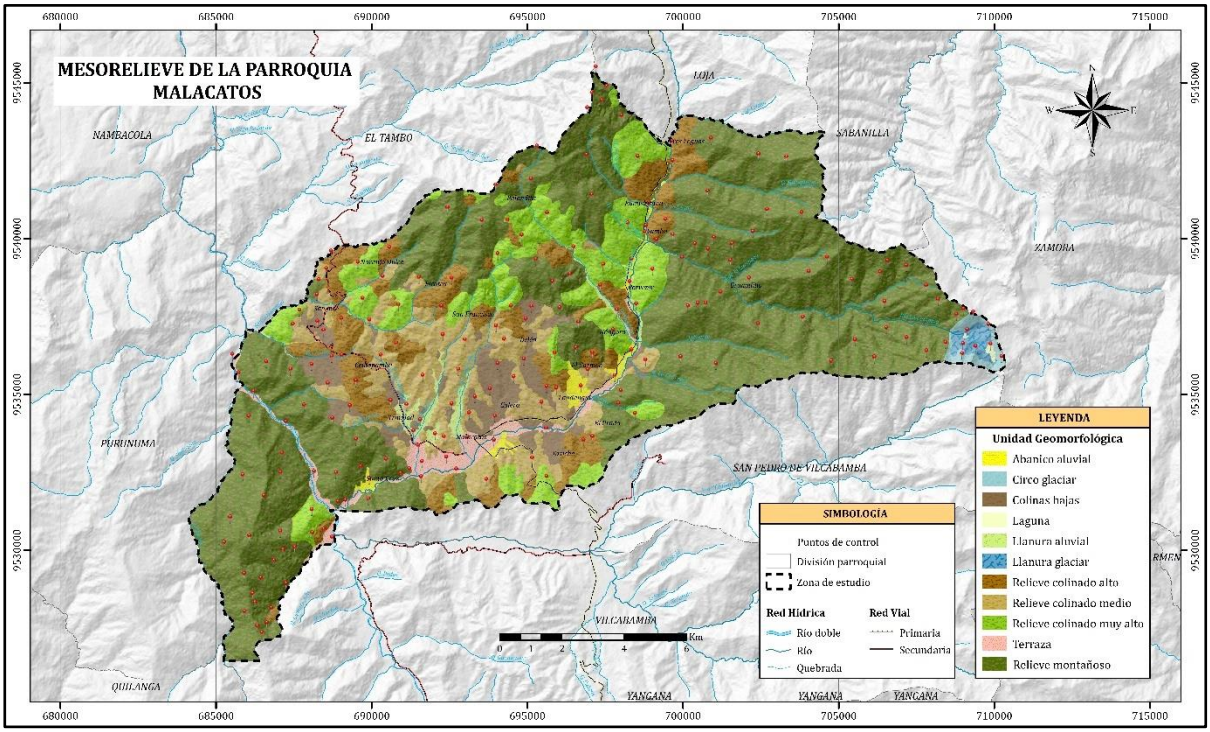
Como resultado del registro de puntos de control se tiene 95 puntos de relieve montañoso, 17 puntos tanto en relieve colinado alto y muy alto, 24 puntos en relieve colinado medio, 16 puntos dentro de colinas bajas, 15 relacionados a la terraza aluvial, 9 puntos tanto de abanico aluvial como de llanura aluvial, y en cuento al ambiente glaciar se tiene 2 puntos de control en lagunas, 4 en circo glaciar y 2 en llanura glaciar.

Realizando la superposición de los puntos de control con la cartografía generada se tiene que todos ellos coinciden espacialmente con las geoformas identificadas, por ende, se puede establecer que la metodología empleada dentro del ámbito geomorfológico tiene una eficiencia del 100%, donde ha resultado de gran importancia las visualizaciones en 3D, el cálculo de estadística zonal y el uso del sombreado.

A partir del trabajo realizado se obtuvo el siguiente mapa de unidades de relieve, presentado en la figura 80.

Figura 80.

Validación de Unidades Geomorfológicas de Mesorelieve



Fuente: Dávila (2021)

6.2. Susceptibilidad a Deslizamientos

Para poder valorar la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Malacatos se tomó como base la metodología de Saaty, el mismo que presenta un proceso analítico jerárquico que permite asignar pesos a cada una de las variables que conforman el mapa geológico, geomorfológico, de pendientes, uso de suelo y el mapa de isoyetas. Y se evalúo a clase se susceptibilidad de acuerdo a la clasificación propuesta por Mora (2004).

En este caso para poder cumplir con este objetivo se incorporó dentro del trabajo cartografía relacionada a las precipitaciones.

6.2.1. Precipitaciones

Es importante analizar este factor desencadenante, ya que puede modificar el estado de los esfuerzos, la geometría del relieve o la resistencia de los materiales en el terreno. Las precipitaciones en la parroquia se analizan mediante el registro de precipitaciones medias anuales desde 1990 al 2019, de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio, información proveniente del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador.

Esta cartografía resulta algo compleja debido a que la densidad de estaciones de medición es baja y a más de ello existen grandes distancias entre las estaciones y el área de estudio, de esta manera se ha considerado conveniente realizar el procesamiento de la información disponible con la herramienta de interpolación espacial (IDW) que ofrece el ArcGIS, obteniendo el resultado expuesto en la tabla 28.

Tabla 28.

Resultado de Clasificación de Precipitaciones

Color	Clase	Rango (°)	Área (Km^2)	Porcentaje
	Precipitaciones muy bajas	560.44 – 695.08	39.32	19.09
	Precipitaciones bajas	695.08 – 829.72	88.05	42.74
	Precipitaciones medias	829.72 – 964.36	78.64	38.17

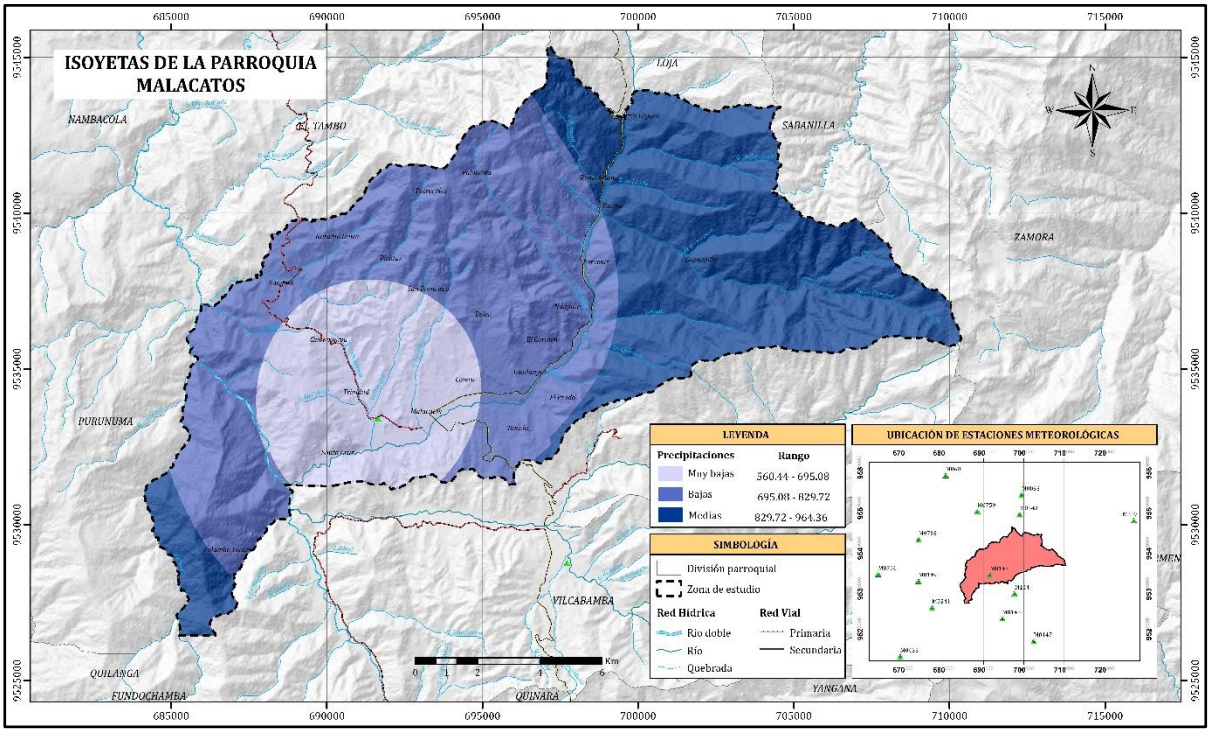
Elaborado por: Dávila (2021)

De esta manera se tiene que el área de estudio se encuentra representado por precipitaciones de 560.44 mm/año a 964.36 mm/año, clasificadas en tres categorías; donde las precipitaciones que ocupan mayor extensión son las precipitaciones bajas con un área de 88.05 km^2, lo mismo que equivale a 42.74%, donde sus valores varían de 695.08 mm/año a 829.72 mm/año, y se encuentra distribuida en una zona de pendientes medias, esta se encuentra caracterizada por 28 deslizamientos; seguidamente se tiene las precipitaciones medias que engloban un área de 78.64 km^2, lo mismo que es 38.17%, estas precipitaciones están en rangos de 829.72 mm/año a 964.36 mm/año, ubicado generalmente en las zonas montañosas y donde se encuentran registrados 34 deslizamientos; por último se tiene las precipitaciones muy bajas ocupando un área 39.32 km^2, representa el 19.09%, estas varían de 560.44 mm/año a 695.08 mm/año, caracterizando específicamente a las zonas de baja pendiente, aquí se encuentra la mayor parte de asentamientos humanos, ubicado específicamente en la cabecera parroquial; dentro de esta categoría solo se ha registrado 3 deslizamientos. Cabe mencionar que tanto en las zonas de precipitaciones bajas a medias, se identifica una humedad del material muy similar, asociada de esta manera a la ocurrencia de los deslizamientos que se han podido registrar.

El resultado de este procesamiento nos da el siguiente mapa, mostrado en la figura 81.

Figura 81.

Mapa de Precipitaciones de la Parroquia Malacatos



Elaborado por: Dávila (2021)

6.2.2. Determinación de los pesos

6.2.2.1. Variable geomorfología.

El relieve de la parroquia Malacatos en su mayor parte pertenecen a unidades con valores altos de desnivel entre la cima y la base, es decir relieves accidentados, siendo estos considerados como aquellos de mayor incidencia en la ocurrencia de un deslizamiento, en cuanto a las geoformas de menor pendiente y desnivel como las terrazas o llanuras, son consideradas como las menos susceptibles a este fenómeno.

Para este análisis se ha considerado pertinente incrementar el inventario de deslizamientos para de la misma manera valorarlos, dentro de esto se puede mencionar que gran parte de los deslizamientos identificados son ocasionados por la apertura de vías, o actividades de agricultura; también se han registrado deslizamientos que se han generado de manera natural generalmente estos se sitúan a los lados de una red hídrica y en pendientes empinadas, como es en el caso de aquellos inventariados en el Parque Nacional Podocarpus. Estos deslizamientos están íntimamente relacionados con el nivel humedad presente y el grado de meteorización de su litología.

En base a lo expuesto se tiene la siguiente valoración.

Tabla 29

Valoración de las Variables de Geomorfología

GEOFORMAS	Deslizamientos	Relieve montañoso	Relieve colinado muy alto	Relieve colinado alto	Relieve colinado medo	Circo glaciar	Colinas bajas	Abanico aluvial	Terraza	Llanura aluvial	Llanura glaciar	Laguna	PESOS
Deslizamientos	**1**	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	0,17
Relieve montañoso	0,50	**1**	**2**	2	2	3	3	4	4	4	4	4	0,15
Relieve colinado muy alto	0,50	1	**1**	2	2	3	3	4	4	4	4	4	0,14
Relieve colinado alto	0,50	0,50	0,50	**1**	2	3	3	4	4	4	4	4	0,13
Relieve colinado medio	0,50	0,50	0,50	0,50	**1**	3	3	4	4	4	4	4	0,11
Circo glaciar	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	**1**	2	3	4	4	4	4	0,08
Colinas bajas	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,50	**1**	2	3	4	4	4	0,06
Abanico aluvial	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,50	**1**	4	4	4	4	0,06
Terraza	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,25	**1**	1	1	1	0,03
Llanura aluvial	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	**1**	1	1	0,03
Llanura glaciar	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	1	**1**	1	0,03
Laguna	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	1,00	**1**	0,03
													1

Elaborado por: Dávila (2021)

Tabla 30

Matriz Normalizada para Geomorfología

Matriz Normalizada												R_Matriz	Promedio
0,20	0,31	0,21	0,18	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	2,29	0,07	0,20	0,31
0,10	0,16	0,21	0,18	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	2,06	0,07	0,10	0,16
0,10	0,08	0,21	0,18	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	1,85	0,07	0,10	0,08
0,10	0,08	0,11	0,18	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	1,65	0,08	0,10	0,08
0,10	0,08	0,05	0,09	0,17	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	1,48	0,08	0,10	0,08
0,07	0,05	0,04	0,03	0,06	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	1,02	0,08	0,07	0,05
0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,11	0,84	0,08	0,07	0,05
0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,11	0,11	0,11	0,71	0,08	0,05	0,04
0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,33	0,08	0,05	0,04
0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,33	0,08	0,05	0,04
0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,33	0,08	0,05	0,04
0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,33	0,08	0,05	0,04
												13,22	0,92

Fuente: Saaty (1980)

A partir de la determinación de pesos se calcula el grado de consistencia.

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{13.22 - 12}{12 - 1} = 0.11$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\ (n - 2)}{n} = \frac{1.98(12 - 2)}{12} = 1.65$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.11}{1.65} = 0.07\ <\ 0.1\ \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.2.2. Variable geología.

Para la asignación de pesos en la variable geología se ha establecido el nivel de importancia de acuerdo al grado de meteorización que presentan los materiales observados en el trabajo de campo, también se tomó en cuenta la litología en la que se registró mayor número de deslizamientos. Como resultado se tiene la siguiente tabla:

Tabla 31

Valoración de las Variables de Geología

GEOLOGÍA	Filitas, cuarcitas, esquistos	Rocas graníticas	Lutitas, areniscas, capas de turba	Limolitas, conglomerados, areniscas.	Depósito aluvial	Depósito coluvial	Conglomerados, areniscas	Areniscas, conglomerados con clastos volcánicos… metamórficos	Brechas volcánicas, tobas andesíticas, areniscas volcánicas	Depósito glaciar	PESOS
Filitas, cuarcitas, esquistos	**1**	2	2	3	3	3	3	3	4	4	0,213
Rocas graníticas	0,50	**1**	2	3	3	3	3	3	4	4	0,183
Lutitas, areniscas, capas de turba y carbón	0,50	0,50	**1**	2	2	2	3	3	4	4	0,138
Limolitas, conglomerados, areniscas	0,33	0,33	0,50	**1**	2	2	3	3	4	4	0,115
Depósito aluvial	0,33	0,33	0,50	0,50	**1**	2	2	2	4	4	0,093
Depósito coluvial	0,33	0,33	0,50	0,50	0,50	**1**	2	2	3	4	0,079
Conglomerados, areniscas	0,33	0,33	0,33	0,33	0,50	0,50	**1**	2	3	3	0,063
Areniscas calcáreas, conglomerados con clastos…	0,33	0,33	0,33	0,33	0,50	0,50	0,50	**1**	3	3	0,055
Brechas volcánicas, tobas andesíticas, areniscas volcánicas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,33	**1**	2	0,033
Depósito glaciar	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,5	**1**	0,028
											1

Elaborado por: Dávila (2021)

Tabla 32

Matriz Normalizada para Geología

Matriz Normalizada										R_Matriz	Promedio
0,24	0,35	0,26	0,27	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,12	2,314	0,092
0,12	0,18	0,26	0,27	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,12	2,024	0,091
0,12	0,09	0,13	0,18	0,15	0,14	0,17	0,15	0,13	0,12	1,508	0,091
0,08	0,06	0,07	0,09	0,15	0,14	0,17	0,15	0,13	0,12	1,257	0,092
0,08	0,06	0,07	0,04	0,08	0,14	0,11	0,10	0,13	0,12	0,989	0,094
0,08	0,06	0,07	0,04	0,04	0,07	0,11	0,10	0,10	0,12	0,830	0,095
0,08	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,06	0,10	0,10	0,09	0,658	0,096
0,08	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,10	0,09	0,571	0,097
0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,340	0,097
0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,289	0,096
										10,780	0,940

Fuente: Saaty (1980)

En base a la asignación de pesos realizada, se tiene como resultado el siguiente grado de consistencia considerando como aceptable.

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{10.780 - 10}{10 - 1} = 0.087$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\ (n - 2)}{n} = \frac{1.98(10 - 2)}{10} = 1.584$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.087}{1.584} = 0.055\ <\ 0.1\ \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.2.3. Variable pendiente.

La parroquia Malacatos tiene pendientes que van desde ligeramente inclinadas a pendientes empinadas, en mayor parte se encuentran las pendientes que van de 15° a 35°. Las pendientes con mayor importancia son las pendientes empinadas, ya que se consideran pendientes más susceptibles a causar deslizamientos.

Tabla 33

Pesos Asignados a la Variable Pendiente

PENDIENTES	35° - 55°	15° - 35°	5° - 15°	0° - 5°	PESOS
35° - 55°	**1**	2	3	4	0.466
15° - 35°	0.50	**1**	2	3	0.277
5° - 15°	0.33	0.50	**1**	2	0.161
0° - 5°	0.25	0.33	0.50	**1**	0.096
					1

Elaborado por: Dávila (2021)

Tabla 34

Matriz Normalizada para la Variable Pendiente

Matriz Normalizadora					M-Matriz	Promedio
0.480	0.522	0.462	0.400	0.480	1.887	0.247
0.240	0.261	0.308	0.300	0.240	1.120	0.247
0.160	0.131	0.154	0.200	0.160	0.647	0.249
0.120	0.087	0.077	0.100	0.120	0.385	0.249
					4.040	0.992

Fuente: Saaty (1980)

En base a lo expuesto se tiene lo siguiente:

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{4.040 - 4}{4 - 1} = 0.013$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\ (n - 2)}{n} = \frac{1.98(4 - 2)}{4} = 0.990$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.013}{0.990} = 0.013 < 0.1 \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.2.4. Variable de uso actual del suelo.

Uno de los factores influyentes sobre la ocurrencia de deslizamiento es la intervención humana, en este caso la zona antrópica y el uso de suelo destinado a actividades agropecuarias se consideran como las variables principales.

A partir del análisis realizado se tiene las siguientes tablas.

Tabla 35

Valoración de Elementos de la Variable Uso Actual del Suelo

USO ACTUAL DEL SUELO	Zona Antrópica	Improductivo	Tierra Agropecuaria	Páramo	Vegetación Arbustiva y Herbácea	Plantación Forestal	Bosque Nativo	Cuerpo de agua	**PESOS**
Zona Antrópica	**1**	2	2	3	3	3	4	4	0,257
Improductivo	0,50	**1**	2	3	3	3	4	4	0,214
Tierra Agropecuaria	0,50	0,50	**1**	2	2	3	4	4	0,161
Páramo	0,33	0,33	0,50	**1**	**2**	**2**	3	4	0,116
Vegetación Arbustiva y Herbácea	0,33	0,33	0,50	0,50	1	2	**3**	4	0,099
Plantación Forestal	0,33	0,33	0,33	0,50	0,50	1	**2**	3	0,072
Bosque Nativo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,50	**1**	2	0,046
Cuerpo de agua natural	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,5	**1**	0,036
									1

Elaborado por: Dávila (2021)

Tabla 36

Normalización para la Variable Uso Actual del Suelo

Matriz Normalizada								**R_Matriz**	**Promedio**
0,29	0,40	0,29	0,29	0,25	0,20	0,19	0,15	0,26	2,19
0,14	0,20	0,29	0,29	0,25	0,20	0,19	0,15	0,21	1,85
0,14	0,10	0,15	0,19	0,17	0,20	0,19	0,15	0,16	1,37
0,10	0,07	0,07	0,10	0,17	0,13	0,14	0,15	0,12	0,98
0,10	0,07	0,07	0,05	0,08	0,13	0,14	0,15	0,10	0,82
0,10	0,07	0,05	0,05	0,04	0,07	0,09	0,12	0,07	0,59
0,07	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,08	0,05	0,37
0,07	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,29
								8,46	0,96

Fuente: Saaty (1980)

En base al análisis de importancia frente a la ocurrencia de deslizamientos se tiene como resultado el siguiente grado de consistencia considerando como aceptable.

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{8.46 - 8}{8 - 1} = 0.066$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\,(n-2)}{n} = \frac{1.98(8-2)}{8} = 1.485$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.066}{1.485} = 0.045 < 0.1 \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.2.5. Variable de isoyetas.

La parroquia de Malacatos se caracteriza por tener precipitaciones que varían entre 560.44 mm/año a 964.36 mm/año, las mismas que se clasifican de acuerdo a tres categorías, como son precipitaciones muy bajas, precipitaciones bajas y precipitaciones medias; considerada esta última la que mayor incidencia tiene para la ocurrencia de un deslizamiento, ya que la infiltración de agua en los materiales genera que estos disminuyan su estabilidad.

Tabla 37

Valoración de la Variable de Isoyetas

ISOYETAS	Precipitaciones medias	Precipitaciones bajas	Precipitaciones muy bajas	PESOS
Precipitaciones medias (829.72 – 964.36 mm/año)	1	2	3	0.54
Precipitaciones bajas (695.08 – 829.72 mm/año)	0.50	1.00	2.00	0.30
Precipitaciones muy bajas (560.44 – 695.08 mm/año)	0.33	0.50	1.00	0.16
				1

Elaborado por: Dávila. (2021)

Tabla 38

Matriz Normalizada para la Variable de Isoyetas

Matriz Normalizadora			R - Matriz	Promedio
0.55	0.57	0.50	1.62	0.332
0.27	0.29	0.33	0.89	0.332
0.18	0.14	0.17	0.49	0.332
			3.01	0.996

Fuente: Saaty (1980)

Como resultado del análisis, se tiene lo siguiente.

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{3.011 - 3}{3 - 1} = 0.005$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\ (n - 2)}{n} = \frac{1.98(3 - 2)}{3} = 0.660$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.005}{0.660} = 0.008 \ < \ 0.1 \ \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.2.6. Susceptibilidad final.

Realizando una adecuada valoración se ha colocado a la variable geomorfología como la de mayor importancia, ya que esta abarca consigo a la variable de pendientes y geología, considerados estas como aquellas de mayor incidencia, por esta razón estas dos variables ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente; en campo se pudo constatar que los materiales se encontraban con una meteorización de media a alta, especialmente aquel perteneciente a la Unidad Chigüinda. En cuarto lugar, se encuentra ubicada la variable de uso actual del suelo y en último lugar se encuentran el factor desencadenante de precipitaciones, esta variable se ha tomado en cuenta ya que las precipitaciones aumentan las fuerzas desestabilizadoras del terreno, aumentando la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.

Tabla 39

Valoración de Variables para la Susceptibilidad

VARIABLES	Geomorfología	Geología	Pendiente	Uso actual del suelo	Isoyeta	PESOS
Geomorfología	1	2	2	3	4	0.363
Geología	1	1	2	3	4	0.275
Pendiente	0.50	0.50	1	2	3	0.181
Uso actual del suelo	0.33	0.33	0.50	1	3	0.121
Isoyeta	0.25	0.25	0.25	0.33	1	0.061
						1

Elaborado por: Dávila (2021)

Tabla 40

Matriz Normalizada para la Variable de Susceptibilidad

Matriz Normalizadora					R - Matriz	Promedio
0.39	0.49	0.35	0.32	0.27	1.880	0.193
0.19	0.24	0.35	0.32	0.27	1.424	0.193
0.19	0.12	0.17	0.21	0.20	0.924	0.196
0.13	0.08	0.09	0.11	0.20	0.606	0.200
0.10	0.06	0.04	0.04	0.07	0.306	0.199
					5.139	0.980

Fuente: Saaty (1980)

Como en las variables independientes también se realiza el cálculo de la razón de consistencia teniendo como resultado lo siguiente.

- Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1} = \frac{5.139 - 5}{5 - 1} = 0.035$$

- Consistencia Aleatoria (ICA)

$$ICA = \frac{1.98\ (n - 2)}{n} = \frac{1.98(5 - 2)}{5} = 1.188$$

- Razón de Consistencia (RC)

$$R = \frac{IC}{ICA} = \frac{0.035}{1.188} = 0.029\ <\ 0.1\ \rightarrow \text{Aceptable}$$

6.2.3. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Los deslizamientos representan un problema para la población, pueden afectar la infraestructura, los bienes y la vida de las personas, por esta razón este tema debería ser considerado a la hora de planificar, y ejecutar un ordenamiento territorial.

De acuerdo al resultado obtenido con la suma ponderada, la parroquia Malacatos presenta los siguientes valores de susceptibilidad a deslizamientos presentados en la tabla 41, y se lo puede visualizar gráficamente en la figura 82.

Tabla 41

Clasificación de Susceptibilidad a Deslizamientos en la Parroquia Malacatos

Color	Clase	Calificativo de susceptibilidad	Área (km^2)	Porcentaje (%)
	I	Muy baja	8.543566	4.147240
	II	Baja	30.909514	15.004177
	III	Media	42.846088	20.563548
	IV	Alta	91.344739	44.340801
	V	Muy alta	32.846088	15.944234

Fuente: Dávila (2021)

A partir de los datos obtenidos tenemos que la clasificación de menor susceptibilidad corresponde a un área de solo 8.54 km^2, siendo esto el 4.15%, dentro de esta clase tenemos especialmente terrazas, llanuras aluviales, abanicos aluviales, colinas bajas, llanura glaciar y cuerpos de agua; con pendientes de ligera a medianamente inclinadas; dentro de estas áreas tenemos depósitos aluviales, coluviales, glaciares, también encontramos conglomerados, tobas

de lapilli relacionados a la formación Cerro Mandango, limolitas y areniscas con clastos metamórficos de la formación San Francisco, lutitas y areniscas calcáreas tanto de la formación Santo Domingo como de la formación San José. En esta zona encontramos cuerpos de agua, suelo agropecuario y habitacional; y las precipitaciones son entre muy bajas a bajas.

En cuanto a la susceptibilidad baja con una extensión de 30.91 km^2, tenemos una llanura glaciar, terraza, llanuras y abanico aluvial, colinas bajas, medias y altas, y en menor extensión relieve montañoso; generalmente se encuentra constituido por material proveniente de depósitos como, material relacionado a la formación Cerro Mandango, San José, San Francisco, Santo Domingo, rocas ígneas de la formación Loma Blanca y de la Unidad Tres Lagunas, y en poca área encontramos material metamórfico, el mismo que se encuentra meteorizado de la Unidad Chigüinda, pero debido a que se encuentra en áreas de pendientes bajas no son propensos a se generen deslizamientos; en cuanto a sus pendientes tenemos de ligera a medianamente inclinadas, y su suelo se caracteriza por la presencia de vegetación herbácea y arbustiva, bosque nativo, tierra agropecuaria y plantaciones forestales, dentro de esta categoría se encuentra ubicado el casco urbano; aquí las precipitaciones son de muy bajas a medias.

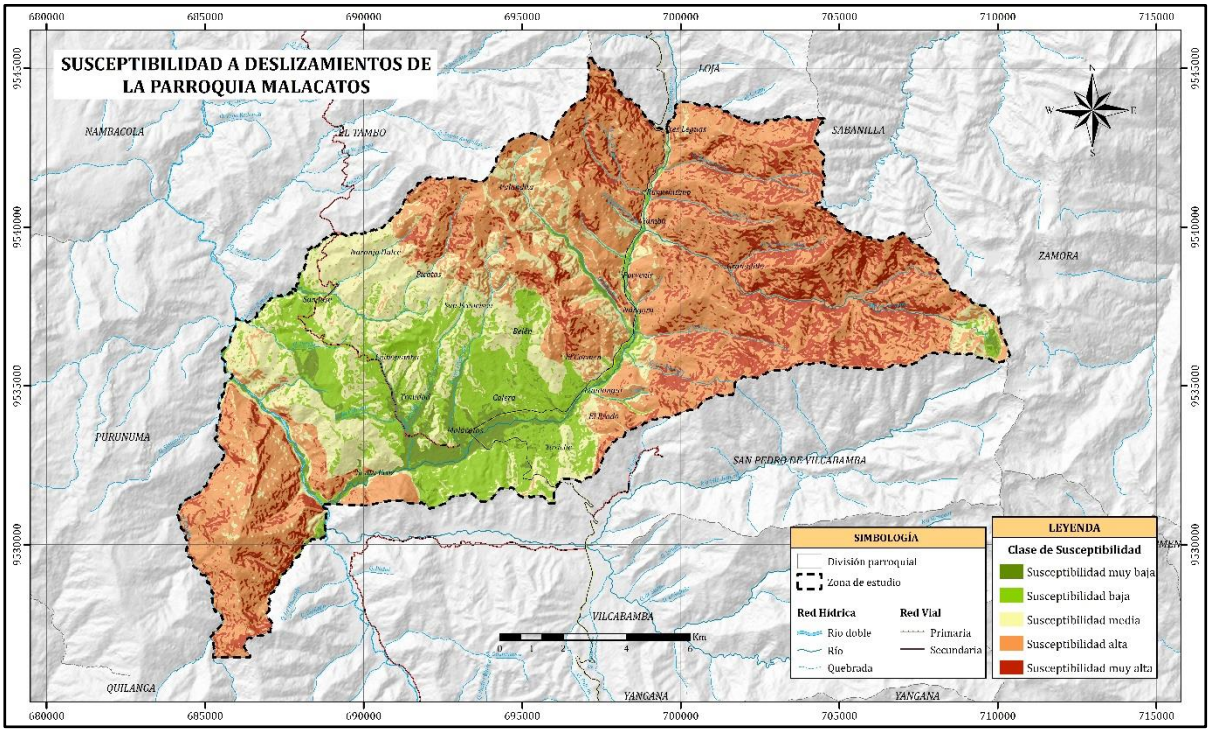
Dentro de la susceptibilidad media tenemos un área de 42.85 km^2, el 20.56 % del área total, donde predomina relieves de colinas medias, altas, relieve de cordillera y circo glaciar; aquí encontramos en gran parte material metamórfico bastante meteorizado de la Unidad Chigüinda y granitoides de la Unidad Tres Lagunas, también se logra identificar la presencia de rocas ígneas como brechas volcánicas polilíticas, con niveles de tobas andesíticas púrpuras y areniscas volcánicas de la formación Loma Blanca, como también depósitos coluviales y conglomerados con clastos metamórficos y volcánicos, lutitas, limolitas, areniscas, capas de turba y calizas asociados a las formaciones de Cerro Mandango, San Francisco, San José, Santo Domingo; su pendiente varía entre media a fuertemente inclinada con rangos de 5° a 35°; en base al uso de suelo podemos encontrar vegetación herbácea y arbustiva, bosque nativo y plantado, como tierra agropecuaria.

Asociado a la susceptibilidad alta y muy alta con un área de 124.19 km^2, equivalente a 60.28% del territorio total, muestra una zona bastante susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, donde principalmente encontramos relieve de cordillera y relieve colinado medio a alto, dentro de esta categoría se han podido registrar el mayor número de deslizamientos, donde se puede apreciar que se caracterizan litológicamente por rocas

metamórficas como esquistos pilíticos, esquistos grafitosos y filitas con rango de meteorización de media a alta, y rocas graníticas igualmente meteorizadas, también presenta brecas volcánicas, tobas andesíticas y material sedimentario como lutitas, arenisca y conglomerados situados estos en pendientes bastante elevadas que van de fuertemente inclinadas a empinadas; su suelo en gran extensión se encuentra cubierta por bosque nativo y en menor área plantaciones forestales donde, estos dos tipos de coberturas al ubicarse en las pendientes altas se convierten en un factor desestabilizante, también encontramos vegetación herbácea y arbustiva, zona antrópica y cultivos diversos que debido a su uso han modificado la estructura y resistencia natural del suelo; en menor extensión se tiene el suelo improductivo, que debido a estar sin cobertura son más susceptibles a la erosión y consigo al movimiento del material. Aquí las precipitaciones son mayores, por lo cual este factor ayuda a que se incrementes las fuerzas desestabilizadoras, generando consigo movimientos en masa.

Figura 82.

Susceptibilidad a Deslizamientos de la Parroquia Malacatos



Elaborado por: Dávila (2021)

6.2.3.1. Correlación de las zonas de susceptibilidad con los deslizamientos.

Las zonas de susceptibilidad a deslizamientos obtenidas en la parroquia varían de muy bajas a muy altas; dentro de este apartado se ha realizado una correlación de cada una de estas

zonas de susceptibilidad con los deslizamientos cartografiados dentro del área de estudio. A partir de la superposición de capas, se pudo evidenciar que la clase de susceptibilidad media, alta y muy alta son las que registran deslizamientos, teniendo un total de 65.

En base al trabajo de campo y de fotointerpretación se puede decir que el mayor número de este tipo de movimientos en masa se encuentra ubicado en las vías, donde se ha podido observar que el material que compone las laderas está muy meteorizado y en pendientes de rangos de 15° a 55°; asociadas a diferentes unidades geomorfológicas, entre estas puedo mencionar el relieve montañoso con un total de 46 deslizamientos, relieve colinado muy alto 8 deslizamientos, relieve colinado alto con un total de 8 deslizamientos, relieve colinado medio con 3 deslizamientos. Dentro de la zona de susceptibilidad alta y muy alta se ha registrado el mayor número de movimientos en masa cartografiados, donde se debe tomar en cuenta que las precipitaciones son mayores, por esta razón se lo considera como un factor de gran importancia o incidencia para que se origine este tipo de fenómenos, ya que favorece a la inestabilidad de la ladera.

En la tabla 42 se muestra la distribución de los deslizamientos registrados, relacionado a la clase de susceptibilidad en la que se encuentra, junto con la unidad de relieve.

Tabla 42

Puntos de Corroboración de Zonas de Susceptibilidad.

N°	Ubicación del deslizamiento	Clase de susceptibilidad	Unidad geomorfológica
1	La Florida	Media	Relieve colinado medio
2	Cascarita	Media	Relieve colinado alto
3	El Carmen	Media	Relieve colinado alto
4	Santa Ana	Media	Relieve colinado medio
5	Los Lirios	Alta	Relieve colinado muy alto
6	Tres Leguas	Alta	Relieve colinado muy alto
7	Tres Leguas	Alta	Relieve colinado alto
8	La Florida	Media	Relieve colinado medio
9	Nangora	Media	Relieve montañoso
10	Palandita	Alta	Relieve montañoso
11	Palandita	Alta	Relieve montañoso
12	Palandita	Alta	Relieve montañoso
13	Palandita	Alta	Relieve colinado muy alto
14	Palandita	Muy Alta	Relieve colinado muy alto
15	Palandita	Alta	Relieve montañoso

N°	Ubicación del deslizamiento	Clase de susceptibilidad	Unidad geomorfológica
16	Palandita	Muy Alta	Relieve colinado alto
17	Palandita	Muy Alta	Relieve colinado muy alto
18	San Francisco Alto	Muy Alta	Relieve montañoso
19	San Francisco Alto	Alta	Relieve montañoso
20	San Francisco Alto	Alta	Relieve montañoso
21	San Francisco Alto	Media	Relieve montañoso
22	San Francisco Alto	Alta	Relieve montañoso
23	Palandita	Muy Alta	Relieve colinado alto
24	Vía a Granadillo	Alta	Relieve colinado muy alto
25	Vía a Granadillo	Alta	Relieve colinado muy alto
26	Cerro Yunanga	Muy Alta	Relieve montañoso
27	San Antonio	Alta	Relieve montañoso
28	Cerca de Colambo Yacuri	Alta	Relieve colinado alto
29	Cerca de Colambo Yacuri	Media	Relieve colinado alto
30	Cerca de Colambo Yacuri	Media	Relieve colinado alto
31	Cerca de Colambo Yacuri	Alta	Relieve colinado muy alto
32	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
33	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
34	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
35	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
36	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
37	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
38	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
39	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
40	Colambo Yacuri	Muy Alta	Relieve montañoso
41	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
42	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
43	Colambo Yacuri	Alta	Relieve montañoso
44	La Era	Muy Alta	Relieve montañoso
45	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
46	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
47	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
48	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
49	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
50	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
51	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
52	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
53	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso

N°	Ubicación del deslizamiento	Clase de susceptibilidad	Unidad geomorfológica
54	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
55	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
56	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
57	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
58	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
59	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
60	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
61	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
62	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
63	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
64	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso
65	Parque Nacional Podocarpus	Muy Alta	Relieve montañoso

Fuente: Dávila (2021)

En función a la correlación realizada entre las zonas de susceptibilidad y los deslizamientos inventariados se tiene que dentro de susceptibilidad media hay 9 deslizamientos, en la zona de susceptibilidad alta 27 y 29 deslizamientos dentro de la susceptibilidad muy alta. En este caso considerando las áreas de los deslizamientos ubicados tanto en la zona de susceptibilidad alta y muy alta (27.29 Ha) se tiene un valor de eficiencia del método empleado igual a 98.06%.

7. Discusión de Resultados

En base al trabajo de investigación realizado, queda claro que las herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) son de gran importancia para la gestión y el análisis digital del terreno con fines cartográficos.

Desde esta perspectiva resulta trascendental elaborar estudios que ayuden a establecer la mejor opción de utilización de los territorios, siendo los puntos de vista geomorfológico y morfodinámico dos de los criterios importantes de considerar al momento de gestionar el territorio, permitiendo de este modo indicar zonas según sus aptitudes y definir actividades y usos del territorio de tal forma que puedan desarrollarse bajo condiciones que garanticen su resguardo y conservación.

7.1. Análisis de la Clasificación de Unidades de Relieve

Dada la tendencia de expansión de la parroquia Malacatos, en este estudio se analizó el aspecto geomorfológico y morfodinámico como componentes que pueden determinar condiciones, restricciones y facilidades para la extensión poblacional. Consecuentemente, se aplicó la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013) denominado “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental”, trabajado a escala 1:25.000.

Sin duda esta metodología resultó ser una herramienta bastante fácil de aplicar de acuerdo a las variables básicas analizadas y permite generar información confiable, ya que involucra la validación de datos tanto en campo como mediante la plataforma SIG. Fue de gran ayuda al momento de definir las unidades de relieve ya que nos indica cada una de las pautas a seguir desde el inicio hasta la culminación, es decir, nos presenta técnicas de cómo mejorar el DEM a trabajar hasta como realizar el proceso de validación de las geoformas.

En este caso, para mejorar el DEM se aplicó un filtro en el software ENVI 5.3 conocido como filtro de convolución, este permitió suavizar eliminando los bordes que se formaron al unir los diferentes ráster que conformaban el área a analizar. Es necesario mencionar que para poder obtener buenos resultados en el procesamiento se consideró el DEM abarcando un área mayor a la de la parroquia, de esta forma se realizó un mejor análisis espacial y con ello se evita errores de interpretación; también fue importante conocer las posibles clases de unidades de relieve que se encuentran en la zona de estudio.

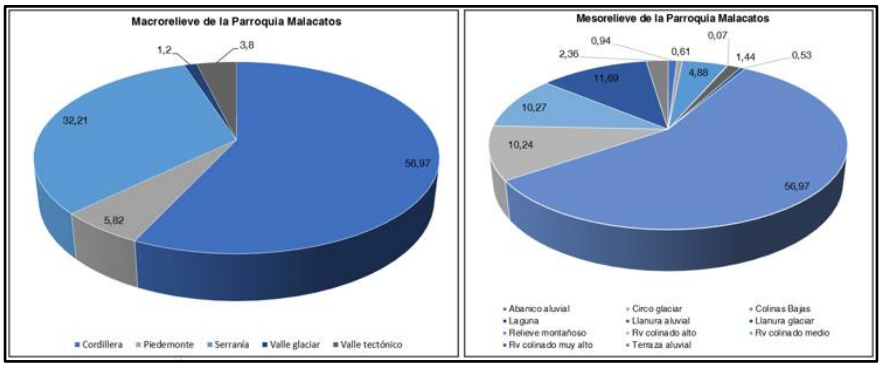
Una vez realizada esta mejora se obtuvieron los índices de relieve más representativos, los mismos que son indispensables para poder conocer la morfometría de las unidades geomorfológicas en función a sus características topográficas como son las curvaturas y la pendiente; a este resultado se le aplicó filtros, los mismos que permitieron obtener una capa con unidades morfométricas más limpias y mejor definidas, siendo este nuestro insumo principal para la posterior asignación temática.

A causa de que el geoprocesamiento no es 100% confiable dentro de este trabajo de investigación, se tomó en consideración precisar y corregir con fotointerpretación, el uso de uno de los índices topográficos más importantes como es el sombreado y el trabajo en campo acompañado de fotografías. Como resultado de todo ello se logró identificar las características geomorfológicas más representativas presentes en el área de estudio y se ha obtenido las unidades geomorfológicas.

En base a la jerarquización que presenta la metodología del Ministerio del Ambiente, en la parroquia Malacatos se obtuvo una unidad geomorfológica general, cinco unidades de macrorelieve y 11 unidades de mesorelieve (Ver figura 83), su asignación se encuentra asociada a su litología, la misma que fue cartografiada en base a la carta geológica de Gonzanamá ya que es una documentación de gran confiabilidad, sin embardo debido a la escala a la que esta ha sido trabajada se realizó su respectiva validación en campo.

Figura 83.

Clasificación de Unidades Macro y Mesorelieve



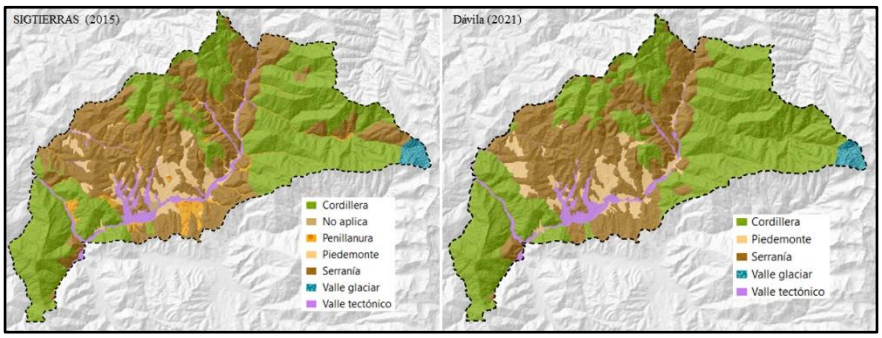
Fuente: Dávila (2021)

En cuanto al macrorelieve, este se lo obtuvo agrupando las unidades de mesorelieve, dando como resultado el mapa representado en la figura 84, al mismo que se le ha realizado una comparación con la cartografía del SIGTIERRAS. Como se puede visualizar, el mapa obtenido coincide espacialmente en gran parte con la cartografía ya existente, en este caso las

variaciones se relacionan más a la categoría de relieve colinado muy alto y relieve montañoso, también a relieve colinado medio y colinas bajas, perteneciendo estas a diferentes unidades de macrorelieve, cabe mencionar que el SIGTIERRAS utiliza una clasificación en base a rangos de desnivel relativo diferentes a los mencionados en la Metodología del Ministerio del Ambiente, por ejemplo para el relieve colinado medio el SIGTIERRAS define un rango de desnivel relativo entre 25 a 50 metros y la metodología empleada en este trabajo de investigación define un desnivel relativo de 25 a 75 metros.

Figura 84.

Comparación entre Resultado Obtenido e Información Existente



Fuente: Dávila (2021)

En base a esto, es importante indicar que para poder definir a qué unidad de relieve corresponde cada geoforma especialmente desde las colinas bajas hasta el relieve montañoso se lo realizó en función al cálculo de estadística zonal.

Tomando como base la composición litológica se pudo indicar la génesis tectónico-erosivo, estructural, fluvial, deposicional, y la edad de las unidades de relieve teniendo desde el paleozoico hasta el cuaternario con dataciones desde 362 Ma aproximadamente.

Con esta asignación se pudo correlacionar los procesos generadores de las geoformas que se obtuvieron con los presentados en la cartografía del SIGTIERRAS, coincidiendo que en mayor extensión se encuentra la génesis tectónico-erosivo correspondiendo a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas y colinas de diversa altura y pendiente, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos, encontrándose esta específicamente al este de la parroquia en el Parque Nacional Podocarpus, y en barrios como Granadillo, Yamba, Rumishitana, El Prado; también se ubica en el centro norte y sur oeste de la Malacatos. Con esto se puede indicar que el relieve definido coindice espacialmente en gran medida.

Morfológicamente el relieve montañoso coincide con lo descrito en el PDOT, presentando de esta forma cimas agudas y redondeadas, asociadas a vertientes rectilíneas, cóncavas, vertientes mixtas e irregulares y morfométricamente presentan pendientes de fuertemente inclinadas (15° - 35°) a verticales (>55°), generalmente su desnivel desde la cima a la base es igual o mayor a 300 m. Espacialmente la información relacionada a este relieve coindice con el de la literatura indicada.

En cuanto a la génesis glaciar, el SIGTIERRAS (2015) indica que este proceso ha dado origen a las geoformas presentes al este de la parroquia, rodeando las Lagunas del Compadre, tomando en cuenta esta información, como la Carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100.000 donde nos muestra que existen depósitos glaciares en circos glaciales y valles en U y documentación presentada en el libro "Geomorfología" de (Gutiérrez, 2008), donde nos muestra que la Tierra ha cursado por varias épocas glaciares desde tiempos precámbricos, que han dejado huella en la geología y en la geomorfología actual; dentro de este punto se tiene que, el periodo Cuaternario supone una etapa glaciar que comenzó a desarrollarse fundamentalmente en el Terciario Superior según lo expuesto por Eyles (1993), teniendo relación directa con la litología encontrada en el área; dentro de este texto también nos menciona que la erosión glaciar es un parámetro de gran importancia para reconocer este tipo de procesos genéticos. Finalmente, para reforzar el análisis se utilizó imágenes satelitales y se realizaron visualizaciones en 3D, con su respectiva validación en campo.

Entre las evidencias de erosión glaciar, en la zona de estudio tenemos las rocas aborregadas que son pequeñas colinas alineadas, por lo general agrupadas asimétricamente, caracterizadas por una superficie irregular y fragmentada, estas se las puede observar en la imagen siguiente:

Figura 85.

Rocas Aborregadas Identificadas en las Lagunas del Compadre

Fuente: Dávila (2021)

Otra de las evidencias de un paisaje de erosión glaciar son el conjunto de lagos de diferente tamaño, de la misma manera esto se lo puede apreciar en la imagen satelital de Google Earth Pro (2020) donde se evidencia la presencia de varias lagunas conocidas como las Lagunas del Compadre, las cuales pertenecen a un sistema lacustre conformado por más de 100 lagunas, donde dos de ellas se encuentran dentro de la parroquia Malacatos.

Figura 86.

Sistema Lacustre de Lagunas del Compadre Identificado Mediante Fotointerpretación

Fuente: Dávila (2021)

Adicionalmente dentro del análisis geomorfológico se consideró el tipo de red de drenaje, ya que esta puede estar en dependencia de la topografía, la estructura geológica y composición litológica de los materiales, de esta manera este atributo nos da una pauta de lo que se va a encontrar en campo, por ejemplo, la red paralela comprende terrenos montañosos y la red subdendrítica caracteriza a las rocas sedimentarias.

Otro atributo de importancia considerado en este trabajo es el morfodinámico ya que es un factor que puede modificar el relieve, obedeciendo a parámetros endógenos (tectónicos) y exógenos (meteóricos); aquí se realizó un registro de 65 deslizamientos mediante trabajo de campo y fotointerpretación. Principalmente este tipo de movimientos en masa se localizan en las vías, donde se puede mencionar el deterioro de las laderas generadas por la expansión urbana durante los últimos años, con cortes de taludes; también se pudo evidenciar que los factores que tienen mayor incidencia en la ocurrencia de este tipo de fenómeno son las

pendientes altas con rango de 35° a 55°, el material que se encuentra de media a altamente meteorizado, la humedad del suelo. Dentro de este parámetro también se hizo constancia de procesos de erosión evidentes en la parroquia Malacatos, los cuales se encuentran modificando continuamente la morfología del terreno.

7.2. Análisis de la Validación Cartográfica Relacionada a la Geomorfología

Para poder realizar un buen aprovechamiento de la cartografía generada es importante determinar la calidad de la información, es decir, se debe realizar una evaluación de su confiabilidad; en este sentido para poder validar los mapas y las bases digitales generadas fue necesario realizar un muestreo en la parroquia tomando puntos de control de forma aleatoria, con la finalidad de registrar la mayor información posible que permita obtener una base de datos acorde a la realidad del área de estudio; en este caso estos puntos geográficos se consideraron como sitios de verificación.

Dentro de este análisis se ha considerado dos variables que conforman la geomorfología, de tal modo tenemos la cartografía geológica y de uso actual del suelo.

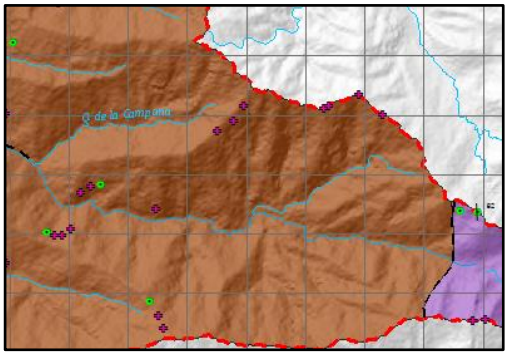
7.2.1. Cartografía geológica

Para poder validar la cartografía geológica se consideró un número de puntos de muestreo representativo en relación a la totalidad del mapa, teniendo en este sentido 224 afloramientos y 400 puntos de control.

En este caso cada sitio de verificación se asocia a una sola categoría de la leyenda del mapa, es decir, corresponde a una sola litología, a excepción de aquellos puntos ubicados en contactos litológicos. A partir del registro de los puntos de control y afloramientos se realiza una corroboración entre el mapa y la información registrada en campo dando una validez de 93%, este registro fue de gran importancia ya que con ello se pudo identificar los errores presentes en la cartografía analizada, la misma que fue modificada para aumentar su confiabilidad, con la finalidad de mejorar la información contenida en el mapa y sus productos derivados llegando a un porcentaje de validez próximo al 98%; donde cabe indicar que no se considera como un 100% pese a los ajustes realizados, debido a que existe un área que no cuenta con puntos de verificación por la dificultad de acceso, ubicados específicamente en el Parque Nacional Podocarpus; en la imagen siguiente se puede observar el área representada por el menor número de puntos de control.

Figura 87.

Muestra de Área con Escasos Puntos de Control



Fuente: Dávila (2021)

7.2.2. Cartografía de uso actual del suelo

Para poder desarrollar esta cartografía se ha utilizado la base cartográfica del Municipio de Loja (2018) y se ha actualizado a partir de la interpretación de una imagen satelital del 2021 de alta resolución (1.1 m/ pixel), constituyéndose en un insumo que juega un importante rol en la generación de información sobre el uso de suelo; este trabajo se lo realizó tomando en cuenta la forma, textura y color.

Con el propósito de realizar eficazmente la validación de la información cartográfica generada a partir de actualización de la cartografía de uso actual del suelo mediante la interpretación visual de la imagen satelital, fue necesario adquirir información proveniente a través del trabajo de campo con puntos de control o también denominados puntos de verificación, los mismos que capturan información del terreno y permiten valorar si la cartografía es aceptable. En este caso se tomaron 325 puntos los cuales coincidieron espacialmente con las categorías de uso de suelo establecidas en el mapa, por ende, se puede decir que la información cartográfica relacionada a esta variable tiene una validez muy próxima al 100%.

7.2.3. Cartografía geomorfológica

La evaluación de la exactitud temática en la cartografía en este caso geomorfológica, constituye un indicador de confiabilidad del producto generado mediante la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013) relacionada a la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental a escala 1:25.000, comprendida por componentes temáticos y estadísticos.

El exhaustivo trabajo de campo, donde se registraron 210 puntos de control permitió dar una métrica de confiabilidad de la información espacial geomorfológica que garantiza su calidad y usabilidad, donde todos los puntos de verificación coincidieron espacialmente con la cartografía analizada, por ello se obtiene una validez del 100%, de esta manera cabe destacar que la caracterización realizada mediante el uso de técnicas de interpretación digital en 3D, adicionalmente la utilización de productos del Modelo Digital de Elevación de ALOS PALSAR con 12.5 m/pixel como es el mapa de sombras, y el cálculo de estadística zonal constituyen una herramienta viable al momento de realizar este tipo de mapas temáticos.

Dado que la geomorfología conlleva un proceso integral, en el trabajo de campo fue necesario registrar información adicional como geología, uso de suelo, características morfológicas y morfodinámicas.

La evaluación de la calidad de esta cartografía resulta de gran interés ya que este producto puede servir como insumo para estudios de suelos, gestión de riesgos naturales y planificación del territorio.

7.3. Análisis de la Clasificación de los Niveles de Susceptibilidad a Deslizamientos

7.3.1. Elementos importantes

Es de suma importancia una buena gestión de la información disponible y generada, ya que influye directamente en los resultados de la determinación de niveles de susceptibilidad. Para poder valorar la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Malacatos se tomó como base la metodología de Saaty, la misma que presenta un proceso analítico jerárquico que permite asignar pesos a cada una de las variables que conforman el mapa geológico, geomorfológico, de pendientes, uso de suelo y el mapa de isoyetas.

Esta metodología presenta gran eficacia, ya que permite medir el grado de consistencia entre las opciones pareadas, si este grado es menor a 0.1 se considera como aceptable, siendo el caso se puede continuar con el proceso de análisis, caso contrario se deben realizar ajustes, reconsiderando o modificando valores hasta que la consistencia sea aceptable.

Realizando una adecuada valoración se colocó a la variable geomorfología como la de mayor importancia, seguidamente la geología y las pendientes, consideradas como aquellas de mayor incidencia en la ocurrencia de deslizamientos; en campo se pudo constatar que los

materiales se encontraban con una meteorización de media a alta. En cuarto lugar, se encuentra ubicada la variable de uso actual del suelo y en último lugar se encuentran el factor desencadenante de precipitaciones, esta variable se ha tomado en cuenta ya que las precipitaciones aumentan las fuerzas desestabilizadoras del terreno, aumentando la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.

7.3.1.1. Análisis de la variable geología.

Al analizar la variable geología y con observación que se tuvo en los recorridos de la zona de estudio, nos indica que es una zona donde predomina la Unidad Chigüinda del Paleozoico, encontrándose específicamente en el relieve montañoso, relieve colinado alto y relieve colinado medio.

Para la asignación de pesos en la variable geología se ha establecido el nivel de importancia de acuerdo al grado de meteorización que presentan los materiales observados en el trabajo de campo, también se tomó en cuenta la litología, en la que se registró mayor número de deslizamientos. En base a esto, se tiene que la Unidad Chigüinda caracterizada por material metamórfico como esquistos, filitas, cuarcitas y la Unidad Tres Lagunas caracterizada por granitos, granitoides con alteración terrosa; la Formación San Francisco y Formación Santo Domingo, representada generalmente por lutitas, limolitas y areniscas de grano fino; son las que se encuentran con un nivel de meteorización mayor; es aquí donde se ha podido evidenciar el desprendimiento de material hacia el pie de los afloramientos, teniendo un total de 40 deslizamientos.

Por otra parte, se tiene que depósitos aluviales y coluviales, caracterizados por cantos, bloques, guijarros procedentes de material ígneo y metamórfico, formando terrazas de depositación y llanuras aluviales en las zonas más bajas, estos poseen materiales fácilmente erosionables, debido a la heterogeneidad de sus depósitos, poca compactación y baja cimentación, lo que permitirá una fácil erosión por parte de la escorrentía superficial; en esta zona se ha podido registrar 4 deslizamientos.

Dentro de este apartado se tiene también la formación San José y formación Cerro Mandango, que a pesar de no haberse visualizado deslizamientos que las caracterice, se pudo observar la presencia de material poco cohesivo y cárcavas que van de pocos centímetros a metros, producto de meteorización física (eólica, fluvial).

Litológicamente la formación Loma Blanca es la que presenta materiales de menor incidencia en la ocurrencia de un deslizamiento, caracterizada especialmente por rocas ígneas como tobas andesíticas, también se logró identificar la presencia de areniscas volcánicas con clastos de material andesítico, con cohesión alta.

7.3.1.2. Análisis de la variable geomorfología.

El relieve de la parroquia Malacatos es mayor parte pertenecen a relieves accidentados, siendo estos considerados como aquellos de mayor incidencia en la ocurrencia de un deslizamiento, en cuanto a las geoformas de menor pendiente y desnivel como las terrazas o llanuras, son consideradas como las menos susceptibles a este fenómeno.

Para este análisis se ha sido importante considerar el inventario de deslizamientos; dentro de esto se puede mencionar que gran parte de los deslizamientos identificados son ocasionados por la apertura de vías, o actividades de agricultura; también se han registrado deslizamientos que se han dado de manera natural, generalmente estos se sitúan a los lados de una red hídrica y en pendientes empinadas, como es el caso de aquellos inventariados en el Parque Nacional Podocarpus. Estos deslizamientos están íntimamente relacionados con el nivel humedad presente y el grado de meteorización de su litología.

De acuerdo a las observaciones realizadas en el área de estudio, el análisis de fichas geomorfológicas levantadas en las salidas de campo (ver Anexo 3) y trabajos previos que se realizaron en el PDOT de la parroquia en el 2015, se pudo establecer que el sector tiene una afectación muy alta de los agentes erosivos exógenos, esta zona es afectada directamente por erosión fluvial y eólica que socava constantemente las geoformas, provocando constantes deslizamientos de masa.

7.3.1.3. Análisis de la variable pendiente.

La parroquia Malacatos tiene pendientes que van desde ligeramente inclinadas a pendientes empinadas, en mayor parte se encuentran las pendientes que van de 15° a 35°. El orden de los elementos de la variable pendiente se lo realizó de la siguiente manera; en primer lugar, a las pendientes de 35° – 55°. En cuarto lugar, se consideró a las pendientes con un grado de inclinación que van dentro del rango de 0 a 5°; ya que son superficies muy bajas y casi planas, donde existe una mínima o casi nula posibilidad de existir deslizamientos, en este tipo de pendientes pueden dar lugar a fenómenos de remoción en masa denominados reptaciones.

7.3.1.4. Análisis de la variable uso actual del suelo.

Uno de los factores influyentes sobre la ocurrencia de deslizamiento es la intervención humana, en este caso la zona antrópica se encuentra mayormente afectada por deslizamiento específicamente en las vías, debido a que disminuyen la resistencia de las laderas con el corte; seguidamente se tiene el suelo improductivo que al no poseer cobertura se encuentra expuesto a procesos de erosión, incrementando de esta manera la potencialidad a movimientos de masa; el suelo destinado a actividades agropecuarias es considerada como otra variable influyente, donde se identifica la degradación y erosión del suelo, como resultado tiende a incrementarse la inestabilidad y la frecuencia de movimientos en masa. Seguidamente se tiene el páramo y la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea que por poseer raíces pequeñas disminuye la resistencia a la ruptura del suelo, a más de esto se encuentra en zonas de pendientes muy inclinadas y por estar constituida por materiales poco competentes se vuelve bastante vulnerable a la ocurrencia de deslizamientos.

La cobertura vegetal tiene el papel de un armazón cohesivo al conjunto del suelo; sin embargo, la vegetación puede hacer las veces de factor desencadenante, al penetrar las raíces sustratos rocosos, abriendo grietas en laderas propensas a desprendimientos y deslizamientos traslacionales, ya que en éstos la superficie de rotura se produce a favor de tales discontinuidades. Por ello para plantar árboles es importante realizar un estudio riguroso, por esta razón el bosque plantado también se lo considera en la ocurrencia de deslizamientos, incluso se puede mencionar que en el área de estudio la zona representada por esta categoría de uso de suelo, se caracteriza por pendientes muy inclinadas y posee una litología bastante meteorizada, en la que se ha registrado deslizamientos a partir del trabajo de campo realizado.

La cobertura del suelo juega un papel importante en la ocurrencia de deslizamientos debido a que influye en las propiedades hidrológicas y mecánicas del suelo. Por ello en terrenos con cobertura vegetal nativa como los bosques tienen a ocurrir menos deslizamientos, como consecuencia del efecto protector de este tipo de vegetación, sin embargo, por ubicarse en pendientes altas pueden originarse deslizamientos, además está constituido por material de la Unidad Chigüinda, caracterizada por un alto grado de meteorización.

En la parroquia Malacatos se consideró al cuerpo de agua como los de menor incidencia a que ocurra procesos desestabilizadores, ya que por lo general está ubicada en terrenos de poca pendiente.

7.3.1.5. Análisis de la variable isoyetas.

En base a este aparatado es importante mencionar que, debido a la baja densidad de estaciones meteorológicas y la distancia existente entre la zona de estudio y las estaciones, se ha considerado pertinente hacer uso de la herramienta IDW ya que es idónea para este tipo de situaciones.

Dentro de los procesos actuales, desde el punto de vista geomorfológico, el elemento desencadenante de mayor relevancia en la ocurrencia de deslizamientos es la precipitación, debido principalmente a que es este elemento el que en mayor frecuencia genera movimientos en masa en los meses en que precipita con mayor regularidad y cantidad. En este escenario se analizó la información presentada por el INAMHI, la misma que muestra precipitaciones medias anuales de 560.44 a 964.36; aquí se otorgó un mayor peso a las precipitaciones de rangos mayores, ya que éstas inciden mayormente en el comportamiento geotécnico de los materiales geológicos, ya que la infiltración de agua en los materiales genera que estos disminuyan su estabilidad, pudiendo provocar el colapso; en base a la cartografía generada se tiene que las precipitaciones incrementan paulatinamente desde el centro al oeste y este del área de estudio, incrementando de esta manera la inestabilidad, inclusive es en esta área donde se han registrado el mayor número de movimientos en masa; y las zonas que reciben menores precipitaciones se localizan en la parte central de la parroquia, por ende, el efecto erosivo y de sobrecarga en esta zona con respecto a este factor en menor en el centro urbanístico.

7.3.2. Zonas de mayor susceptibilidad en la parroquia Malacatos

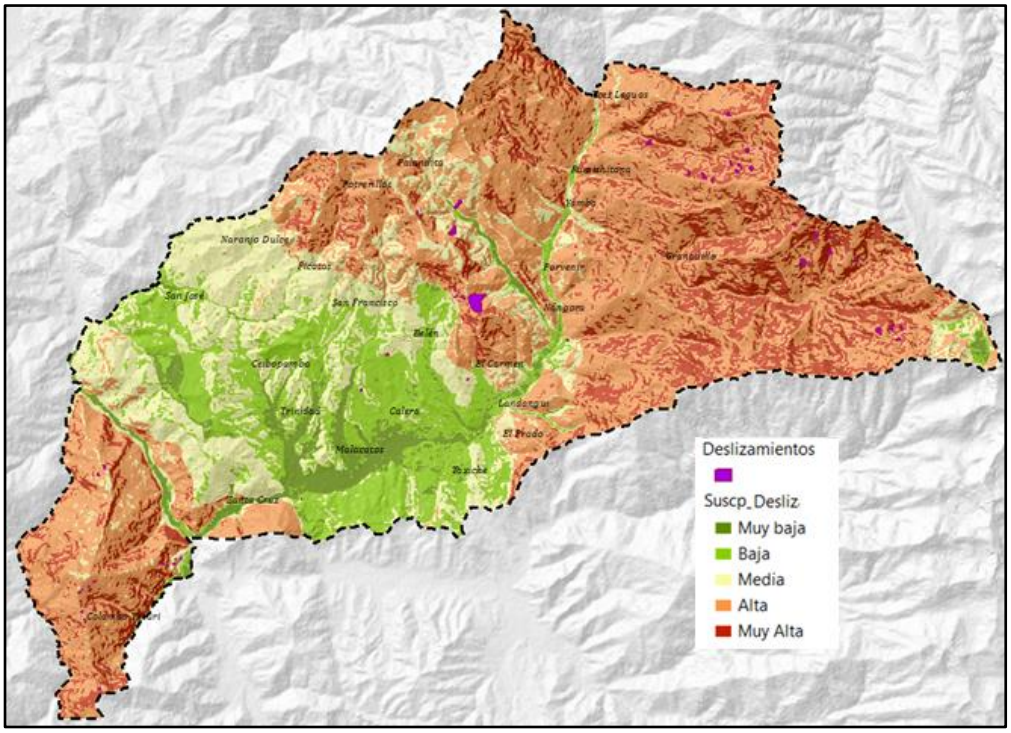
Con los resultados obtenidos a partir de la metodología planteada por Saaty predomina la susceptibilidad alta con un 44.34 % del área total, lo mismo que equivale a 91.34 km^2, seguidamente se encuentra la susceptibilidad media con un 20.56% igual a 42.85 km^2 y en menor cantidad se encuentra la susceptibilidad de categoría muy alta abarcando el 15.94% de la parroquia, con un área de 32.85 km^2. Con ello se evidencia que las zonas con mayor susceptibilidad se encuentran principalmente dispersas al margen este y oeste del área de estudio, tal cual se indica en el PDOT de la parroquia del año 2015. Las zonas de mayor susceptibilidad son: Granadillo, Rumishitana, El Porvenir, Nangora, El Carmen, Potopamba, Tres Leguas, El Prado Alto, Santo Domingo, Jabonillo, Naranjo Dulce, Picotas, San Francisco Medio, San Francisco Alto, Palandita, de la misma forma este resultado se asocia espacialmente a lo expuesto en el PDOT.

Al analizar el porqué de la distribución de estas zonas de susceptibilidad, se identifica que concuerdan espacialmente con los elementos de mayor peso en la ocurrencia de deslizamientos valorados anteriormente, es decir, en las zonas de los dos niveles más altos de susceptibilidad se encuentran relacionados directamente a relieve montañoso, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio; compuesto por rocas metamórficas (esquistos, filitas), rocas ígneas (granitos) y rocas sedimentarias (lutitas) meteorizadas, y con presencia de humedad; en el contexto de pendientes se tienen medianamente inclinadas a empinadas, aumentando consigo el nivel de erosión y afectando la estabilidad del terreno; dentro de estas zonas se encuentran focalizados valores considerables de precipitación en épocas lluviosas.

Con la validación de las zonas de susceptibilidad con el inventario de deslizamientos se determinó que 59 de 65 deslizamientos coinciden con las zonas de alta y muy alta susceptibilidad (Ver figura 88); esto permite consigo, realizar un análisis de la eficacia del método de Saaty empleado; considerando el área que representan estos 59 deslizamientos se tiene una eficacia del método de 98.06%, por consiguiente, este trabajo puede servir de base para investigaciones posteriores.

Figura 88.

Validación de Deslizamientos con Zonas de Susceptibilidad

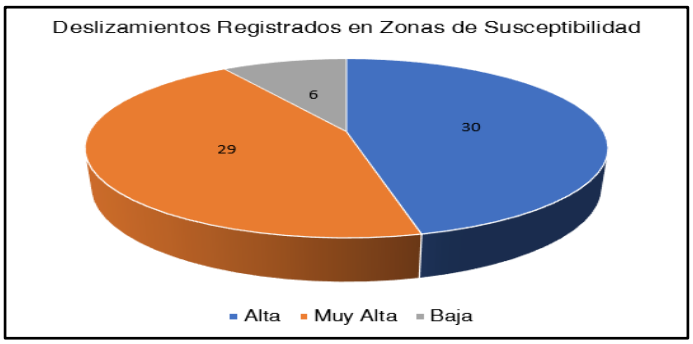


Fuente: Dávila (2021)

En la siguiente figura se indica el número de deslizamientos asociados a su nivel de susceptibilidad.

Figura 89.

Deslizamientos que Coindicen Espacialmente con las Zonas de Susceptibilidad



Fuente: Dávila (2021)

Una vez analizados los datos obtenidos en los resultados, se pudo contestar las diferentes interrogantes de investigación. La primera pregunta fue: ¿Cuál es la clasificación de unidades de relieve de la parroquia Malacatos, según la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental?; esta pregunta fue contestada a partir del uso de las herramientas SIG, interpretación de imágenes satelitales y visualizaciones en 3D, y se contempló en la cartografía geomorfológica generada, a más de ello la clasificación de unidades de relieve se validó en campo con puntos de control, mediante descripción geomorfológica en fichas, las mismas que contienen a detalle las geoformas identificadas. De la misma manera se logró responder la segunda pregunta que establece: ¿Qué elementos son importantes considerar al momento de realizar una superposición cartográfica para determinar zonas de mayor influencia a la ocurrencia de deslizamientos?; donde se dice que las variables geomorfología, geología, pendiente, uso actual del suelo e isoyeta son elementos de gran incidencia a que se produzca un deslizamiento, a más de ello fueron variables accesibles para el tema de estudio. Finalmente se respondió la pregunta que estable los siguiente: ¿Cuáles son las zonas más susceptibles a deslizamientos en la parroquia Malacatos según la cartografía generada y análisis realizado?, de la misma forma se respondió a partir de la cartografía generada (mapa de susceptibilidad), donde se identifica que las áreas más susceptibles se encuentran al este y oeste de la parroquia, abarcando consigo varios barrios de la localidad indicados anteriormente, y donde se ha podido evidenciar a partir del trabajo de campo que ya existen viviendas afectas, como también infraestructura educativa, de salud, recreación e infraestructura vial.

8. Conclusiones

La metodología empleada en la obtención de los índices topográficos como son: sombreado, pendiente, curvatura de perfil, curvatura en planta, curvatura longitudinal, curvatura transversal, mínima y máxima curvatura; resultan del procesamiento del Modelo Digital de Elevación (DEM), de ALOS PALSAR a escala 1: 25.000, donde se realiza una clasificación automática Isodata, cuyo resultado permite tener una idea inicial de las unidades geomorfológicas que se registrarán en campo; sin embargo, esta metodología no es suficiente, por ello se realizó una validación en campo, fotointerpretación de la imagen satelital de la Parroquia Malacatos de resolución de 1.1 m/pixel descargada en el programa SASPlanet y visualizaciones en 3D con la herramienta ArcScene.

Como resultado de las correcciones pertinentes y validación en campo se definen las unidades geomorfológicas con una leyenda temática planteada en la metodología del Ministerio del Ambiente, teniendo un total de 5 unidades de macrorelieve y 11 unidades de mesorelieve, las mismas presentan edades desde el Paleozoico hasta el Cuaternario y su origen se relaciona procesos tectónico-erosivos, estructurales, deposicional y glaciar.

El tipo de relieve que abarca mayor extensión en la parroquia es el de cordillera, donde encontramos relieve montañoso, este abarca un área de 117.37 km^2, lo que significa un 56.97% del área de estudio; se caracteriza por pendientes fuertemente inclinadas (15° - 35°) a verticales (>55°), generalmente su desnivel desde la cima a la base es igual o mayor a 300 m; litológicamente se encuentra representado por material metamórfico como filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoico, de rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica y, de brechas volcánicas, tobas andesíticas y areniscas volcánicas de la Formación litológica Loma Blanca del Oligomioceno; en la superficie de estas geoformas se logra visualizar vegetación arbustiva, vegetación herbácea, bosque representado por especies nativas de la zona, y plantaciones agrícolas. En menor extensión, específicamente al este de la parroquia se tiene el macrorelieve con denominación de valle glaciar, aquí encontramos un circo glaciar que ha cursado por un proceso de deshielo, una llanura glaciar que se forma posterior de que se haya retirado el hielo del terreno y dos lagunas, cabe indicar que este tipo de relieve se ha identificado a partir de imágenes satelitales, visualizaciones en 3D, cartografía geológica existente, a más de ellos trabajo en campo; litológicamente el circo glaciar se encuentra constituido por rocas graníticas

de la Unidad Tres Lagunas, siendo esta de edad Triásica y se caracteriza por ser una depresión en forma circular con flancos abruptos, producida por la erosión glaciar en las paredes montañosas rodeando al valle glaciar; la llanura aluvial se encuentra compuesto por rocas aborregadas erosionadas por el hielo y morrenas, litológicamente corresponden a depósitos glaciares del Cuaternario, y finalmente se encuentra la laguna que corresponde a un depósito natural de agua, este macrorelieve abarca una extensión de 2.48km^2, lo mismo que significa el 1.20% del área total de la parroquia en estudio.

El análisis de la susceptibilidad a deslizamientos a partir del mapa generado resulta de gran importancia en los procesos de planificación territorial y en la gestión de desastres, de esta manera en este trabajo se ha establecido niveles de incidencia en la ocurrencia de este tipo de fenómenos, donde se consideró el siguiente orden de variables, inicialmente se ubica la geomorfología ya que esta abarca consigo a la variable de pendientes y geología, considerados estas como aquellas de mayor incidencia en la ocurrencia de deslizamientos, por esta razón, estas dos variables ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente; en campo se pudo constatar que los materiales se encontraban con una meteorización de media a alta, especialmente aquel perteneciente a la Unidad Chigüinda; en cuarto lugar se encuentra ubicada la variable de uso actual del suelo, y en último lugar se encuentra el factor desencadenante de precipitaciones, esta variable se ha tomado en cuenta ya que las precipitaciones aumentan las fuerzas desestabilizadoras del terreno, aumentando la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, cabe indicar que el área con precipitaciones mayores se encuentra en pendientes elevadas, incrementando de esta manera la inestabilidad, inclusive es en esta área no se han registrado el mayor número de movimientos en masa. Como resultado del análisis jerárquico de Saaty se tiene que la clasificación de muy baja susceptibilidad corresponde a un área de solo 8.54 km^2, siendo esto el 4.14%; en cuanto a la susceptibilidad baja se tiene una extensión de 30.91 km^2, equivalente al 15%; dentro de la susceptibilidad media se tiene un área de 42.84 km^2, el 20.56% del área total; asociada a la susceptibilidad alta y muy alta, con un área de 124.19 km^2, equivalente a 60.24%, donde principalmente encontramos relieve de cordillera y relieve colinado medio a muy alto, donde 59 de los 65 deslizamientos inventariados se encuentran dentro de la susceptibilidad alta y muy alta.

Los resultados obtenidos en este trabajo de titulación servirán de base para nuevos estudios en la parroquia Malacatos, especialmente los relacionado al Ordenamiento Territorial, también ayudarán en el diseño de la cartografía referente a evaluación de peligros y riesgos

naturales, tendencia evolutiva de algunos procesos exógenos que les permitan proyectar medidas preventivas o correctivas que minimicen la exposición al riesgo a la población; análisis de cuencas hidrográficas, urbanismo, obras públicas y en todo lo concerniente a la conservación de los recursos naturales y la gestión ambiental.

9. Recomendaciones

La clasificación automática empleada de en este trabajo debe ser reforzada con procesos complementarios como visualizaciones en 3D, fotointerpretación y validación en campo, puesto que la clasificación Isodata nos da únicamente una base de las unidades de relieve que se va a encontrar, pero no una denominación, para ello es importante ajustar la leyenda temática planteada por el Ministerio del Ambiente de acuerdo a la realidad del área de estudio.

Para realizar la cartografía geológica utilizar información base que sea fiable como aquella establecida por el Instituto de Investigación Geológico y Energético, en este caso fue de gran ayuda ya que la información presentada en la carta geológica de Gonzanamá tuvo bastante relación a la levantada en campo, por ello fueron necesarios solo pequeños ajustes.

Los insumos empleados para el mapa de susceptibilidad deben ser con el mismo tamaño de celda para evitar errores; es decir deben ser trabajados a una misma escala; y la asignación de pesos de cada elemento se lo debe realizar minuciosamente y con objetividad.

10. Referencias Bibliográficas

Arroyo, N. (2011). Esbozo Histórico de la Geomorfología y su Papel como Ciencia Aplicada en el Contexto de los Peligros Naturales y los Planes Reguladores. *Revista Geográfica de América Central*, 15 - 34.

Camargo, J. (2004). *Manual de Geología Estructural. Guía para la Interpretación y Elaboración de Mapas Geológicos.* Bogotá, Colombia: Editorial Universodad Sur Colombiana.

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección espacial (3ª ed.).* . Madrid, España: Rialp.

Demek, J. . (1972). *Manual of detailed geomorphological mapping.* International Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping Prague.

Diaz, Y. (2012). *Compilación de Geomorfología.* Cambinas.

Duque, G. (2013). *Manual de Geología para ingenieros.* Manizales, Colombia.

Exelis Visual . (2015). *Harris Geospatial.*

González, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. . (2002). *Ingeniería Geológica.* Madris, España: Pearson Educación S.A.

Gutiérrez, M. (2008). *Geomorfología.* Madrid, España: Pearson Educación S.A.

Huggett, R. (2007). *Fundamentals Geomorphology.* New York, USA: New York: Taylor & Francis e-Library.

Hungerbühler, D. (1997). *Neogene Stratigraphy and Andean Geodynamics of Southern Ecuador.* Amsterdam.

Hupb Lugo, J. (1989). *Diccionario Geomorfológico.*

IDEAM. (2013). *Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1:100.000.* . Bogotá, Colombia.

Idurre, J. (2014). *Unidad Geomorfológicas. Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador.* Quito, Ecuador.

INGEOMINAS. (2004). *Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía para la Zonificación Geomecánica.* Bogotá, Colombia.

INIGEMM. (2017). *Memoria Técnica de la Hoja Geológica Gonzanamá 1: 100 000. Proyecto Investigación Geológica y disponibilidad de ocurrencias de recursos minerales en el Territorio Ecuatoriano.* . Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrg.

Kennerley, J. (1973). *Geology of Loja Province Southern Ecuador.* London: Prince Gate.

López, D. (2006). *Desarrollo en Implementación de un Modelo para la Clasificación Automática de Unidades de Relieve a partir de Modelos Digitales de Eñevación.* México: CentroG.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación de Ecosistemas del Ecuador Continental.* Quito, Ecuador.

Mora, R. (2004). *Evaluación de la Susceptibilidad al Deslizamiento del Cantón San José, Provincia de San José, Costa Rica.*

Piumetto, M. (2005). *Conceptos básicos de Sistemas de Información Geográfica.* Lincoln Institute, of Land Policy.

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., & Garrido, A. (2008). *Propuesta para la Generación Semiantomatizada de Unidades de Paisaje.* México: Universidad Autónoma de México.

Rodríguez, O. (2005). *Manual para el Manejo y Procesamiento de Imágenes Satelitales Obtenidas del Sensor Remoto Modis de la NASA, Aplicado en Estudios de Ingeniería Civil.* Bogotá, Colombia.

Saaty, T. (1980). *How to make a decision: the analytic hierarchy process.* . Pittsburgh, Pensilvania.

Sarria, F. (2004). *SIG Aplocados al Análsis y Cartografía de Riesgos Climáticos.* Murcia, España: Asociación Española de Climatología.

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimietos en masa.* Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimiento en Masa a Escala 1:25000.* Colombia.

SIGTIERRAS. (2014). *Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25000.* Quito, Ecuador.

Tricart, J. (1995). *Principes et methodes de la geomorphologie.* París, Francia.

Tveito, O. & Schoner, W. (2002). *Application of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of geographical information systems (GIS).* .

Valera, R. (2014). *Manual de Geología.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

Villota, H. (1997). *Una Nueva Aproximación a la Clasificación Fisiográfica del Terreno.* Bogotá, Colombia.

Vink, A. (1975). *Land Use in Advancing Agriculture.* Berlín, Alemania.

Zinck, A. (2012). *Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos.* Holanda: Enschede, The Netherlands.

11. Anexos

Anexo 1: Caracterización de Afloramientos Mediante Fichas de Campo.....160
Anexo 2: Ubicación de Puntos de Control de Geología.....190
Anexo 3: Caracterización Geomorfológica Mediante Fichas de Campo 197
Anexo 4: Registro de Deslizamientos Mediante Fichas de Campo.....212
Anexo 5: Modelo Digital de Elevación de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....223
Anexo 6: Proceso de Obtención de Imagen Satelital 224
Anexo 7: Imagen Satelital de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....226
Anexo 8: Mapa de Ubicación y Acceso de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....227
Anexo 9: Mapa Topográfico de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 228
Anexo 10: Mapa Hidrológico de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....229
Anexo 11: Mapa de Geología Regional de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 230
Anexo 12: Mapa de Geología Local de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 231
Anexo 13: Mapa de Pendientes de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....232
Anexo 14: Mapa de Uso Actual de Suelo de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 233
Anexo 15: Mapa de Isoyetas de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 234
Anexo 16: Mapa de Unidades de Mesorelieve de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....235
Anexo 17: Mapa de Unidades de Macrorelieve de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....236
Anexo 18: Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)*.....237
Anexo 19: Mapa de Susceptibilidad a Deslizamiento de la Parroquia Malacatos *(Ubicado en CD 2)* 238

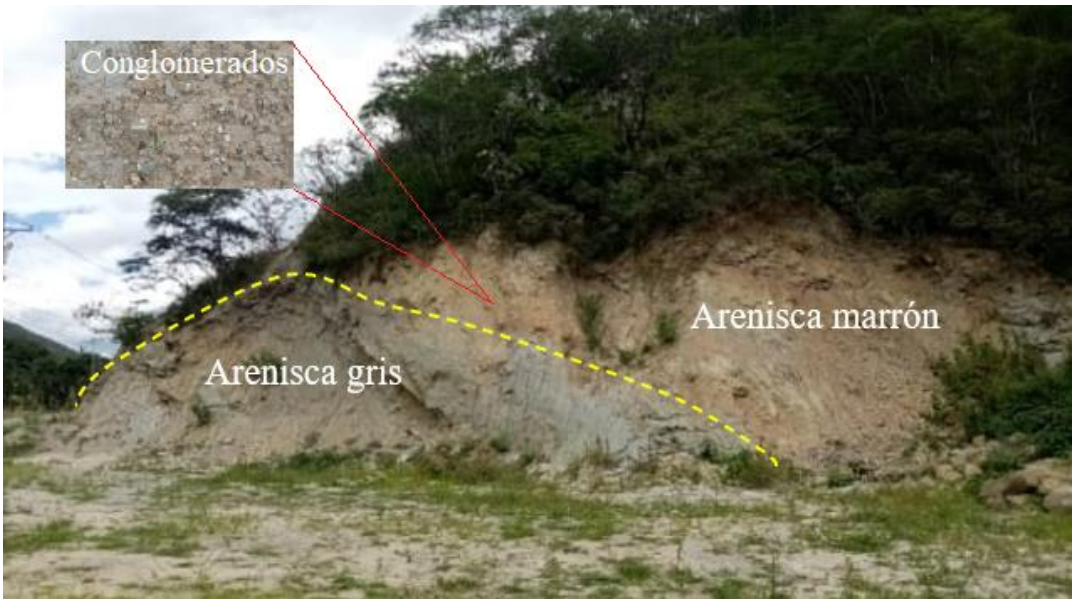
Anexo 1:

Caracterización de Afloramientos Mediante Fichas de Campo

<table>
<tr><th colspan="5">FICHAS PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
DATOS GENERALES</th></tr>
<tr><th colspan="3">LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</th><th colspan="2">COORDENADAS</th></tr>
<tr><td>Afloramiento N°:</td><td colspan="2">1</td><td>Datum:</td><td>WGS 1984</td></tr>
<tr><td>Provincia/Cantón:</td><td colspan="2">Loja / Loja</td><td>Coordenadas X:</td><td>692423</td></tr>
<tr><td>Parroquia:</td><td colspan="2">Malacatos</td><td>Coordenadas Y:</td><td>9533150</td></tr>
<tr><td>Barrio/Sector:</td><td colspan="2">Vía a Purunuma</td><td>Altura (msnm):</td><td>1457</td></tr>
<tr><th colspan="3">CARACTERÍSTICAS</th><th colspan="2">DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</th></tr>
<tr><td>Tipo de afloramiento:</td><td colspan="2">Artificial</td><td colspan="2" rowspan="7">El afloramiento comprende en la parte superior una capa de microconglomerados de clastos metamórficos en matriz arcillosa y en la parte inferior se observa la presencia de arenisca de tonalidad gris y marrón con estratificación cruzada en surco.
En este afloramiento se pueden visualizar cárcavas de pocos centímetros.</td></tr>
<tr><td>Formación:</td><td colspan="2">San Francisco</td></tr>
<tr><td>Estado:</td><td colspan="2">Meteorizado</td></tr>
<tr><td>Humedad:</td><td colspan="2">Baja</td></tr>
<tr><td>Estructura:</td><td colspan="2">Masiva</td></tr>
<tr><td>Tipo de material:</td><td colspan="2">Sedimentario</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dimensiones</td><td>Ancho:</td><td>31.90 m</td></tr>
<tr><td>Alto:</td><td>8.00 m</td></tr>
<tr><th colspan="3">ELEMENTOS DE YACENCIA</th><th colspan="2">OBSERVACIONES</th></tr>
<tr><td>Azimut:</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2" rowspan="2">Se encuentra agrietado debido a la introducción de raíces de la vegetación presente.</td></tr>
<tr><td>Buzamiento:</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><th colspan="5">REGISTRO FOTOGRÁFICO</th></tr>
<tr><td colspan="5">
</td></tr>
<tr><th colspan="5">FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
DATOS GENERALES</th></tr>
</table>

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			COORDENADAS	
Afloramiento N°:	2		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	692241
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9533241
Barrio/Sector:	Vía a Purununa		Altura (msnm):	1473
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		En el afloramiento podemos distinguir dos coloraciones de areniscas, en la parte inferior de color gris y en la parte superior de color marrón. Dentro de esta matriz se puede observar pequeños clastos que se encuentran distribuidos en toda la estructura, los mismos que tienen dimensiones de 0. 3 cm a 5 cm	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorizado			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	36.50 m		
	Alto:	8 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-		Presenta pequeñas aberturas producto del escurriendo de agua lluvia.	
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

DATOS GENERALES

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			COORDENADAS	
Afloramiento N°:	3		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	692241
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9533241
Barrio/Sector:	Vía a Purunuma		Altura (msnm):	1473
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de material arcilloso de coloración gris y rojizo y un lente de conglomerado de 6 m aproximadamente con clastos de 0,8 cm a 2,5 cm. En este afloramiento se logran observar cárcavas producto de la escorrentía de las aguas lluvia.	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorizado			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	40 m		
	Alto:	15 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

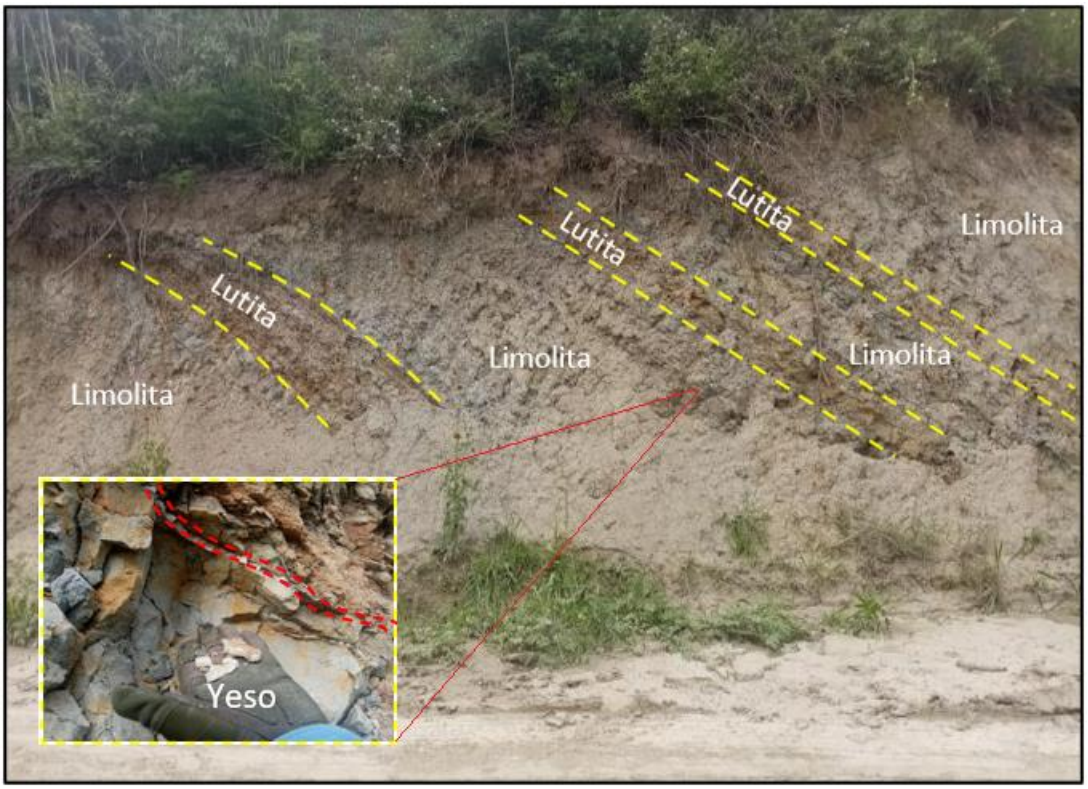
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	4		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	690830
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9535104
Barrio/Sector:	Ceibopamba		Altura (msnm):	1518
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido en parte izquierda por limolitas de color gris con oxidaciones y en la parte derecha encontramos conglomerados, cuyos clastos son sub-angulosos y su tamaño varía entre 0,3 cm a 15 cm.	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorizado			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	12 m		
	Alto:	5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

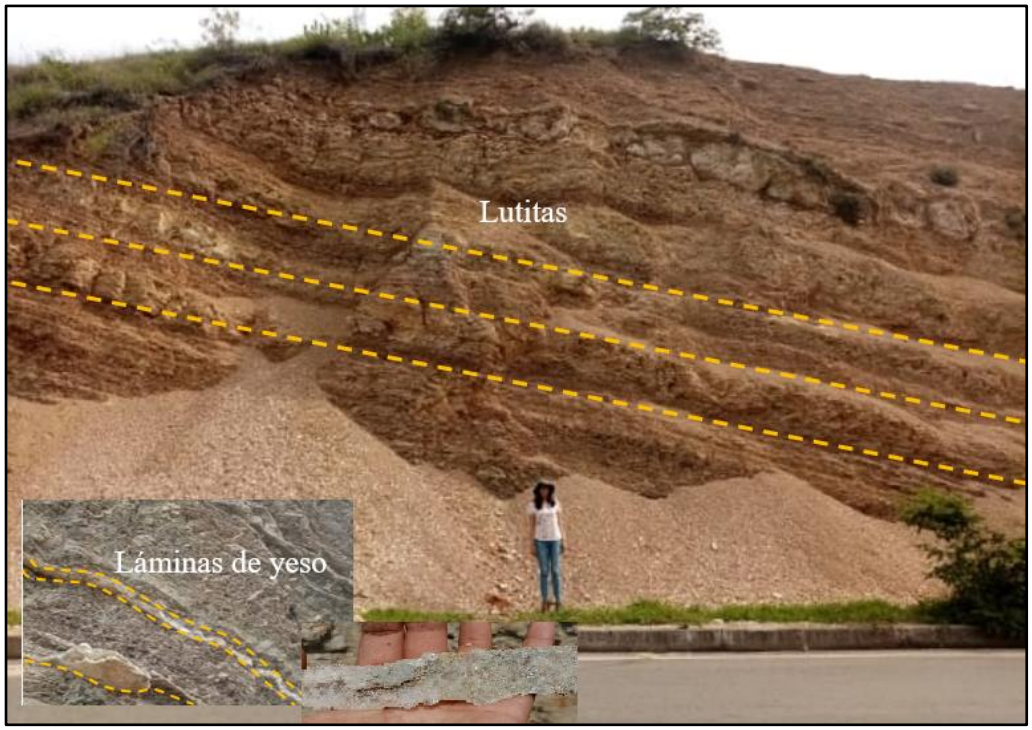
REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	5		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	690990
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9534835
Barrio/Sector:	Ceibopamba		Altura (msnm):	1501
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por intercalaciones de lutita de color marrón y limolita de color gris a café. Dentro de la estructura también se encuentran láminas de yeso de hasta 5 cm.	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorizado			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	20 m		
	Alto:	3 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	205°			
Buzamiento:	37°			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

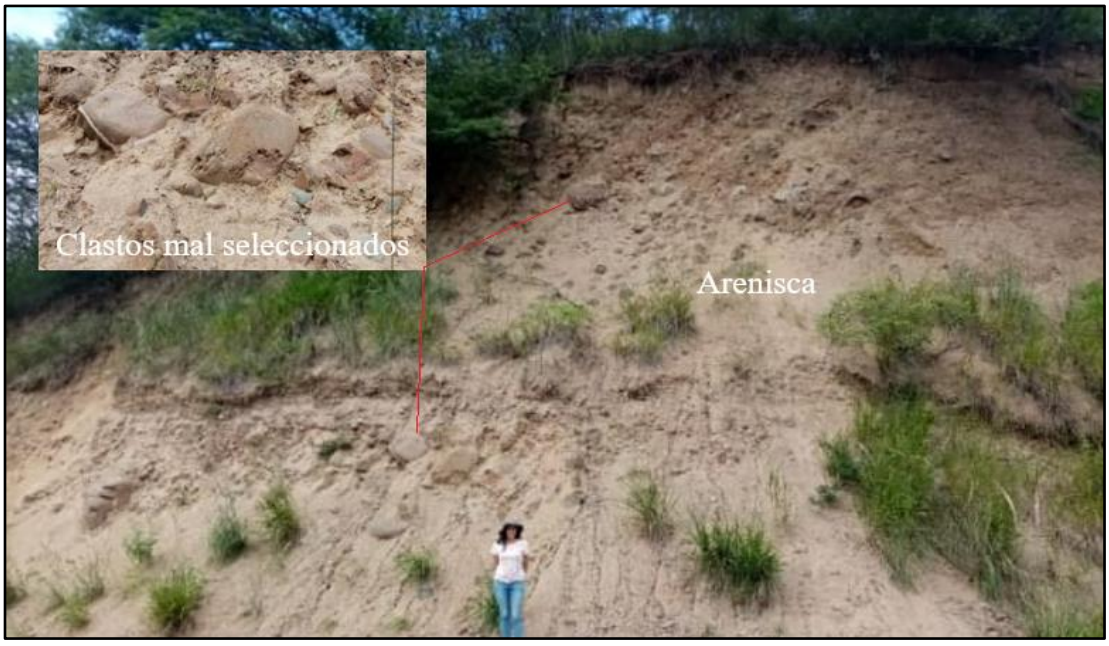


FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	6		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	688754
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9538124
Barrio/Sector:	Santo Domingo		Altura (msnm):	1558
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por lutitas de color marrón altamente meteorizadas con intercalaciones de láminas de yeso de hasta un 1cm.	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorizado			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	60 m		
	Alto:	12 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	154°		Al pie del talud se encuentra bastante material disgregado	
Buzamiento:	17°			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

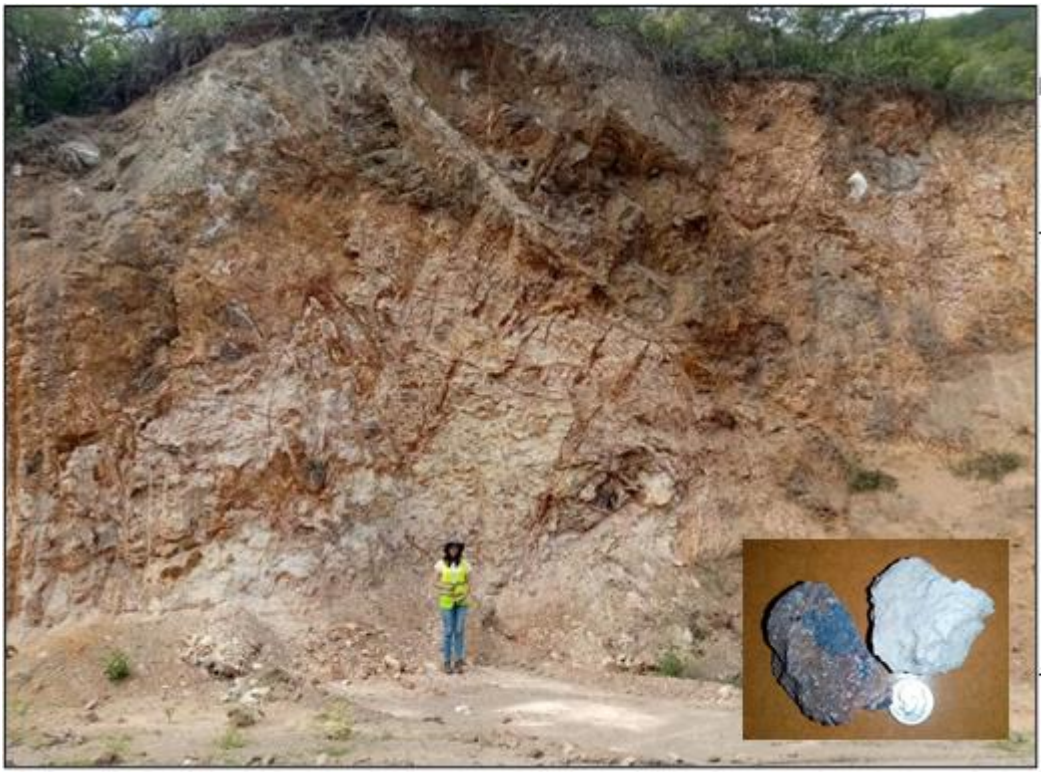


FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	7		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	688660
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9537764
Barrio/Sector:	Jabonillo		Altura (msnm):	1481
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por conglomerados mal seleccionados, estos clastos tienen forma redondeada y algunos angulosos provenientes de material volcánico y metamórfico. Estos conglomerados se encuentran dentro de una matriz arenosa.	
Formación:	San José			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	70 m		
	Alto:	10 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-		Se logra observar pequeñas cárcavas producto de la escorrentía.	
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	8		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	687323
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9536182
Barrio/Sector:	Paltón		Altura (msnm):	1560
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por tobas andesíticas púrpuras debidos a la presencia de hidróxidos de hierro, tobas andesíticas de coloración crema debido a la presencia de azufre.	
Formación:	Loma Blanca			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Ígneo			
Dimensiones	Ancho:	25 m		
	Alto:	9 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-		Se logra observar pequeñas cárcavas producto de la escorrentía.	
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	9		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	687323
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9536182
Barrio/Sector:	Paltón		Altura (msnm):	1560
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por clastos de andesita en una matriz de arenisca volcánica de color rojizo, cubierta de una cobertura vegetal de potencia de Los clastos tienen formas angulosas y su tamaño varía de 5 cm a 70 cm.	
Formación:	Loma Blanca			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcano - sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	10 m		
	Alto:	5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	10		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	685506
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9536098
Barrio/Sector:	Chiguilamaca		Altura (msnm):	1319
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por clastos esquisto grafitoso de coloración gris, se encuentra medianamente meteorizado, entre de su estructura también se logra identificar la presencia de cuarcita y de oxidaciones.	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	30 m		
	Alto:	5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	100°			
Buzamiento:	4°			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	11		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	688916
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9531374
Barrio/Sector:	Ciriacu		Altura (msnm):	1374
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por material metamórfico como son esquistos, en este caso de coloración gris y marrón, también presenta oxidaciones en ciertas partes de la estructura. Al pie del talud se encuentra material disgregado.	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	15 m		
	Alto:	22 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	132°		Se encuentra ubicado cerca de concesión de materiales pétreos del Municipio de Loja	
Buzamiento:	30°			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	12		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	689344
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9531709
Barrio/Sector:	Ciriacu		Altura (msnm):	1383
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está constituido por esquistos de coloración gris y marrón, también presenta oxidaciones en ciertas partes de la estructura, y diaclasas producidas por en algunas cosas por raíces de vegetación que se encuentra en a la superficie. La estructura se encuentra plegada a causas de fuerzas de compresión.	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No se identifica			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	40 m		
	Alto:	5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	13		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	689453
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9531908
Barrio/Sector:	Ciriacu		Altura (msnm):	1390
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está representado por depósitos aluviales, con conglomerados angulosos provenientes de material metamórfico e ígneo en una matriz arcillosa.	
Formación:	Depósito Aluvial			
Estado:	Meteorización baja			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	12 m		
	Alto:	3.5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	14		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	690111
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9532255
Barrio/Sector:	Loma Blanca		Altura (msnm):	1404
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento está representado en la parte izquierda por depósitos aluviales, con conglomerados sub-angulosos provenientes de material metamórfico e ígneo en una matriz arcillosa. En la parte derecha aflora la unidad Chigüinda caracterizada por esquistos	
Formación:	Dp. Aluvial / U. Chigüinda			
Estado:	Meteorización baja			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Metamórfico -Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	80 m		
	Alto:	25 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-		Contacto litológico	
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

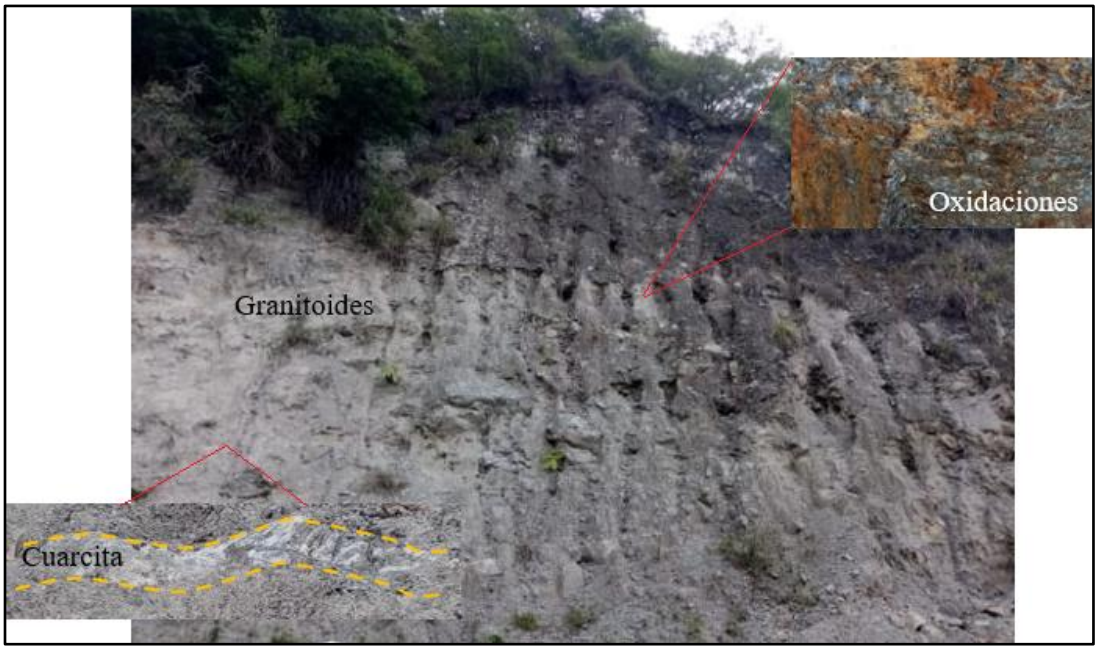
ICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	15		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	690563
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9532308
Barrio/Sector:	Loma Blanca		Altura (msnm):	1385
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de tobas andesíticas, en esta estructura se logra visualizar la presencia de una variedad de diaclasas en todas las direcciones.	
Formación:	Loma Blanca			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	No			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Ígneo			
Dimensiones	Ancho:	30 m		
	Alto:	20 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-		El material está cubierto por bastante vegetación	
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	16		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	690743
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9532313
Barrio/Sector:	Loma Blanca		Altura (msnm):	1402
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de clastos de andesita en una matriz de arenisca volcánica de color rojizo, en el talud se encuentra un bloque de andesita de 2 m.	
Formación:	Loma Blanca			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Volcano – sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	45 m		
	Alto:	11 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

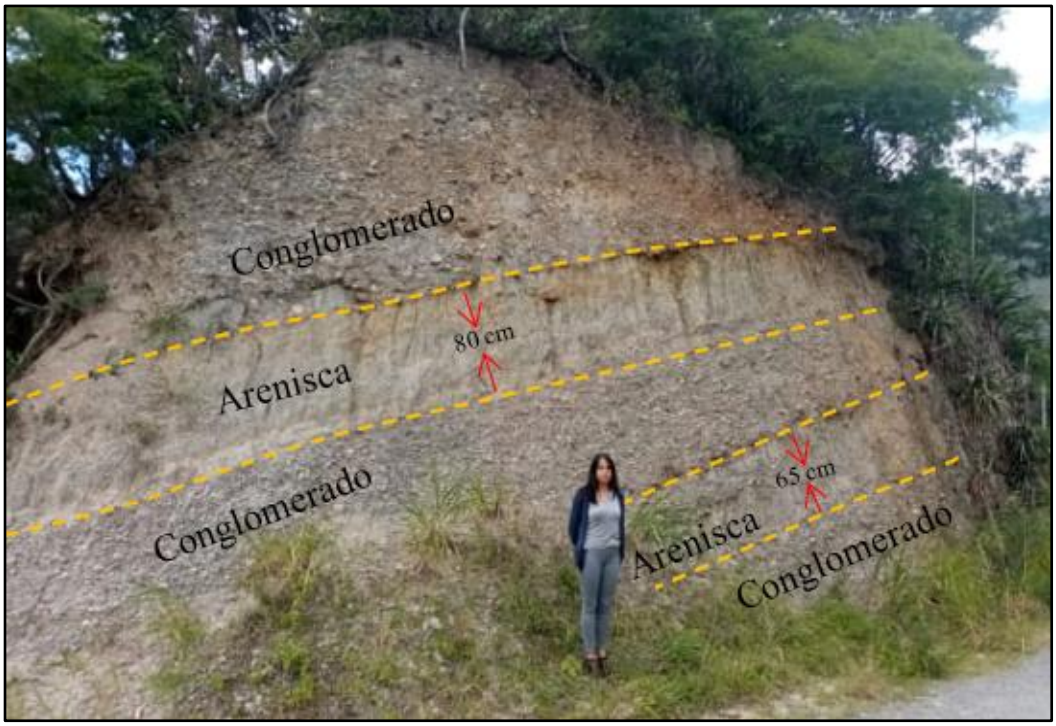
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	17		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	691352
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9538910
Barrio/Sector:	Cerca de La Merced		Altura (msnm):	1763
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia rocas graníticas en la que se logra aprecias minerales como biotita, moscovita, feldespato y cuarzo. Dentro del afloramiento también se tiene un lente de cuarcita de 10cm y oxidaciones. La zona de coloración negra es debido a la presencia de materia orgánica.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No			
Estructura:	Masiva			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	25 m		
	Alto:	15 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	18		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	698935
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9541393
Barrio/Sector:	La Huaca		Altura (msnm):	1812
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por la presencia en la parte izquierda de esquisto micáceo de coloración marrón, donde se pueden apreciar claramente los minerales de mica, y en la parte derecha encontramos esquisto grafitoso de coloración gris, estos se encuentran dispuestos de forma laminar con un ángulo preferencial de buzamiento de 34°	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	12 m		
	Alto:	4.5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	140°			
Buzamiento:	34°			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

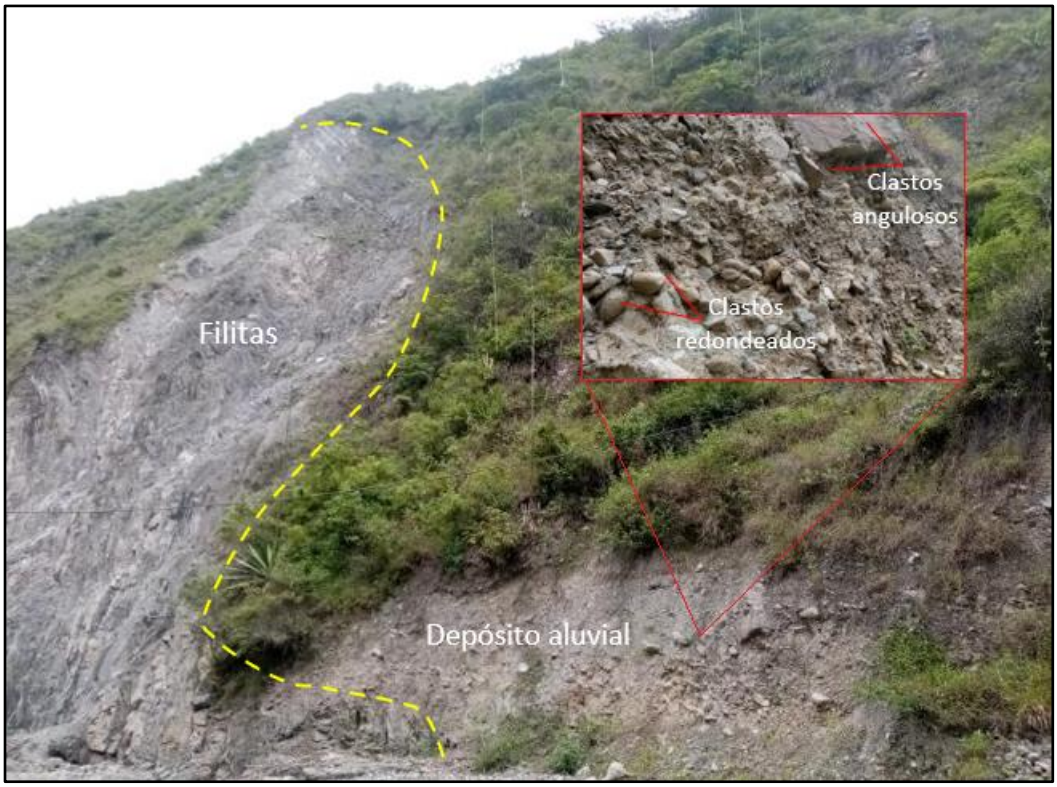
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	19		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	692626
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9532449
Barrio/Sector:	Cavianca		Altura (msnm):	1458
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por la presencia de conglomerados intercalados con estratos de arenisca grisácea. Los clastos varían de 3 am a 10 cm y poseen forma redondeada.	
Formación:	Cerro Mandango			
Estado:	Meteorización baja			
Humedad:	No			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	17 m		
	Alto:	8 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	20		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	698314
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9536759
Barrio/Sector:	Nangora		Altura (msnm):	1605
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Natural		El afloramiento se representa por la presencia de material metamórfico, en este caso por filitas que se encuentran dispuestas de forma casi vertical, tiene una coloración gris y están con una meteorización alta, lo mismo que se puede evidenciar en la cantidad de diaclasas presentes. Dentro del afloramiento también se logra visualizar fragmentos de cuarcita.	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Metamórfico			
Dimensiones	Ancho:	60 m		
	Alto:	40 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	175°		Junto a la Quebrada Nangora.	
Buzamiento:	70°			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	21		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	698293
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9536805
Barrio/Sector:	Nangora		Altura (msnm):	1606
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Natural		El afloramiento se caracteriza por un contacto litológico donde se puede apreciar en la parte izquierda la presencia de material metamórfico como son filitas y en la parte conglomerados de redondeados a angulosos con tamaños que varías de 3 cm a 50 cm en una matriz arcillosa.	
Formación:	Un. Chigüinda / Dp. Aluvial			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	Media			
Estructura:	Laminar - Masivo			
Tipo de material:	Metamórfico - sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	180 m		
	Alto:	20 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	190°		Junto a la Quebrada Nangora.	
Buzamiento:	80°			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	22		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	699065
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9539821
Barrio/Sector:	Landangui		Altura (msnm):	1698
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por un depósito aluvial, con clastos provenientes de material ígneo con forma angulosa, estos se encuentran en matriz arcillosa de color amarillo. En esta estructura masiva se pueden visualizar cárcavas producto de escorrentía de aguas lluvia.	
Formación:	Depósito Aluvial			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Sedimentario			
Dimensiones	Ancho:	18 m		
	Alto:	5 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	23		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	694746
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9539900
Barrio/Sector:	Palandita		Altura (msnm):	2306
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de granitoides de coloración crema, en esta estructura se puede observar una alteración terrosa y cárcavas producto de la erosión. Está cubierta por una cobertura vegetal de aproximadamente 25 cm.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	20 m		
	Alto:	2 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	24		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	694446
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9540135
Barrio/Sector:	Palandita		Altura (msnm):	2315
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de granitoides de coloración crema, en esta estructura se puede observar una alteración terrosa producto de la erosión. Gran parte del afloramiento se encuentra cubierto por materia orgánica, aquí se puede observar también cristales de cuarzo.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	30 m		
	Alto:	2 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	25		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	695939
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	95438314
Barrio/Sector:	Palandita		Altura (msnm):	2346
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se caracteriza por la presencia de granitoides de coloración crema, en esta estructura se puede observar una alteración terrosa producto de la erosión. Dentro de la estructura también se logra observar fragmentos de cuarzo.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	Baja			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	30 m		
	Alto:	7 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

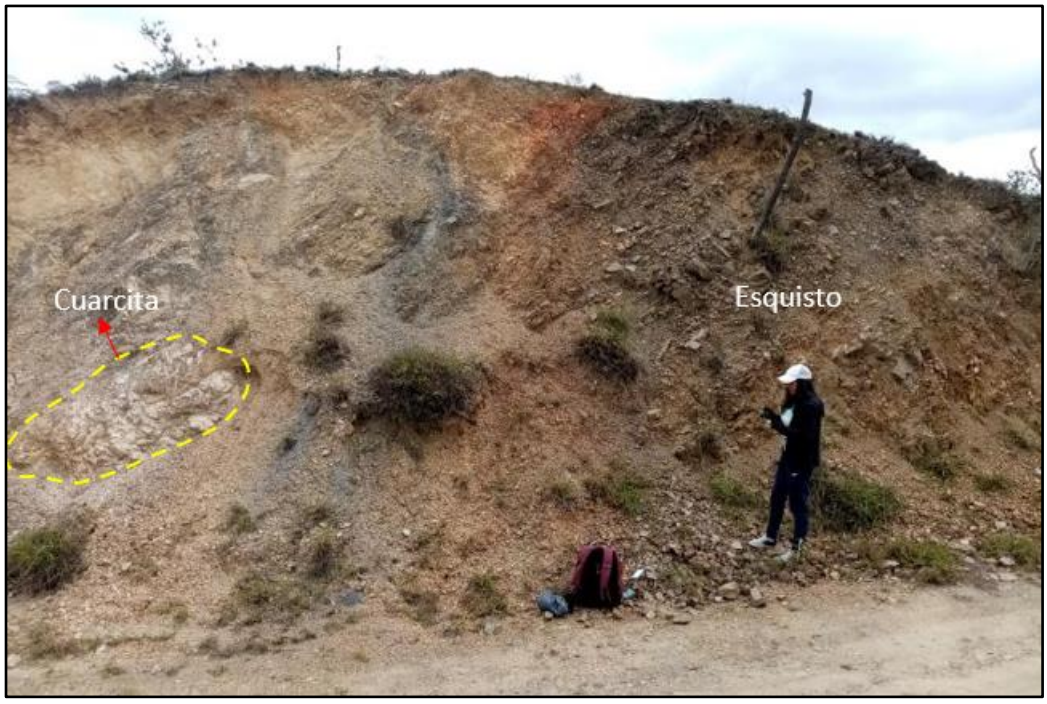
DATOS GENERALES

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Afloramiento N°:	26	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	696087
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9538086
Barrio/Sector:	San Francisco	Altura (msnm):	2213

CARACTERÍSTICAS			DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por la presencia de esquisto micáceo característico de la Unidad Chigüinda, aquí también se visualiza un lente de cuarcita de aproximadamente 3 m de potencia. En la parte central de la estructura podemos ver oxidaciones.
Formación:	Unidad Chigüinda		
Estado:	Meteorización media		
Humedad:	No		
Estructura:	Laminar		
Tipo de material:	Metamórfico		
Dimensiones	Ancho:	10 m	
	Alto:	7 m	

ELEMENTOS DE YACENCIA		OBSERVACIONES
Azimut:	48°	
Buzamiento:	42°	

REGISTRO FOTOGRÁFICO

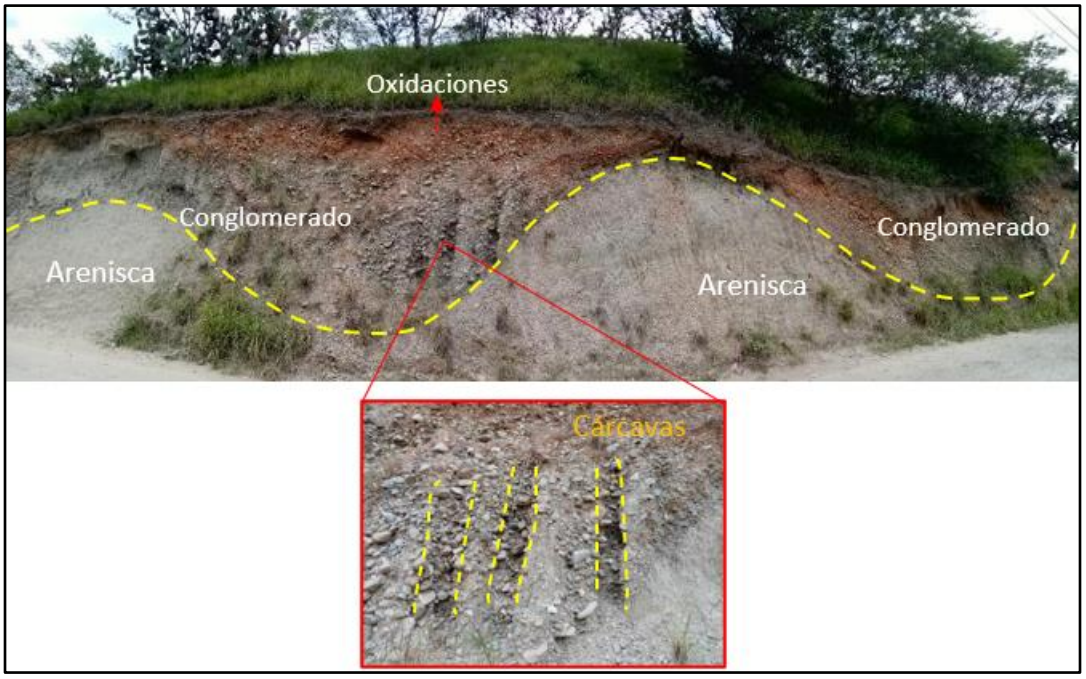


FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	27		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	695863
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9538971
Barrio/Sector:	Pucala		Altura (msnm):	2234
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por la presencia granitoides de coloración rojiza con alteración terrosa.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	13 m		
	Alto:	3 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	28		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	694328
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9542399
Barrio/Sector:	Palandita		Altura (msnm):	2356
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por la presencia rocas granítica de color rosa, con una meteorización alta, en este de logra visualizar la presencia de minerales como feldespatos, biotita, y cuarzo.	
Formación:	Unidad Tres Lagunas			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	No			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	12 m		
	Alto:	9 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	29		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	692442
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9534118
Barrio/Sector:	Cerca al Parque		Altura (msnm):	1615
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa intercalación de conglomerado con clastos que varía de 5 cm a 20 cm, varios de estos clastos corresponden a cuarcitas, en matriz arcillosa, con capas de arcilla, también se visualizan oxidaciones definidas por la coloración rojiza. La estructura también presenta varias cárcavas debido a la escorrentía de agua lluvia, y está cubierta por una cobertura vegetal de 0,20 cm.	
Formación:	San Francisco			
Estado:	Meteorización alta			
Humedad:	No			
Estructura:	Masivo			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	44 m		
	Alto:	3m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	-			
Buzamiento:	-			

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO DATOS GENERALES				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			**COORDENADAS**	
Afloramiento N°:	30		Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja		Coordenadas X:	692442
Parroquia:	Malacatos		Coordenadas Y:	9534118
Barrio/Sector:	El Carmen		Altura (msnm):	1615
CARACTERÍSTICAS			**DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA**	
Tipo de afloramiento:	Artificial		El afloramiento se representa por esquisto micáceo y esquisto grafito, este afloramiento se encueta altamente meteorizado y tiene una disposición de buzamiento preferencial de 54°.	
Formación:	Unidad Chigüinda			
Estado:	Meteorización media			
Humedad:	No			
Estructura:	Laminar			
Tipo de material:	Volcánico			
Dimensiones	Ancho:	200 m		
	Alto:	100 m		
ELEMENTOS DE YACENCIA			**OBSERVACIONES**	
Azimut:	48°		Corresponde al aprovechamiento de materiales de construcción de la concesión “GADPM EL CARMEN”	
Buzamiento:	44°			
REGISTRO FOTOGRÁFICO				

Anexo 2:

Ubicación de Puntos de Control de Geología

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
1	689667	9533974	Fm. Loma Blanca
2	688779	9537793	Fm. Santo Domingo
3	687149	9536347	Fm. Loma Blanca
4	689830	9535954	Fm. San Francisco
5	694640	9533326	Fm. San Francisco
6	694340	9533270	Fm. Cerro Mandango
7	689093	9531578	Unidad Chigüinda
8	690215	9532241	Depósito aluvial
9	692328	9534776	Fm. San Francisco
10	692341	9537062	Fm. San Francisco
11	691838	9537848	Fm. San Francisco
12	691831	9538430	Fm. Santo Domingo
13	690917	9538827	Fm. Santo Domingo
14	690875	9539216	Fm. Santo Domingo
15	690718	9539469	Fm. Santo Domingo
16	698313	9539283	Unidad Chigüinda
17	698139	9538502	Unidad Chigüinda
18	698583	9537373	Depósito aluvial
19	698494	9536909	Unidad Chigüinda
20	698352	9537176	Unidad Chigüinda
21	696450	9535821	Unidad Chigüinda
22	696102	9535342	Fm. Santo Domingo
23	695603	9535593	Fm. Santo Domingo
24	694638	9533023	Fm. San Francisco
25	694721	9532753	Fm. San Francisco
26	694756	9532374	Fm. San Francisco
27	694059	9533152	Fm. Cerro Mandango
28	693759	9532962	Fm. Cerro Mandango
29	693578	9532814	Fm. Cerro Mandango
30	693014	9532453	Fm. Cerro Mandango
31	692268	9532211	Fm. Cerro Mandango
32	692971	9533608	Depósito aluvial
33	694305	9533851	Depósito aluvial
34	695672	9533448	Depósito coluvial
35	695625	9533499	Depósito coluvial
36	696663	9534253	Depósito aluvial
37	697484	9535325	Unidad Chigüinda
38	698284	9536822	Depósito aluvial
39	699400	9541853	Depósito aluvial
40	699045	9541375	Unidad Chigüinda
41	699001	9541164	Depósito aluvial
42	699376	9539566	Depósito aluvial
43	698493	9539723	Unidad Chigüinda
44	698299	9538453	Unidad Chigüinda
45	698312	9538218	Unidad Chigüinda
46	698360	9537849	Unidad Chigüinda
47	698538	9537619	Unidad Chigüinda
48	699411	9537268	Unidad Chigüinda
49	698705	9536808	Depósito aluvial
50	698576	9536906	Depósito aluvial
51	698605	9536445	Depósito aluvial
52	698463	9536321	Depósito aluvial
53	698138	9536089	Depósito aluvial
54	697768	9535256	Depósito aluvial
55	697212	9534939	Depósito aluvial

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
56	693808	9533318	Depósito aluvial
57	696880	9532558	Depósito coluvial
58	696819	9533284	Depósito coluvial
59	696823	9533628	Depósito coluvial
60	696579	9533878	Depósito coluvial
61	695137	9534098	Depósito coluvial
62	699041	9539126	Unidad Chigüinda
63	699743	9538854	Unidad Chigüinda
64	699189	9540176	Unidad Chigüinda
65	699534	9540343	Unidad Chigüinda
66	700633	9543235	Unidad Chigüinda
67	701015	9538266	Unidad Chigüinda
68	701077	9539486	Unidad Chigüinda
69	697685	9534798	Unidad Chigüinda
70	697234	9535702	Unidad Chigüinda
71	696998	9535981	Unidad Chigüinda
72	697782	9536171	Unidad Chigüinda
73	697651	9536097	Unidad Chigüinda
74	698122	9537182	Depósito aluvial
75	697308	9538273	Depósito aluvial
76	696223	9539742	Depósito aluvial
77	697752	9539677	Unidad Chigüinda
78	697587	9540486	Unidad Chigüinda
79	697433	9541331	Unidad Chigüinda
80	696546	9543696	U. Tres Lagunas
81	697106	9545024	U. Tres Lagunas
82	699020	9543279	Unidad Chigüinda
83	691418	9535592	Fm. San Francisco
84	688584	9536375	Fm. Santo Domingo
85	693331	9537124	Fm. San Francisco
86	693001	9538918	U. Tres Lagunas
87	693394	9541463	U. Tres Lagunas
88	689168	9538172	Fm. Santo Domingo
89	691429	9536521	Fm. Cerro Mandango
90	685985	9534231	Unidad Chigüinda
91	686050	9531553	Unidad Chigüinda
92	686743	9529139	Unidad Chigüinda
93	684910	9530994	Unidad Chigüinda
94	688980	9535339	Fm. Santo Domingo
95	691171	9531558	U. Tres Lagunas
96	697085	9533911	Unidad Chigüinda
97	698368	9535038	Unidad Chigüinda
98	699397	9535265	Unidad Chigüinda
99	688084	9532320	Depósito aluvial
100	688455	9537402	Fm. Santo Domingo
101	686708	9536723	Fm. Loma Blanca
102	695618	9532176	Fm. San Francisco
103	699025	9539434	Unidad Chigüinda
104	692482	9534341	Fm. San Francisco
105	696677	9532152	Fm. Santo Domingo
106	690620	9532293	Fm. Loma Blanca
107	694105	9541833	U. Tres Lagunas
108	698883	9539898	Depósito aluvial
109	686681	9536642	Fm. Loma Blanca
110	688104	9536989	Fm. Santo Domingo
111	686354	9536797	Fm. Loma Blanca
112	695778	9537527	Fm. San Francisco
113	698718	9536452	Depósito coluvial

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
114	688950	9539543	Fm. Santo Domingo
115	688658	9538268	Fm. Santo Domingo
116	691412	9532550	Depósito aluvial
117	696026	9537613	Unidad Chigüinda
118	690923	9534923	Fm. San Francisco
119	694438	9536204	Fm. Santo Domingo
120	690797	9535129	Fm. San Francisco
121	696105	9537944	Unidad Chigüinda
122	695968	9537818	Unidad Chigüinda
123	694950	9539545	U. Tres Lagunas
124	695279	9539150	U. Tres Lagunas
125	695829	9538645	U. Tres Lagunas
126	692305	9540162	U. Tres Lagunas
127	693747	9541260	U. Tres Lagunas
128	695031	9540651	U. Tres Lagunas
129	694859	9542662	U. Tres Lagunas
130	695904	9542596	U. Tres Lagunas
131	695123	9541590	U. Tres Lagunas
132	697451	9544765	Unidad Chigüinda
133	697438	9543707	Unidad Chigüinda
134	698086	9543138	Unidad Chigüinda
135	697002	9542265	Unidad Chigüinda
136	696539	9542080	Unidad Chigüinda
137	697862	9541868	Unidad Chigüinda
138	696724	9540559	Unidad Chigüinda
139	696949	9539461	Unidad Chigüinda
140	701486	9541974	Unidad Chigüinda
141	700124	9541617	Unidad Chigüinda
142	700693	9541088	Unidad Chigüinda
143	701963	9541352	Unidad Chigüinda
144	700203	9537503	Unidad Chigüinda
145	703603	9537873	Unidad Chigüinda
146	701063	9536960	Unidad Chigüinda
147	698735	9538349	Unidad Chigüinda
148	699704	9536013	Unidad Chigüinda
149	685942	9534182	Unidad Chigüinda
150	694428	9537352	Fm. San Francisco
151	693597	9535260	Fm. San Francisco
152	692227	9534095	Fm. San Francisco
153	694496	9534332	Fm. San Francisco
154	696466	9532375	Fm. Santo Domingo
155	688654	9530702	Unidad Chigüinda
156	688749	9530784	Depósito aluvial
157	688953	9530892	Depósito aluvial
158	688498	9531506	Depósito aluvial
159	688238	9531882	Depósito aluvial
160	688014	9531659	Depósito aluvial
161	688059	9531943	Depósito aluvial
162	689318	9531485	Depósito aluvial
163	689114	9531421	Depósito aluvial
164	689680	9531943	Depósito aluvial
165	689945	9531834	Depósito aluvial
166	689540	9531596	Unidad Chigüinda
167	690215	9532091	Depósito aluvial
168	690360	9532252	Depósito aluvial
169	688419	9530618	Unidad Chigüinda
170	688306	9530760	Unidad Chigüinda
171	687865	9530722	Unidad Chigüinda

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
172	687629	9530501	Unidad Chigüinda
173	687122	9530343	Unidad Chigüinda
174	686702	9530297	Unidad Chigüinda
175	686274	9530105	Unidad Chigüinda
176	686152	9530047	Unidad Chigüinda
177	686127	9530006	Unidad Chigüinda
178	686054	9529935	Unidad Chigüinda
179	685905	9529876	Unidad Chigüinda
180	685816	9529802	Unidad Chigüinda
181	685777	9529399	Unidad Chigüinda
182	685836	9529330	Unidad Chigüinda
183	685918	9529255	Unidad Chigüinda
184	685897	9529073	Unidad Chigüinda
185	685915	9529063	Unidad Chigüinda
186	685955	9529033	Unidad Chigüinda
187	686038	9528917	Unidad Chigüinda
188	686099	9528212	Unidad Chigüinda
189	686087	9527999	Unidad Chigüinda
190	686193	9527615	Unidad Chigüinda
191	686243	9527543	Unidad Chigüinda
192	686285	9527414	Unidad Chigüinda
193	686363	9527189	Unidad Chigüinda
194	686867	9527198	Unidad Chigüinda
195	686025	9533909	Unidad Chigüinda
196	685930	9534544	Unidad Chigüinda
197	685887	9534702	Unidad Chigüinda
198	686448	9533094	Unidad Chigüinda
199	686522	9532998	Unidad Chigüinda
200	686628	9532300	Unidad Chigüinda
201	686639	9532437	Unidad Chigüinda
202	686639	9532596	Unidad Chigüinda
203	686395	9531220	Unidad Chigüinda
204	686364	9531030	Unidad Chigüinda
205	691867	9534247	Depósito aluvial
206	692110	9534713	Depósito aluvial
207	692216	9535930	Fm. San Francisco
208	693613	9536713	Fm. San Francisco
209	694005	9537179	Fm. San Francisco
210	694195	9537242	Fm. San Francisco
211	692364	9536808	Fm. San Francisco
212	692354	9537253	Fm. San Francisco
213	690036	9539274	Fm. Santo Domingo
214	689962	9539126	Fm. Santo Domingo
215	691930	9539116	U. Tres Lagunas
216	691983	9539306	U. Tres Lagunas
217	692862	9541412	U. Tres Lagunas
218	694058	9540936	U. Tres Lagunas
219	694301	9540872	U. Tres Lagunas
220	694608	9541010	U. Tres Lagunas
221	694301	9540682	U. Tres Lagunas
222	693433	9540026	U. Tres Lagunas
223	693433	9539899	U. Tres Lagunas
224	693465	9539782	U. Tres Lagunas
225	693105	9538967	U. Tres Lagunas
226	693296	9539168	U. Tres Lagunas
227	692893	9538851	U. Tres Lagunas
228	694619	9537676	U. Tres Lagunas
229	694555	9537941	U. Tres Lagunas

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
230	694619	9538047	U. Tres Lagunas
231	694735	9538237	U. Tres Lagunas
232	694619	9538456	U. Tres Lagunas
233	695084	9538597	U. Tres Lagunas
234	695306	9538650	U. Tres Lagunas
235	695656	9542037	U. Tres Lagunas
236	695941	9542280	U. Tres Lagunas
237	696354	9543402	U. Tres Lagunas
238	697290	9544946	U. Tres Lagunas
239	697688	9544704	Unidad Chigüinda
240	697922	9544513	Unidad Chigüinda
241	698079	9543264	Unidad Chigüinda
242	697973	9543360	Unidad Chigüinda
243	698196	9543053	Unidad Chigüinda
244	698566	9542746	Unidad Chigüinda
245	699381	9542788	Unidad Chigüinda
246	700217	9543465	Unidad Chigüinda
247	700820	9543190	Unidad Chigüinda
248	700947	9543158	Unidad Chigüinda
249	698503	9542164	Unidad Chigüinda
250	698503	9542015	Unidad Chigüinda
251	697825	9541984	Unidad Chigüinda
252	697413	9541550	Unidad Chigüinda
253	697053	9541148	Unidad Chigüinda
254	697434	9540618	Unidad Chigüinda
255	697663	9540779	Unidad Chigüinda
256	698270	9540841	Unidad Chigüinda
257	698143	9540978	Unidad Chigüinda
258	698037	9541052	Unidad Chigüinda
259	697455	9538671	Unidad Chigüinda
260	697656	9538671	Unidad Chigüinda
261	699466	9539835	Unidad Chigüinda
262	699667	9539878	Unidad Chigüinda
263	699783	9539835	Unidad Chigüinda
264	700334	9541550	Unidad Chigüinda
265	700524	9541529	Unidad Chigüinda
266	700376	9540989	Unidad Chigüinda
267	700175	9541158	Unidad Chigüinda
268	700429	9539592	Unidad Chigüinda
269	702503	9538258	Unidad Chigüinda
270	702334	9538142	Unidad Chigüinda
271	701900	9537422	Unidad Chigüinda
272	702027	9537433	Unidad Chigüinda
273	702175	9537528	Unidad Chigüinda
274	703741	9535866	Unidad Chigüinda
275	703657	9536068	Unidad Chigüinda
276	698175	9535179	Unidad Chigüinda
277	697338	9536205	Unidad Chigüinda
278	697275	9536554	Unidad Chigüinda
279	687161	9534842	Fm. Loma Blanca
280	687504	9535349	Fm. Loma Blanca
281	688704	9534554	Fm. Loma Blanca
282	688985	9533894	Fm. Loma Blanca
283	687398	9537360	Fm. San José
284	687821	9536567	Fm. San José
285	696096	9543285	U. Tres Lagunas
286	696010	9543032	U. Tres Lagunas
287	696387	9543610	U. Tres Lagunas

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
288	696624	9543808	U. Tres Lagunas
289	696827	9543987	U. Tres Lagunas
290	697076	9544590	Unidad Chigüinda
291	697107	9544836	U. Tres Lagunas
292	697237	9544982	U. Tres Lagunas
293	697104	9545078	U. Tres Lagunas
294	698642	9542736	Unidad Chigüinda
295	697748	9542170	Unidad Chigüinda
296	697919	9541184	Unidad Chigüinda
297	694511	9542593	U. Tres Lagunas
298	692436	9540505	U. Tres Lagunas
299	695087	9537653	Depósito coluvial
300	694516	9535002	Fm. San Francisco
301	690489	9534069	Fm. San Francisco
302	691048	9535771	Fm. San Francisco
303	690559	9535536	Fm. San Francisco
304	689413	9538395	Fm. Santo Domingo
305	689565	9538571	Fm. Santo Domingo
306	690068	9538769	Fm. Santo Domingo
307	688422	9530763	Unidad Chigüinda
308	686284	9526941	Unidad Chigüinda
309	686233	9526750	Unidad Chigüinda
310	686383	9526550	Unidad Chigüinda
311	685825	9535072	Depósito aluvial
312	686285	9534962	Depósito aluvial
313	686668	9534265	Unidad Chigüinda
314	690830	9533750	Fm. San Francisco
315	691348	9533531	Depósito aluvial
316	700615	9538594	Unidad Chigüinda
317	700348	9538659	Unidad Chigüinda
318	699709	9539114	Unidad Chigüinda
319	699136	9538959	Unidad Chigüinda
320	707437	9539458	Unidad Chigüinda
321	707044	9539798	Unidad Chigüinda
322	704424	9543317	Unidad Chigüinda
323	704190	9542747	Unidad Chigüinda
324	704188	9542614	Unidad Chigüinda
325	704259	9542538	Unidad Chigüinda
326	704487	9541804	Unidad Chigüinda
327	704496	9541689	Unidad Chigüinda
328	706437	9539561	Unidad Chigüinda
329	706528	9539610	Unidad Chigüinda
330	709668	9536336	Depósito glaciar
331	709826	9536778	Depósito glaciar
332	709680	9537461	U. Tres Lagunas
333	708971	9535988	U. Tres Lagunas
334	709168	9536007	U. Tres Lagunas
335	705091	9539611	Unidad Chigüinda
336	704932	9539347	Unidad Chigüinda
337	704641	9539188	Unidad Chigüinda
338	688593	9538546	Fm. Santo Domingo
339	687387	9536150	Fm. Loma Blanca
340	696714	9532431	Fm. San Francisco
341	697342	9532501	Unidad Chigüinda
342	695795	9532011	Fm. Cerro Mandango
343	695535	9532197	Fm. San Francisco
344	695507	9532682	Fm. San Francisco
345	696465	9535805	Depósito coluvial

Código de Afloramiento	Latitud (m)	Longitud (m)	Formación litológica
346	695218	9536398	Depósito coluvial
347	693425	9536080	Fm. San Francisco
348	693188	9534962	Fm. San Francisco
349	693782	9537146	Fm. San Francisco
350	693683	9537036	Fm. San Francisco
351	694505	9536928	Fm. San Francisco
352	689400	9534250	Fm. Loma Blanca
353	689550	9534210	Fm. Loma Blanca
354	689661	9534171	Fm. Loma Blanca
355	689870	9534099	Fm. Santo Domingo
356	687610	9536150	Fm. San José
357	687427	9537216	Fm. San José
358	687890	9537050	Fm. San José
359	690680	9534390	Fm. San Francisco
360	692490	9533250	Fm. San Francisco
361	692311	9535143	Fm. San Francisco
362	689310	9535720	Fm. San Francisco
363	688810	9536720	Fm. Santo Domingo
364	689290	9536330	Fm. San Francisco
365	689410	9536380	Fm. San Francisco
366	690460	9536460	Fm. Cerro Mandango
367	689350	9537750	Fm. Santo Domingo
368	689847	9538540	Fm. Santo Domingo
369	689550	9537450	Fm. Santo Domingo
370	689950	9537300	Fm. Santo Domingo
371	690480	9538360	Fm. Santo Domingo
372	690620	9538395	Fm. Santo Domingo
373	690350	9538680	Fm. Santo Domingo
374	689800	9539600	Fm. Santo Domingo
375	689550	9539651	Fm. Santo Domingo
376	690863	9539306	Fm. Santo Domingo
377	690890	9538700	Fm. Santo Domingo
378	691360	9538700	Fm. Santo Domingo
379	691406	9538381	Fm. Santo Domingo
380	691300	9539350	U. Tres Lagunas
381	691250	9539550	U. Tres Lagunas
382	691042	9539530	U. Tres Lagunas
383	692510	9537820	Fm. San Francisco
384	691450	9537390	Fm. San Francisco
385	691350	9537380	Fm. San Francisco
386	692290	9536150	Fm. San Francisco
387	692662	9537578	Fm. San Francisco
388	692500	9537010	Fm. San Francisco
389	691850	9536700	Fm. Cerro Mandango
390	693189	9537497	Fm. San Francisco
391	694155	9535317	Fm. San Francisco
392	692290	9533300	Fm. San Francisco
393	695600	9531500	Fm. Cerro Mandango
394	695053	9534562	Fm. San Francisco
395	695400	9534650	Fm. San José
396	694926	9534833	Fm. San José
397	696174	9535491	Fm. San Francisco
398	690579	9534077	Fm. San Francisco
399	693398	9533621	Depósito aluvial
400	696174	9534808	Fm. Santo Domingo

Anexo 3:

Caracterización Geomorfológica Mediante Fichas de Campo

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA				**COORDENADAS**			
Geoforma N°:	1			Datum:		WGS 1984	
Provincia/Cantón:	Loja / Loja			Coordenadas X:		685526	
Parroquia:	Malacatos			Coordenadas Y:		9536092	
Barrio/Sector:	Río Solanda			Altura (msnm):		1358	
MORFOLOGÍA				**MORFOMETRÍA**			
Macrorelieve		Mesorelieve		Pendiente		Desnivel relativo	
Valle tectónico		Terraza		x	0° - 5° Ligera	x	0 a 5 m
Forma de la cima		Forma de vertiente			5° - 15° Media		5 a 25 m
	Aguda		Cóncava		15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	Redondeada		Convexa		35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	Plana	x	Rectilínea		>55° Vertical		> 200 m
x	Inexistente		Mixta	Longitud de la vertiente			
Forma de valle					Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	En U		En V	x Plano	Mod.50 - 250m	x	Muy larga > 500 m
MORFODINÁMICA							
Movimientos en masa							
Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto
Erosión							
Tipo						Área afectada	
	Sin evidencias de erosión						0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar						5 – 10 %
x	Erosión hídrica concentrada en surcos					x	10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas						25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos						> 50 %
	Erosión eólica						
COBERTURA VEGETAL				**REGISTRO FOTOGRÁFICO**			
	Arbórea						
x	Arbustiva						
	Herbácea						
	Cultivo						
	Eriales						

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	2	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	686616
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9535854
Barrio/Sector:	Chinguilamaca	Altura (msnm):	1355

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve		Pendiente		Desnivel relativo	
Cordillera		Relieve montañoso			0° - 5° Ligera		0 a 5 m
Forma de la cima		Forma de vertiente			5° - 15° Media		5 a 25 m
x	Aguda		Cóncava		15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	Redondeada		Convexa	x	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	Plana		Rectilínea		>55° Vertical	x	> 200 m
	Inexistente	x	Mixta	Longitud de la vertiente			
Forma de valle					Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	En U	x	En V		Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m
	Plano						

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos	x	10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Arbórea	
x	Arbustiva	
	Herbácea	
	Cultivo	
	Eriales	

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	3	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	690793
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9536451
Barrio/Sector:	Los Pericos	Altura (msnm):	1572

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve	
Serranía		Relieve colinado alto	
Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
x	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
	Inexistente		Irregular
Forma de valle			
	En U	x	En V
	Plano		

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
x	35° a 55° Empinada	x	75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m
Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
x	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
x	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca	x	Medio	x	Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos					x	Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos	x	10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbórea
x	Arbustiva
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	4	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	688258
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9537155
Barrio/Sector:	San José de Ceibopamba	Altura (msnm):	1520

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Piedemonte	Colinas bajas

Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
x	Redondeada	x	Convexa
	Plana		Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
x	En U		En V		Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
x	5° - 15° Media	x	5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
x	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión	x	0 – 5 %
x	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbórea
x	Arbustiva
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	5	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	691500
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9533168
Barrio/Sector:	Santanilla	Altura (msnm):	1464

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve		Pendiente		Desnivel relativo	
Valle tectónico		Terraza		x	0° - 5° Ligera	x	0 a 5 m
Forma de la cima		Forma de vertiente			5° - 15° Media		5 a 25 m
	Aguda		Cóncava		15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	Redondeada		Convexa		35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	Plana	x	Rectilínea		>55° Vertical		> 200 m
x	Inexistente		Irregular	Longitud de la vertiente			
Forma de valle					Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	En U		En V	x Plano	Mod.50 - 250m	x	Muy larga > 500 m

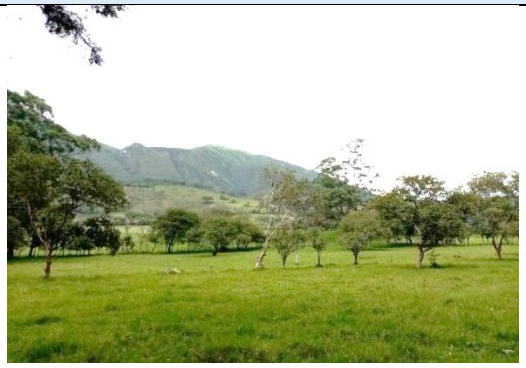
MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
x	Erosión hídrica laminar	x	5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Arbórea	
	Arbustiva	
	Herbácea	
x	Cultivo	
	Eriales	

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	6	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	696963
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9532570
Barrio/Sector:	Santa Ana	Altura (msnm):	1760

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Cordillera	Relieve montañoso

Forma de la cima		Forma de vertiente	
x	Aguda		Cóncava
	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
	En U		En V	x	Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
x	>55° Vertical	x	> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar	x	5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbórea
x	Arbustiva
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	7	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	692103
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9537520
Barrio/Sector:	Los Pericos	Altura (msnm):	1733

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Serranía	Relieve colinado medio

Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
	Redondeada		Convexa
x	Plana		Rectilínea
	Inexistente	x	Irregular

Forma de valle					
	En U		En V		Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte	x	25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
x	>55° Vertical		> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
x	Deslizamiento	x	Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio	x	Mediano	x	Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
x	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
x	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos	x	> 50 %
x	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbórea
x	Arbustiva
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	8	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	693925
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9533345
Barrio/Sector:	La Recta	Altura (msnm):	1480

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve		Pendiente		Desnivel relativo	
Piedemonte		Abanico aluvial			0° - 5° Ligera		0 a 5 m
Forma de la cima		Forma de vertiente		x	5° - 15° Media	x	5 a 25 m
	Aguda		Cóncava		15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
x	Redondeada		Convexa		35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	Plana	x	Rectilínea		>55° Vertical		> 200 m
	Inexistente		Irregular	Longitud de la vertiente			
Forma de valle				x	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	En U		En V	x	Plano		Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

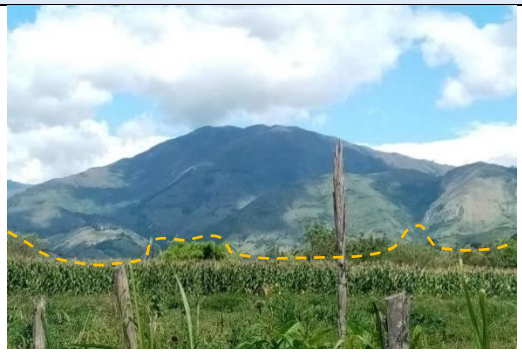
MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Arbórea	
	Arbustiva	
	Herbácea	
9	Cultivo	
	Eriales	

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	9	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	693682
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9532077
Barrio/Sector:	El Vergel	Altura (msnm):	1520

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Serranía	Relieve colinado medio

Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
x	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
	En U		En V	x	Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte	x	25 a 75 m
x	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión	x	0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL	
	Arbórea
x	Arbustiva
	Herbácea
x	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	10	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	692240
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9537639
Barrio/Sector:	San Francisco Medio	Altura (msnm):	1773

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Serranía	Relieve colinado alto

Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
x	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
	En U	x	En V		Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
x	35° a 55° Empinada	x	75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
x	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca	x	Medio	x	Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos					x	Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
x	Erosión concentrada en cárcavas	x	25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

x	Arbustiva
	Arbórea
x	Herbácea
x	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	11	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	695136
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9537632
Barrio/Sector:	San Francisco Alto	Altura (msnm):	1811

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Piedemonte	Colinas bajas

Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
x	Redondeada	x	Convexa
	Plana		Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
x	En U		En V		Plano

MORFOMETRÍA

	Pendiente		Desnivel relativo
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
x	5° - 15° Media	x	5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
x	Reptación	x	Bajo	x	Pequeño	x	Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión	x	0 – 5 %
x	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL	
	Arbustiva
	Arbórea
	Herbácea
x	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	12	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	696534
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9536985
Barrio/Sector:	Yanunga	Altura (msnm):	2280

MORFOLOGÍA

Macrorelieve	Mesorelieve
Cordillera	Relieve montañoso

Forma de la cima		Forma de vertiente	
x	Aguda		Cóncava
	Redondeada		Convexa
	Plana		Rectilínea
	Inexistente	x	Irregular

Forma de valle					
x	En U		En V		Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
x	>55° Vertical	x	> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m	x	Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
x	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca	x	Medio	x	Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos					x	Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos	x	10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbustiva
	Arbórea
x	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	13	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	697876
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9537515
Barrio/Sector:	Nangora	Altura (msnm):	1663

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve	
Valle tectónico		Llanura aluvial	
Forma de la cima		Forma de vertiente	
	Aguda		Cóncava
	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
x	Inexistente		Irregular
Forma de valle			
	En U		En V
	Plano		

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
x	0° - 5° Ligera	x	0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	>55° Vertical		> 200 m
Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m	x	Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
x	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas	x	25 – 50 %
	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

x	Arbustiva
	Arbórea
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA			
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**COORDENADAS**	
Geoforma N°:	14	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	691874
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	9533267
Barrio/Sector:	Santa Cruz	Altura (msnm):	1460

MORFOLOGÍA				**MORFOMETRÍA**			
Macrorelieve		Mesorelieve		Pendiente		Desnivel relativo	
Serranía		Relieve colinado medio			0° - 5° Ligera		0 a 5 m
Forma de la cima		Forma de vertiente			5° - 15° Media	x	5 a 25 m
x	Aguda		Cóncava	x	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
	Redondeada		Convexa		35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	Plana		Rectilínea		>55° Vertical		> 200 m
	Inexistente	x	Irregular	Longitud de la vertiente			
Forma de valle					Corta 15 – 50m	x	Larga 250 - 500m
	En U		En V		Plano		Mod.50 - 250m		Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar	x	5 – 10 %
	Erosión hídrica concentrada en surcos		10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL		**REGISTRO FOTOGRÁFICO**
x	Arbustiva	
	Arbórea	
	Herbácea	
	Cultivo	
	Eriales	

FICHA PARA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		COORDENADAS	
Geoforma N°:	15	Datum:	WGS 1984
Provincia/Cantón:	Loja / Loja	Coordenadas X:	
Parroquia:	Malacatos	Coordenadas Y:	
Barrio/Sector:	Granadillo	Altura (msnm):	1806

MORFOLOGÍA

Macrorelieve		Mesorelieve	
Cordillera		Relieve montañoso	

Forma de la cima		Forma de vertiente	
x	Aguda		Cóncava
x	Redondeada		Convexa
	Plana	x	Rectilínea
	Inexistente		Irregular

Forma de valle					
x	En U	x	En V		Plano

MORFOMETRÍA

Pendiente		Desnivel relativo	
	0° - 5° Ligera		0 a 5 m
	5° - 15° Media		5 a 25 m
	15° - 35° Fuerte		25 a 75 m
x	35° a 55° Empinada		75 a 200 m
	>55° Vertical	x	> 200 m

Longitud de la vertiente			
	Corta 15 – 50m		Larga 250 - 500m
	Mod.50 - 250m	x	Muy larga > 500 m

MORFODINÁMICA

Movimientos en masa

Tipo		Grado		Magnitud		Material	
	Deslizamiento		Alto		Grande		Roca
	Caída de roca		Medio		Mediano		Detritos
	Reptación		Bajo		Pequeño		Suelo
	Flujos						Mixto

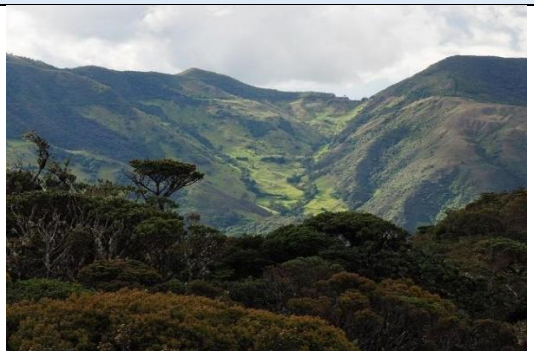
Erosión

Tipo		Área afectada	
	Sin evidencias de erosión		0 – 5 %
	Erosión hídrica laminar		5 – 10 %
x	Erosión hídrica concentrada en surcos	x	10 – 25 %
	Erosión concentrada en cárcavas		25 – 50 %
x	Erosión hídrica en barrancos		> 50 %
	Erosión eólica		

COBERTURA VEGETAL

	Arbustiva
x	Arbórea
	Herbácea
	Cultivo
	Eriales

REGISTRO FOTOGRÁFICO

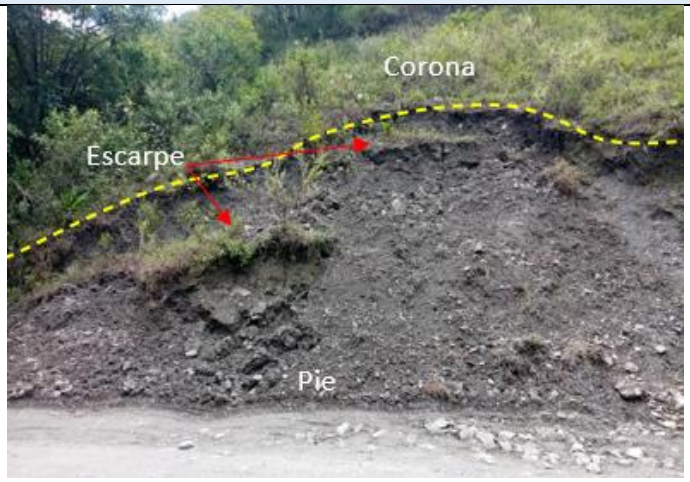


Anexo 4:

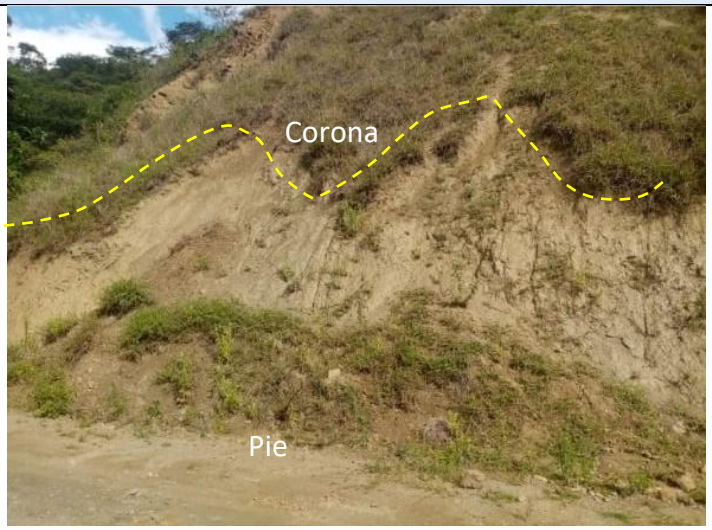
Registro de Deslizamientos Mediante Fichas de Campo

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	1			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	La Florida	Humedad:		Alta
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	20 m
Coordenadas X:	693339		Alto:	15 m
Coordenadas Y:	9535177	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1578	Azimut:		
FOTOGRAFÍA				

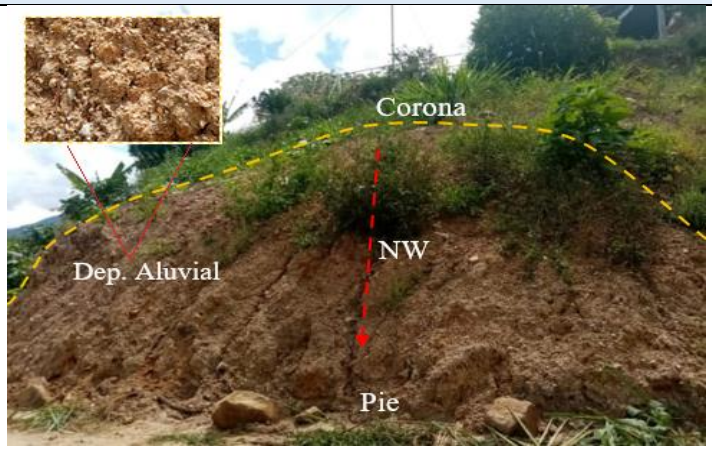
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	2			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Cascarita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	14 m
Coordenadas X:	698905		Alto:	6 m
Coordenadas Y:	9539884	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1696	Azimut:		
FOTOGRAFÍA				



DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	3			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco	Humedad:		Alta
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	20 m
Coordenadas X:	696165		Alto:	6 m
Coordenadas Y:	9535480	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1697	Azimut:		183°
FOTOGRAFÍA				



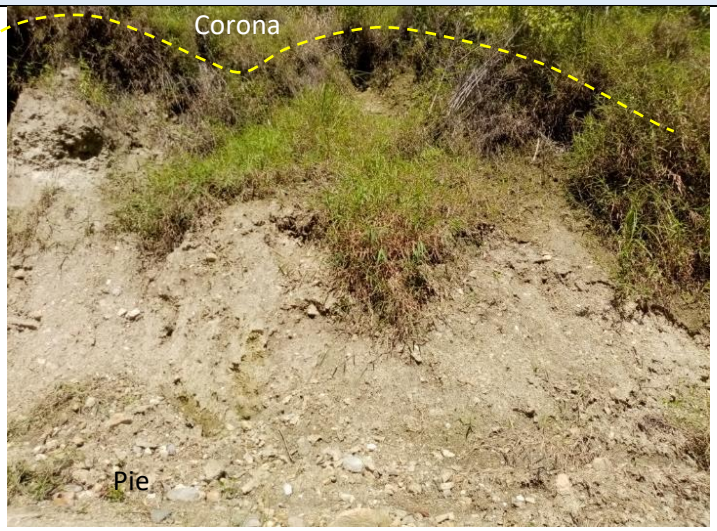
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	4			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Vía a La Granja	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	18 m
Coordenadas X:	691733		Alto:	4 m
Coordenadas Y:	9532289	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1440	Azimut:		23°
FOTOGRAFÍA				



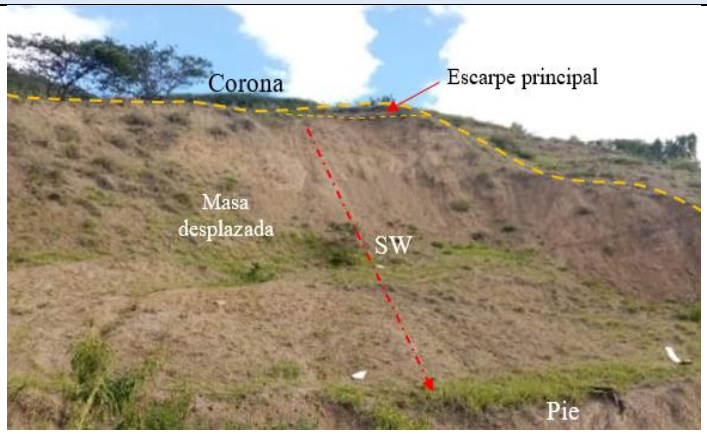
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	5			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		Traslacional
Barrio / sector:	Tres Lagunas	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	8 m
Coordenadas X:	699545		Alto:	8 m
Coordenadas Y:	9542671	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1420	Azimut:		285°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	6			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Tres Lagunas	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	8 m
Coordenadas X:	699542		Alto:	7 m
Coordenadas Y:	9542638	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1418	Azimut:		268°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	7			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Tres Lagunas	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	4 m
Coordenadas X:	699557		Alto:	5.5 m
Coordenadas Y:	9542308	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1412	Azimut:		268°
FOTOGRAFÍA				



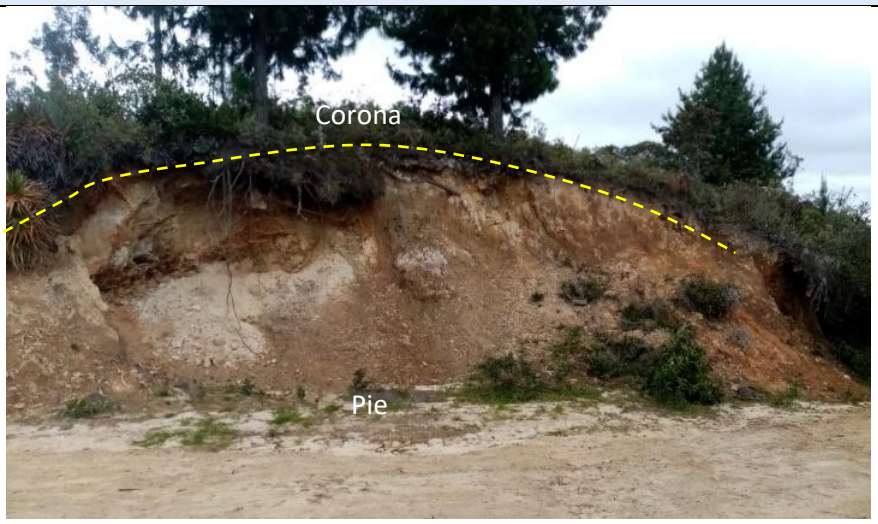
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	8			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		Rotacional
Barrio / sector:	La Florida	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	8 m
Coordenadas X:	693999		Alto:	7 m
Coordenadas Y:	9536130	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1837	Azimut:		268°
FOTOGRAFÍA				



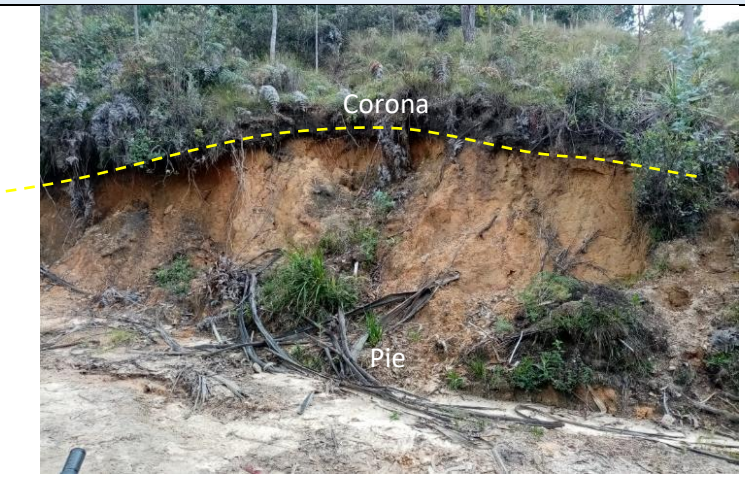
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	9 (no se pudo acceder)			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Chorrillos	Humedad:		-
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	-
Coordenadas X:	698820		Alto:	-
Coordenadas Y:	9536544	Tipo de material:		Sedimentario
Altura (msnm):	1530	Azimut:		
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	10			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		Traslacional
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	12 m
Coordenadas X:	694328		Alto:	9 m
Coordenadas Y:	9542399	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2356	Azimut:		
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	11			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		Traslacional
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	13 m
Coordenadas X:	693983		Alto:	4 m
Coordenadas Y:	9541529	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2350	Azimut:		116 °
FOTOGRAFÍA				



DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	12			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		Traslacional
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	8 m
Coordenadas X:	693885		Alto:	3 m
Coordenadas Y:	9541215	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2347	Azimut:		
FOTOGRAFÍA				

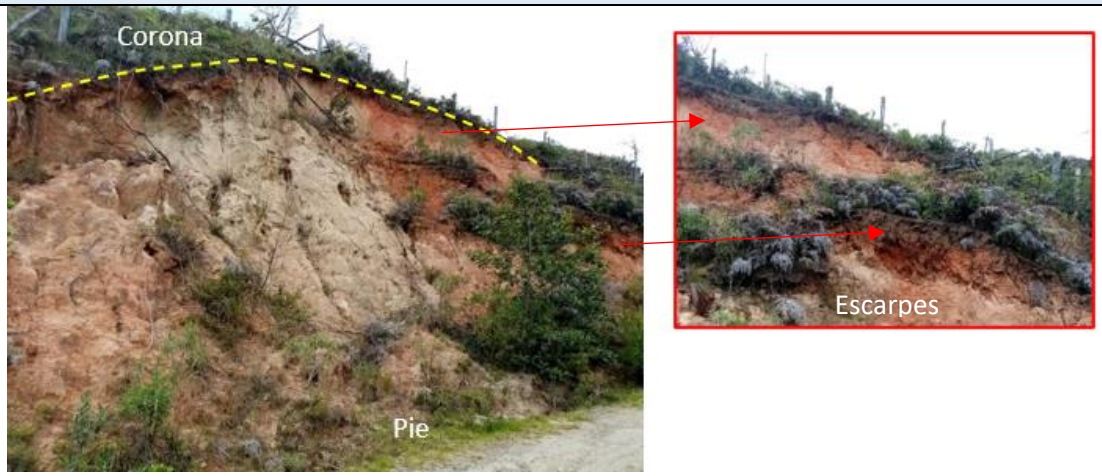


DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	13			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	80 m
Coordenadas X:	694813		Alto:	10 m
Coordenadas Y:	9539943	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2340	Azimut:		11°
FOTOGRAFÍA				

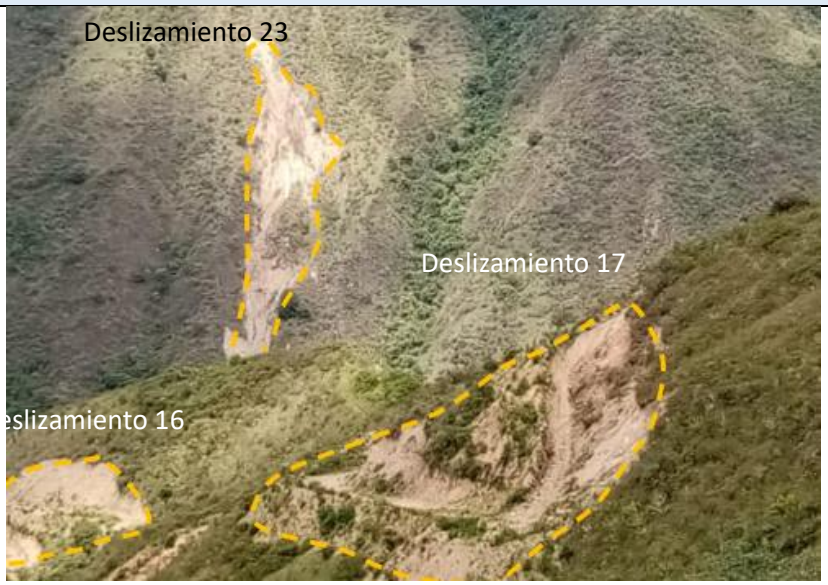
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	14			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	60 m
Coordenadas X:	694823		Alto:	17 m
Coordenadas Y:	9539919	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2338	Azimut:		83°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	15			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	60 m
Coordenadas X:	694823		Alto:	17 m
Coordenadas Y:	9539919	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2338	Azimut:		83°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	15			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	18 m
Coordenadas X:	695340		Alto:	9 m
Coordenadas Y:	9539122	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	2335	Azimut:		40°
FOTOGRAFÍA				

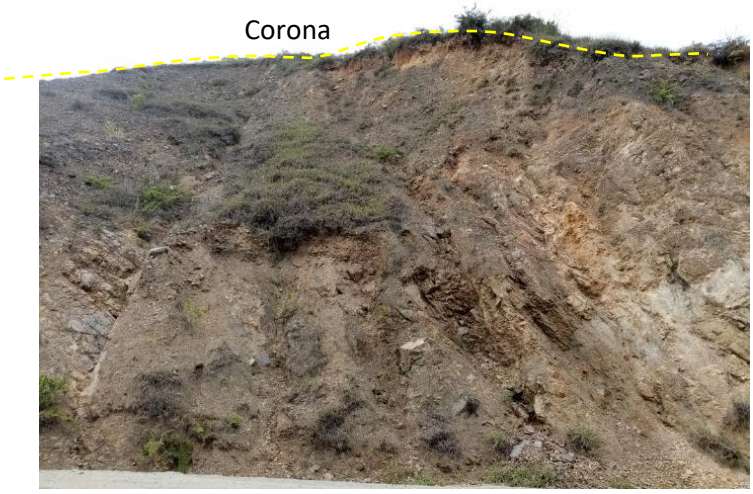


DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	16, 17, 23 (No se pudo acceder)			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	Palandita	Humedad:		-
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	-
Coordenadas X:	695801/695702/695904		Alto:	-
Coordenadas Y:	9539459/9539382/9540166	Tipo de material:		Volcánico
Altura (msnm):	-	Azimut:		-
FOTOGRAFÍA				



DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	18			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco Alto	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	40 m
Coordenadas X:	696023		Alto:	13 m
Coordenadas Y:	9537731	Tipo de material:		Metamórfico
Altura (msnm):	2003	Azimut:		264°
FOTOGRAFÍA				

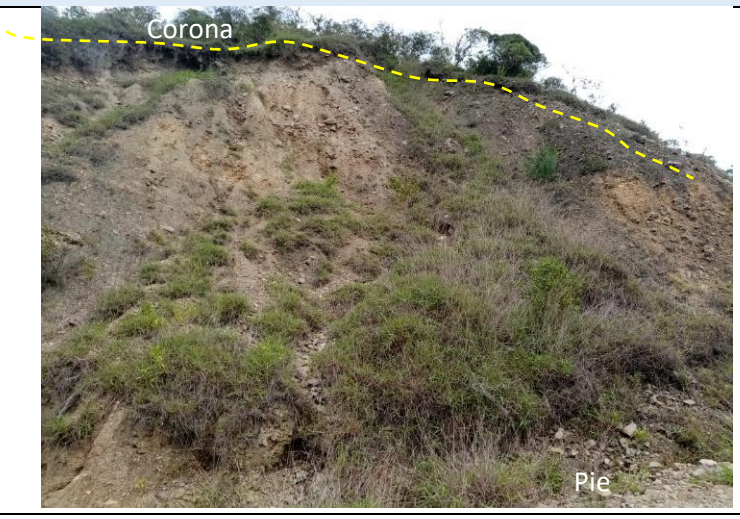
DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	19			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco Alto	Humedad:		Baja
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	40 m
Coordenadas X:	696067		Alto:	25 m
Coordenadas Y:	9537629	Tipo de material:		Metamórfico
Altura (msnm):	1975	Azimut:		186°
FOTOGRAFÍA				



DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	20			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco Alto	Humedad:		Media
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	25 m
Coordenadas X:	695806		Alto:	30 m
Coordenadas Y:	9537873	Tipo de material:		Metamórfico
Altura (msnm):	1968	Azimut:		138°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	21			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco Alto	Humedad:		Baja
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	22 m
Coordenadas X:	695821		Alto:	17 m
Coordenadas Y:	9537697	Tipo de material:		Metamórfico
Altura (msnm):	1960	Azimut:		103°
FOTOGRAFÍA				

DATOS GENERALES DESLIZAMIENTO				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		**CARACTERÍSTICAS**		
Deslizamiento N°:	22			
Parroquia:	Malacatos	Tipo de deslizamiento:		
Barrio / sector:	San Francisco Alto	Humedad:		Baja
Datum:	WGS 1984	Dimensiones:	Ancho:	32 m
Coordenadas X:	695834		Alto:	12 m
Coordenadas Y:	9537849	Tipo de material:		Metamórfico
Altura (msnm):	1959	Azimut:		282°
FOTOGRAFÍA				



Anexo 5:

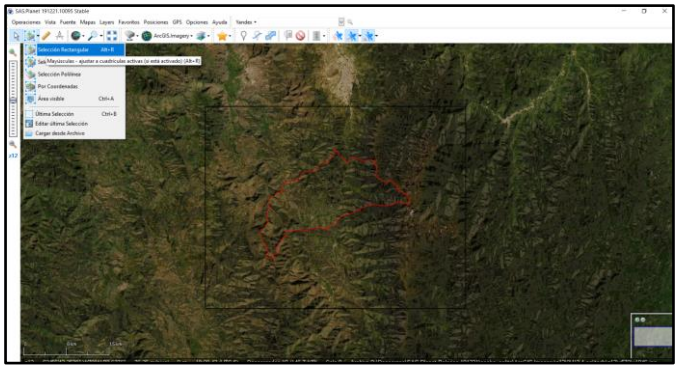
Modelo Digital de Elevación de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 6:

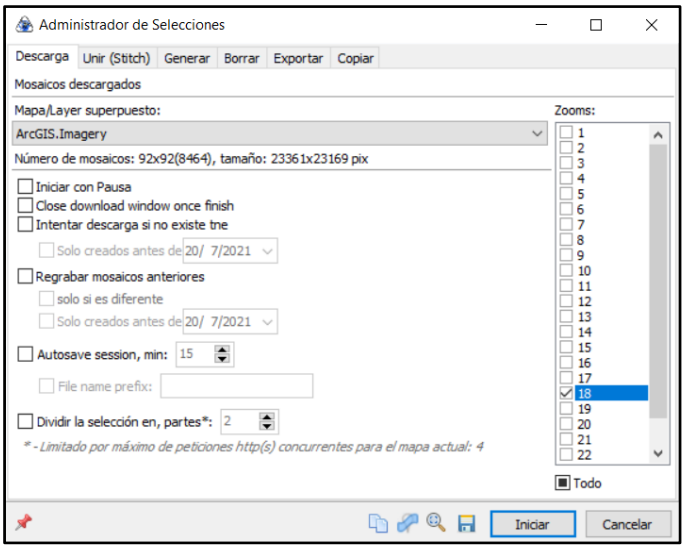
Proceso de Obtención de Imagen Satelital

La aplicación SASPlanet permite obtener imágenes aéreas en alta resolución, para ello nos dirigimos a nuestra área de estudio, esto se lo puede realizar manualmente en caso de conocer exactamente el sitio o a partir de archivo “kmlz” de nuestra zona de estudio, o introduciendo las coordenadas respectivas.



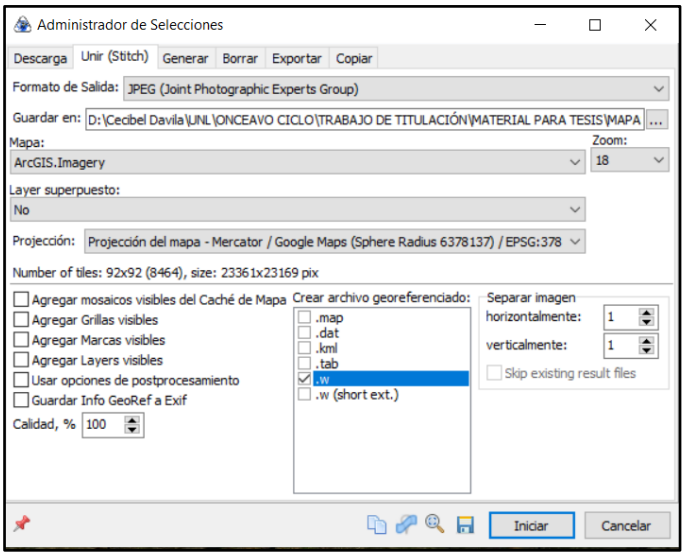
Luego es importante acercar la imagen hasta que se pixele, esto nos permite determinar el zoom al que debemos descargar nuestra imagen, en este caso la imagen se la descargó con un zoom de 18. Seguidamente con nuestro polígono establecido se abre la siguiente ventana, en la que se realizan algunas configuraciones:

- Layer superpuesto: se elige una imagen de ArcGIS ya que es la que mejor resolución presenta y permite trabajar de una mejor manera
- Zoom: Se indica el valor con el que se desea descargar la imagen, con el zoom no debe verse la imagen pixelada, luego damos iniciar.



Una vez completa la descarga se cierra la ventana y se abre la última selección en la cuál en la opción *Unir* se configura lo siguiente:

- Formato de salida: existen diferentes formatos de salida de la descarga, para este caso se lo deja como JPG
- Guardar: se elige el directorio en el cual se quiere guardar la imagen
- En mapa y zoom se elige las opciones anteriores.
- Proyección: en este caso se elige Mercator WGS84
- Calidad: 100%
- Por último se selecciona la extensión ".w" la cual permite obtener la imagen georreferenciada y se inicia nuevamente la descarga



Anexo 7:

Imagen Satelital de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

)

Anexo 8:

Mapa de Ubicación y Acceso de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 9:

Mapa Topográfico de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 10:

Mapa Hidrológico de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 11:

Mapa de Geología Regional de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 12:

Mapa de Geología Local de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 13:

Mapa de Pendientes de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 14:

Mapa de Uso Actual de Suelo de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 15:

Mapa de Isoyetas de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 16:

Mapa de Unidades de Mesorelieve de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 17:

Mapa de Unidades de Macrorelieve de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 18:

Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)

Anexo 19:

Mapa de Susceptibilidad a Deslizamiento de la Parroquia Malacatos

(Se encuentra en el CD. 2)