



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro

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

AUTORA:

Michelle Tatiana Acevedo España

DIRECTOR:

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro** de autoría de la estudiante **Michelle Tatiana Acevedo España**, con **cedula de identidad N.º 1150109096**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Michelle Tatiana Acevedo España**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cedula de Identidad: 1150109096

Fecha: 17 de febrero de 2023

Correo electrónico: mtacevedoe@unl.edu.ec

Teléfono: 0986510641

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

Yo **Michelle Tatiana Acevedo España**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de febrero del dos mil veinte y tres.

Firma:



Cedula de Identidad: 1150109096

Dirección: Las Pitas (Manuel Iñiguez y Cesar Ludeña)

Correo Electrónico: mtacevedoe@unl.edu.ec

Teléfono: 0986510641

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Titulación a cada una de las personas que forman parte de mi vida, a mi madre Maritza por darme más que mi vida la suya, a mi padre Pedro por darme el mismo consejo cada día hasta su partida, a mis hermanas Ingrid y Rudy.

A mi tío Luis y amigas Angie, Nickole, Verónica y Diana, a todos mis compañeros especialmente a Sophia, Gabriela, Verónica, Juan Carlos, Sandro, Carlos, Danny, Jhon, Diego, Adrián y Matías.

A mis directores del Trabajo de investigación, profesores y demás familiares.

Michelle Tatiana Acevedo España

Agradecimiento

A Dios por acompañarme cada día de mi vida, a mis padres por todo su apoyo y sacrificio, a mis hermanas gracias absolutamente por todo, a mis demás familiares, amigos y compañeros.

A la Universidad Nacional de Loja y a toda la planta docente de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

A mis directores del Trabajo de investigación, al Ing. Carlos Vázquez y Diego Castillo, muchas gracias por tu tiempo, orientación y dedicación.

Michelle Tatiana Acevedo España

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
<u> </u> Índice de Tablas:	xii
<u> </u> Índice de figuras:.....	xiii
<u> </u> Índice de anexos:.....	xvi
<u> </u> Siglas y Abreviaturas:	xvii
1. Titulo.....	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	8
4.1. Geomorfología.....	8
4.2. Formas de relieve.....	8
4.2.1. Génesis	8
4.2.2. Morfología.....	9
4.2.3. Morfometría	9
4.2.4. Morfodinámica	10
4.3. Geoforma.....	10
4.3.1. Categoría de geoformas.....	10

4.3.2. Sistema de clasificación de geoformas.....	11
4.3.3. Sistema de clasificación de unidades geomorfológicas según El Ministerio del Ambiente (MAE).....	12
4.4. Índices de relieve	13
4.4.1. Índices topográficos del terreno	13
4.4.1.1. Generación de índices topográficos.....	14
4.4.2. Índice de forma del terreno	14
4.5. Curvaturas.....	14
4.5.1. Curvatura Horizontal (Curvatura en planta).....	14
4.5.2. Curvatura vertical (curvatura en perfil).....	15
4.5.3. Curvatura longitudinal.....	15
4.5.4. Curvatura transversal.....	15
4.5.5. Mínima y máxima curvatura	15
4.6. Sombreado	15
4.7. Pendiente	15
4.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	16
4.9. Modelos Cartográficos	16
4.10. Modelo digital del terreno	16
4.10.1. Características de los modelos digitales de terreno.....	16
4.11. Fotointerpretación Geomorfológica	17
4.12. Métodos de clasificación automática.....	17
5. Metodología.....	19
5.1. Descripción General del Área de Estudio.....	22
5.1.1. Ubicación y acceso.....	22
5.1.2. Clima.....	23
5.1.2.1. Precipitaciones.....	23

5.1.2.2. Temperatura.....	25
5.1.3. Geología regional	25
5.1.3.1. Geología estructural.....	28
5.2. Materiales	30
5.3. Procedimiento.....	32
5.3.1. Procedimiento para el objetivo 1.....	32
5.3.1.1. Clasificación Automática.	32
5.3.1.2. Modelo Digital de Elevación (MDE).	33
5.3.1.3. Modelamiento Topográfico.	35
5.3.1.4. Análisis de Componentes Principales.....	37
5.3.1.5. Clasificación no supervisada.	38
5.3.1.6. Análisis SIG.....	40
5.3.1.7. Mapa de uso de suelo.....	42
5.3.1.8. Mapa Geológico.	42
5.3.1.9. Mapa de pendientes.	43
5.3.2. Procedimiento para el objetivo 2.....	44
5.3.2.1. Asignación temática.	45
5.3.2.1.1. Relieve General.....	45
5.3.2.1.2. Macrorelieve.	46
5.3.2.1.3. Mesorelieve.....	48
5.3.2.2. Fotointerpretación de Unidades Temáticas.	49
5.3.3. Procedimiento para el objetivo 3.....	56
5.3.3.1. Análisis estadístico Zonal.....	56
5.3.3.2. Mapa de Unidades Geomorfológicas.	57
6. Resultados	58
6.1. Resultados para el primer objetivo	58

6.1.1. Topografía	59
6.1.2. Hidrografía	59
6.1.3. Uso de suelo	60
6.1.4. Geología local	61
6.1.4.1. Unidad La Victoria	62
6.1.4.2. Unidad El Tigre	63
6.1.4.3. Plutón Marcabelí.....	64
6.1.4.4. Depósitos coluviales.....	65
6.1.4.5. Depósitos coluvio aluviales.....	66
6.1.4.6. Depósitos aluviales.....	66
6.1.4.7. Fallas.....	67
6.1.5. Pendientes.....	68
6.2. Resultados para el segundo objetivo	69
6.3. Resultados para el tercer objetivo.....	71
6.3.1. Geomorfología	71
6.3.1.1. Cordillera.....	72
6.3.1.1.1. Relieve Montañoso	72
6.3.1.1.2. Vertiente.....	72
6.3.1.2. Serranía.....	73
6.3.1.2.1. Relieve colinado alto.....	73
6.3.1.2.2. Relieve colinado medio.....	74
6.3.1.3. Piedemonte	75
6.3.1.3.1. Relieve colinado bajo.....	75
6.3.1.3.2. Lomeríos	76
6.3.1.4. Valle.....	76
6.3.1.4.1. Llanura aluvial	77

6.3.1.4.2. Terraza	77
6.3.1.5. Penillanura	78
6.3.1.5.1. Coluvión.....	78
6.3.1.5.2. Coluvio aluvial.....	79
6.3.2. Validación de geoformas.....	80
7. Discusión de resultados	82
8. Conclusiones.....	84
9. Recomendaciones.....	86
10. Referencias Bibliográficas	87
11. Anexos.....	90

Índice de Tablas:

Tabla 1. Leyenda de unidades geomorfológicas.....	12
Tabla 2. Unidades litológicas pre-cretácicas del Dominio Amotape-Tahuín.....	26
Tabla 3. Materiales de campo utilizados para el proyecto de investigación	30
Tabla 4. Materiales de oficina utilizados para el proyecto de investigación	30
Tabla 5. Insumos utilizados para el geoprocesamiento de información del proyecto de investigación	30
Tabla 6. Clasificación de pendientes	44
Tabla 7. Leyenda de unidades de relieve del área de estudio	49
Tabla 8. Muestra de un análisis estadístico zonal.....	57
Tabla 9. Red Hidrográfica del Área de Estudio.....	60
Tabla 10. Clasificación del uso de suelo de la parte oriental del cantón Marcabelí.....	60
Tabla 11. Resultado de pendientes del área de estudio	68
Tabla 12. Unidades geomorfológicas de la parte oriental del Cantón Marcabelí.....	71
Tabla 13. Puntos de validación en campo de unidades geomorfológicas.....	80

Índice de figuras:

Figura 1 Área de Estudio.....	19
Figura 2. Esquema general de la metodología empleada en el proyecto.....	21
Figura 3. Ubicación del área de estudio	22
Figura 4. Acceso al área de estudio; a) aéreo, b) terrestre.....	23
Figura 5. Precipitación mensual del cantón Marcabelí	24
Figura 6. Mapa geológico del Complejo Metamórfico El Oro	29
Figura 7. Ortofotos del área de estudio	31
Figura 8. Esquema de modelo cartográfico	33
Figura 9. MDE del área de estudio.....	34
Figura 10. Modelamiento Topográfico.....	36
Figura 11. Configuración de PCA.....	37
Figura 12. Elementos generados a partir del PCA (tabla estadística y ráster multivariante)	38
Figura 13. Configuración de los parámetros para la clasificación automática.....	38
Figura 14. Clasificación automática (ISODATA).....	39
Figura 15. Configuración del filtro de suavizado (Majority/Minority Analyst)	41
Figura 16. Comparación de los ráster con y sin filtro de suavizado.....	41
Figura 17. Unidades clasificadas empleando funciones de filtrado	41
Figura 18. Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes al Relieve General...46	
Figura 19. Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes a Macrorelieve	47
Figura 20. Agrupación de geformas de ISODATA en función de modelo automático y ortofotos.....	50
Figura 21. Visualización de forma del terreno	51
Figura 22. Visualización 3d de ortofotos del área de estudio.....	51
Figura 23. Visualización de valores de pendiente del área de estudio	52

Figura 24. Visualización de topografía del área de estudio.....	52
Figura 25. Visualización de la delimitación de geoformas en función de la ortofotografía (imagen izquierda) y en función de cambio altitudinal (imagen derecha) ...	53
Figura 26. Delimitación de geoformas en función de red hídrica.	53
Figura 27. Delimitación de geoformas en función de depósitos cuaternarios.....	54
Figura 28. Validación de geoformas en terreno	54
Figura 29. Validación de cobertura	55
Figura 30. Índices Topográficos del área de estudio generados a partir del DEM	59
Figura 31. Gneis perteneciente a la Unidad La Victoria-Vía La Palmerita-El Ingenio (UTM WGS84 X:619294; Y:9585349).....	62
Figura 32. Gneis perteneciente a la unidad la Victoria-Rio Marcabelí-Sector La Palmerita (UTM WGS84 X: 620684; Y: 9585936).....	63
Figura 33. Areniscas pertenecientes a la Unidad El Tigre- Vía a Jerusalén (UTM WGS84: x:621152; y: 9578975).....	63
Figura 34. Esquistos de la Unidad El Tigre-Vía El Caucho -El Porvenir (UTM WGS 84: x: 620982; y:9584393).....	64
Figura 35. Granodiorita perteneciente al Plutón de Marcabelí- unión entre el Rio Marcabelí y el Rio Puyango (UTM WGS84: x: 620320 y: 9582573).....	64
Figura 36. Granodiorita altamente meteorizada perteneciente al Plutón Marcabelí-Sector la Rinconada (UTM WGS84: x: 625384 y: 9583309).....	65
Figura 37. Depósitos coluviales-limite sur Rio Marcabelí-Rio Puyango (UTM WGS84: x: 621977 y: 9585613).....	65
Figura 38. Depósitos coluvio-aluviales – Rio Marcabelí cerca al camal municipal. (UTM WGS84: x: 620202 y: 9582764).....	66
Figura 39. Depósitos aluviales-Rio Marcabelí (UTM WGS84: x: 620944 y: 9583690)	66
Figura 40. Fallas del área de estudio.	67
Figura 41. Representación 3D del área de estudio	69

Figura 42. Ortomosaico del área de estudio (izquierda) b) unión de polígonos según fotointerpretación (derecha).....	70
Figura 43. Fotointerpretación de unidades geomorfológicas.	70
Figura 44. Relieve montañoso y vertientes de cordillera-parte alta de Jerusalén	73
Figura 45. Relieve colinado alto -Sector Los Amparos	74
Figura 46. Relieve colinado medio – Sector El Porvenir	74
Figura 47. Relieve colinado bajo-Marcabelí	75
Figura 48. Lomeríos – sector El Aterrizaje	76
Figura 49. Llanura aluvial -Rio Marcabelí	77
Figura 50. Terraza – Norte del área urbana de Marcabelí.....	78
Figura 51. Coluvión – Sector El Porvenir	79
Figura 52. Coluvio aluvial -Rio Marcabelí.....	79

Índice de anexos:

Anexo 1. Modelo de ficha de descripción de afloramientos	88
Anexo 2. Mapa de ubicación	919
Anexo 3. Mapa Topográfico	89
Anexo 4. Mapa de división hidrográfica	89
Anexo 5. Mapa de uso de suelo.....	919
Anexo 6. Mapa de geología regional.....	91
Anexo 7. Mapa de geología local.....	89
Anexo 8. Fotointerpretación	89
Anexo 9. Mapa de pendientes	8991
Anexo 10. Mapa de macrorelieve.....	89
Anexo 11. Mapa de unidades geomorfológicas MO-01.....	89
Anexo 12. Mapa de unidades geomorfológicas MO-02.....	89
Anexo 13. Fichas de campo	92
Anexo 14. Fichas de geoformas	100
Anexo 15. Certificado de traducción de resumen	140

Siglas y Abreviaturas:

GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
ha	Hectáreas.
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
INIGEMM	Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.
MDT	Modelo Digital del Terreno.
Mg. Sc.	Máster en Ciencias.
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
RDI	Repositorio Digital Institucional.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
UTM	Universal Transversal de Mercator.
WGS 84	World Geodetic System 84.

1. Título

**Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte
oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro**

2. Resumen

El presente trabajo de investigación denominado *Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro*, tuvo como objetivo definir las unidades geomorfológicas del área de estudio, a través de la generación de índices topográficos a partir de un modelo digital de elevación y una clasificación automática Isodata en el software ENVI 5.3, complementando dicho proceso con interpretación 3D y observaciones de campo, obteniendo como resultado 5 geoformas a nivel de macrorelieve (cordillera, serranía, pie de monte, valle y penillanura) y 10 a nivel de mesorelieve (relieve montañoso, vertiente, relieve colinado alto, relieve colinado medio, relieve colinado bajo, lomeríos, llanura aluvial, terraza, coluvión y coluvio aluvial) provenientes de tres clases genéticas.

La delimitación de geoformas y su posterior validación en campo, con la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) permitió determinar con mayor precisión la realidad del territorio, generando de tal manera un aporte referente para la gestión del territorio y futuros planes o proyectos de desarrollo.

Palabras claves: *modelo digital de elevación, índices topográficos, clasificación automática, fotointerpretación, macrorelieve, mesorelieve*

2.1. Abstract

The present research work called *Survey of geomorphological units at scale 1:10000 of the eastern part of the Marcabelí canton*, El Oro province, had the objective of defining the geomorphological units of the study area, through the generation of topographic indexes from a digital elevation model and an automatic Isodata classification in the ENVI 5.3 software, complementing this process with 3D interpretation and field observations, resulting in 5 geoforms at the macro-relief level (mountain range, mountain range, foothills, valley and peneplain) and 10 at the meso-relief level (mountainous relief, slope, high hilly relief, medium hilly relief, low hilly relief, hillsides, alluvial plain, terrace, alluvial colluvium and alluvial colluvium) from three genetic classes.

The delimitation of geoforms and their subsequent validation in the field, with the application of geographic information systems (GIS), made it possible to determine with greater precision the reality of the territory, thus generating a reference contribution for the management of the territory and future plans or development projects.

Keywords: *digital elevation model, topographic indices, automatic classification, photointerpretation, macrorelief, meso-relief*

3. Introducción

La geomorfología es la rama tanto de la geología como de la geografía, que estudia las formas de la superficie terrestre, para comprender su origen, transformaciones y comportamiento actual (Raffino et ál.,2020) para ello utiliza diferentes herramientas y conocimientos como los sistemas de información geográfica (SIG) y la información altimétrica de satélites de acceso público, los cuales contribuyen al estudio de las geoformas permitiendo construir modelos geomorfológicos que detallen a lo largo del tiempo los diferentes procesos que construyeron el paisaje observable.

El Ecuador continental ha sido modelado por diferentes procesos tanto endógenos como exógenos, resaltando la subducción de la placa de Nazca con la Sudamericana y el Cinturón de Fuego del Pacífico, todos estos factores han conllevado a la modificación de la orogenia del territorio, dividiéndolo así en tres zonas geográficas distintas a nivel de paisaje, geomorfología, geología y clima, lo que constituye la diferenciación, formación y distribución de una gran variedad de unidades geomorfológicas.

Durante los últimos años, numerosas entidades del estado ecuatoriano han adelantado investigaciones y trabajos en las técnicas para clasificar y zonificar el territorio nacional con fines de planificación y ordenamiento del territorio, es así que esta labor incluyó trabajos en el campo interdisciplinario de la geomorfología.

La carencia de información de componentes como la geomorfología no permite generar una adecuada proyección territorial, por lo que la generación de información confiable y actualizada que permita la planificación y gestión del uso del territorio a escala nacional y local es fundamental.

El desarrollo sostenible de un país altamente expuesto a catástrofes de origen natural como Ecuador dependerá en gran medida, de la manera en que se ordene el territorio, considerando su base geográfica. En este sentido, la geomorfología juega un papel de vital importancia que debe ir más allá del academicismo y aportar al ordenamiento territorial. (Ferrando, 2015)

Es así que el Instituto Geográfico Militar (IGM) a partir del Plan Geográfico Nacional, dio inicio a la generación de la cartografía básica oficial a escala 1:25.000, y en el año 2015 en el marco del proyecto de Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, generó a partir de fotointerpretación el mapa de unidades geomorfológicas de diferentes zonas del país, entre estas el Cantón Marcabellí, dicha

información se encuentra disponible en el visor geográfico del geoportal de dicha institución.

El cantón Marcabelí posee clasificaciones geomorfológicas a escalas 1:25000 y 1:50000, que han sido enmarcadas en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón, sin embargo, según la jerarquización geomorfológica propuesta por INGEOMINAS (2011) no responden a un levantamiento detallado de unidades geomorfológicas del sitio, esto debido a que las escalas citadas son consideradas como reconocimientos generales útiles para la determinación de zonas prioritarias, para la elaboración de análisis detallados.

Al no contar con información más puntual, el municipio no puede realizar una gestión adecuada del territorio ya que la construcción de mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgos es limitada al igual que la delimitación de áreas de crecimiento poblacional, económico y uso de suelos.

Marcabelí es un cantón en vías de desarrollo debido a que cuenta con una extensión de 148.36 km² y un total de 6259 habitantes (Proyección poblacional INEC 2020), lo cual es un número reducido de pobladores con respecto a la superficie del cantón, al encontrarse en desarrollo se acentúa el hecho de planificar adecuadamente el territorio (expansión urbana, agrícola, ganadera, protección de áreas verdes, etc.) aprovechando sus potencialidades territoriales.

En vista de estos antecedentes se plantea el presente trabajo de titulación enfocado en el “Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro”, estableciendo como límites de la investigación varios objetivos, en primera instancia caracterizar los índices de relieve existentes en la parte oriental del cantón Marcabelí, como segunda el realizar la zonificación de geoformas en base a fotointerpretación de la parte oriental del cantón Marcabelí y finalmente el generar el mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:10000, de la parte oriental del cantón Marcabelí.

En este contexto, el presente trabajo de titulación dispone de la siguiente secuencia: en los capítulos 1, 2 y 3 se especifica el título, es decir, el tema de investigación; el resumen, que describe de manera breve los objetivos, metodología y resultados obtenidos, y, la introducción, que hace referencia a la importancia de la investigación, el aporte que representa y los componentes que conforman el trabajo.

El capítulo 4 se fundamenta la teoría de la investigación en la revisión de literatura, en este apartado se precisan diferentes términos asociados a la temática planteada tanto en geomorfología y SIG.

En capítulo 5 denota tanto los materiales y métodos empleados en el desarrollo de la investigación tanto en su fase de campo como en la de gabinete.

En el capítulo 6 se exhiben los resultados de la investigación, aquí se señala la ubicación y acceso al área de estudio, sus características climáticas e hidrográficas, uso de suelo, pendientes y su contexto geológico y geomorfológico.

El capítulo 7 se denomina discusión de resultados en este apartado se realiza un breve diagnóstico de los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados. Finalmente, en los capítulos 8,9,10 y 11 se encierran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía utilizada y los anexos del trabajo de titulación.

Objetivos:**Objetivo General**

Realizar el levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los índices de relieve existentes en la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro.
- Realizar la zonificación de geoformas en base a fotointerpretación de la parte oriental del cantón Marcabelí.
- Generar el mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:10000, de la parte oriental del cantón Marcabelí.

4. Marco Teórico

4.1. Geomorfología

La Geomorfología, como ciencia de la Tierra, ofrece al hombre una visión integrada de las condiciones medio ambientales y su funcionamiento, ya que su objeto de estudio: las formas del relieve terrestre, son estudiadas desde una perspectiva espacial y temporal y como resultado de la interacción ejercidas por los universos controlantes, es decir el climático, el geodinámico y el antrópico (Popolizio, Fernández y Torra et al., 1997)

4.2. Formas de relieve

Las formas de relieve hacen referencia a las irregularidades y desniveles presentes en el planeta Tierra, tanto en la corteza continental como oceánica. Según Cueva (2015) en dependencia de la escala de trabajo se estudian los siguientes aspectos geomorfológicos: génesis, morfología, morfometría y morfodinámica. Estos aspectos definen lo que es una forma de relieve o geoforma.

4.2.1. Génesis

La génesis es un aspecto geomorfológico que involucra el origen de las diferentes geoformas, el cual está en dependencia de los procesos y agentes que interactúan para dar la forma a la superficie terrestre en diferentes intensidades y proporciones, durante intervalos de tiempo geológico (Consultoría Colombiana et al., 2015).

En dependencia del ambiente de depositación estos se clasifican en:

- Depositional: refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, hielo u viento, que constituyen medios de acarreo.
- Denudativo: comprende los procesos de desgaste de la superficie terrestre, las formas aquí son originadas en acción de la gravedad con la combinación del transporte de las aguas.
- Estructural: obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
- Tectónico erosivo: pertenece a levantamientos tectónicos de diversas alturas y pendientes que todavía guardan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por procesos erosivos.

- Volcánico: Son formas de relieve producidas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales.
- Glaciar: Proviene de los procesos erosivos ocurridos en relieves primarios por acción de las masas de hielo y de los procesos de transportación y sedimentación supraglaciar, endoglaciar y subglaciar de material detrítico pobremente clasificado. (Cueva et al., 2015)

4.2.2. Morfología

Según Griem (2020) La morfología describe la forma de la superficie de la tierra (el relieve) y es el resultado de un conjunto de factores en los que se debe mencionar, el tipo de la roca, tipo de meteorización y los movimientos tectónicos. Sin embargo, factores como el tiempo y vegetación, No obstante, otros factores como el tiempo y la vegetación juegan un papel importante.

Los atributos morfológicos, hacen referencia a variables que ayudan a describir la forma del relieve de la unidad geomorfológica delimitada. Se incluyen los siguientes

- Forma de la cima (aguada, redondeada, plana, etc.)
- Forma de la vertiente (cóncava, convexa, rectilínea, mista, irregular)
- Forma del valle (en u, en v, plano, entre otras) (Clirsen et al., 2012)

4.2.3. Morfometría

Según Gilsanz (1996) es el conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para establecer atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno. La unidad de referencia del análisis morfométrico es la pendiente del terreno, toda forma es susceptible de ser descompuesta en otra u otras más sencillas, hasta llegar a la unidad elemental, la superficie planar representada por una pendiente.

Existen varios atributos morfométricos, entre los que destacan los siguientes:

- Desnivel relativo: corresponde a la altura existente entre la parte más baja, generalmente el cauce de los ríos, quebradas o incisiones (nivel base) y la parte más alta de las unidades geomorfológicas.
- Longitud de vertiente: concierne a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y más baja de una unidad geomorfológica

- Pendiente: es el grado de inclinación de las geoformas, con relación a la horizontal, expresado en porcentaje (Clirsen et al., 2012).

4.2.4. Morfodinámica

Este aspecto geomorfológico se enfoca en los procesos denudativos que han afectado, están afectando y se pueden activar en el futuro, concepto que permite comprender la evolución y cambio que puede tener la superficie, asimismo permite evidenciar el grado de movilidad o actividad relacionada a un paisaje, determina los procesos y su intensidad en la conformación de las geoformas. (Consultoría Colombiana et al., 2015)

4.3. Geoforma

Una geoforma (unidad geomorfológica) es una parte del terreno que es identificable con respecto a las demás de su entorno y presenta características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (o análisis cuantitativo del relieve: pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre la que se asienta).

Una geoforma debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Es fácilmente reconocible, tanto a partir de imágenes aéreas adecuadas que permitan la visión tridimensional como en el propio terreno.
- Sus límites representan cambios netos en las características del relieve o, cuando no son suficientemente claros, se determinan a partir del cambio en ciertos parámetros que no siempre tienen expresión en la morfología (formaciones geológicas subyacentes, por ejemplo). (SIGTIERRAS et al., 2015).

4.3.1. Categoría de geoformas

Es un sistema de clasificación de tipo jerárquico del terreno y ubica sus unidades geomorfológicas y morfométricas en distintas categorías, directamente relacionadas con la información disponible y el nivel de detalle requerido. Se basa en el sistema jerárquico de forma piramidal de análisis fisiográfico (Villota et al., 1997)

- Relieve regional: representa la primera y más grande categoría de unidades geomorfológicas a escala regional, generalmente corresponde a las regiones

naturales del Ecuador, está constituida por conjuntos de unidades de relieve con similares génesis, litología y estructura

- Macrorelieve: representa la categoría intermedia de unidades geomorfológicas a escala de paisaje (10–200 km), implica relaciones de relieve de tipo geogenético, litológico y topográficos. Se distinguen relieves menores que los anteriores como: cordilleras, llanuras, valles, montañas, serranía, piedemontes, penillanura.
- Mesorelieve: son las unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 km) y que representan a un paisaje tridimensional (geoformas) caracterizado por uno o más atributos morfométricos, litológicos y estructurales (Ministerio del Ambiente et al., 2013).

4.3.2. Sistema de clasificación de geoformas

En los estudios de cartografía geomorfológica, es fundamental la diferenciación de unidades geomorfológicas que estén íntimamente relacionadas de acuerdo a los objetivos de los estudios, los métodos de zonificación y la escala de trabajo, y estos a su vez ligados con los procesos de generalización de polígonos en un ambiente de trabajo SIG. (Pasaca et al., 2013, p.10)

Las unidades básicas de clasificación deben reunir cinco aspectos básicos:

- Génesis: es decir un agente morfogenético dominante claramente identificable
- Procesos secundarios: procesos específicos de degradación y/o erosión que modifican la estructura básica,
- Estructura interna: característica o forma observada en la roca, incluyendo su composición.
- Morfometría (rango de pendientes característico de la unidad).
- Edad relativa o exacta. (Ideam et al., 2007)

Tradicionalmente, la información topográfica y geomorfológica ha venido haciéndose a partir de mapas topográficos y de fotografías aéreas (técnicas de fotointerpretación) (Castro et al., 2012, p.21). Actualmente la obtención de variables del terreno de forma automática a partir de los MDT y los SIG ha abierto nuevas posibilidades de análisis, específicamente para la geomorfología cuantitativa, en cuanto la delineación automática de las geoformas; previo al cálculo se deben definir ciertas variables topográficas de acuerdo a los criterios y fines de la investigación. (Pasaca et al., 2017)

4.3.3. Sistema de clasificación de unidades geomorfológicas según El Ministerio del Ambiente (MAE)

El sistema analiza la clasificación propuesta por Josse et al. (2003) para geoformas y la ajusta a la realidad del territorio ecuatoriano, el sistema de clasificación fue estructurado de forma jerarquiza utilizando el mismo criterio del sistema internacional de clasificación de vegetación IVC (Internacional Vegetation Classification), mismo que se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Leyenda de unidades geomorfológicas

Región biogeográfica	Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
Andes	De montaña	Cordillera	Relieves montañosos
			Cimas
			Horns
			Crestas periglaciales
			Aristas
			Edificios volcánicos
			Caldera
			Cráter
			Colinas altas
			Colinas medianas
			Vertientes
			Crestas
			Horts
			Gargantas
			Cornisas
Andes	De montaña	Serranía	Mesetas
			Escarpes
			Cuesta
			Laguna
			Cuerpos de agua
			Colinas altas
			Cuesta
			Vertientes
			Vertientes disectadas
			Estribaciones andinas
			Crestas
			Escarpes
			Cornisas
			Gargantas
			Andes
Cono de escorias			
Depósitos lávicos			
Islote			
Glacis			
Morrenas			
Llanura subglaciar			
Llanura de ablación			
Terrazas			
Terrazas de crioplanación			
Circo glacial			

	Drumlins
	Laguna
	Cuerpos de agua
	Terrazas
Valle Tectónico	Llanura aluvial
	Mesetas
	Graben
	Relieve apalachense
	Colinas altas
	Colinas medianas
	Colinas bajas
	Cono de derrubios
	Abanico aluvial
Piedemonte	Chevrones
	Mesetas
	Cuesta
	Vertientes
	Terrazas
	Crestas
	Estribaciones Andinas
	Llanura aluvial

Fuente: Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (2013)

4.4. Índices de relieve

4.4.1. Índices topográficos del terreno

En su mayoría la información topográfica y geomorfológica se ejecuta a partir de mapas topográficos y a través de la fotointerpretación de fotografías aéreas, 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 se tiene los Modelos Digitales de Terreno (MDT). (Ministerio del Ambiente et al., 2013).

Se presentan dos tipos de índices topográficos:

- Índices topográficos primarios: Están basados en el análisis de las propiedades geométricas de la superficie del terreno (pendiente, aspecto, curvatura y otros valores derivados) y pueden ser obtenidos mediante técnicas computacionales basadas en funciones matemáticas (usualmente 3x3), que se aplican al DEM (Correa et al., 2012, p.10).
- Índices topográficos secundarios: Implican combinaciones de los atributos topográficos primarios, son índices que caracterizan la variabilidad espacial de algunos procesos superficiales o propiedades de los suelos: índices de erosión y deposición, índices como el factor LS (longitud e inclinación de la pendiente) de

la USLE (Universal Soil Loss Equation), índices de humedad, etc. (Casanova et al., 1999)

4.4.1.1. Generación de índices topográficos.

Para la generación de los índices se utiliza ENVI, un potente software para el análisis topográfico, el cual es un paquete informático probado con un módulo específico para modelamiento del relieve (ENVI Topographic Modeling). Este algoritmo se basa en un estudio para la caracterización geomorfológica a partir de modelos digitales de elevación, en el cual se calcula las variables topográficas más relevantes para aquello, y que actualmente es la mejor herramienta para este tipo de análisis. (Wood et al., 1996)

4.4.2. Índice de forma del terreno

Este algoritmo realiza un análisis cualitativo de la morfología del relieve. Tomando una celda de un MDT y sus 8 celdas vecinas, se puede clasificar la forma de la celda central en función de los valores del conjunto con las siguientes categorías (Mingo et al., 2020):

- Cima.
- Depresión.
- Plano.
- Línea de ruptura convexa.
- Línea de ruptura cóncava.
- Cresta.
- Canal

4.5. Curvaturas

Aporta información sobre la concavidad o convexidad de la superficie en un punto dado; se ejecuta mediante medidas geométricas basadas en derivadas de segundo grado, se puede calcular en todas direcciones y las más importantes son: máxima pendiente y la perpendicular a ésta; mientras que los valores obtenidos para la segunda derivada son: curvatura vertical y curvatura horizontal. Los valores positivos indican convexidad y los negativos concavidad (Ruilova et al., 2020)

4.5.1. Curvatura Horizontal (Curvatura en planta)

Es una medida de la convergencia o divergencia del flujo. Es un índice del patrón de distribución del agua superficial y de materiales sólidos a través de la dirección de la pendiente. El flujo del agua superficial y subsuperficial converge cuando $ch < 0$, y diverge cuando $ch > 0$. Las curvaturas; vertical y plana, influyen como un indicador de

lineamientos geológicos, estructuras en anillo, y puede ser utilizada para determinar la morfología de fallas (Correa et al., 2012).

4.5.2. Curvatura vertical (curvatura en perfil)

Curvatura según el plano de la máxima pendiente. Los valores positivos de las celdas indican una curvatura convexa (zonas en las que el agua experimenta una aceleración, ya que la pendiente aumenta), mientras que los negativos indican una curvatura cóncava (zonas con tendencia a acumular agua, ya que la pendiente disminuye) (Pasaca et al., 2017).

4.5.3. Curvatura longitudinal

La curvatura longitudinal se calcula o se define como la intersección con el plano de la pendiente normal y la dirección del aspecto. (Ministerio del Ambiente et al., 2013)

4.5.4. Curvatura transversal

La curvatura transversal se define como la intersección con el plano de la pendiente y la dirección perpendicular del aspecto. (Mingo et al., 2020)

4.5.5. Mínima y máxima curvatura

La curvatura de una superficie en un punto es el producto de la curvatura máxima y mínima. Se determina tomando la curvatura máxima y mínima de sus secciones en un punto. (Muñoz, s.f)

4.6. Sombreado

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

4.7. Pendiente

Son los más básicos en un estudio morfométrico. Estos reflejan la inclinación de las laderas dentro de una cierta distancia y elevación, pueden ser expresada en grados, porcentaje y fracción. La inclinación de la ladera está asociada principalmente con la

composición litológica y condiciones ambientales como densidad de vegetación y grado de saturación. (Hubp et al., 1988)

4.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG se puede definir como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica y obtener información derivada. Para ello, contaremos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que nos facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo. En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para generar una información derivada sobre el espacio (Olmos et al., 2010).

4.9. Modelos Cartográficos

Los Modelos Cartográficos se refieren a la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos (Cristancho, 2003). En el esquema de flujo se presentan primero los datos o mapas primitivos de entrada, luego los mapas derivados, a continuación, los mapas de interpretación y finalmente el resultado o interpretación final integrada (Cristancho et al., 2003, p.45).

4.10. Modelo digital del terreno

Un modelo digital de terreno (MDT) puede definirse como una representación estadística del terreno, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas x, y, z respecto a un sistema de georreferenciación conocido (Miller y Laflamme et al., 1958).

4.10.1. Características de los modelos digitales de terreno

Los modelos digitales de terreno presentan las siguientes características:

- Los datos están codificados en cifras, lo que permite su tratamiento por medios informáticos.
- Los datos están estructurados
- Existe una relación entre la posición geográfica y el valor de la altura.
- Los datos tienen una distribución continua.

- Posibilidades de análisis a partir de MDT. (Felicísimo et al., 1994).

La obtención de variables del terreno de forma automática a partir de los MDT y los SIG (sistemas de información geográfica) ha abierto nuevas posibilidades dentro del campo de:

- La geomorfología cuantitativa: en la delineación automática de variables relativas a las cuencas de drenaje, y en la delineación de formas del terreno. (Zevenbergen y Thorne et al., 1987)
- El apoyo a las técnicas de cartografía de suelos como la obtención de mapas de pendientes, orientaciones y delineación de formas del terreno y en la predicción de propiedades del suelo (Moore et al., 1993)

4.11. Fotointerpretación Geomorfológica

Es el estudio científico de la geomorfología a partir de las fotografías aéreas, siendo particularmente útil para:

- reconocer ciertos rasgos topográficos, según su forma, emplazamiento y posición relativa
- determinar la litología y el trazado de ciertas estructuras geológicas
- detectar e interpretar acontecimientos geológicos demasados recientes como para hallarse reflejados en la cartografía existente
- identificar zonas de riesgo natural por procesos geomorfológicos activos (Van Zuidam et al., 1985)

4.12. Métodos de clasificación automática

Clasificación No supervisada (ISODATA): El método no supervisado crea agrupamientos espectrales o clusters en los cuales el analista debe intentar asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos. El método conocido como ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, siendo usual que el analista deba especificar:

- número máximo de clusters que el algoritmo debe identificar
- máximo porcentaje de píxeles cuyos valores se permite permanezcan incambiados entre iteraciones (cuando se alcanza dicho número el algoritmo se detiene)
- máximo número de iteraciones

- número mínimo de miembros en un cluster (si un cluster contiene menos de dicho mínimo es eliminado y los miembros son asignados a un cluster alternativo)
- máxima desviación estándar
- valores mínimos para las distancias entre los centros de los clusters. (Ministerio del Ambiente et al., 2013)

5. Metodología

En este apartado se detallan los materiales, equipos e insumos utilizados tanto en campo como en oficina y para el geoprocesamiento de información. A más de la metodología empleada para el desarrollo de los objetivos del proyecto.

Para fines de estudio y en vista de la extensión del cantón Marcabellí y escala a aplicar se ha visto conveniente dividir el cantón en dos partes, oriental y occidental, el presente proyecto hace referencia a la parte oriental del cantón la cual abarca un total de 6460 ha. Para la división del territorio se tomó como referencia el límite cantonal, el río Marcabellí y a la Quebrada El Rosal, como se muestra en la figura 2.

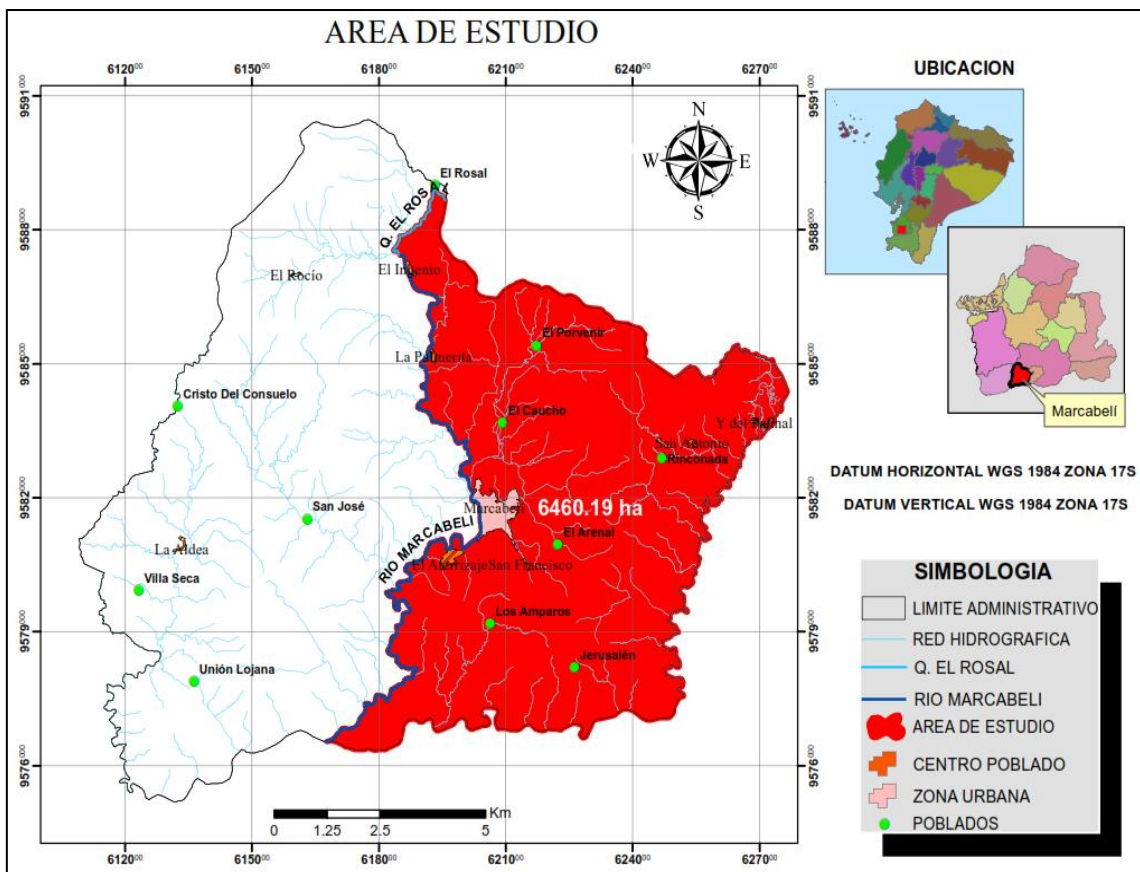


Figura 1 Área de Estudio

En la elaboración del presente proyecto se consideró primeramente la recopilación de información de diversas procedencias y formatos y la aplicación del método propuesto por el Ministerio del Ambiente (2013), sobre el Modelo de Unidades Geomorfológicas, el cual muestra lineamientos para la elaboración de cartografía geomorfológica sobre una

plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando técnicas de cartografía digital, fotointerpretación e identificación en campo.

Esta metodología parte del análisis del sistema de clasificación propuesto por Josse et al 2003 para geoformas ajustándolo a la realidad de nuestro territorio, estableciendo así un sistema de clasificación tipo jerárquico del terreno, ubicando unidades geomorfológicas y morfométricas en distintas categorías directamente relacionadas con la información disponible y el nivel de detalle requerido, esta metodología clasifica de mayor a menor escala tres niveles de representación de formas del relieve que son: relieve general, macrorelieve y mesorelieve.

El modelamiento inicia a partir de un modelo digital de elevación, del cual se generan una serie de índices topográficos que servirán de insumo para el proceso de clasificación automática no supervisada (ISODATA) para generar clusters, lo que se pretende es que estos clusters representen unidades morfométricas, es decir que representen una geoforma o un conjunto de estas, junto a esto se realizará un análisis estadístico zonal para extraer variables estadísticas del modelo digital de elevación, esto con el objetivo igualmente de ayudar a clasificar de mejor manera las unidades geomorfológicas en función de su desnivel relativo y su elevación. Posteriormente se valida el mapa con puntos de control tomados en campo. Finalmente se efectúa la atribución de la geología, esto con el objeto de definir su génesis y edad y con ello obtener el mapa geomorfológico.

La asignación temática de la metodología citada está encaminada al *Modelo de Unidades Geomorfológicas Para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental*, esto resulta un tanto distinto a la finalidad del presente proyecto que tiene como finalidad ser un aporte para futuros estudios de susceptibilidad, peligrosidad, riesgos y ordenamiento territorial por lo cual para la asignación temática solo se toman como referencia los parámetros de relieve general, macrorelieve, mesorelieve, pendiente, litología y uso de suelo. Es por ello que este método se ajusta de mejor forma para la generación de unidades morfométricas basándose en una clasificación por medio de píxeles, que corresponde a una clasificación no supervisada.

A continuación, se esquematiza (figura 3) las fases realizadas para el levantamiento de unidades geomorfológicas de la parte oriental del cantón Marcabelí.

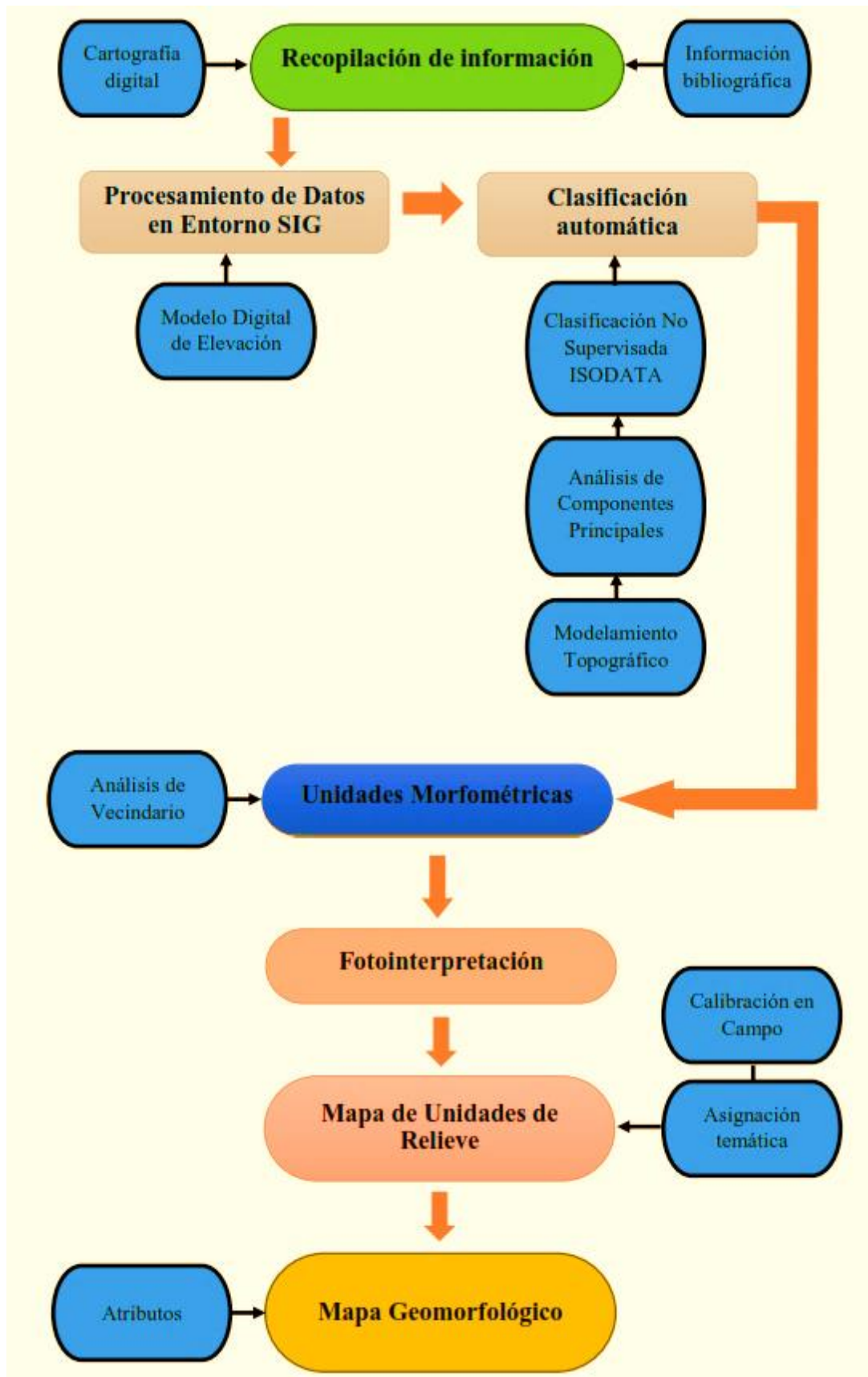


Figura 2. Esquema general de la metodología empleada en el proyecto

5.1. Descripción General del Área de Estudio

5.1.1. Ubicación y acceso.

El área de estudio se encuentra ubicada al sur de la República del Ecuador, en la provincia de El Oro, en la parte oriental del cantón Marcabelí. Sus límites son: al norte el Cantón Piñas, al sur el Cantón Paltas, al este el Cantón Balsas y al oeste el Río Marcabelí y la Quebrada El Rosal, abarca una superficie de 6460 ha. (Véase anexo 2).

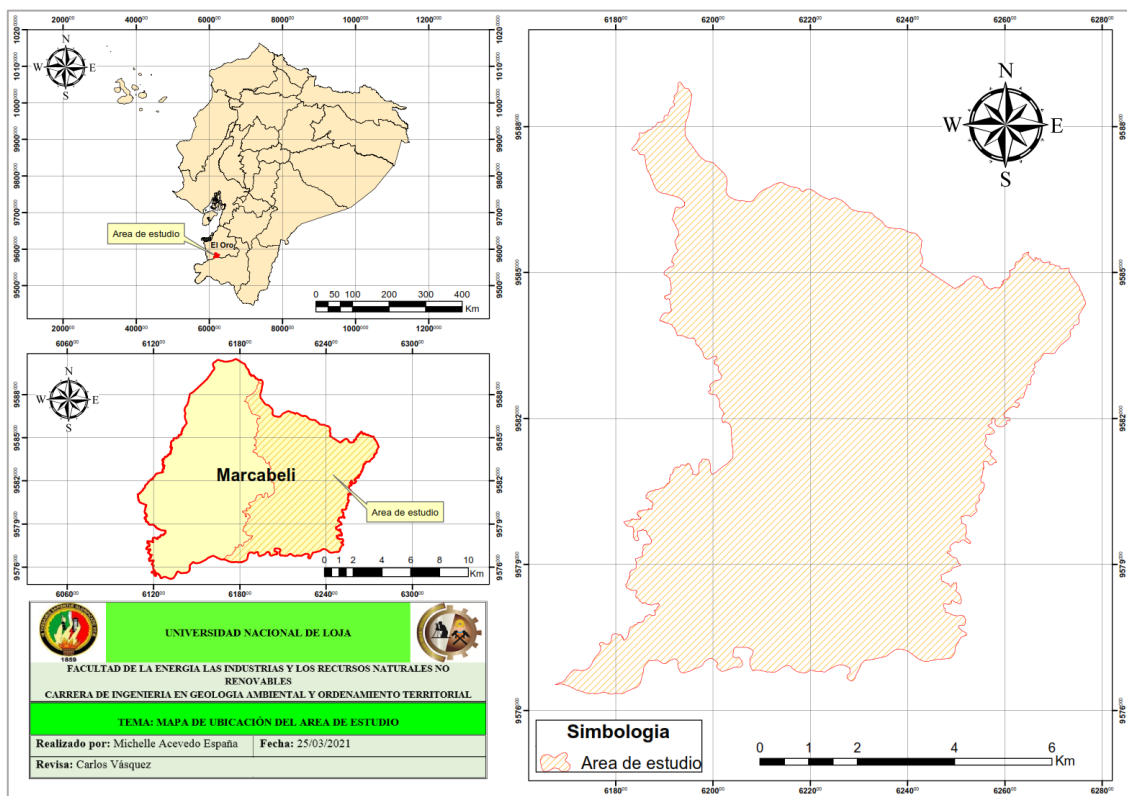


Figura 3. Ubicación del área de estudio

El acceso desde la ciudad de Quito por vía aérea se lo puede realizar desde el aeropuerto Internacional Mariscal Sucre hasta el Aeropuerto Regional de Santa Rosa, con escala en el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo en Guayaquil con un tiempo estimado de viaje de 1 h 20 min, luego por vía terrestre se toma la Transversal Sur E50 hasta el cantón Marcabelí en un tiempo de 1h 15 minutos aproximadamente.

Mediante vía terrestre se toma la carretera E35 desde Quito a Riobamba, luego se toma la vía a la costa E25 pasando por Pallatanga-El Triunfo-Naranjal-Machala-La Avanzada-Marcabelí, en un tiempo aproximado de 10 horas con 26 minutos.

El acceso al sitio de estudio desde la ciudad de Loja se lo puede realizar por la vía terrestre Transversal Sur E50 seguida de la vía a la costa E25 que conecta Loja – Catamayo-Olmedo-Chaguarpamba-Balsas-Marcabelí, con una distancia de 165 km y un tiempo aproximado de 3 h 30 minutos.

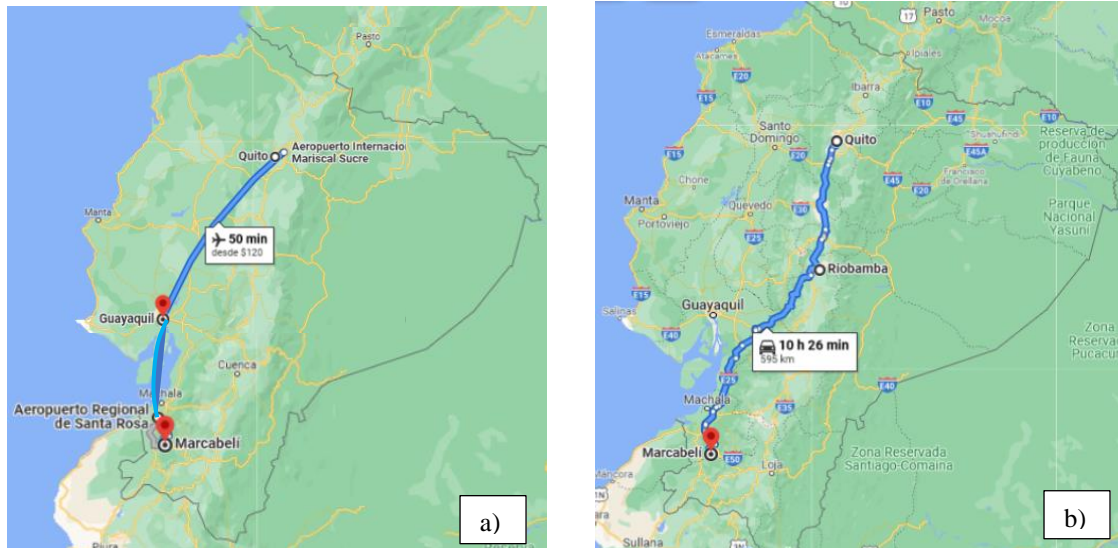


Figura 4. Acceso al área de estudio; a) aéreo, b) terrestre

Fuente: Google Maps, 2021

5.1.2. Clima

Según Teodoro Wolf, el factor que determina el clima es la altitud y el cantón Marcabelí se encuentra en la zona climática 1, que corresponde a la Tropical Interandina, esta abarca cotas de 500 a 1800 msnm y temperaturas superiores a los 20 °C.

En el cantón Marcabelí se diferencian dos estaciones al año, invierno y verano, el invierno inicia en diciembre y termina en mayo, con un clima cálido y húmedo, con fuertes lluvias. El verano tiene su inicio en mayo y termina en los primeros días de diciembre, en esta temporada el clima es templado. En general, se expresa como cálido seco. (PDYOT, 2014-2019)

5.1.2.1. Precipitaciones.

El área de estudio no cuenta con estaciones climáticas que registren parámetros meteorológicos la información de diversos parámetros climáticos citados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón, se basan en datos proporcionados por

la estación INAMHI correspondiente a Balsas que es un cantón contiguo al área de estudio.

Sin embargo, para el análisis de esta variable se dispone de valores registrados en el mapeo realizado por el SENPLADES.

En lo referente a precipitaciones el área de estudio está dividido en tres zonas típicas en rangos anuales entre:

- 1000 a 1200 mm
- 1250 a 1500 mm
- 1500 a 1750 mm

La precipitación promedio anual es de 1160,4 mm/anales, la mayor cantidad de lluvias se producen en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, con un 82% del total anual.

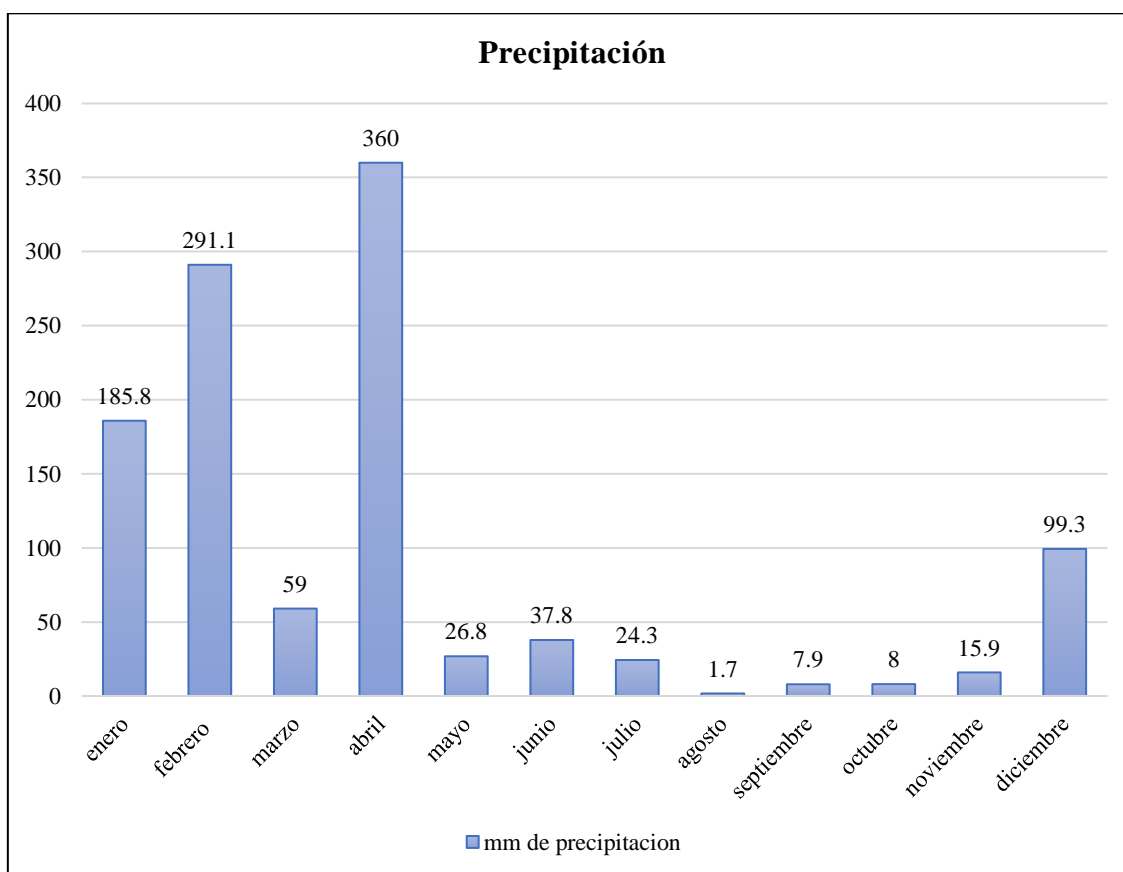


Figura 5. Precipitación mensual del cantón Marcabelí

Fuente: SENPLADES (2015)

5.1.2.2. Temperatura.

Para el análisis de esta variable se considera de igual manera los valores registrados en el mapeo realizado el SENPLADES, el comportamiento de la temperatura registra tres zonas típicas con medias anuales que oscila entre:

- 20 – 22°C
- 22 – 24°C
- 24 – 26°C

La temperatura promedio es de 25,2°C, registrándose junio como el mes más caluroso con 24,5°C y octubre como el menos caluroso con 23,3°C.

5.1.3. Geología regional

Los Andes forman la columna vertebral del Ecuador atravesando completamente el país de SSW a NNE, la región andina está dividida en dos zonas paralelas, geológicamente distintas de rumbo NNE. Rocas metamórficas subyacen a la Cordillera Oriental (Cordillera Real) mientras que las rocas volcánicas y sedimentos subsidiarias del cretácico al paleoceno comprenden la masa de la Cordillera Occidental. Los volcánicos del neógeno cubren parte de las dos cordilleras y rellenan los valles interandinos, que actúan como línea divisoria tanto al norte como al centro del Ecuador. En la parte sur la diferenciación morfológica es obviamente menor, pero geológicamente evidente, sin embargo, la parte suroeste del país es muy diferente, teniendo un basamento metamórfico Pre-Mesozoico (Bloque Tahuín) que está sobrepuesto por volcánicos y sedimentos del Cretácico, las rocas más antiguas están en este bloque metamórfico suroccidental (Kennerley, 1971).

El área de estudio se emplaza en la provincia de El Oro al SW del Ecuador, geológicamente se encuentra constituida por rocas metamórficas del paleozoico y triásico del Bloque Amotape-Tahuín. Este grupo se halla en contacto discordante con las secuencias volcano-sedimentarias de la cuenca Alamor-Lancones al sur, mientras que al norte está en contacto estructural con fragmentos alóctonos de rocas oceánicas del jurásico que forman parte del terreno Chaucha, que fue acrecionado al margen continental a lo largo del sistema de fallas y suturas Portovelo-Girón-Peltetec (CODIGEM, 1993).
(Véase anexo 6 - Mapa de geología regional)

La naturaleza y origen de este dominio se encuentra todavía en discusión, Litherland y otros (1994) proponen que es un fragmento desmembrado de las rocas metamórficas del dominio Loja-Olmos, mientras que Mourier y otros (1988) y Feininger (1987) proponen que este dominio Litotectónico es alóctono.

Tabla 2. Unidades litológicas pre-cretácicas del Dominio Amotape-Tahuín

Grupo /Unidad Formación	Litologías típicas	Edad radiométrica	Edad paleontológica	Edad relativa	Ambiente
Moromoro	Granitoide, ortogneis	193 ± 13 – 221 ± 6 Ma K/Ar (msc–bt) (4 edades) 219 ± 22 Ma (Sm/Nd) 546 ± 3.3 y 227.5 ± 8 Ma U/Pb. (Litherland y otros, 1994)		Permico - Triasico	Continental
La Victoria	Esquistos		Devónico carbonífero?	– Paleozoico	
Grupo /Unidad Formación	Litologías típicas	Edad radiométrica	Edad paleontológica	Edad relativa	Ambiente
El Tigre	Metagrawacas, filitas		Devónico carbonífero (Martínez y Mourier en Litherland y otros, 1994)	- y Paleozoico en	Turbidítico
Piedras	Anfibolitas	*743 ± 13 Ma K/Ar (hnb) (Kennerley, en Litherland y otros, 1994) **647 ± 37 y 224 ± 3 Ma K/Ar (hnb) 221 + 18 – 16 Ma, U/Pb (Litherland y otros, 1994)		Paleozoico	Oceánico

Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano (2015) modificado por: La autora (2021)

Las unidades geológicas que se destacan dentro del área de estudio podemos describirla de la siguiente manera:

Grupo Tahuín Está nombrado por la Cordillera de Tahuín, un nombre general aplicado a las elevaciones más altas en la parte occidental de la Provincia de El Oro, al sur del Río Naranjo/Arenillas. Está formado esencialmente por rocas pelíticas y cuarzo feldespáticas que de sur a norte van desde no metamórficas hasta la facies de granulita en una serie de facies de baja presión. Forma un cinturón con dirección E-W, de hasta 25 km de ancho, que puede trazarse, en forma continua, por casi 80 km, desde la frontera con el Perú en el occidente hacia el este dentro del área de El Cisne. Comprende las unidades El Tigre, La Victoria, La Bocana y Limón Playa y está intruido por los plutones La Florida, El Prado y Marcabelí. Su edad deposicional se considera Paleozoica (Feininger, 1978) y la del metamorfismo de más alto grado varía entre 207 ± 6 y 220 ± 6 Ma (Aspden et al., 1995). La **Unidad El Tigre** (Aspden, 1995). Fue mapeada por Feininger (1978) como areniscas y lutitas no metamorfizadas que ocurren a lo largo de la ruta Arenillas - Alamor entre el caserío de El Tigre y el Río Puyango. También aflora entre Loja y Portovelo al sur de El Prado. En su parte austral está sobreyacida inconformemente por los sedimentos Cretácicos de la cuenca Alamor. Consiste esencialmente de lutitas, limolitas y areniscas intercaladas que gradualmente van metamorfizándose hacia el norte. Las rocas débilmente metamórficas preservan la interestratificación de arenisca con lutita o limolita. Las pelitas son filitas, las areniscas finogranulares se recrystalizan a cuarcitas con vetas de cuarzo lechoso (Aspden & Duque, 1997). Por criterios paleontológicos no conclusivos y correlación con rocas similares en el Perú, se asume que la edad de deposición corresponde al Paleozoico temprano (Feininger, 1978; Aspden et al., 1995), en tanto que la edad del metamorfismo, por dataciones radiométricas en la Unidad La Bocana, se considera Triásica tardía (Aspden et al., 1995).

La **Unidad La Victoria** (Aspden et al., 1995). Esta se presenta como la continuación norte de la Unidad El Tigre. Ocurren afloramientos importantes en ríos y caminos entre Arenillas y Alamor, entre Las Lajas y La Victoria, en las quebradas La Primavera, Marcabelí y El Oso. Tienen correspondencia a cuarcitas, filitas y esquistos descritos por Feininger (1978) dentro del Grupo Tahuín. Las rocas de la Unidad El Tigre incrementan paulatinamente su grado metamórfico y forman la Unidad La Victoria. Las filitas contienen porfiroblastos probablemente de andalucita o cordierita que han sido totalmente alterados a micas fino granulares.

Hacia el norte el grano aumenta paulatinamente y las filitas se transforman a esquistos que llegan a tener grano grueso. Los esquistos hacia el sur son de moscovita y biotita, hacia el centro pasan a esquistos con porfiroblastos esponjosos de andalucita o cordierita y hacia el norte tienen sillimanita. Las cuarcitas intercaladas con los esquistos están totalmente recrystalizadas. Las edades de deposición y metamorfismo deben corresponder a las asignadas al Grupo Tahuín, esto es Paleozoica temprana y Triásica tardía respectivamente (Aspden y Duque, 1997).

Unidad La Bocana (Aspden et al., 1995) Corresponde a los gneises y migmatitas descritos por Feininger, 1978, como la parte de más alto grado metamórfico del Grupo Tahuín. Aflora en varias quebradas que desembocan de S a N en el Río Arenillas (i.e. Tahuín, Piedras, Primavera). Toma el nombre del pueblo La Bocana localizado a orillas del Río Piedras. Su contacto norte con el Grupo Piedras no es claro, pero en algunos lugares parece ser tectónico (Aspden, 1995). Hacia el sur, se distingue de la Unidad La Victoria por el incremento de grado metamórfico (Feininger, 1978). Está compuesta fundamentalmente por tres tipos de rocas que predominan localmente una sobre otra. La una es una granodiorita con textura heterogénea, la segunda está formada por un gneis de grano medio a grueso y la tercera está constituido por migmatitas no diferenciadas, principalmente cuarzo feldespáticas, la edad de deposición parece ser del Paleozoico temprano (Feininger, 1978).

Granito Metasomáticos-Foliados y Metamorfosados dentro de terrenos Precámbricos-Paleozoicos del bloque Tahuín existen por lo menos dos batolitos alargados compuestos de rocas granitoides metamorfizadas y foliadas. El Plutón Marcabelí consiste de facies de Cuarzodiorita y alaskita. El Plutón alargado La Florida consiste de granodiorita gnéisica y foliada, el que corre paralelo con los paragneises San Roque. (Kennerley, 1973).

Los **Depósitos cuaternarios**, corresponde a materiales que han sido depositados a los márgenes de ríos, estos depósitos por lo general forman terrazas amplias sobre las cuales se depositan limos arenas y gravas.

5.1.3.1. Geología estructural

El análisis geológico permitió determinar zonas de diferente contexto estructural, algunas zonas están afectada por fallamiento local y se encuentran repartidas por el área de estudio, cabe mencionar que dentro de los límites de la zona de estudio no se evidencia

la presencia de fallas a nivel regional, pero es importante rescatar los principales rasgos estructurales de la región como:

Sistema de Fallas Piñas – Portovelo: es una falla de cabalgamiento, en una longitud de 40 km con un azimut aproximado de 295° que separa a su vez, al Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro al Sur. También constituye el límite Sur del sistema de vetas auríferas. Mientras que al Oeste de Piñas la falla aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salati y al SE de Portovelo en un cabalgamiento con tendencia al Sur, buzando al Norte

En relación a la orientación de las principales estructuras andinas, en esta zona encontramos una falla transversal importante como es la de Las Palmas-Arenillas-Portovelo, la cual es el límite sur la Zona Transversal Puna Méndez.

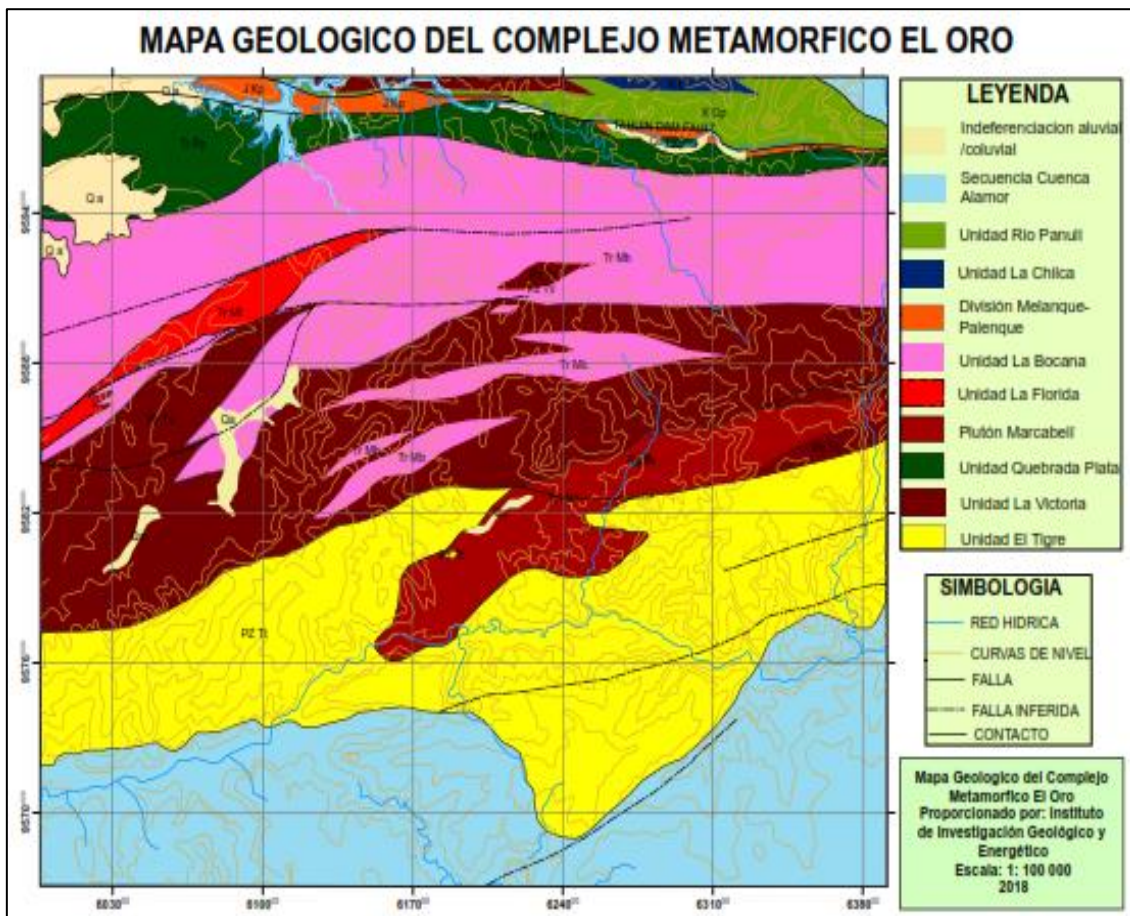


Figura 6. Mapa geológico del Complejo Metamórfico El Oro

Fuente: SENPLADES (2015)

5.2. Materiales

Para el desarrollo del presente proyecto se consideran los siguientes materiales y equipos citados en la tabla 2, 3 y 4:

Tabla 3. Materiales de campo utilizados para el proyecto de investigación

Materiales de campo	
GPS Garmin	Libreta de campo
Martillo Geológico	HCl al 10%
Fundas plásticas Ziploc	Lupa de bolsillo
Brújula Brunton	Cámara fotográfica
Fichas de caracterización geomorfológica	Fichas de afloramientos

Fuente: La autora

Tabla 4. Materiales de oficina utilizados para el proyecto de investigación

Materiales de oficina	
Hardware	Computador Impresora
Software	ENVI version 5.3 ArcMap 10.5 ArcScene 10.5 Microsoft office 2013

Fuente: La autora

Tabla 5. Insumos utilizados para el geoprocesamiento de información del proyecto de investigación

Insumos	Escala	Fuente		
Carta topográfica del cantón Marcabelí (3682-IV J721)	1:50 000	Instituto (IGM)	Geográfico	Militar
Carta Geológica Zaruma (Hoja 38)	1: 100 000	Instituto (IGM)	Geográfico	Militar
Carta geológica Puyango (Hoja 21)	1: 100 000	Instituto (IGM)	Geográfico	Militar
Mapa de Uso de Suelos	1:10 000	GAD Marcabelí		
Ortofotos del cantón Marcabelí (0.4x0.4m)	1: 5 000	SIGTIERRAS		
Modelo Digital de Elevación del cantón Marcabelí (4x4m)	1: 5 000	SIGTIERRAS		
Mapa de Unidades Geomorfológicas de Ecuador	1:100 000	Ministerio del Ambiente (MAE)		

Fuente: La autora

Las ortofotos usadas en la presente investigación corresponden a un total de 56, a escala 1:5000, la codificación y disposición de las mismas se muestra en la figura 1, la fecha de toma está comprendida entre agosto de 2010 y octubre de 2012 según el Programa SIGTIERRAS.

NVI-E1a-A4	NVI-E1a-B3	NVI-E1a-B4	NVI-E1a-C3	NVI-E1a-C4	NVI-E1b-A3	NVI-E1b-A4
NVI-E1a-D2	NVI-E1a-E1	NVI-E1a-E2	NVI-E1a-F1	NVI-E1a-F2	NVI-E1b-D1	NVI-E1b-D2
NVI-E1a-D4	NVI-E1a-E3	NVI-E1a-E4	NVI-E1a-F3	NVI-E1a-F4	NVI-E1b-D3	NVI-E1b-D4
NVI-E1c-A2	NVI-E1c-B1	NVI-E1c-B2	NVI-E1c-C1	NVI-E1c-C2	NVI-E1d-A1	NVI-E1d-A2
NVI-E1c-A4	NVI-E1c-B3	NVI-E1c-B4	NVI-E1c-C3	NVI-E1c-C4	NVI-E1d-A3	NVI-E1d-A4
NVI-E1c-D2	NVI-E1c-E1	NVI-E1c-E2	NVI-E1c-F1	NVI-E1c-F2	NVI-E1d-D1	NVI-E1d-D2
NVI-E1c-D4	NVI-E1c-E3	NVI-E1c-E4	NVI-E1c-F3	NVI-E1c-F4	NVI-E1d-D3	NVI-E1d-D4
NVI-E3a-A2	NVI-E3a-B1	NVI-E3a-B2	NVI-E3a-C1	NVI-E3a-C2	NVI-E3b-A1	NVI-E3b-A2

Figura 7. Ortofotos del área de estudio

5.3. Procedimiento

A continuación, se detalla la metodología aplicada para cada uno de los objetivos de la investigación.

5.3.1. Procedimiento para el objetivo 1.

Objetivo 1: *Caracterizar los índices de relieve existentes en la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro.*

Este objetivo parte con una etapa de recolección de información existente sobre la zona de estudio, tanto bibliográfica como cartográfica de las entidades responsables además de los PDOTs del municipio correspondiente.

Como se citaba anteriormente se toma como referencia el Modelo de Unidades Geomorfológicas del Ecuador (2013) del Ministerio del Ambiente, en el cual se detalla la metodología para realizar una clasificación automática de las unidades del relieve a partir de los índices topográficos derivados del DEM. La información en este apartado corresponde a:

- Modelo Digital de Elevación del Cantón Marcabelí con una resolución espacial de 4 metros, obtenido del geoportal del SIGTIERRAS
- Ortofotos del Cantón Marcabelí de 0.4 m/pixel a escala 1:5000
- Limite cantonal y parroquial del Cantón Marcabelí

5.3.1.1. Clasificación Automática.

La clasificación automática parte de un modelo cartográfico (figura 4) el cual representa una serie de pasos que permiten obtener como resultado el mapa de unidades geomorfológica.

El modelamiento inicia con el empleo del modelo digital del área de estudio, del cual se obtiene una serie de índices topográficos que, a partir de un análisis de componentes principales, sirve de insumo para realizar la clasificación no supervisada (ISODATA). Esta clasificación tiene como resultado la generación de clusters, los cuales son unidades poco definidas, a las que se les aplica una serie de filtros espaciales, con el objetivo de ayudar a clasificar de mejor manera las unidades geomorfológicas. Finalmente se realiza una calibración en campo y una asignación de atributos para la obtención del mapa geomorfológico.

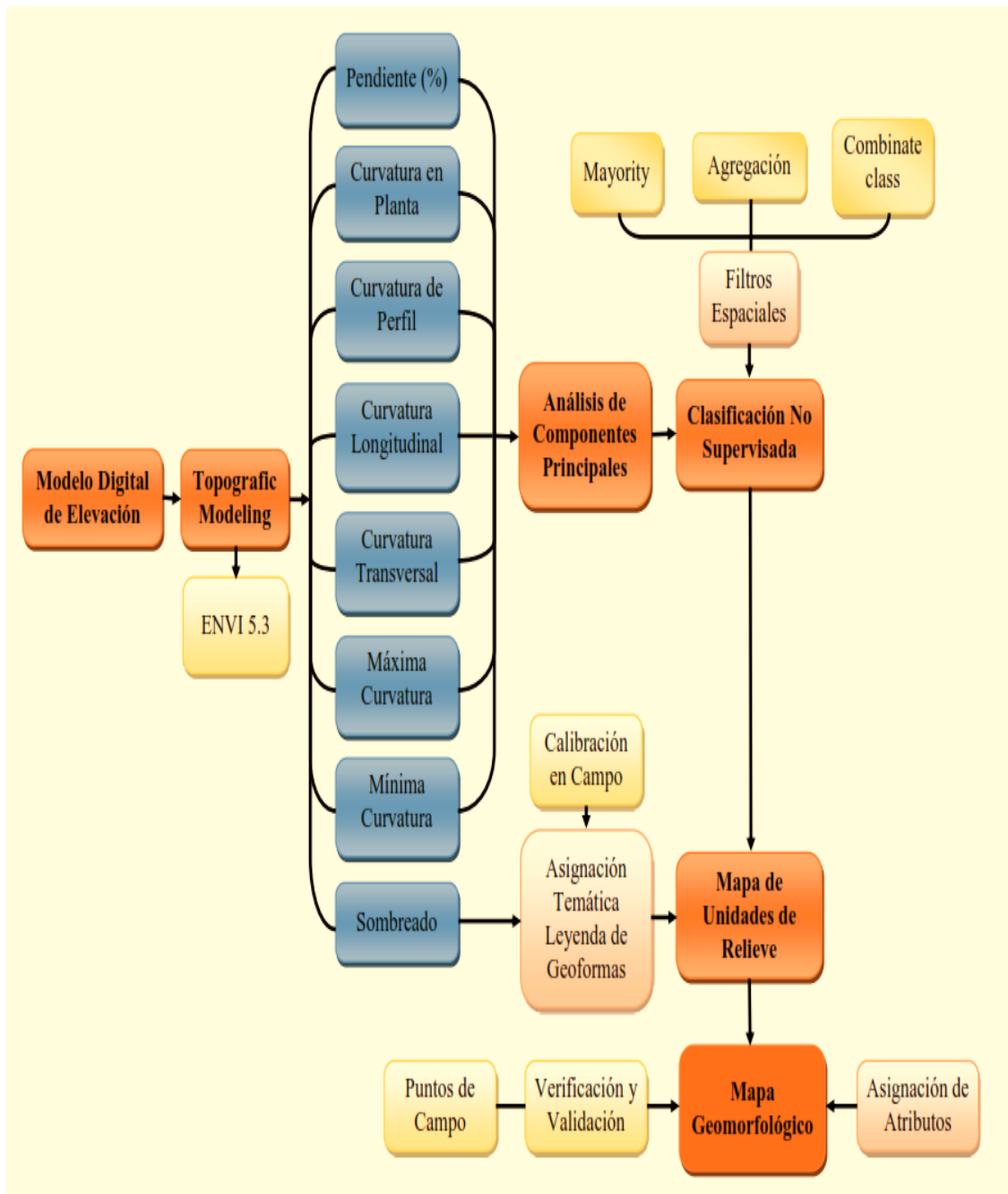


Figura 8. Esquema de modelo cartográfico

Nota. Adaptación del proyecto “Modelo de Unidades Geomorfológicas” MAE (2013). Modificado por: La Autora.

5.3.1.2. Modelo Digital de Elevación (MDE).

Para el estudio del relieve el insumo principal es el modelo digital de elevación (figura 5), cabe mencionar que se utilizó el MDE sin recortar, ya que en los límites del área de estudio en lo que respecta a la interpretación de unidades geomorfológicas se debe tener

en cuenta un contexto espacial para poder discriminar de mejor manera las unidades geomorfológicas correspondientes a estas zonas, debido a que se considera como un error interpretar sin conocer lo que se encuentra más allá de las fronteras de nuestra área de estudio.

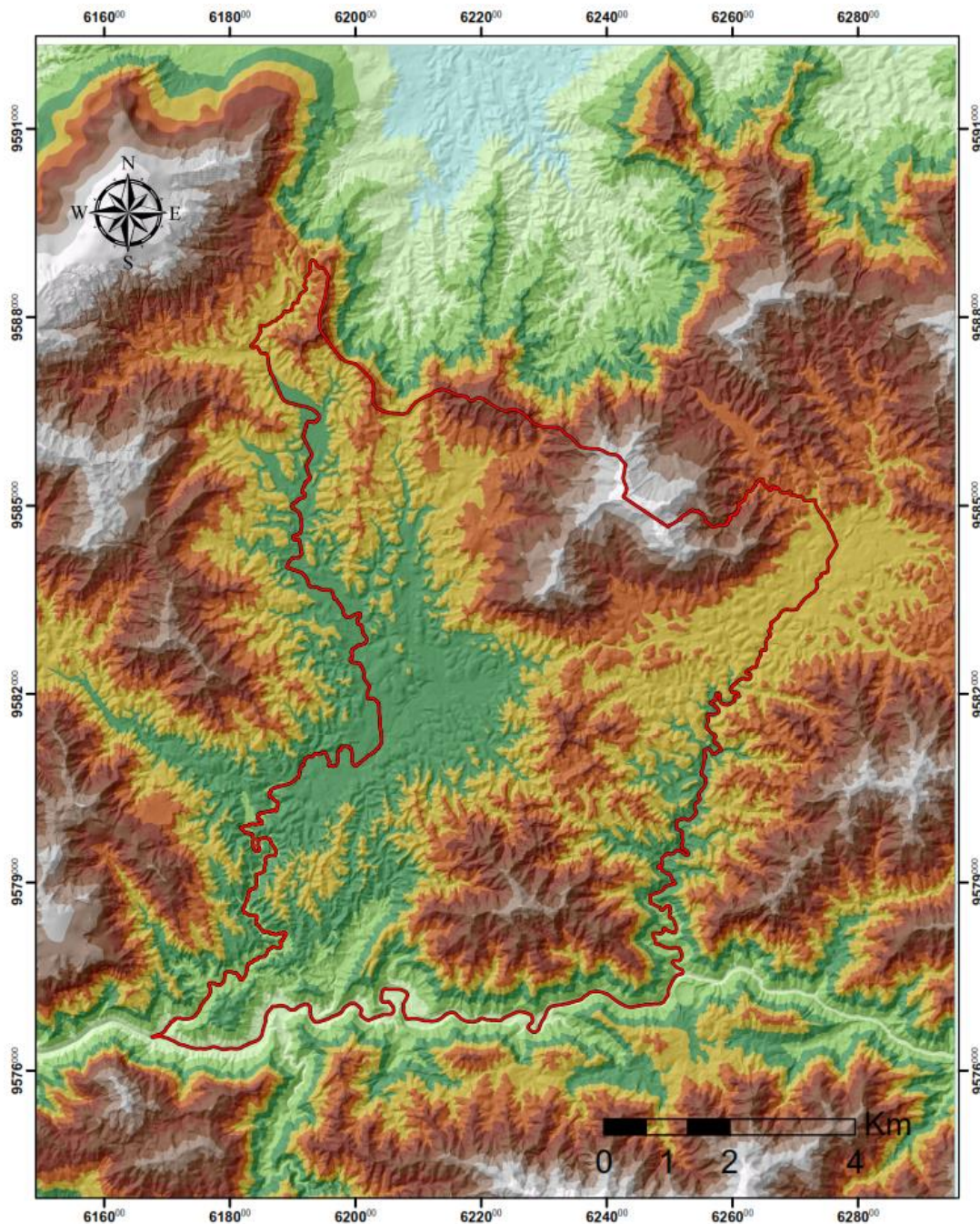


Figura 9. MDE del área de estudio

Fuente: SIGTIERRAS. Modificado por: La autora

5.3.1.3. Modelamiento Topográfico.

La construcción del modelo de unidades geomorfológicas se basa en la geomorfología cuantitativa, que es la descripción de unidades tridimensionales en función de su forma, tamaño, volumen y topografía (morfometría), elementos que generan un relieve.

Para modelar, analizar, delinear y visualizar estos elementos tridimensionales, se obtuvieron variables del terreno (índices topográficos) de forma automática a partir de un modelo digital de elevación (MDE).

Para la generación de los índices se utilizó ENVI 5.3, un potente software para el análisis topográfico, el cual es un paquete informático probado con un módulo específico para modelamiento del relieve (Wood, 1996), y que actualmente es la mejor herramienta para este tipo de análisis.

Dentro de este programa se hace uso del MDT el cual corresponde a un archivo ráster unidimensional, el cual tiene información de la altitud en cada una de sus celdas (de la matriz) cada celda hace referencia a un pixel es decir cada pixel que conforma el modelo digital del terreno cuenta con información, el análisis que realiza el programa corresponde a los pixeles y la información concentrada en cada uno de ellos.

Es importante recordar que el MDT solo cuenta con una banda (en diferencia de las imágenes satelitales) sin embargo la información contenida en cada celda corresponde a la altitud, la cual es normalizada en blanco (zonas de mayor altura) y negro (zonas de menor altura).

Entre las múltiples variables topográficas que se pueden extraer del MDE se han escogido ocho índices topográficos necesarios según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) y Wood (1996) para el modelamiento los cuales son:

- Sombreado (este se excluye, pero es necesario para la asignación temática de cada geoforma)
- Pendiente (%) calcula la magnitud de gradiente máxima
- Curvatura en perfil mide la tasa de cambio del aspecto a lo largo del plano.
- Curvatura en planta mide la velocidad de cambio de la pendiente a lo largo del perfil
- Curvatura longitudinal mide la curvatura superficial ortogonalmente en la pendiente descendente

- Curvatura transversal mide la curvatura de la superficie ortogonal a través de las direcciones de pendiente
- Máxima y mínima curvatura se aplican a la superficie total

Los índices topográficos utilizados son generados utilizando ENVI 5.3 en este nos dirigimos a *ToolBox* → *Terrain* → *Topographic Modeling*, en este punto se ingresa en MDE sin recortar, al ejecutarse la herramienta se despliega un cuadro de dialogo de entrada *Topo Model Parameters* el cual es configurado de la siguiente manera:

- En la opción *Topographic Kernel Size* se ingresa un vecindario de 3x3 pixeles (tamaño del Kernel) que corresponde a una matriz que escanea el MDE de pixel en pixel para definir los índices en función de los algoritmos de cada uno de ellos.
- Posteriormente en *Select Topographic Measures to Compute*, se elige las medidas topográficas a calcular, en este caso 8; pendiente en porcentaje, 6 tipos de curvaturas y una capa de sombreado, los cuales se crearán mediante bandas separadas para cada uno de los índices. En el caso de *Shaded Relief* (sombreado) se ingresan datos de azimut y elevación del sol de 315° y 45° respectivamente.

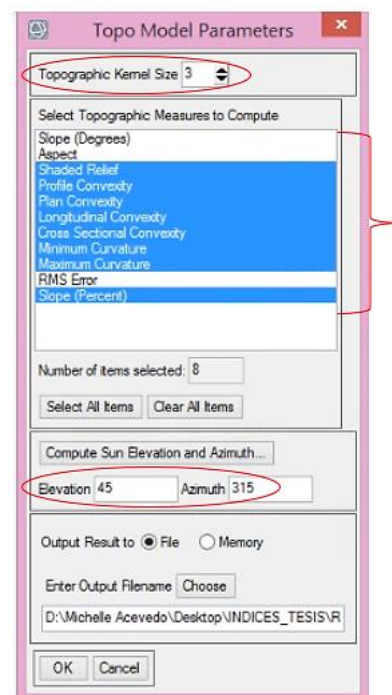


Figura 10. Modelamiento Topográfico

Este modelamiento topográfico da como resultado un archivo ráster multivariante de los índices topográficos citados, es decir que se lo puede visualizar en una combinación RGB al igual que se lo hace con las imágenes multispectrales. (véase figura 29)

5.3.1.4. Análisis de Componentes Principales.

El análisis de componentes principales es un procedimiento que se realiza para eliminar la redundancia de los datos, es decir, permite producir bandas (índices topográficos) no correlacionadas, para separar los componentes del ruido, y reducir la dimensionalidad del conjunto de datos (bandas individuales). (Exelis Visual Information Solutions, 2015)

Para poder ejecutar este paso utilizamos el Software ENVI 5.3, nos dirigimos a *Toolbox* → *Transform* → *PCA Rotation* → *Forward PCA Rotation New Statistics & Rotate*, donde se consideran los siguientes criterios:

- *Factores de Redimensionamiento X/Y*, que corresponde al tamaño de celda, definido en 0.5 permitiendo a la herramienta mantener una velocidad optima en los cálculos estadísticos.
- En la *matriz de covarianza* el cálculo se realiza debido a que los datos no varían entre bandas y no requiere normalización.
- *Elección de un subconjunto de valores propios* esta herramienta permite escoger el número de bandas PC de salida, que por defecto son iguales al número de bandas de entrada, en este caso 7 ya que el índice de sombra no se considera.

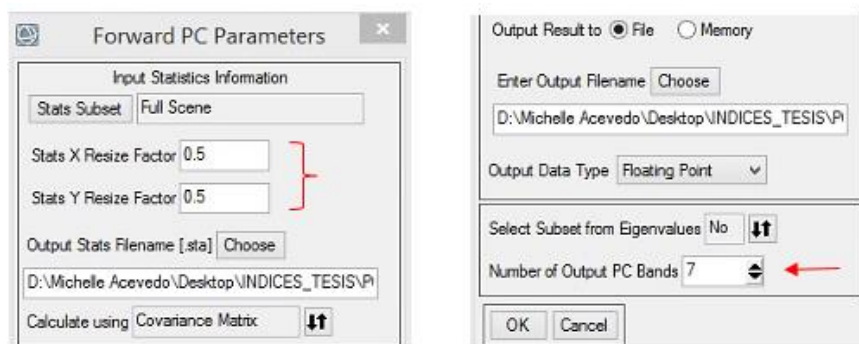


Figura 11. Configuración de PCA

Como resultado se obtiene dos archivos; una tabla comparativa que muestra las capas no correlacionadas y estadísticas de ruido en la que se muestra que las tres primeras bandas del PCA contienen mayor variación de datos, mientras que las bandas restantes aparecen

con ruido debido a que tienen poca variación de datos originales. El otro producto es un archivo ráster multivariante que posee las capas de salida de la herramienta de PCA

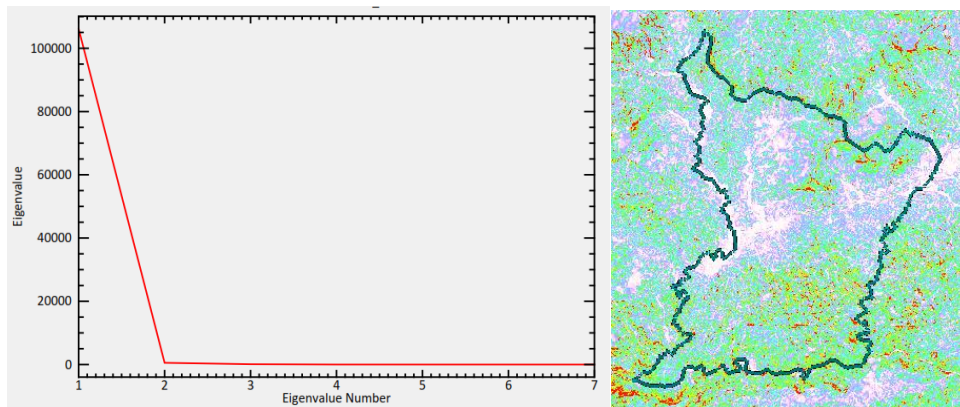


Figura 12. Elementos generados a partir del PCA (tabla estadística y ráster multivariante)

5.3.1.5. Clasificación no supervisada.

Posterior al análisis de componentes principales se tiene el proceso de clasificación automática no supervisada utilizando el algoritmo ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) las variables de entrada corresponden a la pendiente, curvatura en planta, perfil, longitudinal, transversal, mínima y máxima curvatura.

Las tres primeras variables citadas son las que contienen la información más relevante en cuanto al modelado del terreno, es decir, estas definen límites discretos de cada una de las unidades del relieve en función de sus características topográficas (curvaturas y pendiente).

Para realizar esta clasificación en ENVI 5.3 nos dirigimos a *Toolbox* → *Classification* → *Unsupervised classification* → *IsoData Classification*, en el caso de estudio se definieron los siguientes parámetros:

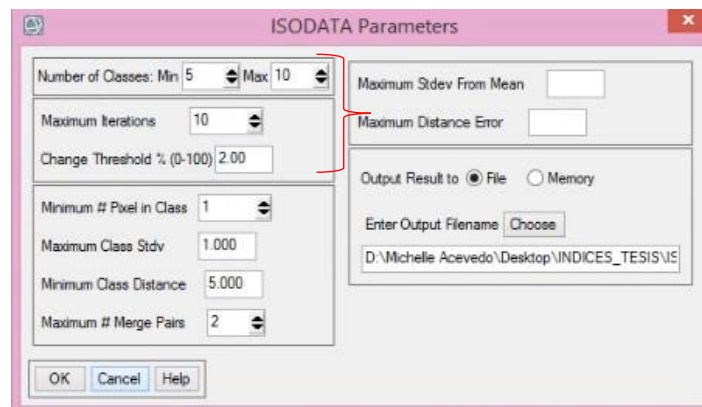


Figura 13. Configuración de los parámetros para la clasificación automática

- *Number of Classes*: 10 lo cual corresponde al valor estimado de unidades que se pueden representar de acuerdo a la realidad del área de estudio.
- *Maximun Iterations*: el número de iteraciones se estandariza en 10, lo que significa que el ciclo sigue el algoritmo hasta cumplir con el porcentaje del umbral de convergencia de la clasificación de los pixeles, una vez cumplido este criterio el algoritmo se detiene.
- *Change Threshould* (umbral de convergencia): este umbral se establece en 2% este valor indica la confianza en la clasificación, corresponde al máximo porcentaje de pixeles cuyos valores se permite permanezcan incambiadados entre iteraciones. Cuando el algoritmo llega al umbral se detiene.

Como resultado de este proceso se tiene un modelo con una gran cantidad de unidades dispersas, por lo que no se visualiza una unidad en específico, como se muestra en la figura 11.

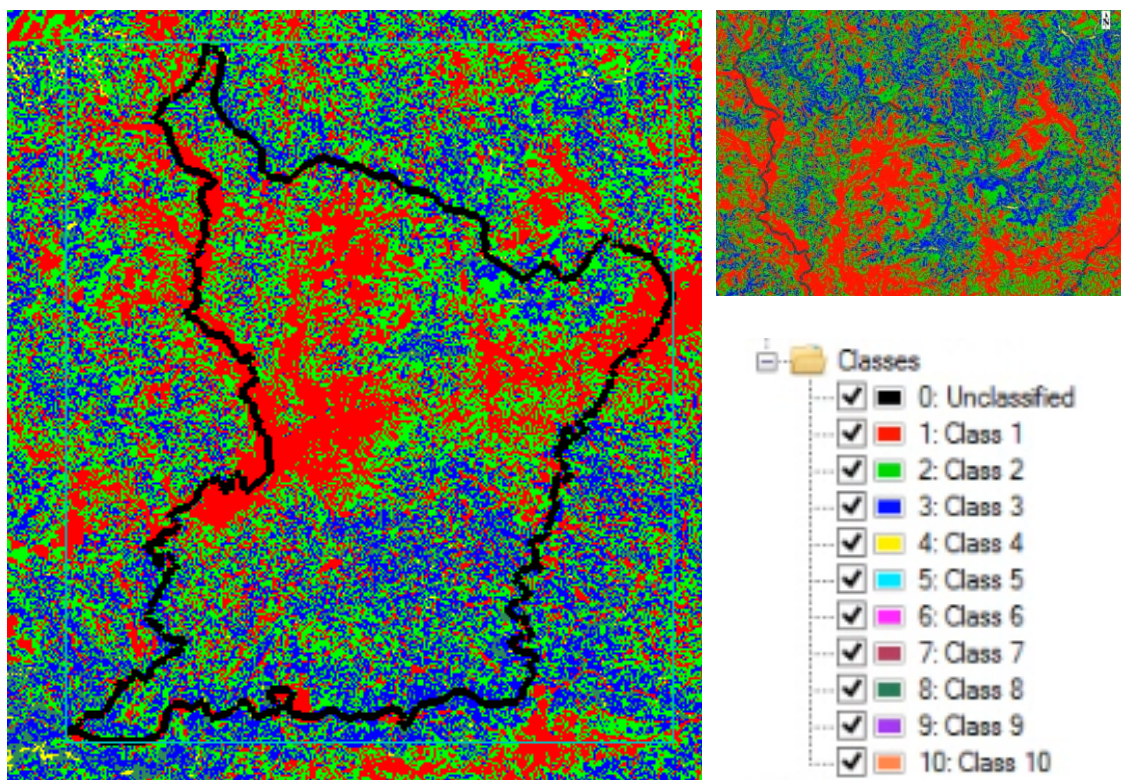


Figura 14. Clasificación automática (ISODATA)

5.3.1.6. Análisis SIG.

Este punto busca generalizar y delinear el modelo obtenido en la clasificación automática (ISODATA), dado que las unidades en esta última clasificación aparecen dispersas, se realiza ciertos filtros que permiten minimizar el ruido y afinar las mismas para que estas unidades sean interpretables según el sistema de clasificación.

El filtro usado requiere la siguiente secuencia; en ENVI 5.3 → *Toolbox* → *Classification* → *Post Clasification* → *Majority/Minority Analyst*, este filtro cambia pixeles falsos dentro de una clase individual, utilizando una matriz de Kernel (3x3 celdas), resultando de esto que pixeles aislados sean absorbidos por la clase mayoritaria más cercana. Para desarrollar este filtro primero se determinó la Unidad Mínima Cartografiable (UMC), con la siguiente fórmula:

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

Fórmula 1: Unidad mínima cartografiable

Donde:

E= escala del modelo de elevacion

MUM=minima unidad mapeable (25mm²)

Por lo tanto:

$$UMC = (25 \text{ mm}^2 * \left(\frac{10.000}{1000} \right)^2)$$
$$UMC = 2500 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ Has.}$$

- *Tamaño de matriz de suavizado:* 5 x 5 (en un mapa, el tamaño mínimo que debe ocupar una unidad cartográfica ha de ser de al menos 25 mm²; un cuadrado de 5 mm de lado) (Rossiter, 1994))
- *Área mínima cartografiada:* 0.25Ha (en función de la escala cartográfica 1:10 000 que corresponde al DEM de análisis)

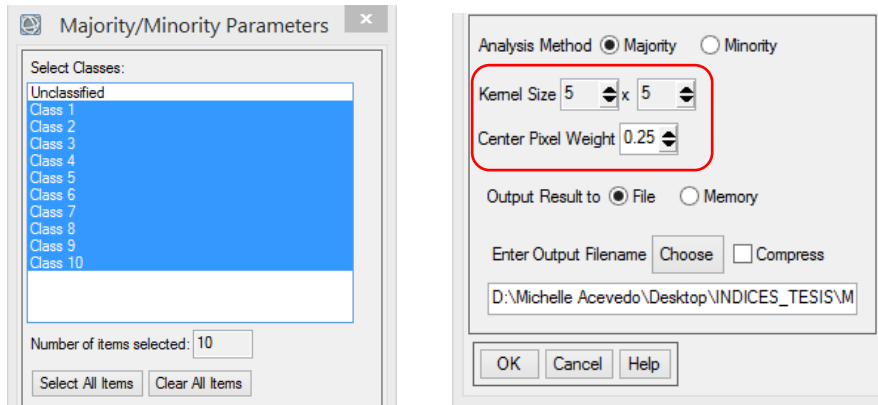


Figura 15. Configuración del filtro de suavizado (Majority/Minority Analyst)

Una vez aplicado el filtro, se sustituyen los valores de pixel por la función de filtrado, y se tiene como resultado una nueva capa temática la cual suaviza las unidades morfométricas.

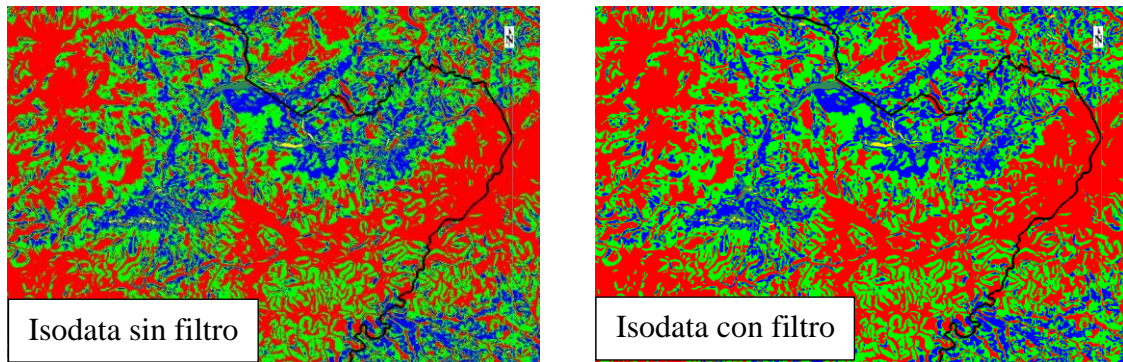


Figura 16. Comparación de los ráster con y sin filtro de suavizado

Este producto a pesar de presentar una capa más limpia donde se pueden observar unidades más definidas, aún necesita otro proceso para eliminar clusters sustituyéndolos por valores de grupos más grandes y cercanos, para esto se hace uso del software ENVI 5.3 en Toolbox → Classification → Post Classification → Roster Aggregation, de esta manera se genera un ráster mucho más interpretable de las unidades morfométricas

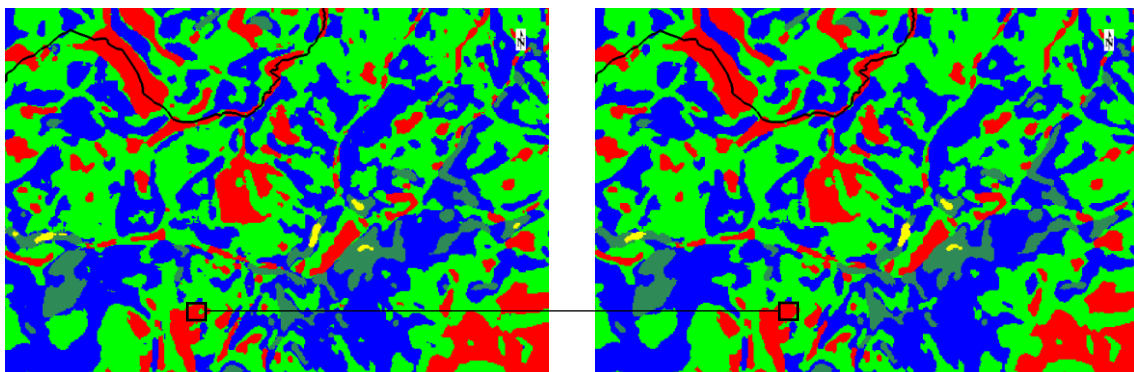


Figura 17. Unidades clasificadas empleando funciones de filtrado

En la figura 14 se puede observar una imagen ráster mucho más limpia con unidades mucho más interpretables, esta imagen corresponde a la parte oriental del área de estudio. Con el uso de esta herramienta se combinan clases individuales que corresponden a una misma clase temática, sin realizar cambios al número de clases de la clasificación final. El producto obtenido es un archivo en formato ráster que está listo para asignarle un atributo, por lo que en la ejecución del siguiente objetivo se edita y afina cada recinto, ya que este ráster en si no es un modelo cartográfico totalmente preciso, para esto se emplea la calibración en campo y la interpretación 3D.

5.3.1.7. Mapa de uso de suelo.

La base temática de este mapa fue cedida por el GAD Marcabelí (elaborado en el año 2019), para la actualización de dicha información se desarrolló una delimitación a partir de una interpretación de acuerdo al procesamiento de ortofotos del área de estudio. De esta actualización se tuvo como resultado 8 clases diferenciadas ocupadas para el sector agrícola, pecuario mixto, agua, antrópico, conservación y protección, pecuario, protección y producción y tierras improductivas.

5.3.1.8. Mapa Geológico.

Se tiene como referencia el Mapa Geológico del Complejo Metamórfico El Oro a escala 1:100.000 del año 2018 del Instituto de Investigación Geológico y Energético, como punto de partida para el estudio geológico a detalle.

A partir de este insumo se procede a realizar el trabajo de campo, esta actividad consiste en realizar recorridos, principalmente a través de ejes viales transitables, complementados con desplazamientos a pie, con el objetivo de adecuar la información y de caracterizar los afloramientos presentes en el trayecto, es primordial extraer la mayor cantidad de información geológica posible, para verificar la relación unidad geomorfológica y tipo de roca (165 puntos).

En campo, la actividad contempla el levantamiento de información en conjunto con la toma de muestras de mano (de ser necesario) para su respectivo análisis petrográfico a nivel macro en laboratorio.

Se realizo 6 recorridos para abarcar el área de estudio:

- El Rosal-El Ingenio- La Palmerita-Marcabelí

- Marcabelí-El Aterrizaje-Puente del Rio Puyango
- El Aterrizaje-Los Amparos-Jerusalén- San Francisco
- Marcabelí-El Arenal -San Ramón
- Y del Palmal-San Antonio-Rinconada-Marcabelí
- El Porvenir-El Caucho -Vía Marcabelí.

La descripción litológica y estructural de cada uno de los afloramientos existentes fue registrada mediante fichas de campo (Anexo 1) caracterizando todos los parámetros observables del macizo rocoso o deposito superficial.

Se verifica la información preliminar y se corrige la misma (de ser el caso). Se genera documentación asociada (puntos de observación georreferenciados, así como toma de fotografías).

La información levantada en campo se llevó conjuntamente con la descripción de las unidades geomorfológicas, las cuales son georreferenciadas mediante la utilización del GPS.

Por otra parte, se cita una fotointerpretación en el área de estudio con el uso de ortofotos codificadas en la figura 6, Los fundamentos teóricos se basaron en la tercera edición del Manual de Fotogeología de (López Vergara, 1988) y del libro Fotogeología Práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia de (Narango, 2015). Con la finalidad de poder verificar rasgos estructurales en el área de estudio.

En cuanto a la escala de colores y simbología se usó los Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la Cartografía Geológica planteada por Dirección de Transferencia Tecnológica e Incubación referente al Mapa Geológico del Ecuador






5.3.1.9. Mapa de pendientes.

El mapa de pendientes fue elaborado mediante geoprocesamiento del modelo digital del territorio en la plataforma SIG, para el mismo se procedió a realizar los siguientes pasos:

- Para la pendiente (Slope) en el SIG nos dirigimos a *Arctoolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope*. En *Input raster* se carga el DEM del área de estudio con resolución de 4x4 m y en *Output Raster* se le da la dirección y nombre a la capa.

- Se reclasifica la pendiente en → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*, esta herramienta permite realizar una categorización en consideración de autor, siendo seleccionada la clasificación de DEMEK, 1972.

Tabla 6. Clasificación de pendientes

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

Fuente: DEMEK, 1972

- Se realiza la conversión de ráster a vector, con la finalidad de hacer editable la tabla de atributos y obtener diferentes valores, para esto no dirigimos a *Conversion Tools* → *From Raster* → *Raster to Polygon*.
- Finalmente se generaliza cada clasificación que se encuentra repetida y se agrupa en un polígono, mediante la opción *Data Management Tools* → *Generalization* → *Dissolve*, a la tabla de atributos resultante se le agrega campos como: clase (text), rango (text), área (double) y porcentaje (double), a más se le asigna el color correspondiente a cada clasificación.

5.3.2. Procedimiento para el objetivo 2.

Objetivo 2: Realizar la zonificación de geoformas en base a fotointerpretación de la parte oriental del cantón Marcabelí.

Una vez que se finalice con el primer objetivo se obtendrá ya una idea general de lo que se pretende hacer a detalle mediante fotointerpretación, la cual consiste en la subdivisión del territorio en unidades geomorfológicas, este proceso permitirá obtener información básica del área de estudio, el insumo principal en este apartado corresponde al Modelo Digital del Territorio y ortofotos del área de estudio obtenidas del SIGTIERRAS.

Dichos insumos fueron superpuestos en ArcScene que es una aplicación con la que cuenta ArcGis que permite visualizar, analizar y animar los datos 3D o 2D en un espacio 3D en cualquiera de sus formatos vectorial, ráster o TIN, trabajando con la componente

altitudinal como ente principal, se debe acotar que esta herramienta tiene un ámbito de visualización tridimensional de pequeño rango, por lo que permite modelizar en 3D zonas territoriales relativamente pequeñas advirtiendo claramente las diferencias altitudinales. El proceso de fotointerpretación cubre las etapas de identificación y delimitación de las diferentes geoformas, o unidades geomorfológicas existentes en el área, en base a las características del relieve. La delimitación de las geoformas se realiza mediante digitalización de polígonos identificados como geoformas, a escala 1:10 000. Siendo la unidad mínima cartografiable para dicha escala 0.25 ha. A cada geoforma delimitada se le realiza la asignación de atributos.

Una vez asignados los atributos se procederá con la revisión de los siguientes puntos:

- Definición de puntos para su posterior comprobación sobre el terreno y definición de itinerarios a realizar en campo.
- Revisión cartográfica de los polígonos (delimitación y topología), y la correcta asignación de atributos de todos los polígonos, mediante las reglas y criterios de validación establecidos. Estas tareas forman parte del control de calidad

5.3.2.1. Asignación temática.

El objetivo de esta etapa es nombrar a cada unidad morfométrica (clase) en función del sistema de clasificación propuesto por el Ministerio del Ambiente en el proyecto *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas en el Ecuador Continental*, Dado que el sistema de clasificación es jerárquico es recomendable partir de lo específico a lo general en este punto se hace énfasis en que las unidades geomorfológicas serán ingresadas a partir de los nombres correspondientes al mesorelieve para posteriormente ser generalizadas a macrorelieve.

Para la asignación temática fue preciso realizar la calibración de unidades geomorfológicas en el terreno, con información relevante de campo acompañado de fotografías que es la mejor ayuda que el intérprete puede tener.

5.3.2.1.1. Relieve General.

Figura la primera y más grande clase de unidades geomorfológicas a escala regional, generalmente corresponde a regiones naturales del Ecuador, está constituida por conjuntos de unidades de relieve con similares génesis, litología y estructura, se diferencian tres tipos, Costa, De Montaña y Oriente.

El área de estudio se encuentra en la Región de Montaña, es decir relieves montañosos y escarpados, correspondientes a la Cordillera de los Andes, como se muestra en la figura 15.



Figura 18. Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes al Relieve General

Fuente: Modelo de Unidades Geomorfológicas Para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente (2013)

5.3.2.1.2. *Macrorelieve.*

Representa la categoría intermedia de unidades geomorfológicas, implica relaciones de relieve de tipo geogénico (procesos geomorfológicos endógenos y/o exógenos mayores que lo originaron) litológico y topográfico (Villota, 1997). Se presentan relieves menores como cordilleras, llanuras, valles, pie de monte y penillanura.

Dentro del área de estudio podemos encontrar como macrorelieve las siguientes unidades:

- **Cordillera:** refiere a un sistema dual de alineaciones de montañas y colinas enlazadas entre si (mayor que la serranía).

- **Serranía:** corresponden a relieves que forman parte de una serie o sistema montañoso, se componen de una alineación montañosa principal que hace de eje de la misma y en algunos casos de otros cordales montañosos de menor altitud. Son de carácter estructural, plegado y denudativo. (De Pedraza, 1996).
- **Pie de monte:** partes bajas de montañas y serranías hasta el punto de inflexión con el valle o la llanura. Hace referencia al Piedemonte Andino (De Pedraza, 1996).
- **Valle:** llanura de tierra con pendientes menores al 8% es aquella depresión entre dos elevaciones del terreno. Los valles pueden presentarse en forma de U, V y plano.
- **Penillanura:** Terreno de poca altitud y escasos relieves producidos en la última etapa del ciclo de denudación, suele ocupar grandes extensiones de terreno y por efecto de la erosión presenta una superficie suavemente ondulada.

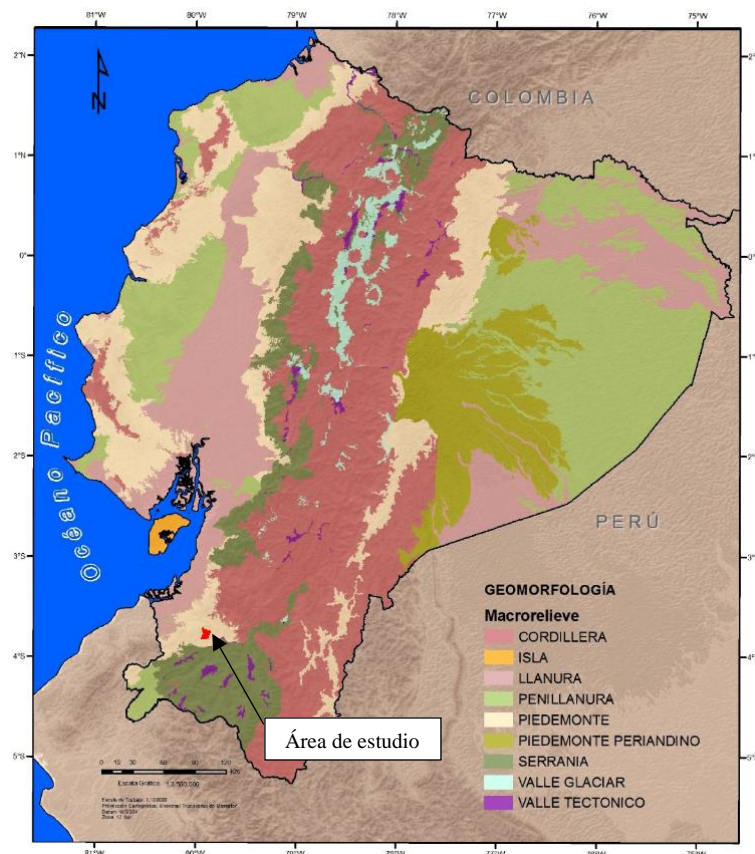


Figura 19. Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes a Macrorelieve

Fuente: Modelo de Unidades Geomorfológicas Para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente (2013)

5.3.2.1.3. Mesorelieve.

Son las unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 Km) y que representan a una geoforma caracterizada por uno o más atributos morfométricos, litológicos y estructurales (Villota, 1997).

Las definiciones conceptuales de mesorelieve establecidas de acuerdo al área en estudio son las siguientes:

- **Relieves montañosos:** este grupo hace referencia a la modificación de la superficie que propician las montañas, por lo tanto, está compuesto de elevaciones naturales de altura considerable cuyas formas corresponden al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre, las cuales aún guardan rasgos reconocibles de las estructuras originales pese a ver sido afectadas en diferente grado por procesos de denudación fluvio - erosional y glacial respectivamente.
- **Colinas:** elevación natural y aislada del terreno con un desnivel desde la línea de base hasta la cumbre menor a 300 m, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior a 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Se pueden distinguir colinas altas (diferencia de altura relativa de 200 a 300m con pendiente de 14-20%) colinas medias (diferencia de altura relativa de 100-200 m) y bajas (diferencia de altura relativa de 25-100 m)
- **Vertiente:** Zona topográfica inclinada situada entre los puntos altos (picos, crestas, bordes de mesetas o puntos culminantes de relieve) y los bajos (pie de vertientes o vaguadas). El perfil de una vertiente puede ser regular, irregular, mixta, rectilínea, convexa y cóncava (es decir, con rupturas de pendiente), en dependencia de la litología y la acción de la erosión.
- **Lomeríos:** conjunto de lomas, con alturas de 0 – 25 m, se caracteriza por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, separadas por valles coluvio-aluviales.
- **Llanura aluvial:** corresponde a zonas cubiertas por el agua durante las crecidas que se producen luego de las precipitaciones, pueden presentar morfologías en planta tanto rectilínea como sinuosa.

- **Terrazas:** son superficies llanas, bajas y estrechas configuradas por depósitos aluviales de arenas características del cuaternario combinadas con guijarros grandes. Se ubican en ambos lados del plano inundable, el cual tiene su origen por repetidos descensos del nivel de base de erosión.
- **Coluvión:** se compone de materiales detríticos transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas.
- **Coluvio aluvial:** se compone de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean, con un desnivel relativo que no supera los 15m.

Tabla 7. Leyenda de unidades de relieve del área de estudio

Macrorelieve	Mesorelieve
Cordillera	Relieve montañoso Vertiente
Serranía	Relieve colinado alto Relieve colinado medio
Pie de monte	Relieve colinado bajo Lomeríos
Valle	Llanura aluvial Terraza
Penillanura	Coluvión Coluvio aluvial

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) **Elaborado por:** La Autora (2021)

5.3.2.2. Fotointerpretación de Unidades Temáticas.

Para este punto se usa uno de los índices topográficos más importantes como es el sombreado, ya que ayuda mucho debido a que realza las formas del relieve por lo que permite tener una mejor perspectiva del terreno, a más de esto se utiliza visualizaciones 3D, junto con fotografías levantadas en campo (toda esta información es enlazada para poder ser visualizada al momento de ser desplegada).

Como la capa manejada es producto de una clasificación automática se edita y afina ciertas unidades, y es así que las unidades morfométricas interpretadas se convierten en

unidades geomorfológicas categorizadas de manera jerárquica como lo establece en la leyenda temática.

Como se mencionaba dentro del análisis después de obtenidos los índices topográficos y realizada la clasificación automática se obtiene el mapa de clasificación ISODATA, el mismo es una aproximación del terreno que necesita edición.

Para esto dentro del software GIS se realiza la unión de las formas previamente generadas con ayuda de las ortofotos y variables citadas en la metodología es decir desnivel relativo, pendientes en si prácticamente la topografía. A continuación, se muestra a manera de ejemplo la unión de dichas geoformas.

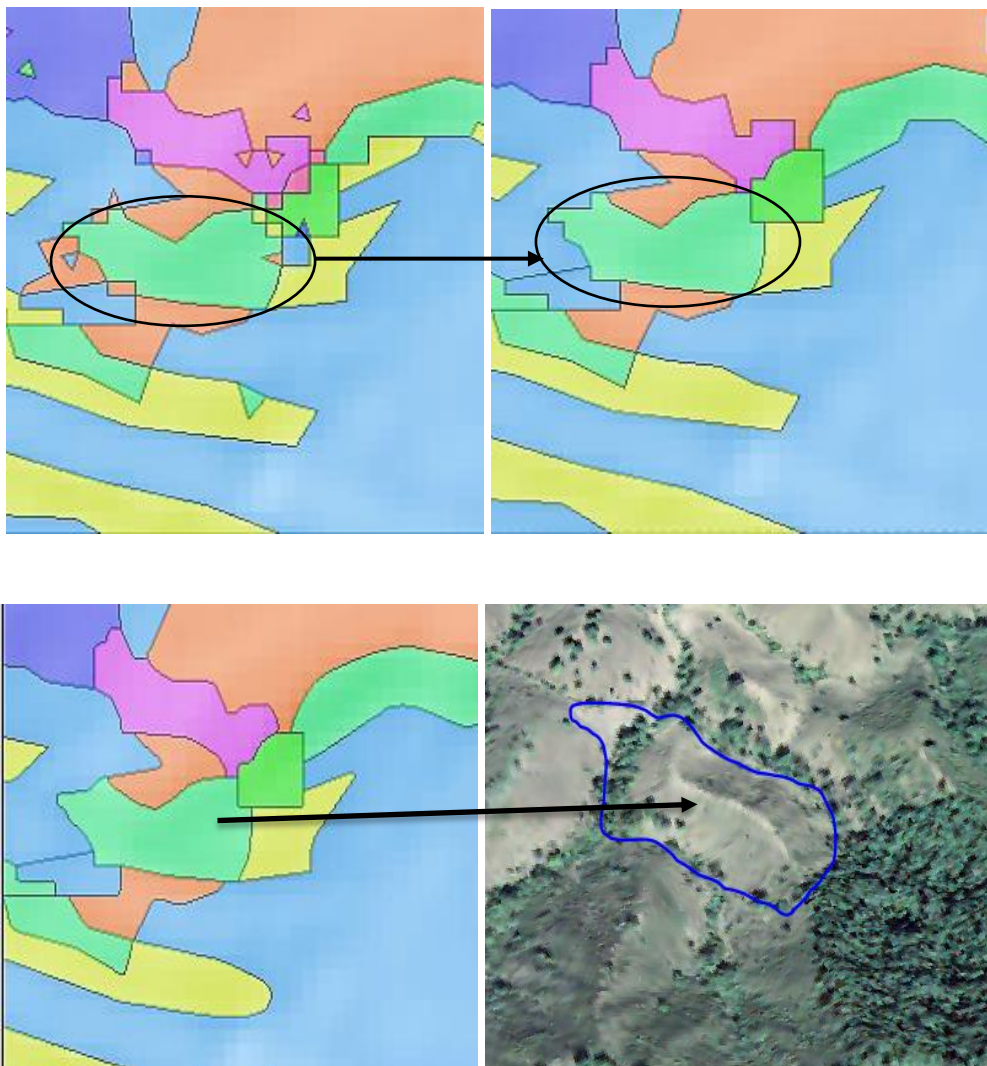


Figura 20. Agrupación de geoformas de ISODATA en función de modelo automático y ortofotos

De esta manera se obtiene el mapa preliminar de unidades geomorfológicas, este en si representa agrupaciones de posibles geoformas, sin embargo, es necesario realizar la clasificación de cada geoforma en función de los parámetros de la metodología, es decir, por ejemplo, para el relieve colinado bajo, este debe presentar un desnivel relativo comprendido entre los 25 a 100 m con pendientes de 5° a 15°. En este punto se hace una transposición de mapas y visualización 3D.

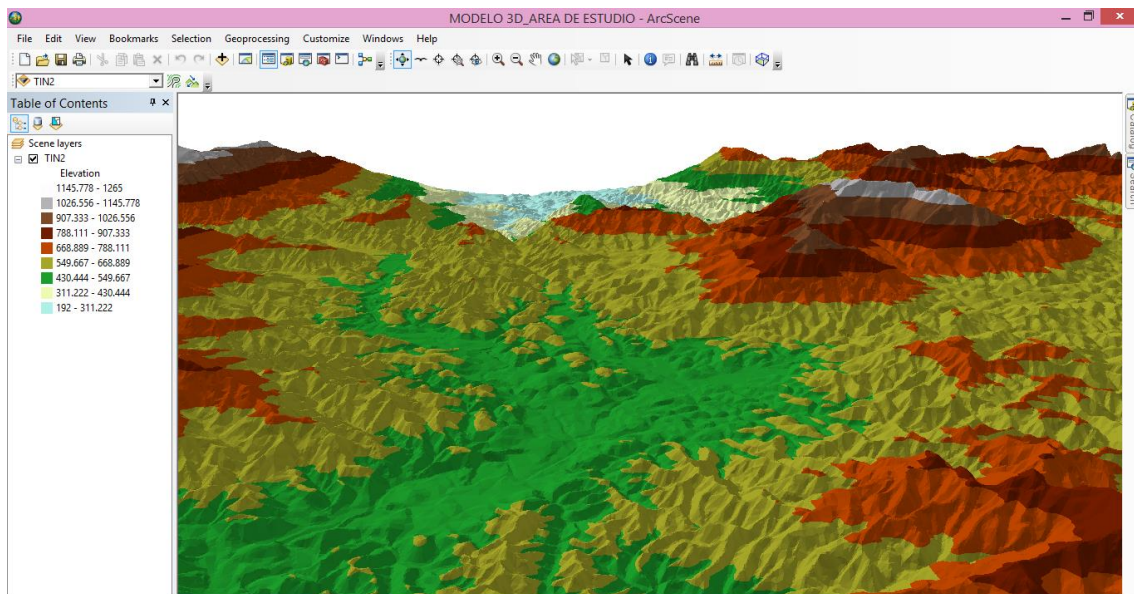


Figura 21. Visualización de forma del terreno

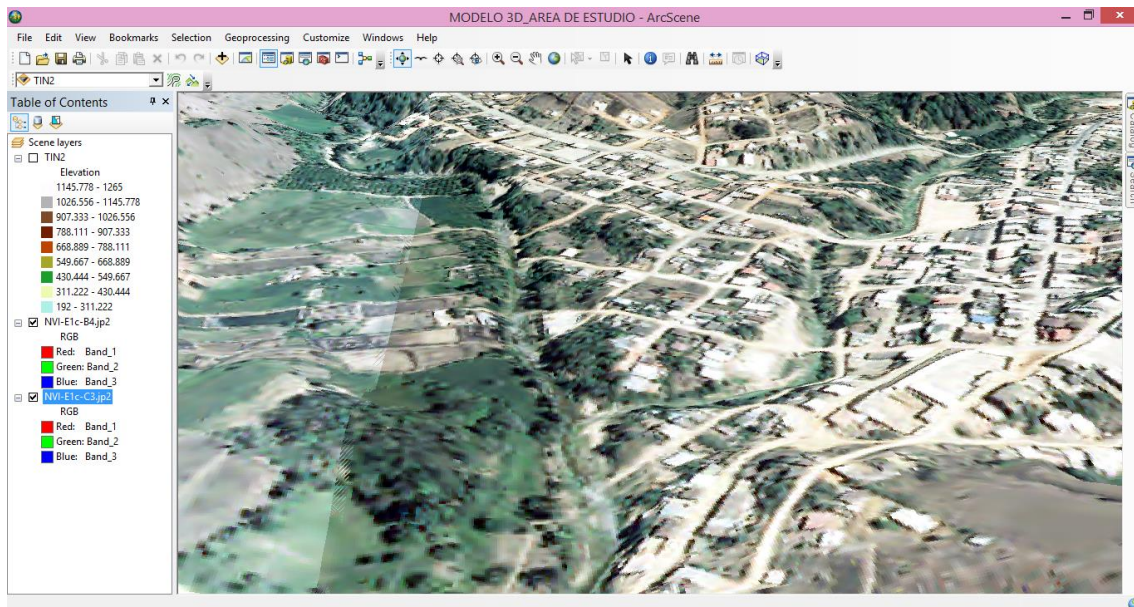


Figura 22. Visualización 3d de ortofotos del área de estudio

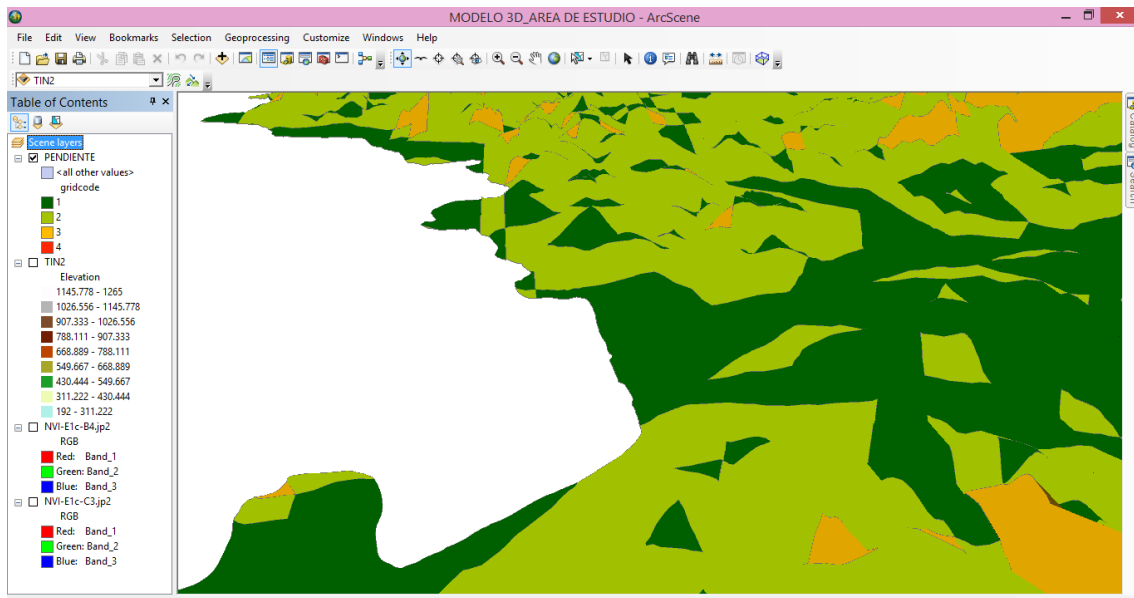


Figura 23. Visualización de valores de pendiente del área de estudio

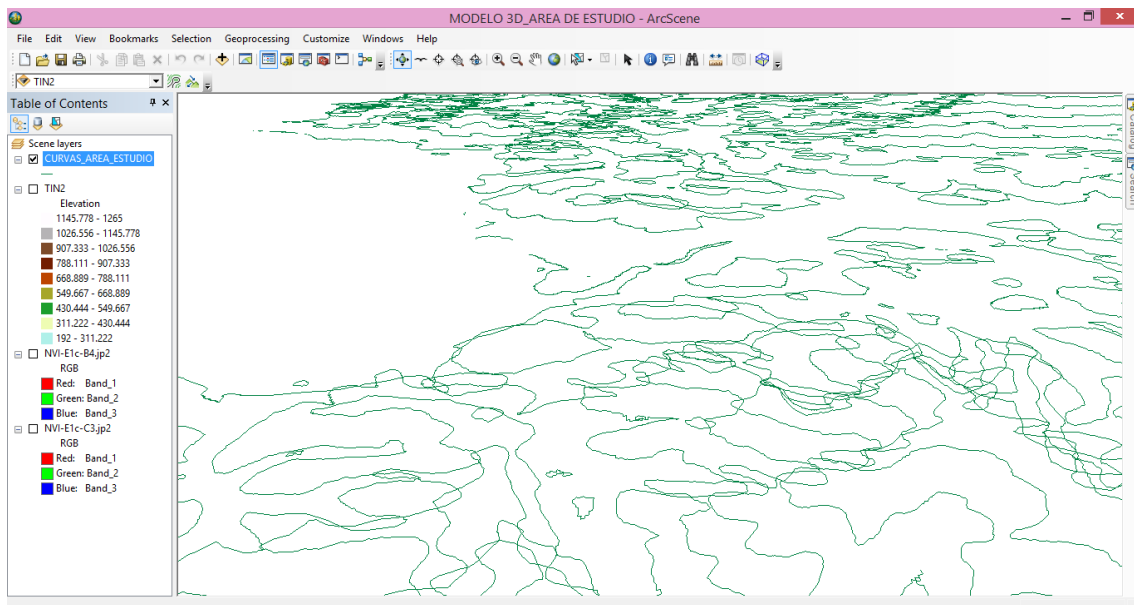


Figura 24. Visualización de topografía del área de estudio.

La delimitación de geformas se las realiza en función de la topografía (desnivel relativo y pendientes) y la ortofoto del área

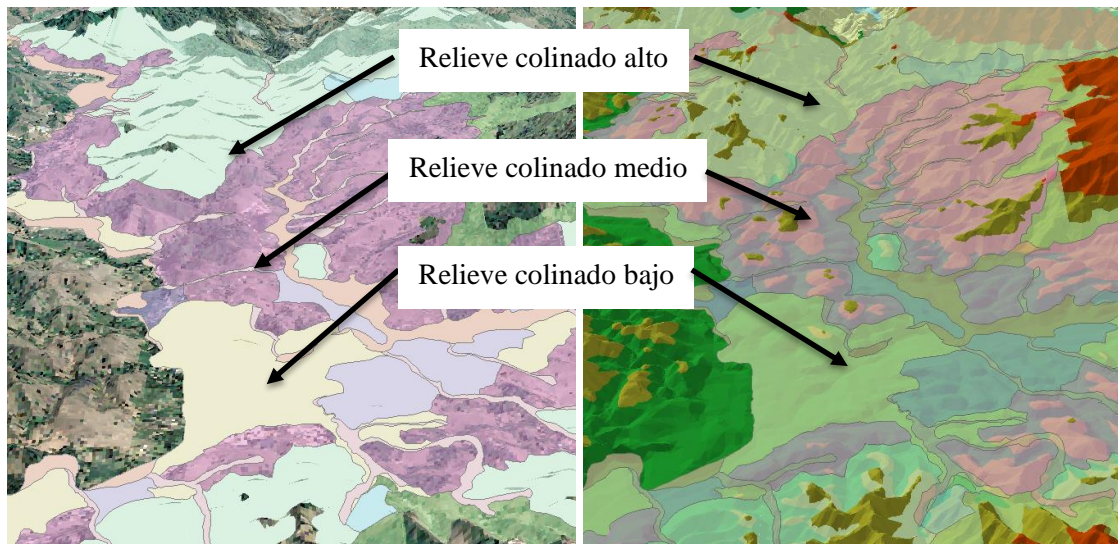


Figura 25. Visualización de la delimitación de geoformas en función de la ortofotografía (imagen izquierda) y en función de cambio altitudinal (imagen derecha)

Otro factor a tomar en cuenta al momento de identificar geoformas sobre todo por su extensión y tamaño es la red hídrica, la cual es de principal importancia para definir terrazas, llanuras aluviales, sumado a esto también se tiene la delimitación de coluviones y coluvio aluviales a los cuales se les suma la geología del área.

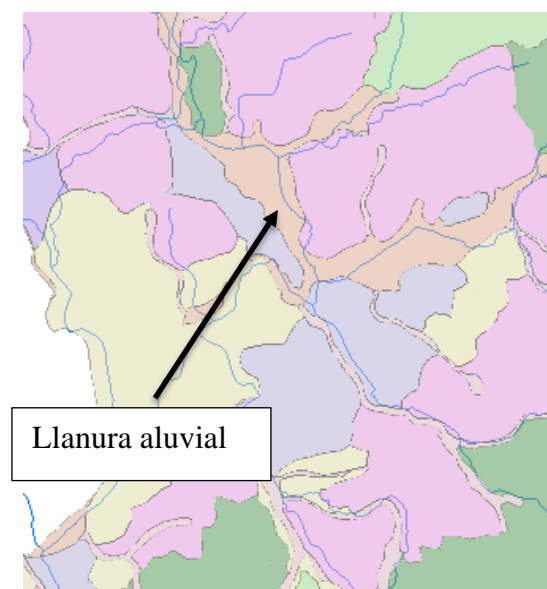


Figura 26. Delimitación de geoformas en función de red hídrica.

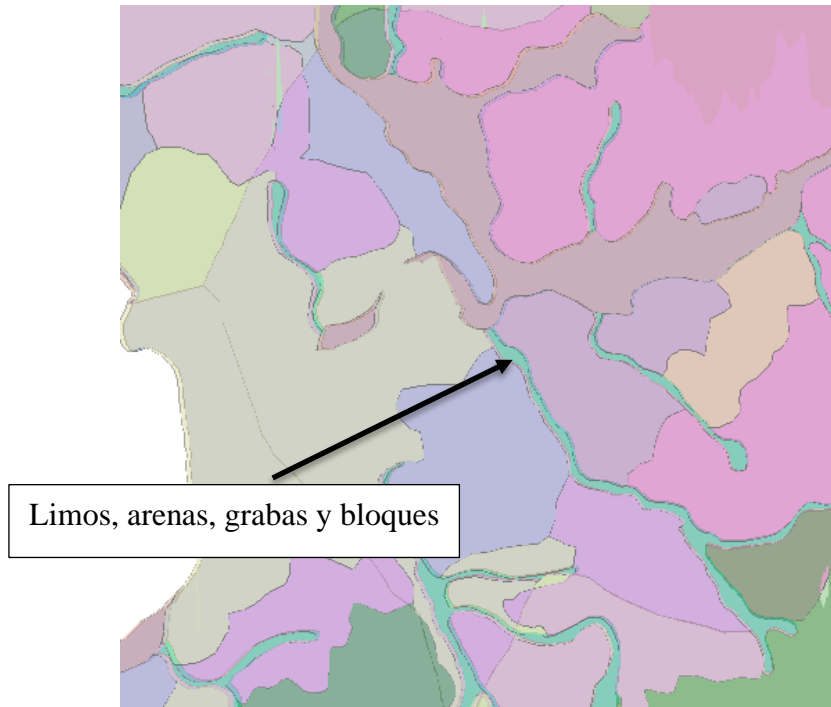


Figura 27. Delimitación de geoformas en función de depósitos cuaternarios

Una vez realizado el mapa se determina los puntos de verificación en campo y el levantamiento de información en zonas donde se considere necesario.

Para los puntos de validación se tomó en consideración sitios en los cuales existe la vinculación de varios tipos de geoformas como se muestra a continuación.

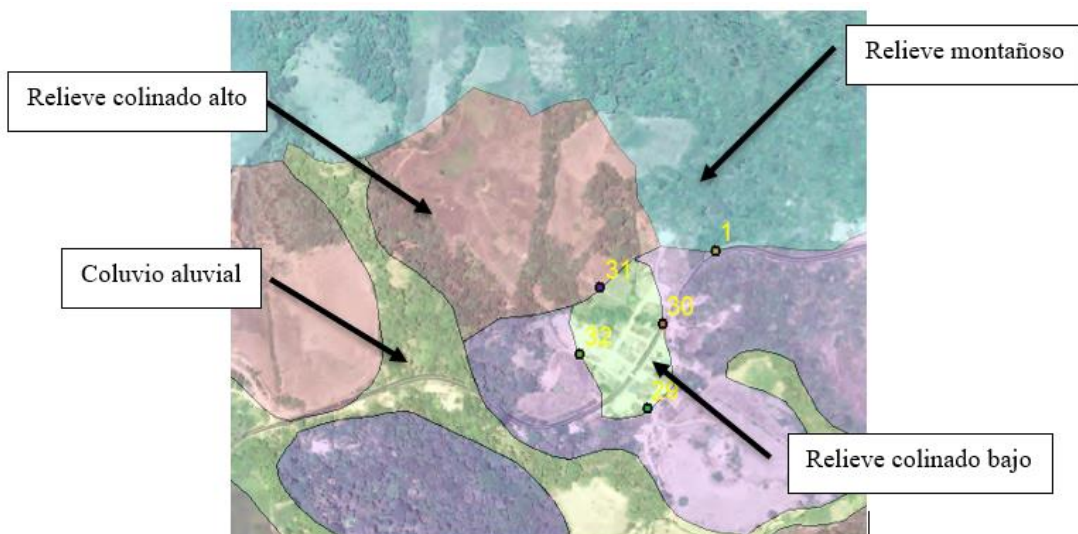


Figura 28. Validación de geoformas en terreno

En terreno los implementos necesarios hacen referencia a:

- las ortofotos del área de estudio con su respectiva grilla
- Mapa topográfico
- Mapa de pendientes

A modo de ejemplo se selecciona el relieve montañoso dentro del punto de verificación 1. El cual se encuentra en la vía a San Antonio dentro de las verificaciones a realizar están marcadas:

- Geología
- Uso de suelo
- Desnivel relativo
- Pendiente

En el área de estudio a través de levantamiento de afloramientos se determina que la geología del área, el uso de suelo, el desnivel relativo y pendientes.

Para la comprobación de cada uno de estos parámetros se tiene la información de gabinete, la cual debe ser contrastada con la información de campo, la geología se justifica con las fichas geológicas generadas del área en cuestión, el uso de suelo se establece a través de la observación del área



Figura 29. Validación de cobertura

En lo que refiere al desnivel relativo en función del acceso en lo posible se tomó la cota correspondiente a la cima y pie de la geoforma con la ayuda de GPS GARMIN, con lo cual se hace nuevamente la verificación de información dentro de este parámetro.

Finalmente, con la ayuda del mapa topográfico y la escala del mismo se traza la distancia entre puntos (cima y base) y se determina la distancia horizontal.

Con todos estos parámetros se puede realizar el cálculo de la pendiente del área en dicho punto, con lo cual se corrobora la información de oficina.

Para la delimitación de geformas en campo se hace uso de las ortofotos impresa, con ayuda del GPS se ubica los puntos en la ortofoto o mapa topográfico y se realiza el trazo de la misma, finalmente se realiza la modificación del polígono en caso de ser necesario en el GIS.

Una vez definido el mesorelieve y en si la leyenda a emplearse se realizó una calibración de estas unidades ya definidas en terreno, para esto se levantó información acompañada de fotografías que son la mejor ayuda que se puede tener al momento de interpretar.

Se realizo el levantamiento de información mediante la toma de puntos con GPS Garmin para su respectiva ubicación en territorio, añadiendo a ello la respectiva descripción de afloramientos y geformas, así como fotografías, el cual permitió georreferenciar la información levantada para su posterior procesamiento en el software. Según criterios geográficos de accesibilidad, se pudo levantar 40 puntos con sus respectivas fotografías del área de estudio, lo cual es de gran importancia para una interpretación garantizada de acuerdo al detalle propuesto.

5.3.3. Procedimiento para el objetivo 3.

Objetivo 3: *Generar el mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí*

Una vez realizado el objetivo 1 y 2 se generaliza las unidades morfométricas con el uso de la herramienta *Dissolve* del SIG para que estas se conviertan en unidades geomorfológicas, las cuales son categorizadas de manera jerarquiza como lo establece la leyenda temática, esto con la finalidad de realizar diferentes procesos que se citaran en los puntos siguientes.

5.3.3.1. Análisis estadístico Zonal.

Una vez obtenidos los polígonos que representan unidades geomorfológicas se procede a extraer información de elevación para alimentar la tabla de atributos de cada una de las unidades, con el fin de contribuir a la diferenciación de las unidades en función de su altura.

El análisis estadístico zonal se hace mediante el uso de la herramienta *Zonal Statistics* del SIG, esta herramienta nos permite obtener la altura promedio (Mean), altura mínima

(Min), altura máxima (Max) y el desnivel relativo (Range) de cada unidad geomorfológica a partir del modelo digital de elevación.

Tabla 8. Muestra de un análisis estadístico zonal

VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	VARIETY	MAJORITY	MINORITY	MEDIAN
1267	11307	91586700	3518	4726	1208	3921,63	188,668	44341900	912	3947	3518	3915
1268	2349	19026900	4012	5791	1779	4466,21	377,963	10491100	804	4118	4017	4342
1269	31099	251902000	1233	3760	2527	2030,89	400,149	63158800	2049	1735	1233	1942
1270	19776	160186000	2654	5683	3029	4138,88	527,628	81850600	2560	4352	2654	4172
1271	18574	150449000	1468	3072	1604	2255,17	261,808	41887500	1412	2159	1489	2224
1272	19231	155771000	1306	3496	2190	2215,69	450,383	42610000	2008	1881	1306	2135
1273	19070	154467000	2791	5749	2958	3874,93	488,557	73894900	2312	3717	2791	3776
1274	5288	42832800	3741	4257	516	4028,23	103,847	21301300	470	4058	3741	4046
1275	266	2154600	3984	4228	244	4106,35	50,451	1092290	122	4082	3984	4104
1276	1976	16005600	916	1784	868	1332,98	238,752	2633960	653	1693	916	1317
1277	8003	64824300	636	1743	1107	1275,02	206,757	10204000	944	1260	636	1296
1278	3803	30804300	1129	1792	663	1432,88	101,339	5449240	469	1503	1129	1450
1279	755	6115500	1204	1503	299	1285,89	52,773	970846	190	1244	1204	1273
1280	840	6804000	3427	3815	388	3596,03	66,284	3020670	242	3601	3428	3600
1281	5493	44493300	3531	4108	577	3837,87	97,319	21081400	485	3845	3531	3831
1282	7433	60207300	3555	4242	687	3931,59	109,365	29223500	597	3951	3555	3943
1283	7811	63269100	1077	1803	726	1348,13	129,429	10530200	638	1236	1078	1332
1284	11228	90946800	3585	4279	694	3976,91	149,602	44652800	657	4007	3585	4006
1285	6384	51710400	1668	2921	1253	2129,99	257,827	13597800	1047	2010	1673	2112

Fuente: Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (2013)

5.3.3.2. Mapa de Unidades Geomorfológicas.

Una vez realizados los puntos citados, en la preparación del mapa final se ingresan diferentes constantes como la base topográfica, cuerpos de agua, áreas protegidas y límites cantonales. Se prepara la composición de salida del mapa o layout y se ajusta el diseño para su posterior impresión en PDF o papel. La salida cartográfica se realiza a 1:10000

En la leyenda del mapa aparecerán las distintas geofomas identificadas en el territorio que representa el mapa, ordenadas según génesis. A cada una de las geofomas se les asigna un color, en relación al grupo o subgrupo genético en el que se enmarcan, y en el caso de la litología asociada se hace uso de una trama.

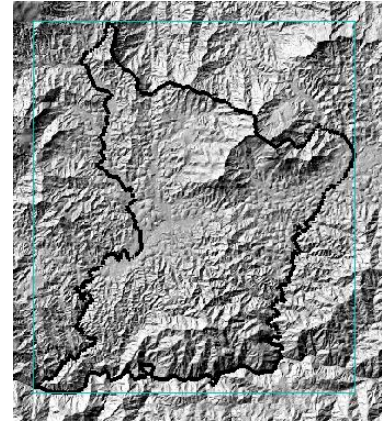
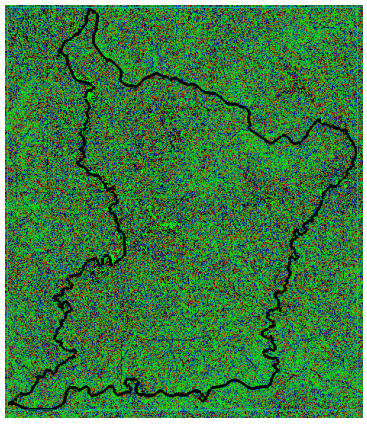
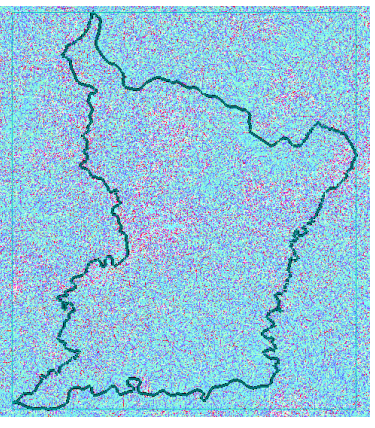
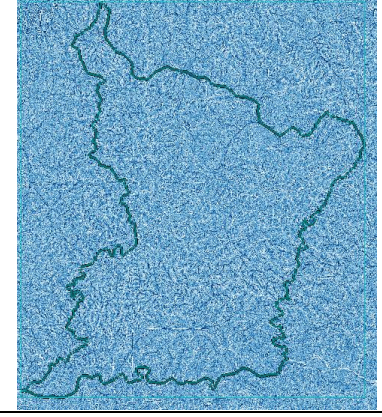
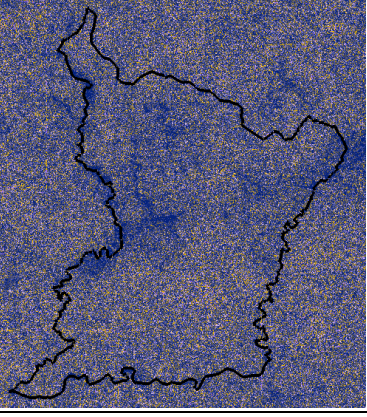

A más de esto, en los polígonos de cada unidad geomorfológica se procede a extraer información referente a la elevación, pendientes, litología y uso de suelo para la tabla de atributos de cada una de estas.

6. Resultados

6.1. Resultados para el primer objetivo

Dentro del modelamiento topográfico se obtiene como productos los archivos ráster multivariante de los índices topográficos (véase figura x) entre los cuales se tiene:

- Sombras
- Curvatura en perfil
- Curvatura en planta
- Curvatura longitudinal
- Curvatura transversal
- Máxima y mínima curvatura
- Pendientes

		
Sombras	Curvatura en perfil	Curvatura en planta
		
Curvatura longitudinal	Curvatura transversal	Máxima Curvatura

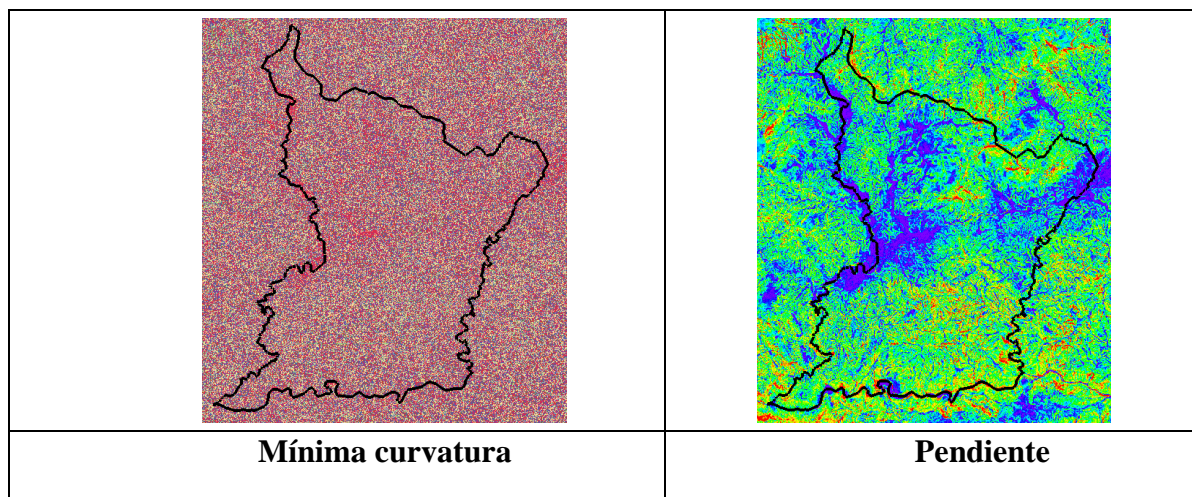


Figura 30. Índices Topográficos del área de estudio generados a partir del DEM

6.1.1. Topografía

La parte Oriental del cantón Marcabelí presenta una superficie irregular marcada por altitudes que van desde los 400msnm y 1100 msnm. El mapa topográfico se basa en el Datum WGS 1984 Zona 17S (*Véase Anexo 3*).

6.1.2. Hidrografía

Marcabelí posee como principal recurso hídrico el río Marcabelí, el cual nace en las montañas altas del cantón a pocos kilómetros de los centros poblados. El río Marcabelí con sus quebradas son afluentes del río Puyango, río de categoría doble que desemboca en el Océano Pacífico con el nombre de Tumbes.

El área de estudio presenta dos unidades hidrográficas, prácticamente la totalidad del área (99,98%) pertenece a la Cuenca Binacional Puyango – Tumbes y en muy baja proporción (0,02%) a la Cuenca del Río Arenillas.

En lo que respecta a la Cuenca Binacional Puyango-Tumbes en el área de estudio abarca una extensión de 6459,13 ha, y se encuentra conformada por 4 microcuencas. Por su parte la Cuenca del Río Arenillas abarca 1,06 ha del área de estudio. En la tabla siguiente se detalla la distribución hidrográfica de la parte oriental del cantón Marcabelí. (*Véase anexo 4 – mapa de división hidrográfica*)

Tabla 9. Red Hidrográfica del Área de Estudio

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Quebradas	Área (ha)
Rio Puyango	Drenajes menores	Drenajes Menores	Q. Jerusalén	816,22
		Quebrada Amparo	Q. Temuco	478,94
		Rio Balsas	Q. Los Tigres	1899,24
			Q. La Esperanza	
		Rio Las Palmas	Q. Suarez	3264,71
			Q. San Antonio	
		Q. Arenal		
Rio Arenillas	Rio Arenillas	Quebrada Piedras		1,06

Fuente: La autora (2021)

6.1.3. Uso de suelo

El uso actual en el área de estudio según la clasificación realizada por el GAD Marcabelí en 2019 y actualizada por la autora del presente trabajo investigativo (*véase anexo 5- Mapa de uso de suelo*), se ha determinado 8 tipos de uso de suelo, los cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Clasificación del uso de suelo de la parte oriental del cantón Marcabelí

Uso	Área (Km²)	Porcentaje
Agrícola	4,55	7,05
Agropecuario mixto	32,92	50,97
Agua	0,24	0,37
Antrópico	1,24	1,92
Conservación y protección	24,94	38,61
Pecuario	0,21	0,33
Protección o producción	0,34	0,53
Tierras improductivas	0,13	0,20

Fuente: GAD Marcabelí (2019) modificado por: La autora (2021)

Siendo el agropecuario mixto el uso de suelo que ocupa mayor parte del área de estudio con un 50,97%, en donde se puede encontrar misceláneo de frutales, pasto cultivado y pasto cultivado con presencia de árboles, a este le sigue el uso de conservación y protección con un 38,61% en el cual hay la presencia del matorral húmedo y bosque húmedo, el uso que prosigue es el agrícola con un 7,05% en este se ubican plantaciones de arroz, cacao, café, caña de azúcar artesanal, maíz y maní. En menor cantidad el territorio cuenta con los usos antrópico (1,92%), de protección o producción (0,53%), agua (0,37), pecuario (0,33%) y tierras improductivas (0,20%).

6.1.4. Geología local

El área de estudio está ubicada en la cuenca hidrográfica del Río Puyango al Suroeste del Ecuador, en las estribaciones Sur-occidentales de la Cordillera Occidental y Norte de la cordillera de Tahuín.

En esta zona afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias de edad precámbrica - paleozoica inferior hasta cuaternarias. Estructuralmente está afectada por fallas, siendo la más importante en la zona la falla regional de Portovelo, al Noreste del Cantón Marcabelí. Este sector está dominado por la geología del grupo Tahuín, que aflora al Norte del río Puyango y al S-SE de Zaruma. Están separadas de la Formación Célica por la falla Portovelo. Muestra un incremento en el grado de metamorfismo de Sur a Norte. En base a esto se le ha dividido en dos unidades que son conocidas como los Gneis de La Victoria y los Esquistos de El Tigre.

La unidad La Victoria conformada por rocas metamórficas, evidencia afloramientos en los sectores de La Palmerita, El Ingenio y El Porvenir, formado por gneises cuarzo feldespáticos de metamorfismo medio a alto. Así mismo en la zona se observa esquistos micáceos, filitas y cuarcitas de la Unidad El Tigre que afloran en los sectores de El Caucho, San Francisco y Jerusalén.

En lo referente a rocas volcánicas se evidencia la presencia de granodiorita con fuerte meteorización en algunas secciones pertenecientes al Plutón Marcabelí, el mismo aflora principalmente en el río que lleva su nombre, también se puede observar cuerpos semiconsolidados e inconsolidados con gran distribución, los cuales cubren la superficie de las rocas preexistentes.

Estructuralmente la zona de estudio no se encuentra atravesada por fallas regionales; de manera local existe la presencia de fallas inferidas, las mismas se ubican fuera del área urbana de la zona de estudio.

La unión de las formaciones La Victoria y El Tigre corresponde a una zona tectónica con rumbo E-W que marca el apareamiento de un clivaje regional, por su parte el Plutón Marcabelí atraviesa el contacto entre la formación La Victoria y El Tigre, su rumbo general es E-W.

El relieve del área de estudio obedece al comportamiento de varios factores genéticos asociados a las litologías presentes en las formaciones geológicas descritas a continuación (*Véase anexo 7 – Mapa de geología local*):

6.1.4.1. Unidad La Victoria

Los principales afloramientos de la unidad se encuentran en las vías La Palmerita- El Ingenio y Marcabelí – La Bocana en las coordenadas UTM: 619294E; 9585349N y 620684E; 9585936N respectivamente, además, afloramientos adicionales se localizan en los sectores aledaños a El Porvenir y diferentes quebradas del norte del área de estudio.

La unidad consiste principalmente de gneises de grano fino que pasan paulatinamente a grano grueso, a estas rocas pertenecientes al Bloque Amotape-Tahuín se las considera del Paleozoico Inferior (Precámbrico) y de metamorfismo medio a alto. (Aspden & Duque, 1997).

La formación se encuentra en contacto tanto al sur como al norte con la Unidad El Tigre.

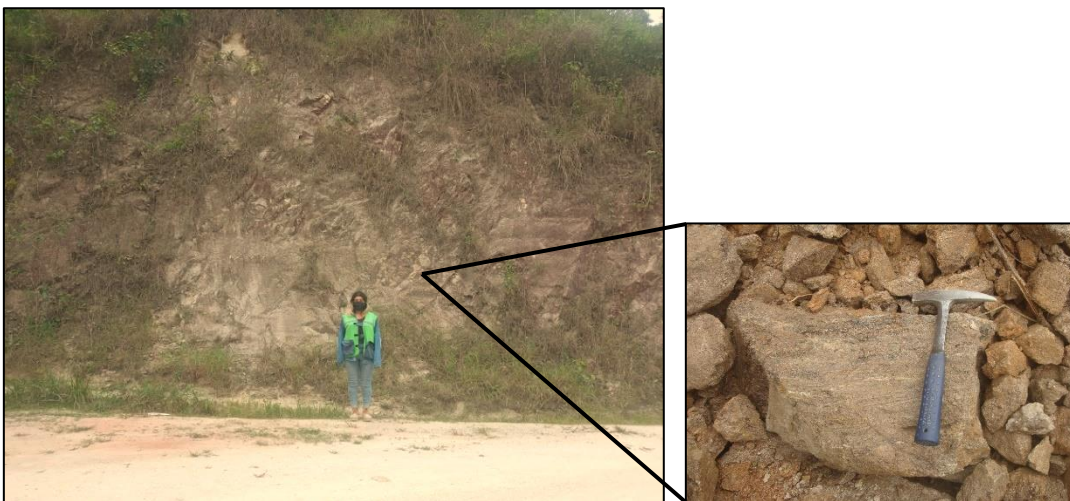


Figura. 31. Gneis perteneciente a la Unidad La Victoria-Vía La Palmerita-El Ingenio (UTM WGS84 X:619294; Y:9585349)

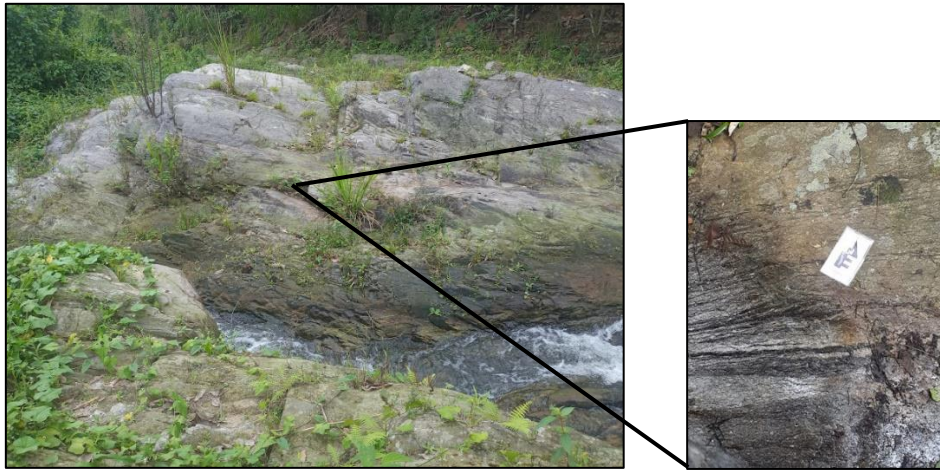


Figura 32. Gneis perteneciente a la unidad la Victoria-Rio Marcabell-Sector La Palmerita (UTM WGS84 X: 620684; Y: 9585936)

6.1.4.2. Unidad El Tigre

La unidad El Tigre se localiza en el extremo noroccidental de la zona de estudio y en la parte sur, la misma se encuentra en contacto tanto con la unidad La Victoria y el Plutón de Marcabell, los principales afloramientos se aprecian en las carreteras El Caucho-El Porvenir (UTM: 620982E; 9584393N) y Los Amparos-Jerusalén (UTM: 621152; 9578975N) y en las Quebradas Suarez y Amparo.

Esta unidad es una potente secuencia predominante de esquistos de grano fino con muscovita y sericita (micasquisto), cuarcitas y filitas; en los estratos basales se tiene la presencia de areniscas, lutitas y limolitas levemente metamorfizadas que aún mantienen la textura sedimentaria, la edad asignada es del paleozoico inferior-superior. (Aspden & Duque, 1997).



Figura 33. Areniscas pertenecientes a la Unidad El Tigre- Vía a Jerusalén (UTM WGS84: x:621152; y: 9578975)

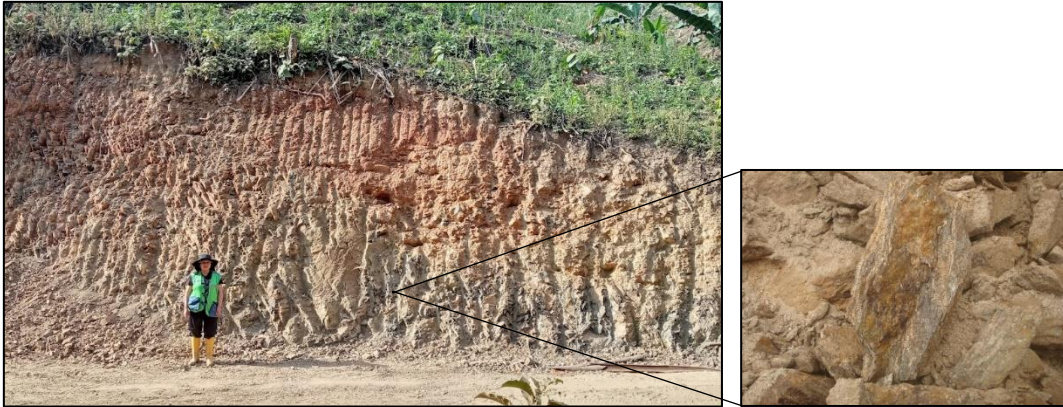


Figura 34. *Esquistos de la Unidad El Tigre-Vía El Caucho -El Porvenir (UTM WGS 84: x: 620982; y:9584393)*

6.1.4.3. Plutón Marcabelí

Los principales afloramientos se evidencian claramente en la parte central del área de estudio, en los sectores El Palmal, San Antonio, Rinconada, El Aterrizaje y la parte sur del río Marcabelí en su unión con el Río Puyango.

El Plutón consta principalmente de granodiorita, en general masivo, de grano medio, Los minerales que se observan macroscópicamente son el cuarzo, biotita y en menor cantidad feldespatos y plagioclasas, en ciertas zonas se observa una fuerte meteorización.

En las cercanías de la Rinconada se puede observar que los materiales sufren una meteorización progresiva, por lo que los minerales que constituyen la granodiorita sufren alteraciones, dando lugar a depósitos arenosos de grano fino y suelos lateríticos.



Figura 35. *Granodiorita perteneciente al Plutón de Marcabelí- unión entre el Río Marcabelí y el Río Puyango (UTM WGS84: x: 620320 y: 9582573)*



Figura 36. Granodiorita altamente meteorizada perteneciente al Plutón Marcabellí-Sector la Rinconada (UTM WGS84: x: 625384 y: 9583309)

6.1.4.4. Depósitos coluviales

Estos depósitos son acumulaciones conformadas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, que se encuentran englobados en una matriz areno-arcillosa, tienen su origen por la alteración y desintegración in-situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y a la acción de la gravedad, los mismos involucran clastos de diferentes tamaños compuestos por granodioritas, cuarcitas, filitas y esquistos, los clastos presentan formas subangulares y angulares.



Figura 37. Depósitos coluviales-limite sur Rio Marcabellí-Rio Puyango (UTM WGS84: x: 621977 y: 9585613)

6.1.4.5. Depósitos coluvio aluviales

Tienen su origen en los relieves generalmente escarpados, así como a la dinámica fluvial, estos materiales se sitúan en las zonas de transición de laderas a sitios ligados a drenajes mayores están compuestos principalmente de arenas, gravas y cantos rodados.



Figura 38. Depósitos coluvio-aluviales – Rio Marcabelí cerca al camal municipal. (UTM WGS84: x: 620202 y: 9582764)

6.1.4.6. Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales constituyen materiales más recientes, erosionados y transportados por los ríos, por lo que abarcan gran variedad de materiales que van desde arcillas, limos, arenas, gravas y cantos.



Figura 39. Depósitos aluviales-Rio Marcabelí (UTM WGS84: x: 620944 y: 9583690)

6.1.4.7. Fallas

El análisis estructural se desarrolló tomando en consideración los siguientes parámetros: alineaciones de drenaje, vegetación o humedad y rasgos morfológicos; tales como: facetas triangulares, ensilladuras tectónicas, movimientos o cambios brusco del relieve, dando como resultado 4 fallas inferidas, (*véase anexo 8-Fotointerpretacion*) mismas que se detallan a continuación:

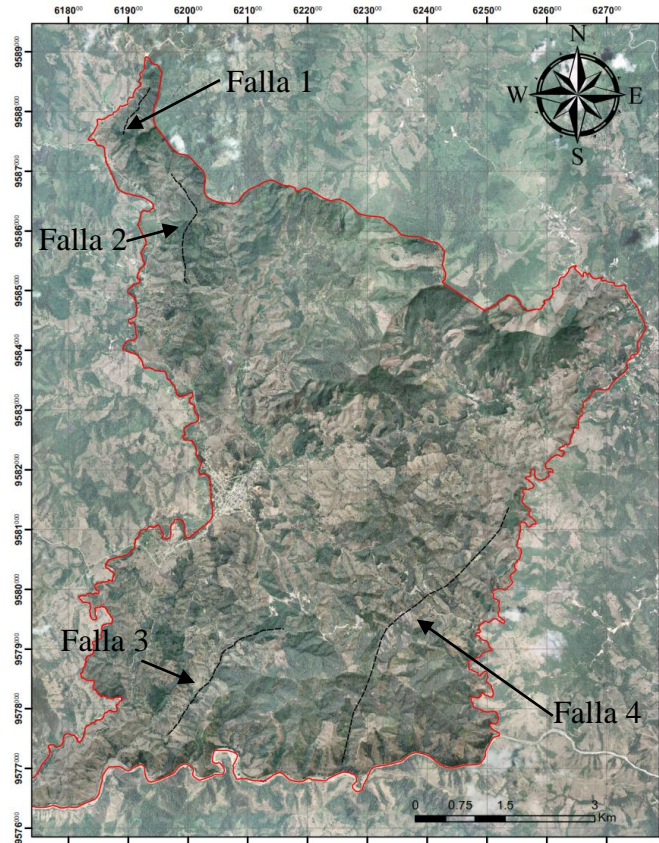


Figura 40. Fallas del área de estudio.

Se infiere una falla en la parte NW del área de estudio (falla 1) con una longitud de 0.9 Km, su interpretación se evidencio por la alineación observada y la diferencia topográfica en relación a la altura es decir una ensilladura y desplazamiento en la cresta que es un elemento cinemático de la traza de la falla. Por lo que se puede deducir que esta falla en razón del desplazamiento observado es de rumbo (también se evidencia cambios en la vegetación).

La falla 2 se localiza al NW del área de estudio, con una longitud de 2 Km, su interpretación se basó en la identificación de ensilladura de falla y una zona disectada que puede estar asociada a esta falla trazada en la zona, hacia el sur de esta falla, se puede

evidenciar una alineación topográfica tenue con exposición de la superficie de falla y facetas triangulares, que están cubiertas por vegetación.





La falla 3 se ubica al SW del área de estudio con una longitud de 2.8 Km, En su interpretación se evidencio: La presencia de un deslizamiento asociado a la falla, flexuras en la morfología a ambos lados de la falla, cambio de textura de la roca que se corrobora con la geología levantada en campo, es decir un contacto entre la roca ígnea (lado izquierdo de la traza) y metamórfica (lado derecho de la traza) del área. Cambio geomorfológico en ambos lados de la traza, por su parte al costado derecho se tiene un relieve montañoso, mientras que al lado izquierdo un relieve colinado. Según estas características se puede inferir que la traza de la falla es un contacto formacional.

La falla 4 se ubica al SE del área de estudio, son una longitud de 5.3 Km, en su interpretación se evidencio ensilladuras en las crestas de los altos topográficos, pérdida de continuidad en las crestas y facetas triangulares a lo largo de la falla.

6.1.5. Pendientes

A través del procesamiento SIG del modelo digital de elevación (DEM) se estableció un mapa de pendientes del área de estudio (*véase anexo 9 – Mapa de pendientes*), el cual está representado en grados siguiendo la clasificación de DEMEK (1972), dando como resultado un total de 4 pendientes.

Tabla 11. Resultado de pendientes del área de estudio

Símbolo	Termino de pendiente	Categoría	Área (Km ²)	Porcentaje
	Ligeramente inclinado	0° - 5°	19,55	6,70
	Fuertemente inclinado	5° - 15°	107,09	36,69
	Muy inclinado	15° - 35°	169,89	55,13
	Empinado	35° - 55°	4,30	1,47

Fuente: La autora (2021)

Se observa que los lugares de menor pendiente corresponden a relieves ligeramente inclinados con pendientes que van de los 0° a 5°, los mismos abarcan una superficie de

19,55 Km² y representan un 6,70% de la zona de estudio, se ubica principalmente en los centros poblados del área. Por otra parte, se tiene las pendientes fuertemente inclinadas con rangos que van de los 5° a 15°, distribuyéndose a lo largo del territorio, especialmente en la parte central, nor-oeste y sur-oeste del área de estudio, este tipo de pendiente abarca un área de 107,09 Km² y corresponde a un porcentaje de 36,69%.

Las zonas como mayor pendiente, está ligado principalmente a relieves montañosos, en este punto se suman dos clases, la de pendientes muy inclinadas y la de empinadas. La clase de muy inclinada se distribuye tanto al nor-este y sur-este del área de estudio con un área de 169,89 Km² que representa un 55,13% del área de estudio, siendo la categoría que abarca mayor territorio del área de estudio.

Los relieves empinados presentes en el área de estudio se encuentran de forma dispersa tanto al nor-este y sur del sector, estos abarcan pendientes que van de los 35° a los 55° y representan un área de 4,30 Km² con un 1,47% de la superficie total.

6.2. Resultados para el segundo objetivo

Dentro de la zonificación de geoformas se tiene la representación 3D del terreno y ortomosaico del área, sumada a la fotointerpretación llevada a cabo mediante la unión de polígonos generados dentro de la clasificación automática obtenida del primer objetivo en dependencia de las ortofotos e información de los demás mapas generados. Finalmente se presenta la delimitación de las geoformas preliminares.



Figura 41. Representación 3D del área de estudio

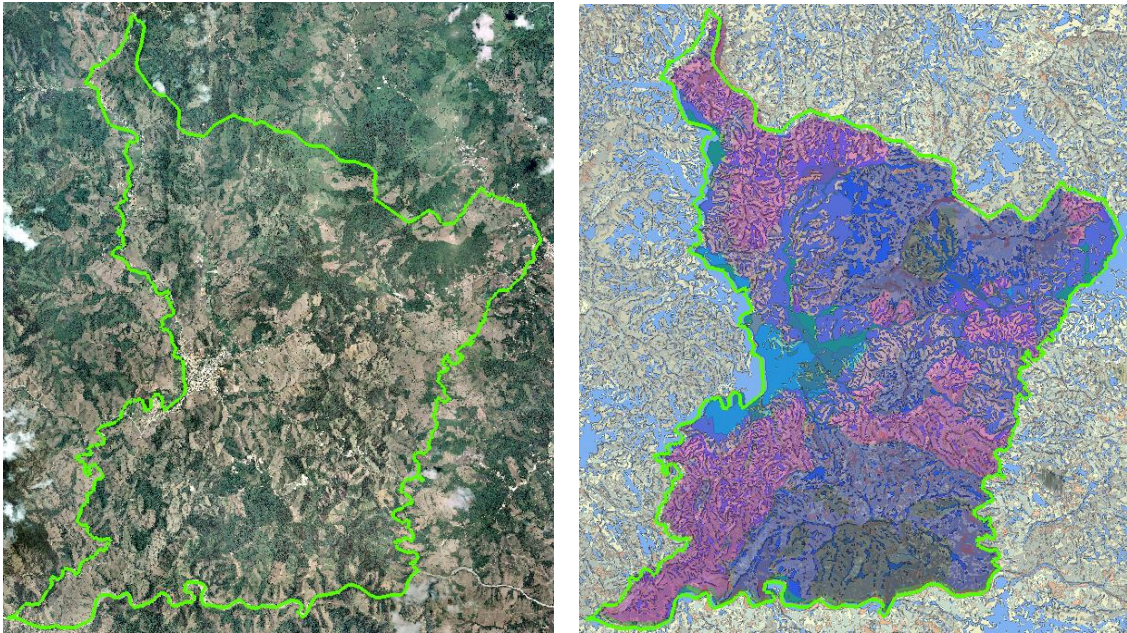


Figura 42. Ortomosaico del área de estudio (izquierda) b) unión de polígonos según fotointerpretación (derecha)

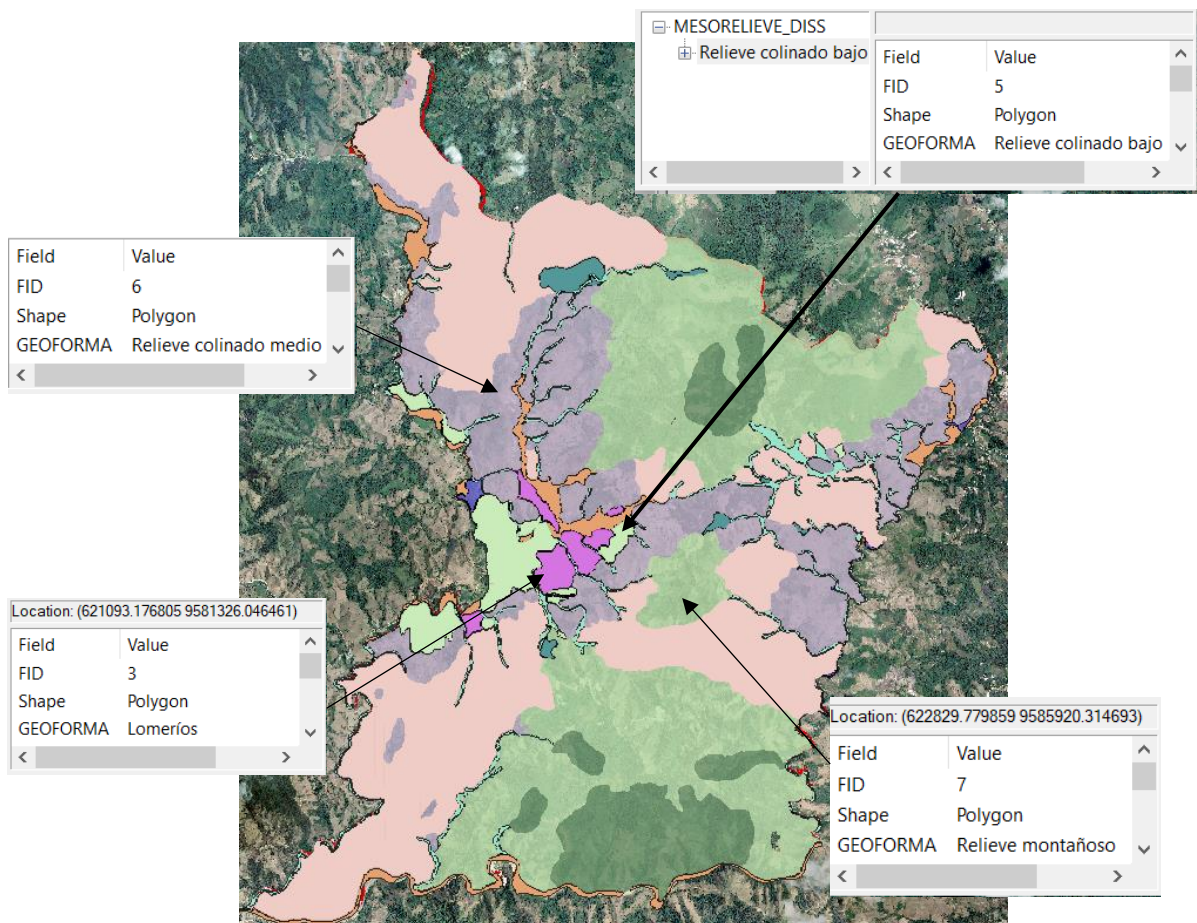


Figura 43. Fotointerpretación de unidades geomorfológicas.

6.3. Resultados para el tercer objetivo

Una vez realizada la fotointerpretación de unidades geomorfológicas se tiene la asignación de atributos, la calibración de unidades, es decir la validación en campo.

6.3.1. Geomorfología

Definidas las unidades geomorfológicas a nivel de macrorelieve (véase anexo 10-Mapa de macrorelieve) y mesorelieve (véase anexo 11 y 12 – Mapa de unidades geomorfológicas), se tiene 5 unidades a nivel de macrorelieve y 10 de mesorelieve, estas unidades pertenecen a la región biogeográficas Andes y al relieve general de Montaña. Cada unidad es descrita en función del macrorelieve ya que este engloba las unidades de mesorelieve.

Tabla 12. Unidades geomorfológicas de la parte oriental del Cantón Marcabellí

Macrorelieve	Mesorelieve	Genesis	Edad	Área (Km ²)	Porcentaje
Cordillera	Relieve Montañoso	Tectónico-erosivo	Paleozoica temprana-triásico tardío	18,82	29,12
	Vertiente		Paleozoico temprana	5,63	8,71
Serranía	Relieve colinado alto	Tectónico-erosivo	Cuaternario-Paleozoica temprana-triásico tardío	20,20	31,27
	Relieve colinado medio		Cuaternario-Paleozoica temprana-triásico tardío	12,57	19,45
Pie de monte	Relieve colinado bajo	Tectónico-erosivo	Cuaternario-Paleozoica temprana-triásico tardío	2,03	3,14
	Lomeríos	Deposicional	Cuaternario-triásico tardío	0,81	1,26
Valle	Llanura aluvial	Deposicional	Cuaternario	1,99	3,09
	Terraza		Cuaternario-Paleozoica temprana	0,13	0,21
Penillanura	Coluvión	Denudativo	Cuaternario	0,45	0,70
	Coluvio aluvial	Deposicional	Cuaternario	1,96	3,03

Fuente. La autora (2021)

6.3.1.1.Cordillera

Corresponde a un sistema de alineación de montañas y colinas enlazadas entre si (mayor que la serranía), abarca un total de 24,45 Km² del territorio equivalente al 37,83%, con pendientes que van de muy inclinado (15° - 35°) a empinado (35° - 55°). Se encuentra dentro de la Unidad El Tigre y el Plutón de Marcabelí.

6.3.1.1.1. Relieve Montañoso

Este relieve se encuentra en la parte céntrica, nor-oriental y sur-oriental del área de estudio, representa 18,82 km² de territorio que corresponde a 29,12% del sector, las pendientes van de muy inclinado (15° - 35°) a empinado (35° - 55°), con un desnivel que supera con facilidad los 300 m y un origen tectónico-erosivo.

Geológicamente está compuesto por arenisca, limolita, lutita, cuarcita, filita y esquistos de la Unidad El Tigre de edad Paleozoica temprana y por granodioritas del Plutón de Marcabelí con una edad triásico tardío, en conjunto todas estas litologías dan lugar a formas redondeadas y agudas en sus cimas; por otra parte, en esta unidad geomorfológica podemos encontrar tanto el bosque como matorral húmedo que son destinados a zonas de conservación y protección, en su contraste también se ubican pastos cultivados y variedad de árboles frutales que corresponden a un uso agropecuario mixto.

6.3.1.1.2. Vertiente

Este tipo de relieve se encuentra tanto en la parte sur y norte del área de estudio, representa 5.63 km² de territorio que corresponde a 8,71 % del sector, con pendientes muy inclinadas que van de los 15° a los 35°, esta unidad concierne a un origen tectónico-erosivo.

Geológicamente está compuesto por arenisca, limolita, lutita, cuarcita, filita y esquistos de la Unidad El Tigre de edad Paleozoica temprana, en esta unidad se encuentra el bosque y matorral húmedo que pertenecen a zonas de conservación y protección, así también se ubican pastos cultivados con presencia de árboles destinados al uso agropecuario.

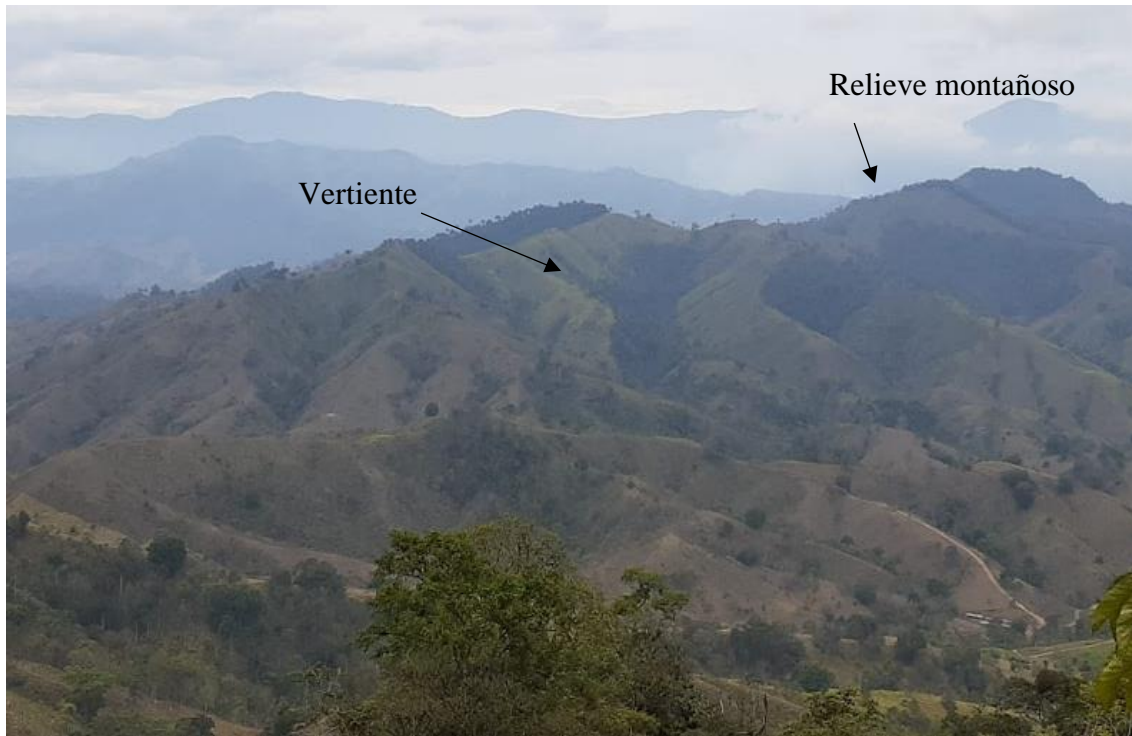


Figura 44. Relieve montañoso y vertientes de cordillera-parte alta de Jerusalén

6.3.1.2. Serranía

Corresponde a relieves que forman parte de una serie o sistema montañoso, abarca un total de 32,77 Km² del territorio que equivale al 50,72 %, con pendientes que van de muy inclinado (15° - 35°) fuertemente inclinado (5° - 15°) a ligeramente inclinado (0° - 5°). Se encuentra dentro de la Unidad El Tigre, La Victoria y el Plutón de Marcabelí, con una génesis Tectónico-Erosiva.

6.3.1.2.1. Relieve colinado alto

Los relieves colinados altos están distribuidos a lo largo del área de estudio en los sectores El Rosal, El Ingenio, Rinconada y Los Amparos, comprende relieves con cimas redondeadas y vertientes convexas, la pendiente varía de ligera (0° - 5°) a muy inclinada (15° - 35°), comprende un área de 20,21 Km² que corresponde al 31,27% del sector.

Geológicamente está compuesto por arenisca, limolita, lutita, cuarcita, filita y esquistos de la Unidad El Tigre, gneis de la Unidad La Victoria de edad Paleozoica temprana y granodioritas del Plutón de Marcabelí de edad triásico tardío. Los suelos de esta unidad están destinados al uso agrícola (maíz), agropecuario mixto, conservación y protección.



Figura 45. Relieve colinado alto -Sector Los Amparos

6.3.1.2.2. *Relieve colinado medio*

Los relieves colinados medios están distribuidos en gran medida en la zona norte del área de estudio en los sectores La Palmerita, El Porvenir, San Antonio, Y del Palmal y el caucho, comprende relieves con cimas redondeadas y vertientes convexas, la pendiente varía de ligera ($0^\circ - 5^\circ$) a fuertemente inclinada ($5^\circ - 15^\circ$), comprende un área de 12,56 Km² que corresponde al 19,48% del sector. Los suelos de esta unidad están destinados al uso agrícola (maíz y café), agropecuario mixto, conservación y protección.

Geológicamente está compuesto por arenisca, limolita, lutita, cuarcita, filita y esquistos de la Unidad El Tigre y gneis de la Unidad La Victoria de edad Paleozoica temprana y por granodioritas del Plutón de Marcabelí de edad triásico tardío.



Figura 46. Relieve colinado medio – Sector El Porvenir

6.3.1.3. Piedemonte

Hace referencia a la parte baja de montañas y serranías hasta su punto de inflexión con valles o llanuras, abarca un área de 2,84 Km² que corresponde a un 4,39% del área de estudio, comprende en su mayoría pendientes ligeramente inclinadas (0°-5°) a fuertemente inclinadas (5°-15°), en mayor proporción se encuentra dentro del Plutón Marcabelí y en menor cantidad en la Unidad El Tigre, tiene dos orígenes, tectónico-erosivo y deposicional.

6.3.1.3.1. Relieve colinado bajo

Esta unidad geomorfológica aparece de forma esporádica en la zona central del área de estudio, cerca de los poblados de Marcabelí y El Aterrizaje, está constituida por granodioritas del Plutón de Marcabelí y rocas de la Unidad El Tigre, de edad cuaternaria, paleozoica temprana y triásico tardío. Comprende superficies ligeramente inclinadas (0°-5°) a fuertemente inclinadas (5°-15°). Está destinado para uso agrícola, agropecuario mixto y antrópico.



Figura 47. Relieve colinado bajo-Marcabelí

6.3.1.3.2. Lomeríos

Se ubican junto al área urbana del cantón Marcabelí y El Aterrizaje, comprende pendientes ligeramente inclinadas (0° - 5°) a fuertemente inclinadas (5° - 15°). Está destinado para uso agrícola, agropecuario mixto y antrópico. Está destinado a uso pecuario, agropecuario mixto, agrícola, conservación y protección. Geológicamente comprenden granodioritas de edad triásica tardía pertenecientes al Plutón Marcabelí.



Figura 48. Lomeríos – sector El Aterrizaje

6.3.1.4. Valle

Este macrorelieve se presenta como una depresión en forma de V entre dos elevaciones del terreno y que tiene como eje a un río que fluye de forma sinuosa, abarca un total de $2,13 \text{ Km}^2$ del territorio que equivale al 3,31 %, con pendientes ligeramente inclinadas que van de 0° a 5° . Está constituido por arcillas, limos y arenas de grano fino a medio pertenecientes a depósitos aluviales de edad cuaternaria, con una génesis deposicional.

6.3.1.4.1. Llanura aluvial

Se ubica junto a los causes del Rio Puyango, Rio Marcabellí y Quebrada Suárez, abarca un total de 1,99 km² del área de estudio que corresponde a un porcentaje del 3,09%, Se caracteriza por pendientes ligeramente inclinadas, presencia de pastos y cultivos de maíz, arroz y café.

Comprende materiales transportados, es de origen deposicional y reciente pertenece a la era cuaternaria-pleistoceno.



Figura 49. Llanura aluvial -Rio Marcabellí

6.3.1.4.2. Terraza

Abarca un área de 0,14 km² que representa un 0,21% del territorio, corresponde a superficies ligeramente inclinadas, menores a 5°, se ubican a los márgenes de los ríos y quebradas. El material en este tipo de relieve concierne a depósitos acorde a la geología del sector, en si Fragmentos heterogéneos angulares en matriz fina de edad cuaternaria.



Figura 50. Terraza – Norte del área urbana de Marcabelí

6.3.1.5. Penillanura

Este tipo de macrorelieve se encuentra disperso a lo largo del área de estudio, contiguo a redes hídricas, ocupa una extensión de 2,41 Km² (3,73%). Se caracteriza por presencia de agricultura y ganadería.

Es de origen denudativo-deposicional, pues está compuesto de materiales transportados y depositados por efectos de la erosión, por lo que presenta una superficie suavemente ondulada, las superficies van de ligeramente inclinadas (0°-5°) a fuertemente inclinadas (5°-15°). Tiene un origen cuaternario.

6.3.1.5.1. Coluvión

Se encuentra ubicado de manera dispersa en la parte norte y céntrica del área de estudio, está compuesto de fragmentos heterogéneos angulares en una matriz fina, ocupa una extensión de 0,45 Km² que equivale al 0,70% del área, es de origen denudativo ya que los materiales que componen esta unidad geomorfológica se transportan y depositan al

pie de otros relieves, por su composición geológica se asume de edad cuaternaria, con superficies que van de ligeramente a fuertemente inclinadas.



Figura 51. Coluvión – Sector El Porvenir

6.3.1.5.2. Coluvio aluvial

Este tipo de relieve está dispuesto por toda el área de estudio, abarca pendientes ligeramente inclinadas que van hasta los 5° , representa un área de $1,96 \text{ Km}^2$ con un porcentaje de $3,03\%$, es de origen deposicional y edad cuaternaria. Esta unidad geomorfológica principalmente es de uso agropecuario mixto.



Figura 52. Coluvio aluvial -Rio Marcabelí

6.3.2. Validación de geformas

La validación de unidades geomorfológicas fue delineada a través de 40 puntos representativos dentro del área de estudio, con la finalidad de realizar la clasificación correspondiente (véase Anexo 12).

Tabla 13. Puntos de validación en campo de unidades geomorfológicas.

ID	Coordenadas		Ubicación	Mesorelieve	Macrorrelieve	Geología	Pendiente
	X	Y					
1	625540	9583359	San Antonio	Relieve Montañoso	Cordillera	Plutón Marcabelí	15°-55°
2	624127	9583649	Q. de Los Tigres	Relieve Montañoso	Cordillera	Plutón Marcabelí	15°-35°
3	621963	9584053	Q. Suárez	Relieve Montañoso	Cordillera	Unidad El Tigre	15°-35°
4	621963	9584053	Q. Suárez	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
5	622028	9585615	El Porvenir	Relieve Montañoso	Cordillera	Unidad La Victoria	15°-35°
6	622028	9585615	El Porvenir	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
7	621931	9585580	El Porvenir	Coluvión	Penillanura	Deposito coluvial	5°-15°
8	620944	9583690	El Caucho	Llanura aluvial	Valle	Deposito aluvial	0°-5°
9	620935	9583701	El Caucho	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
10	620924	9583226	Q. Suárez	Relieve colinado alto	Serranía	Unidad El Tigre	5°-15°
11	622603	9578234	Jerusalén	Relieve Montañoso	Cordillera	Unidad El Tigre	15°-55°
12	622603	9578234	Jerusalén	Vertiente	Cordillera	Unidad El Tigre	15°-35°
13	622290	9578507	Jerusalén	Vertiente	Cordillera	Unidad El Tigre	15°-35°
14	622428	9577688	Jerusalén	Vertiente	Cordillera	Unidad El Tigre	15°-35°
15	620665	9579168	Los Amparos	Relieve colinado alto	Serranía	Plutón Marcabelí	5°-35°
16	621540	9580519	San Francisco	Relieve Colinado medio	Serranía	Unidad El Tigre	5°-15°
17	622269	9580789	El Arenal	Relieve Colinado medio	Serranía	Unidad El Tigre	5°-15°
18	622224	9580943	El Arenal	Relieve Colinado medio	Serranía	Unidad El Tigre	5°-15°
19	622267	9580785	El Arenal	Relieve colinado alto	Serranía	Unidad El Tigre	5°-35°
20	621365	9581857	Marcabelí	Lomeríos	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
21	621692	9582038	Marcabelí	Lomeríos	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°

22	621609	9581338	Q. El Arenal	Lomeríos	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
23	620202	9582764	Marcabelí	Terraza	Valle	Deposito coluvio aluviales	0°-5°
24	620320	9582573	Marcabelí	Terraza	Valle	Deposito coluvio aluviales	0°-5°
25	620315	9582808	Marcabelí	Terraza	Valle	Deposito coluvio aluviales	0°-5°
26	621841	9585573	El Porvenir	Coluvión	Penillanura	Deposito coluvial	0°-15°
27	621932	9585579	El Porvenir	Coluvión	Penillanura	Deposito coluvial	0°-15°
28	621977	9585613	El Porvenir	Coluvión	Penillanura	Deposito coluvial	0°-15°
29	625448	9583146	San Antonio	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
30	625468	9583260	San Antonio	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
31	625384	9583309	San Antonio	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
32	625357	9583219	San Antonio	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	5°-15°
33	621285	9581196	Marcabelí	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	0°-5°
34	621662	9581175	Marcabelí	Relieve colinado bajo	Pie de monte	Plutón Marcabelí	0°-5°
35	619186	9578962	Los Amparos	Relieve colinado medio	Serranía	Plutón Marcabelí	5°-15°
36	619078	9578859	Los Amparos	Relieve colinado medio	Serranía	Plutón Marcabelí	5°-15°
37	621783	9585255	El Porvenir	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
38	621868	9585245	El Porvenir	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
39	621786	9585282	El Porvenir	Coluvio Aluvial	Penillanura	Deposito coluvio aluvial	0°-5°
40	621184	9580057	San Francisco	Relieve colinado alto	Serranía	Unidad El Tigre	5°-35°

Fuente: La autora (2021)

7. Discusión de resultados

El Ecuador ha sido modelado por diferentes procesos tanto endógenos como exógenos, resaltando la subducción de la placa de Nazca con la Sudamericana y el Cinturón de Fuego del Pacífico, todos estos factores han conllevado a la modificación de la orogenia del territorio, dividiéndolo así en tres zonas distintas a nivel de paisaje, geomorfología, geología y clima, lo que constituye la diferenciación, formación y distribución de una gran variedad de unidades geomorfológicas

En vista de esto se aplicó la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013) para determinar el “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental”, trabajado a escala 1:25000, esta metodología busca brindar un insumo para la generación de unidades geomorfológicas y por ende brinda una leyenda un tanto generalizada para tal fin.

En este contexto el levantamiento de unidades geomorfológicas de la parte oriental del cantón Marcabellí a escala 1:10000 comprendió un total de 6460 ha, donde se identificó y caracterizó un total de 10 diferentes tipos de geoformas, desarrolladas sobre los materiales de diferente edad y composición geológica comprendidos entre el cuaternario, paleozoico temprano y triásico tardío.

La totalidad de las unidades geomorfológicas fueron definidas mediante la metodología citada anteriormente, cada atributo fue establecido mediante un análisis SIG y técnicas fotointerpretativas en un ordenador, combinando tanto el trabajo de campo como de gabinete.

Puntualizando, el producto cartográfico obtenido dio como resultado 5 unidades a nivel de macrorelieve y 10 unidades a nivel de mesorelieve en función del sistema de clasificación del Ministerio del Ambiente, ajustado a la realidad del área de estudio. En el reconocimiento geológico se definió únicamente el tipo de roca y depósitos superficiales, ya que un estudio litológico involucra un campo más amplio y a detalle.

El levantamiento de información de uso de suelo, geología y pendientes permitió definir tanto la génesis y edad de las diferentes unidades, teniendo como procesos modeladores del paisaje los que corresponde a tectónico-erosivo, deposicional y denudativo.

Las geoformas relacionadas a procesos tectónico-erosivos son las que ocupan un mayor porcentaje del área de estudio, teniendo así el relieve montañoso, vertientes, relieve colinado alto medio y bajo, con pendientes que van de ligeramente inclinadas (0°-5°) a

empinadas (35° - 55°), con un total de $59,25 \text{ km}^2$ representando un $91,69\%$ del área de estudio.

Las geoformas relacionadas a procesos deposicionales, están representadas por lomeríos, llanuras aluviales, terrazas y coluvio aluviales, ya que el origen de las mismas está estrechamente ligado a la depositación de materiales transportados producto de la desintegración de materiales preexistentes, presentan pendientes que van de ligeramente inclinadas (0° - 5°) a fuertemente inclinadas (5° - 15°), abarcan un área de $4,89 \text{ km}^2$ que corresponde a un $7,59\%$ del área de estudio.

Las geoformas de menor cobertura en el área de estudio corresponden a las relacionadas a procesos denudativos, las unidades asociadas a este proceso son los coluviones mismos que presentan pendientes ligeramente inclinadas y abarcan un área de $0,45 \text{ Km}^2$ con un $0,70\%$ del área de estudio.

Para validar el presente trabajo investigativo una vez identificadas las unidades geomorfológicas a nivel de macrorelieve y mesorelieve, mediante un recorrido de campo se reafirmó la clasificación propuesta. Se revalidaron un total de 40 puntos de control, 8 de cordillera, 9 de serranía, 9 pie de monte, 4 de valle y 10 de penillanura.

Este proyecto brinda un modelo geomorfológico actual del cantón, el cual consiste en un amplio análisis que representa con gran calidad y validez la zona de estudio, por lo cual el producto obtenido puede ser utilizado para diferentes propósitos y estudios, ya sea para actualización del PDOT del territorio de estudio o como insumo para otros proyectos.

8. Conclusiones

El MDT proporcionado por el SIGTIERRAS de resolución 4x4 m, permite la generación de índices topográficos como la pendiente, sombreado, curvatura plana, curvatura transversal, curvatura longitudinal, curvatura en perfil, máxima y mínima curvatura, permitiendo definir diferentes formas topográficas y por ende morfométricas a través de una clasificación automática ISODATA en el software ENVI 5.3, complementado con un análisis de componentes principales y filtros de vecindario de dichas unidades.

La zonificación de geoformas busca interpretar unidades geomorfológicas en función de fotointerpretación digital (visualizaciones 3D), índices topográficos (sombreado) e información levantada en campo (fotografías y puntos de control), las unidades geomorfológicas interpretadas se categorizan de manera jerárquica como lo establece en la leyenda temática ajustada al territorio, una vez definidos los polígonos de dichas unidades se alimenta la tabla de atributos con la información levantada (pendientes, uso de suelo, geología)

La parte oriental del cantón Marcabelí presenta 10 tipos de unidades geomorfológicas que refieren a relieves montañosos, vertientes, relieve colinado alto medio y bajo, lomeríos, llanura aluvial, terrazas, coluviones y coluvio aluviales, la geoforma que ocupa mayor porcentaje del área de estudio es el relieve colinado alto con un 31,27%, seguido del relieve montañoso con un 29,12% y el relieve colinado medio con un 19,45%.

La presente investigación proporciona argumentos que permiten a los organismos de control llegar a tomar decisiones respecto a la planificación territorial del área de estudio, ya que, a nivel local la geomorfología es un elemento vital en planes de ordenamiento territorial, protección del medio ambiente y preparación ante riesgos, la cual permite conocer posibles zonas de expansión urbana, usos agrícolas y desarrollo económico, que en el área de estudio es de suma importancia ya que la misma es considerada como una zona en vías de desarrollo, por lo que una planificación territorial previa que considere las características del área evitara principalmente asentamientos humanos en zonas de riesgo y por ende impactos económicos y sociales, generando así un aporte a la comunidad y GAD Marcabelí

En lo que refiere a la importancia académica, el presente proyecto de titulación contribuye a futuras investigaciones ya que los resultados obtenidos pueden ser utilizados para la generación de nuevos conocimientos o como antecedente en otras ramas de investigación.

El levantamiento geomorfológico a escala más detallada permitió la obtención de nuevas geoformas que no constaban en trabajos previos, a más de una mejor delimitación en las existentes, ya que la metodología planteada por el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano permite agrupar unidades a nivel de macrorrelieve hasta unidades más detalladas como mesorelieve, característica de la cual carecen estudios previos a escalas menores, así mismo la metodología incorpora múltiples enfoques existentes y técnicas modernas de sensores remotos y cartografía digital. Cabe considerar que en cuantos a puntos de validación y recorridos de recolección de información en la zona de estudio la diferencia entre la escala planteada y existentes es muy notoria, por lo que la misma enmarca un producto cartográfico acorde a la realidad del terreno.

9. Recomendaciones

Utilizar el modelo digital de elevación (DEM) con alta resolución y sin recortar para tener una visión global del área de estudio y no descartar de esta forma información de las zonas limítrofes, al momento de generar los índices del relieve en el software.

Utilizar diferentes fuentes de información como mapas geológicos y de suelos recientes que nos sitúen en la realidad de los procesos exógenos y endógenos de orígenes geológicos y climáticos que dejan efectos y cambios en la superficie, para así poder definir de mejor manera las unidades geomorfológicas con su respectiva validación en campo.

Facilitar el acceso a la información generada a los GAD y comunidad científica interesada para que sea empleada en análisis de amenazas, planes de ordenamiento territorial, entre otros.

10. Referencias Bibliográficas

- Aspden J. A., Bonilla W., and Duque P. (1995) The El Oro metamorphic complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits [El complejo metamórfico El Oro, Ecuador: geología y depósitos minerales económicos]. Overseas Geology and Mineral Resources, No. 67. Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)
- Burbano, N., Becerra, S., y Pasquel. (2015) Introducción a la hidrogeología del Ecuador. Recuperado de: https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2%20EDICION_2014.pdf
- Castro, A., Romero, J., y Loarte. (2013). Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador. Recuperado de: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento_Metodolog+C2%A1a_28_05_2012_v2_1.pdf
- Consejo Nacional de Geoinformación (2017) Plan Geográfico Nacional 2017 – 2021. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/Portal_SNI_2019/CONAGE/Plan_Geografico_Nacional_2017_2021.pdf
- Del Val, J. (2014) Catalogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador. Recuperado de: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Manual_Identificaci%C3%B3n_Geoformas_140627.pdf
- ESRI. (2016). ArcGIS. Recuperado de: <http://resources.arcgis.com/>
- Ferrando, F. (2005) Geomorfología aplicada y desastres: Rol preventivo y Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117855/Geomorfologia%20aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Marcabelí (2015) Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Marcabelí. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0760001230001_PDOT%20MARCABELI%202015%20DIAGNOSTICO_02-04-2016_08-45-15.pdf

- Instituto Espacial Ecuatoriano (2015). Plan Geográfico Nacional 2015-2017. Recuperado de:
https://iedg.sni.gob.ec/geoportaledg/documentos/Plan_Geografico_Nacional_2015_2017.pdf
- Instituto Geográfico Militar (2015) Mosaico de formas del relieve 1:25 000. Recuperado de: <http://www.geoportalmg.gob.ec/visorIEE/composer/>
- Instituto Geográfico Militar (2015) Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional a Escala 1:25000. Recuperado de: http://www.geoportalmg.gob.ec/proyecto_nacional/
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2013) Guía Metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100000. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (2018) Mapa Geológico del Complejo Metamórfico El Oro. Recuperado de: <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/#search>
- León, C. (2016) Caracterización geomorfológica de la franja costera de Punta Gorda. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11671>
- Mingo, V. (2020) Elaboración de un mapa geomorfológico a escala 1:25000, mediante una plataforma SIG de las parroquias Catamayo y El Tambo perteneciente al cantón Catamayo, provincia de Loja, Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.unl.edu.ec>
- Ministerio del Ambiente (2019) Geomorfología. Recuperado de: <http://qa-ide.ambiente.gob.ec:8080/geonetwork/srv/api/records/64f61941-168c-4f4f-837b-5a3172c26d8e040>
- Pasaca. D. (2017) Generación sobre la base SIG del Mapa Geomorfológico, escala 1:25000, orientado a la gestión territorial del cantón Olmedo. Recuperado de: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19785>
- Quintero, D. (2016) Análisis comparativo de una escala de trabajo cartográfico 1:25000 frente a una 1:1000, para la zonificación de la amenaza por movimientos en masa en los alrededores de la cabecera del Municipio de Salamina. Recuperado de:

http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2824/Quintero_Daihana_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rosero, O. (2014) Aplicación Metodología Servicio Geológico Colombiano SGX para la Elaboración del Mapa Geomorfológico a escala 1: 100.000 de la Subcuenca del Rio Opongoy, Municipios de Tangua y Pasto – Departamento de Nariño. Recuperado de: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90405.pdf>
- Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2021) Centro Geomático Virtual. Recuperado de: <http://www.sigtierras.gob.ec/descargas/>
- Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2015) Visor cartográfico temático Ecuador. Recuperado de: <http://geoportal.sigtierras.gob.ec:8080/GeoserverViewer/>
- Suárez, A., Peraldo, G., Badilla, E. y Obando, L. (2019) Zonificación geomorfológica para la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la cuenca del río Viejo, Puriscal, Costa Rica. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437348005>
- Torres, R. (2015) Generación de geología, Geomorfología y amenazas geológicas para la actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Quilanga de la provincia de Loja, escala 1:25000. Recuperado de: <https://dspace.unl.edu.ec>
- Winchell, A., Zebrowski, C., y Sourdat, M. (1997). Los Paisaje Naturales del Ecuador: Las Regiones y Paisajes del Ecuador. Recuperado de: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-07/010022380.pdf

11. Anexos

Anexo 1. Modelo de ficha de descripción de afloramientos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES			
CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
PROYECTO:	<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"</i>		
FICHA DE AFLORAMIENTOS:			
AFLORAMIENTO N°:		RESPONSABLE:	
CÓDIGO DE MUESTRA		FECHA:	
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA		DATUM	
CANTON		X	
PARROQUIA		Y	
BARRIO		Z	
CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO			
TIPO DE AFLORAMIENTO:		FORMACION:	
ESTADO DEL AFLORAMIENTO		DIMENSIONES (axh):	
TIPO DE MATERIAL		DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO
FOTOGRAFIA N°:			BUZAMIENTO
			DIR. BUZ.
DESCRIPCION LITOLOGICA:		FOTOGRAFIA	

Anexo 2. Mapa de ubicación

Anexo 3. Mapa Topográfico

Anexo 4. Mapa de división hidrográfica

Anexo 5. Mapa de uso de suelo

Anexo 6. Mapa de geología regional

Anexo 7. Mapa de geología local

Anexo 8. Fotointerpretación

Anexo 9. Mapa de pendientes




Anexo 10. Mapa de macrorelieve

Anexo 11. Mapa de unidades geomorfológicas MO-01

Anexo 12. Mapa de unidades geomorfológicas MO-02

(Ubicados en el CDR – N.º. 1)

Anexo 13. Fichas de campo

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 			
PROYECTO:	<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"</i>		
FICHA DE AFLORAMIENTOS:			
AFLORAMIENTO N°:	11	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-11	FECHA:	28/04/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	623797
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9582778
BARRIO	Rinconada	Z	601
CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO			
TIPO DE AFLORAMIENTO:	artificial	FORMACION:	Pluton Marcabellí
ESTADO DEL AFLORAMIENTO	altamente meteorizado	DIMENSIONES (axh):	15x10
TIPO DE MATERIAL	granodiorita meteorizada	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210418_131623.JPG		BUZAMIENTO
			DIR. BUZ
DESCRIPCION LITOLOGICA:		FOTOGRAFIA	
El afloramiento se encuentra ubicado al costado izquierdo de la via Balsas-Marcabellí, con tonalidades crema.			
Presenta vegetacion arbustiva e infiltraciones de agua			
Se evidencia principalmente granodioritas pertenecientes al Pluton Marcabellí, los minerales que se observan son el cuarzo, biotita, anfíbol y en menor cantidad feldespatos.			
La direccion del afloramiento es N65°E			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
 NATURALES NO RENOVABLES
 CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y
 ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROYECTO: "Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"

FICHA DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°:	20	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-20	FECHA:	28/04/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620693
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9585971
BARRIO	El Porvenir	Z	572

CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO

TIPO DE AFLORAMIENTO:	artificial	FORMACION:	Unidad La Victoria						
ESTADO DEL AFLORAMIENTO	alterado	DIMENSIONES (axh):	15x10						
TIPO DE MATERIAL	Gneis	DATOS ESTRUCTURALES:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>RUMBO</td> <td>N 78° W</td> </tr> <tr> <td>BUZAMIENTO</td> <td>82° NW</td> </tr> <tr> <td>DIR. BUZ.</td> <td></td> </tr> </table>	RUMBO	N 78° W	BUZAMIENTO	82° NW	DIR. BUZ.	
RUMBO	N 78° W								
BUZAMIENTO	82° NW								
DIR. BUZ.									
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210418_173025.JPG								

DESCRIPCION LITOLOGICA:

El afloramiento es de carácter artificial, presenta vegetación de tipo arbustiva y esta ubicado en una carretera hacia el barrio El Porvenir

Se evidencia la presencia de un gneis con texturas bandeadas y minerales de cuarzo biotitas y plagioclasas

FOTOGRAFIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROYECTO: "Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"

FICHA DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°:	25	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-25	FECHA:	30/05/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	619280
PARROQUIA	El Ingenio	Y	9588984
BARRIO	El Rosal	Z	607

CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO

TIPO DE AFLORAMIENTO:	artificial	FORMACION:	Unidad El Tigre	
ESTADO DEL AFLORAMIENTO	alterado	DIMENSIONES (axh):	25x10	
TIPO DE MATERIAL	filita	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO	
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210530_101525.JPG		BUZAMIENTO	102°
			DIR. BUZ.	27°NW

DESCRIPCION LITOLOGICA:

el afloramiento es de carácter artificial y muy alterado a través de los planos de foliación se ha introducido mucho hidróxido de hierro (limolita).

(

FOTOGRAFIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROYECTO: "Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"

FICHA DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°:	42	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-42	FECHA:	10/06/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	619187
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9583964
BARRIO	Marcabellí	Z	526

CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO

TIPO DE AFLORAMIENTO:	natural	FORMACION:	depositos cuaternarios	
ESTADO DEL AFLORAMIENTO		DIMENSIONES (axh):		
TIPO DE MATERIAL	Depositos aluvial	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO	
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20211006_093335.JPG		BUZAMIENTO	
			DIR. BUZ.	

DESCRIPCION LITOLOGICA:

El afloramiento es de carácter natural y se extiende a lo largo de los márgenes del río Marcabellí constituyen materiales más recientes, erosionados y transportados como arcillas, limos y arenas de grano a medio.

FOTOGRAFIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROYECTO: "Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"

FICHA DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°:	50	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-50	FECHA:	14/06/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	617079
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9576643
BARRIO		Z	515

CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO

TIPO DE AFLORAMIENTO:	natural	FORMACION:	depositos cuaternarios	
ESTADO DEL AFLORAMIENTO		DIMENSIONES (axh):	8x4	
TIPO DE MATERIAL	Depositos coluvial	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO	
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210614_100535.JPG		BUZAMIENTO	
			DIR. BUZ.	

DESCRIPCION LITOLOGICA:

El afloramiento es de carácter natural y se ubica proximo a la union del rio Marcabellí con el Rio Puyango esta conformado por materiales de diverso tamaño pero de litología homogénea, que se encuentran englobados en una matriz areno-arcillosa, tienen su origen por la alteración y desintegración in-situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y a la acción de la gravedad que los mismos involucran

FOTOGRAFIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROYECTO: "Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"

FICHA DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°:	67	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-67	FECHA:	20/06/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622568
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578287
BARRIO	Jerusalen	Z	573

CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO




TIPO DE AFLORAMIENTO:	antropico	FORMACION:	Unidad El Tigre
ESTADO DEL AFLORAMIENTO	alterado	DIMENSIONES (axh):	8x4
TIPO DE MATERIAL	arenisca	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210620_142049.JPG		BUZAMIENTO
			DIR. BUZ.

DESCRIPCION LITOLOGICA:



El afloramiento es de carácter antropico se presenta al costado de la via a jerusalen corresponde a areniscas que sufren meteorizacion progresiva debido a factores como las precipitaciones y la intervencion antropica. estos procesos generan la disgregacion de los materiales.

FOTOGRAFIA



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENRGA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 			
PROYECTO:		<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"</i>	
FICHA DE AFLORAMIENTOS:			
AFLORAMIENTO N°:	80	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
CÓDIGO DE MUESTRA	MA-80	FECHA:	24/6/2021
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621507
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9580493
BARRIO	San Francisco	Z	573
CARACTERISTICAS DEL AFLORAMIENTO			
TIPO DE AFLORAMIENTO:	antropico	FORMACION:	Unidad El Tigre
ESTADO DEL AFLORAMIENTO	alterado	DIMENSIONES (axh):	8x4
TIPO DE MATERIAL	esquistos	DATOS ESTRUCTURALES:	RUMBO S 75° W
FOTOGRAFIA N°:	IMG_20210624_152012.JPG		BUZAMIENTO 76° NW
			DIR. BUZ.
DESCRIPCION LITOLOGICA:		FOTOGRAFIA	
Se evidencia la presencia de esquistos muy alterados			
La roca es de color gris oscuro y de textura escamosa a travez de los planos de esquistosidad se han introducido oxidos			

Anexo 14. Fichas de Geformas

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGI A LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 					
PROYECTO: <i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"</i>					
FICHA DE GEOFORMAS:					
MACRORELIEVE	Cordillera		RESPONSABLE:	Michelle Acevedo	
MESORELIEVE	Relieve montañoso		FICHA N°:	1	
LOCALIZACION GEOGRAFICA			COORDENADAS		
PROVINCIA	El Oro		DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S	
CANTON	Marcabelí		X	625540	
PARROQUIA	Marcabelí		Y	9583359	
BARRIO	San Antonio		Z	609	
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA					
FORMA DE LA CIMA	Aguda		X	FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita
	Redondeada				
	Plana				
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m
	fuertemente inclinado	5°-15°			5 - 25 m
	muy inclinado	15°-35°	X		25 - 75 m
	empinado	35°-55°	X		75 - 200 m
	vertical	>55°			200 - 300 m
					> 300 m
DESCRIPCION:			FOTOGRAFIA		
Altura de la cima = 1112 Desnivel relativo DR: 503 Distancia horizontal= 1350 Pendiente = 20.44° La unidad geomorfológica abarca alturas comprendidas desde los 609 m a 1112 m, el desnivel relativo corresponde a 503 m, el cual al ser superior a los 300 metros es definida como un relieve montañoso, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo presente en el área hace referencia al bosque húmedo catalogado como de conservación y protección.			 		

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve montañoso	FICHA N°:	2
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	624127
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9583649
BARRIO	Q. de Los Tigres	Z	661

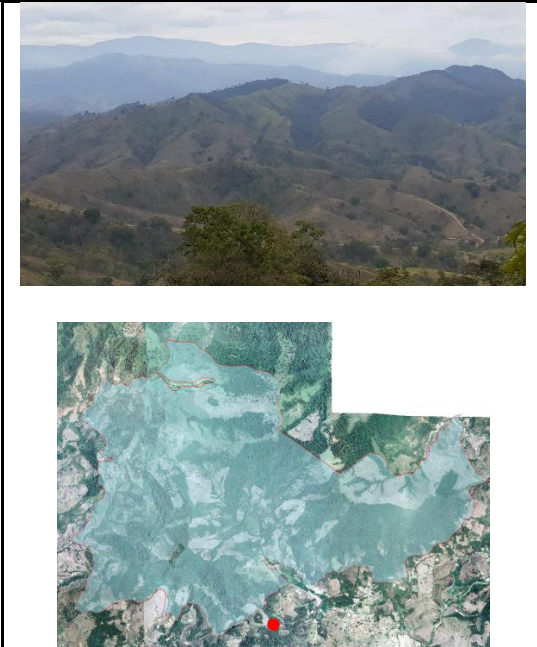
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		x	FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada					
	Plana				0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°			25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°	X		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	X

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Altura de la cima=1112
 Desnivel relativo= 451
 Distancia horizontal= 1190
 Pendiente=20.76°

 La unidad geomorfológica abarca alturas comprendidas desde los 661 m a 1112 m, el desnivel relativo corresponde a 451 m.
 El uso de suelo presente en el área corresponde a bosque y pastos cultivados.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:1000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

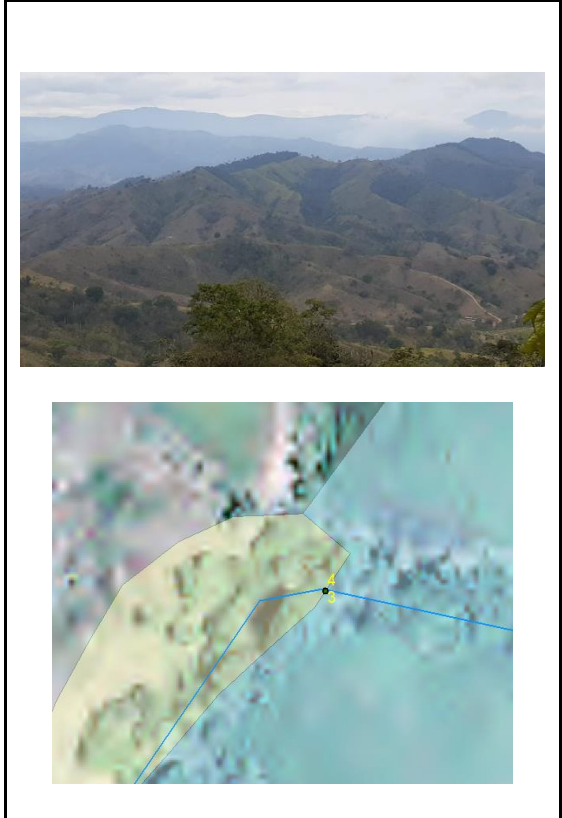
MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve montañoso	FICHA N°:	3
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621963
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9584053
BARRIO	Q. Suárez	Z	602

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		x	FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquisto
	Redondeada				
	Plana				
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m
	fuertemente inclinado	5°-15°			5 - 25 m
	muy inclinado	15°-35°	x		25 - 75 m
	empinado	35°-55°			75 - 200 m
	vertical	>55°			200 - 300 m
					> 300 m

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Cota superior= 1133
 Desnivel relativo=427
 Desnivel horizontal=2500
 Pendiente: 15.77°
 La unidad geomorfológica abarca alturas comprendidas desde los 661 m a 1113 m, el desnivel relativo corresponde a 427 m. (corresponde a relieve montañoso al tener un desnivel superior a 300m)
 El uso de suelo presente en el área corresponde pastos cultivados, la roca aflorante es un esquisto.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvio aluvial	FICHA N°:	4
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621963
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9584053
BARRIO	Q. Suárez	Z	602

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	limos, arenas, grabas y bloques	
	Redondeada		x			
PENDIENTE	Plana			DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	Ligeramente inclinado	0°-5°	X		5 - 25 m	x
	fuertemente inclinado	5°-15°			25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 10 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie del relieve montañoso y proseguido de materiales aluviales el mismo se define como un coluvio aluvial.

En el área se ubica vegetación arbustiva y pastos cultivados



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

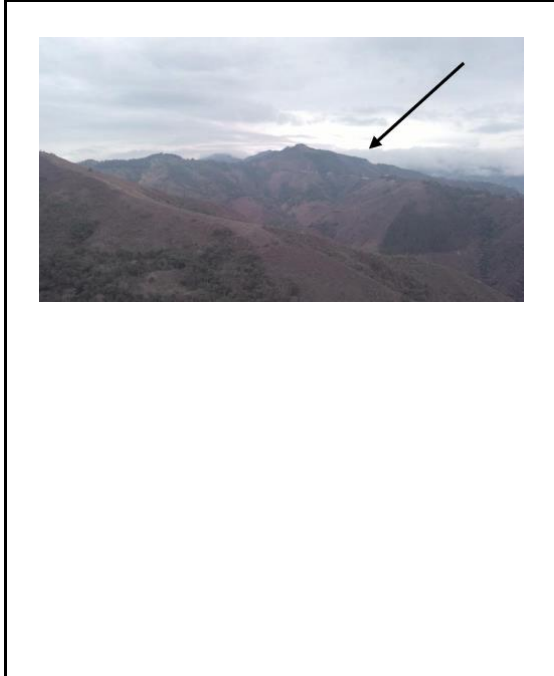
MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve montañoso	FICHA N°:	5
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622028
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9585615
BARRIO	El Porvenir	Z	606


CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Gneis	
	Redondeada				
	Plana				0 - 5 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	x
				x	

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

Cota superior= 1020
 Desnivel relativo=414
 Desnivel horizontal=1500
 Pendiente: 15.43°
 La unidad geomorfológica abarca alturas comprendidas desde los 606 m a 1020 m, el desnivel relativo corresponde a 414 m. (corresponde a relieve montañoso al tener un desnivel superior a 300m)
 El uso de suelo presente en el área corresponde pastos cultivados.



PROYECTO:				<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"</i>					
FICHA DE GEOFORMAS:									
MACRORELIEVE		Penillanura		RESPONSABLE:		Michelle Acevedo			
MESORELIEVE		Coluvio aluvial		FICHA N°:		6			
LOCALIZACION GEOGRAFICA				COORDENADAS					
PROVINCIA		El Oro		DATUM		WGS 84 - ZONA 17 S			
CANTON		Marcabellí		X		622028			
PARROQUIA		Marcabellí		Y		9585615			
BARRIO		El Porvenir		Z		606			
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA									
FORMA DE LA CIMA		Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:		limos, arenas, grabas y bloques			
		Redondeada							
PENDIENTE		Plana		DESNIVEL RELATIVO		0 - 5 m			
		Ligeramente inclinado				0°-5°		X	
		fuertemente inclinado				5°-15°			
		muy inclinado				15°-35°			
		empinado				35°-55°			
		vertical				>55°			
DESCRIPCION:				FOTOGRAFIA					
<p>La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 15 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie del relieve montañoso y proseguido de materiales aluviales el mismo se define como un coluvio aluvial.</p> <p>En el área se ubica vegetación arbustiva y pastos cultivados</p>									

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvión	FICHA N°:	7
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621931
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9585580
BARRIO	El Porvenir	Z	596

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Fragmentos heterogéneos angulares en matriz fina	
	Redondeada			x	
	Plana				
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		5 - 25 m	x
	muy inclinado	15°-35°		25 - 75 m	
	empinado	35°-55°		75 - 200 m	
	vertical	>55°		200 - 300 m	
				> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es de 11 m, está compuesto por fragmentos heterogéneos angulares unidos por una matriz fina, la vegetación corresponde a herbácea





PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Valle	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Llanura aluvial	FICHA N°:	8
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620944
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9583690
BARRIO	El Caucho	Z	530

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio	
	Redondeada				0 - 5 m	X
	Plana		x		5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°			75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°			200 - 300 m	
	empinado	35°-55°			> 300 m	
	vertical	>55°				

DESCRIPCION:

La geoforma en cuestión se encuentra a ambos costados del recurso hídrico, presenta pastos y algunos cultivos, el desnivel de la misma no supera los 5m, se compone de una mezcla de limos y arenas de grano fino.

FOTOGRAFIA

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvio aluvial	FICHA N°:	9
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	620935
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9583701
BARRIO	El Caucho	Z	598

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	limos, arenas, grabas	
	Redondeada		X		0 - 5 m	
	Plana					
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	X
	fuertemente inclinado	5°-15°			25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 10 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie del relieve montañoso y proseguido de materiales aluviales el mismo se define como un coluvio aluvial.

En el área se ubica vegetación arbustiva y pastos cultivados



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado alto	FICHA N°:	10
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620924
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9583226
BARRIO	Q. Suarez	Z	519

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquisto	
	Redondeada			x	
	Plana				
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		5 - 25 m	
	muy inclinado	15°-35°		25 - 75 m	
	empinado	35°-55°		75 - 200 m	
	vertical	>55°		200 - 300 m	x
				> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica abarca alturas 750 m a 519 m, el desnivel relativo corresponde a 231 m, el cual al estar comprendido entre los 200 a 300 m de desnivel se considera un relieve colinado alto, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo corresponde a cultivos.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

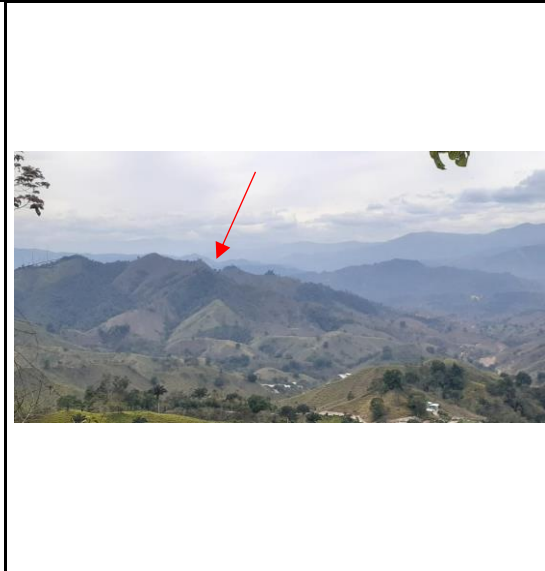
MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve montañoso	FICHA N°:	11
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622603
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578234
BARRIO	Jerusalén	Z	826

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Arenisca	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		300 - 350 m	
					> 300 m

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Las pendientes abarcadas por la geoforma corresponden entre los 15 a 55°, el desnivel supera los 300 m, dentro de la clasificación corresponde a un relieve montañoso





PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Vertiente	FICHA N°:	12
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622603
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578234
BARRIO	Jerusalén	Z	826

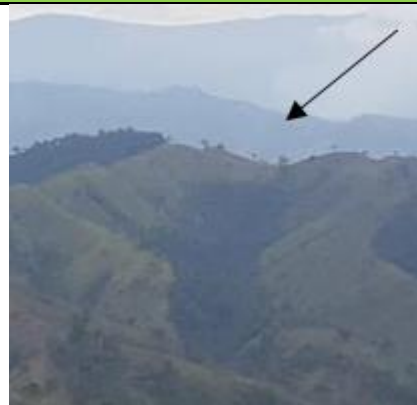
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquistos	
	Redondeada			0 - 5 m	
	Plana			5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°		200 - 300 m	
	empinado	35°-55°		> 300 m	
	vertical	>55°		x	

DESCRIPCION:

La geoforma se encuentra presente dentro del relieve montañoso es de tipo cóncava y se extiende desde la cima hasta el pie de monte, la misma desemboca en un recurso hídrico.

FOTOGRAFIA



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

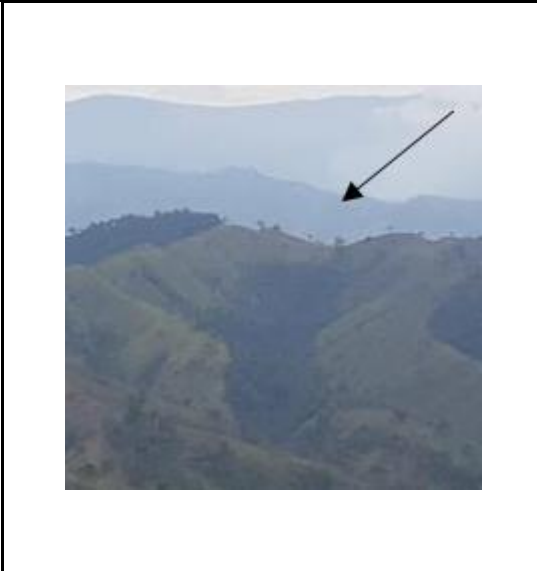
MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Vertiente	FICHA N°:	13
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622290
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578507
BARRIO	Jerusalén	Z	859

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquisto	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		300 - 350 m	
					> 350 m

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La geoforma se encuentra presente dentro del relieve montañoso es de tipo cóncava y se extiende desde la cima hasta el pie de monte, la misma desemboca en un recurso hídrico.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Cordillera	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Vertiente	FICHA N°:	14

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

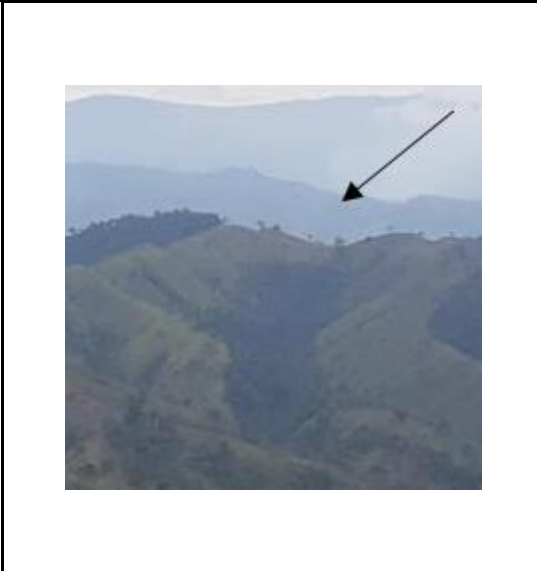
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	622428
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9577688
BARRIO	Jerusalén	Z	706

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquisto	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		300 - 500 m	
					> 500 m

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La geoforma se encuentra presente dentro del relieve montañoso es de tipo cóncava y se extiende desde la cima hasta el pie de monte, la misma desemboca en un recurso hídrico.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
---------------------	----------	---------------------	------------------

MESORELIEVE	Relieve colinado alto	FICHA N°:	15
--------------------	-----------------------	------------------	----

LOCALIZACION GEOGRAFICA	COORDENADAS
-------------------------	-------------

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
------------------	--------	--------------	--------------------

CANTON	Marcabelí	X	620665
---------------	-----------	----------	--------


PARROQUIA	Marcabelí	Y	9579168
------------------	-----------	----------	---------

BARRIO	Los Amparos	Z	500
---------------	-------------	----------	-----

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada				0 - 5 m	
	Plana				5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°	x		200 - 300 m	
	empinado	35°-55°			> 300 m	
	vertical	>55°			x	

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
--------------	------------

<p>La unidad geomorfológica abarca alturas 392 m a 674 m, el desnivel relativo corresponde a 208 m, el cual al estar comprendido entre los 200 a 300 m de desnivel se considera un relieve colinado alto, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo corresponde a pastos cultivos.</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

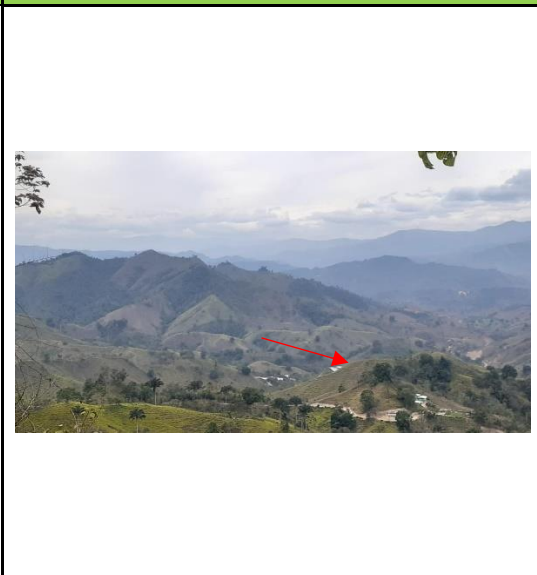
MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado medio	FICHA N°:	16
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621540
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9580519
BARRIO	San Francisco	Z	549

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquistos		
	Redondeada					0 - 5 m	
	Plana					5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	x	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°			75 - 200 m	x	
	muy inclinado	15°-35°			200 - 300 m		
	empinado	35°-55°			> 300 m		
	vertical	>55°					

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

La unidad geomorfológica abarca alturas 502 m a 620 m, el desnivel relativo corresponde a 118 m, el cual al estar comprendido entre los 100 a 200 m de desnivel se considera un relieve colinado medio, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo corresponde a cultivos y zonas de conservación



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
---------------------	----------	---------------------	------------------

MESORELIEVE	Relieve colinado medio	FICHA N°:	17
--------------------	------------------------	------------------	----

LOCALIZACION GEOGRAFICA	COORDENADAS
-------------------------	-------------

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
------------------	--------	--------------	--------------------

CANTON	Marcabelí	X	622269
---------------	-----------	----------	--------

PARROQUIA	Marcabelí	Y	9580789
------------------	-----------	----------	---------

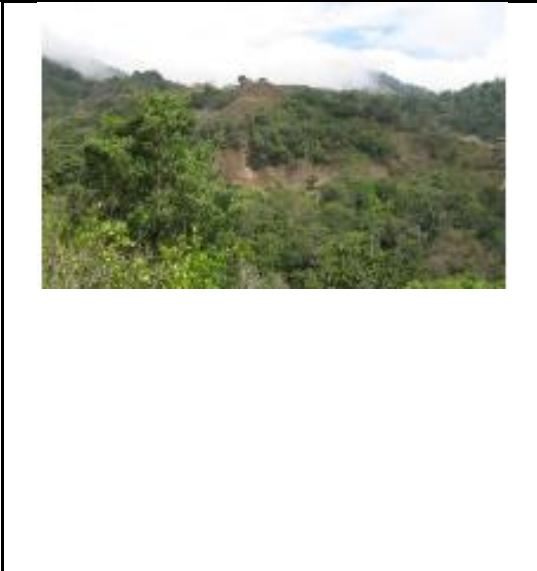
BARRIO	El Arenal	Z	544
---------------	-----------	----------	-----

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Areniscas		
	Redondeada						
	Plana						0 - 5 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		25 - 75 m		
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	x	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m		
	vertical	>55°			> 300 m		

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
--------------	------------

La unidad geomorfológica abarca alturas 650 m a 534 m, el desnivel relativo corresponde a 116 m, el cual al estar comprendido entre los 100 a 200 m de desnivel se considera un relieve colinado medio, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo corresponde a cultivos y arbustos



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado medio	FICHA N°:	18
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	622224
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9580943
BARRIO	El Arenal	Z	539

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Areniscas		
	Redondeada						
	Plana						0 - 5 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		25 - 75 m		
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	x	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m		
	vertical	>55°			> 300 m		

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

La unidad geomorfológica abarca alturas 650 m a 534 m, el desnivel relativo corresponde a 116 m, el cual al estar comprendido entre los 100 a 200 m de desnivel se considera un relieve colinado medio, constatando así la información generada durante la fotointerpretación.
El uso de suelo corresponde a cultivos y arbustos



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado alto	FICHA N°:	19
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	622267
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9580785
BARRIO	El Arenal	Z	544

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Areniscas	
	Redondeada					
	Plana					0 - 5 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°	X		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	x
	vertical	>55°			> 300 m	

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

La unidad geomorfológica abarca alturas 392 m a 674 m, el desnivel relativo corresponde a 208 m, el cual al estar comprendido entre los 200 a 300 m de desnivel se considera un relieve colinado alto, constatando así la información generada durante la fotointerpretación. El uso de suelo corresponde a pastos cultivos.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de Monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Lomeríos	FICHA N°:	20

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621365
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9581857
BARRIO	Marcabellí	Z	523

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita		
	Redondeada	x		0 - 5 m		
	Plana			5 - 25 m	x	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°		x	75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°			200 - 300 m	
	empinado	35°-55°			> 300 m	
	vertical	>55°				

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica abarca desniveles que no superan los 25 m, la cima es redondeada, presenta cobertura herbácea. Dentro de los rangos de desnivel relativo la geoforma corresponde a un lomerío



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de Monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Lomeríos	FICHA N°:	21
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621692
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9582038
BARRIO	Marcabellí	Z	511

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada			x	
	Plana				0 - 5 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	x
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica abarca desniveles que no superan los 25 m, la cima es redondeada, presenta cobertura herbácea. Dentro de los rangos de desnivel relativo la geoforma corresponde a un lomerío



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de Monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Lomeríos	FICHA N°:	22
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621609
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9581338
BARRIO	Q. El Arenal	Z	526

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada			x	
	Plana				
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		5 - 25 m	x
	muy inclinado	15°-35°		25 - 75 m	
	empinado	35°-55°		75 - 200 m	
	vertical	>55°		200 - 300 m	
				> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica abarca desniveles que no superan los 25 m, la cima es redondeada, presenta cobertura herbácea. Dentro de los rangos de desnivel relativo la geofoma corresponde a un lomerío



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Valle	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Terraza	FICHA N°:	23


LOCALIZACION GEOGRAFICA	COORDENADAS
--------------------------------	--------------------

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620202
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9582764
BARRIO	Marcabellí	Z	517

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques		
	Redondeada				DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	X
	Plana					x	5 - 25 m
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°			75 - 200 m		
	muy inclinado	15°-35°			200 - 300 m		
	empinado	35°-55°			> 300 m		
	vertical	>55°					

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

<p>Zona baja cercana a las orillas, formada por depósitos aluviales u coluviales, de edad cuaternaria combinada con guijarros. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión</p>	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Valle	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Terraza	FICHA N°:	24

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

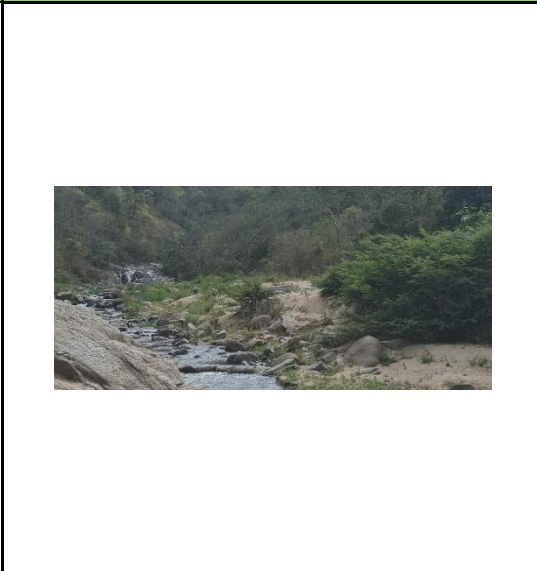
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620320
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9582573
BARRIO	Marcabellí	Z	522

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques	
	Redondeada					
	Plana		x			
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	X
	fuertemente inclinado	5°-15°			5 - 25 m	
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
					> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Zona baja cercana a las orillas, formada por depósitos aluviales u coluviales, de edad cuaternaria combinada con guijarros. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Valle	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Terraza	FICHA N°:	25

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

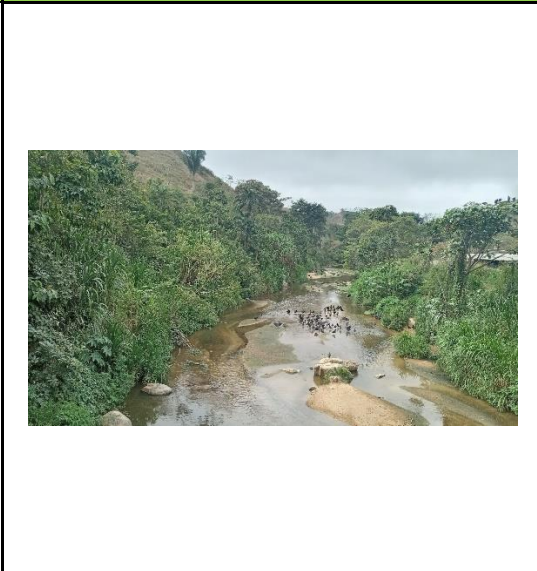
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	620315
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9582808
BARRIO	Marcabellí	Z	517

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques	
	Redondeada					
	Plana		x			
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	X
	fuertemente inclinado	5°-15°			5 - 25 m	
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
					> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Zona baja cercana a las orillas, formada por depósitos aluviales u coluviales, de edad cuaternaria combinada con guijarros. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvión	FICHA N°:	26
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621841
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9585573
BARRIO	El Porvenir	Z	597

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Fragmentos heterogéneos angulares en matriz fina	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	
					x

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 12 m, está compuesto por fragmentos heterogéneos angulares unidos por una matriz fina, la vegetación corresponde a herbácea
 Representa una acumulación en pie de pendiente, presenta erosión.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvión	FICHA N°:	27
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621932
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9585579
BARRIO	El Porvenir	Z	596

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Fragmentos heterogéneos angulares en matriz fina	
	Redondeada		x			
	Plana					
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		5 - 25 m	x
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
					> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es de 11 m, está compuesto por fragmentos heterogéneos angulares unidos por una matriz fina, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.

La geoforma queda definida en función de la composición y por qué representa una zona de acumulación de una geoforma de mayor desnivel.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvión	FICHA N°:	28
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621977
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9585613
BARRIO	El Porvenir	Z	602

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Fragmentos heterogéneos angulares en matriz fina	
	Redondeada		x			
	Plana					
PENDIENTE	Ligerament e inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		5 - 25 m	x
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
					> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 12 m se encuentra conformado por materiales coluviales, es decir fragmentos heterogéneos angulares unidos por una matriz fina, la vegetación corresponde a herbácea.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo	FICHA N°:	29

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

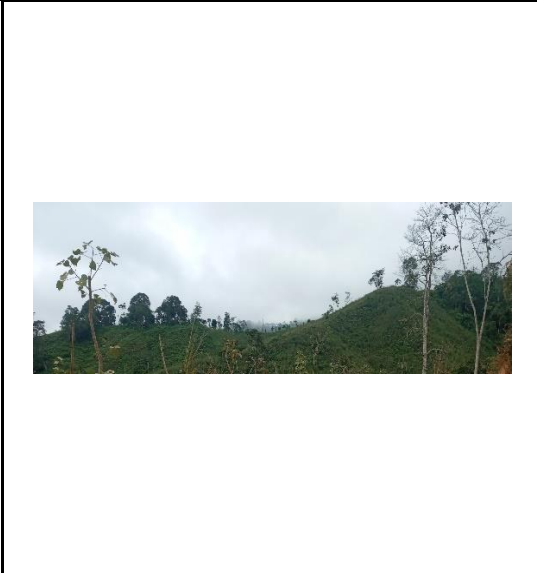
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	625448
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9583146
BARRIO	San Antonio	Z	606

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA


FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada	x		0 - 5 m	X
	Plana			5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	25 - 75 m	x
	fuertemente inclinado	5°-15°		75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°		200 - 300 m	
	empinado	35°-55°		> 300 m	
	vertical	>55°			

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**


La diferencia altitudinal de esta geoforma es de 40 m, dentro de la clasificación de unidades geomorfológicas desniveles comprendidos entre los 25 y 100 m corresponde a relieves colinados bajos, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.






PROYECTO:		<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"</i>				
FICHA DE GEOFORMAS:						
MACRORELIEVE	Pie de monte		RESPONSABLE:	Michelle Acevedo		
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo		FICHA N°:	30		
LOCALIZACION GEOGRAFICA			COORDENADAS			
PROVINCIA	El Oro		DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S		
CANTON	Marcabelí		X	625468		
PARROQUIA	Marcabelí		Y	9583260		
BARRIO	San Antonio		Z	608		
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA						
FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada		x			
	Plana					
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		5 - 25 m	
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	x
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
						> 300 m
DESCRIPCION:			FOTOGRAFIA			
<p>La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 100 metros, presenta cimas redondeadas, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.</p>						



PROYECTO:		<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"</i>				
FICHA DE GEOFORMAS:						
MACRORELIEVE	Pie de monte		RESPONSABLE:	Michelle Acevedo		
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo		FICHA N°:	31		
LOCALIZACION GEOGRAFICA			COORDENADAS			
PROVINCIA	El Oro		DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S		
CANTON	Marcabelí		X	625384		
PARROQUIA	Marcabelí		Y	9583309		
BARRIO	San Antonio		Z	625		
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA						
FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada		x			
	Plana				0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		25 - 75 m	x
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	
DESCRIPCION:			FOTOGRAFIA			
<p>La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 100 metros, presenta cimas redondeadas, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.</p>						



PROYECTO:		<i>"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"</i>				
FICHA DE GEOFORMAS:						
MACRORELIEVE	Pie de monte		RESPONSABLE:	Michelle Acevedo		
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo		FICHA N°:	32		
LOCALIZACION GEOGRAFICA			COORDENADAS			
PROVINCIA	El Oro		DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S		
CANTON	Marcabelí		X	625357		
PARROQUIA	Marcabelí		Y	9583219		
BARRIO	San Antonio		Z	619		
CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA						
FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada		x			
	Plana				0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°		DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°	x		25 - 75 m	x
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	
DESCRIPCION:			FOTOGRAFIA			
<p>La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 100 metros, presenta cimas redondeadas, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.</p>						

PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo	FICHA N°:	33
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	621285
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9581196
BARRIO	Marcabellí	Z	529

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 100 metros, presenta cimas redondeadas, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Pie de monte	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado bajo	FICHA N°:	34
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621662
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9581175
BARRIO	Marcabelí	Z	534

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La diferencia altitudinal de esta geoforma es inferior a los 100 metros, presenta cimas redondeadas, la vegetación corresponde a herbácea, rodeado por árboles.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado medio	FICHA N°:	35

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	619186
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578962
BARRIO	Los Amparos	Z	552

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Esta unidad geomorfológica es reconocida ya que la diferencia altitudinal está representada entre los 100 a 200 metros, las cimas se caracterizan por ser entre agudas o redondeadas



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabellí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado medio	FICHA N°:	36
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabellí	X	619078
PARROQUIA	Marcabellí	Y	9578859
BARRIO	Los Amparos	Z	546

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Granodiorita	
	Redondeada				
	Plana			0 - 5 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°		25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°		75 - 200 m	
	empinado	35°-55°		200 - 300 m	
	vertical	>55°		> 300 m	
					x

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

Esta unidad geomorfológica es reconocida ya que la diferencia altitudinal está representada entre los 100 a 200 metros, las cimas se caracterizan por ser entre agudas o redondeadas



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvio aluvial	FICHA N°:	37

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621783
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9585255
BARRIO	El Porvenir	Z	582

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques		
	Redondeada					
	Plana			0 - 5 m		
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	X
	fuertemente inclinado	5°-15°			25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 15 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie del relieve montañoso y proseguido de materiales aluviales el mismo se define como un coluvio aluvial.

En el área se ubica vegetación arbustiva y pastos cultivados



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvio aluvial	FICHA N°:	38

LOCALIZACION GEOGRAFICA **COORDENADAS**

PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621868
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9585245
BARRIO	El Porvenir	Z	590

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda		FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques		
	Redondeada					
	Plana			0 - 5 m		
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	5 - 25 m	X
	fuertemente inclinado	5°-15°			25 - 75 m	
	muy inclinado	15°-35°			75 - 200 m	
	empinado	35°-55°			200 - 300 m	
	vertical	>55°			> 300 m	

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 15 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie de relieves de mayor dimensión se define como un coluvio aluvial.

En el área se ubican árboles y arbustos.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelfí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Penillanura	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Coluvio aluvial	FICHA N°:	39
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelfí	X	621786
PARROQUIA	Marcabelfí	Y	9585282
BARRIO	El Porvenir	Z	581

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	Limos, arenas, grabas y bloques	
	Redondeada					
	Plana					
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	X	DESNIVEL RELATIVO	0 - 5 m	
	fuertemente inclinado	5°-15°			5 - 25 m	X
	muy inclinado	15°-35°			25 - 75 m	
	empinado	35°-55°			75 - 200 m	
	vertical	>55°			200 - 300 m	
						> 300 m

DESCRIPCION: **FOTOGRAFIA**

La unidad geomorfológica presenta limos, arenas, grabas y bloques, la variación altitudinal no supera los 15 m, debido al material que le compone y el desnivel relativo presente en el mismo y sumado el hecho de que se encuentra al pie de relieves de mayor dimensión y le siguen materiales aluviales, se define como un coluvio aluvial.



PROYECTO: *"Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro"*

FICHA DE GEOFORMAS:

MACRORELIEVE	Serranía	RESPONSABLE:	Michelle Acevedo
MESORELIEVE	Relieve colinado alto	FICHA N°:	40
LOCALIZACION GEOGRAFICA		COORDENADAS	
PROVINCIA	El Oro	DATUM	WGS 84 - ZONA 17 S
CANTON	Marcabelí	X	621184
PARROQUIA	Marcabelí	Y	9580057
BARRIO	San Francisco	Z	586

CARACTERISTICAS DE LA GEOFORMA

FORMA DE LA CIMA	Aguda			FORMACION GEOLOGICA/ DEPOSITO SUPERFICIAL:	esquisto		
	Redondeada					0 - 5 m	
	Plana					5 - 25 m	
PENDIENTE	Ligeramente inclinado	0°-5°	DESNIVEL RELATIVO		25 - 75 m		
	fuertemente inclinado	5°-15°			x	75 - 200 m	
	muy inclinado	15°-35°			x	200 - 300 m	
	empinado	35°-55°				> 300 m	
	vertical	>55°				> 300 m	x

DESCRIPCION:	FOTOGRAFIA
---------------------	-------------------

La unidad geomorfológica abarca un desnivel comprendido entre los 200 a 300 metros, el cual se considera un relieve colinado alto.

El uso de suelo corresponde a pastos cultivos.



Anexo 15. Certificado de traducción de resumen

Loja, 22 de febrero de 2023

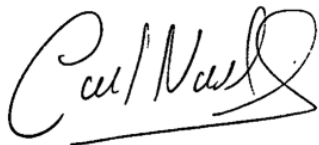
Yo, Jenny Lorena Collaguazo Narváez, con cédula de identidad 1103431399, Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés.

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés de el resumen del proyecto de titulación denominado **Levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parte oriental del cantón Marcabelí, provincia El Oro**, elaborado por la Srta. Michelle Tatiana Acevedo España, egresada de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

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

Atentamente:



Jenny Lorena Collaguazo Narváez
Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés
C.I: 1103431399
Número de registro:1006-2016-1754330