



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y

ORDENAMIENTO TERRITORIAL

LEVANTAMIENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A

ESCALA 1:10.000 DE LA PARROQUIA PACCHA, CANTÓN

ATAHUALPA, PROVINCIA EL ORO.

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

AUTOR:

Ronny Patricio Ruilova Vásquez.

DIRECTORA:

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia.

LOJA-ECUADOR

2020



CERTIFICACIÓN

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICA

Que el estudiante, **RONNY PATRICIO RUILOVA VÁSQUEZ**, con CI: **0705638211**, aprobó la asignatura de Trabajo de Titulación del Onceavo Ciclo de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial en el periodo académico Abril – Septiembre 2020, de su Trabajo de Titulación denominado: **“LEVANTAMIENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A ESCALA 1:10.000 DE LA PARROQUIA PACCHA, CANTÓN ATAHUALPA, PROVINCIA EL ORO”**, opción de titulación escogida dentro del periodo académico de culminación de sus estudios (Abril – Septiembre 2020). Siendo las 10H15 del día 24 de noviembre de 2020, se certifica que el señor **RONNY PATRICIO RUILOVA VÁSQUEZ** ha cumplido con el cien por ciento (100%) del trabajo de titulación y está en condiciones de continuar con los procesos que correspondan.

Loja, 24 de noviembre de 2020.



Firmado electrónicamente por:
**MARITZA
XIMENA OCHOA
TAPIA**

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

DIRECTORA DE TESIS



AUTORÍA

Yo, **Ronny Patricio Ruilova Vásquez**, declaro ser el autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

.....

Firma

C.I.: 0705638211

Fecha: 14 de diciembre de 2020.



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **RONNY PATRICIO RUILOVA VÁSQUEZ** declaro ser autor de la tesis titulada: **“LEVANTAMIENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A ESCALA 1:10.000 DE LA PARROQUIA PACCHA, CANTÓN ATAHUALPA, PROVINCIA EL ORO”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, a los 14 días del mes de diciembre de dos mil veinte, en la ciudad de Loja firma el autor.

Firma:

Autor: Ronny Patricio Ruilova Vásquez

Cédula: 0705638211

Dirección: Av. Héroes del Cenepa y Pasteur

Correo Electrónico: rruilovav@unl.edu.ec

Teléfono: 072958340

Celular: 0969415711

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Tesis: Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg.Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho. Mg.Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada. Mg.Sc.

Ing. Fermín Alexander Gonzalez Sisalima. Mg.Sc.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la
Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis queridos padres y hermanos por todo el apoyo incondicional en el transcurso universitario, que me permitieron culminar exitosamente esta meta trazada.

Ronny Ruilova Vásquez



AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme la oportunidad de cumplir con esta meta trazada, por guiarme acertadamente y permitirme compartir con mis dos abuelitos los últimos días de su vida, a pesar de estar en este camino universitario; a mis padres y hermanos motores indiscutibles de mi vida, por su amor y apoyo incondicional, por enseñarme a creer en esos sueños que parecen inalcanzables y valorar cada momento vivido y logro alcanzado.

A cada uno de los docentes que me guiaron y motivaron a buscar nuevas oportunidades de aprendizaje y liderazgo, por todos sus conocimientos impartidos a lo largo de mi preparación académica, de forma especial a la Ing. Maritza Ochoa por su valiosa orientación en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Ronny Ruilova Vásquez



TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
TABLA DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.	XI
ÍNDICE DE TABLAS.	XIV
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.	2
3. INTRODUCCIÓN.	4
3.1. OBJETIVOS.....	6
3.1.1. Objetivo general.....	6
3.1.2. Objetivos específicos	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Geomorfología.....	7
4.1.1. Formas del relieve.....	7
4.1.2. Génesis.....	7
4.1.3. Morfología.	8
4.1.4. Morfometría.....	9
4.1.5. Morfodinámica.....	9
4.1.6. Geoformas.....	9



4.1.7.	Sistema de Clasificación de Unidades Geomorfológicas.	9
4.1.8.	Categoría de geformas.	12
4.2.	Índices topográficos.....	13
4.2.1.	Índices topográficos primarios.....	13
4.2.2.	Índices topográficos secundarios.	14
4.3.	Cartografía.	14
4.3.1.	Representación cartográfica.....	15
4.4.	Sistemas de Información Geográfica.....	15
4.4.1.	Modelos de representación.	15
4.4.2.	Cartografía automatizada.	16
4.4.3.	Proyecciones cartográficas.....	17
4.4.4.	Escala.	17
4.4.5.	Mapa temático.....	17
4.4.6.	Modelo digital del terreno.....	17
4.4.7.	Topología.	18
4.5.	Fotointerpretación.....	18
4.5.1.	Digitalización.....	18
4.6.	Geología	18
4.6.1.	Geología estructural.	19
4.7.	Clasificación de las rocas	19
4.7.1.	Rocas Ígneas.	20
4.7.2.	Rocas Metamórficas.	20
4.7.3.	Rocas Sedimentarias.	20
4.8.	Mapeo geológico.	21
4.9.	Mapeo Estructural.....	21



5.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1.	Materiales	22
5.1.1.	Campo.....	22
5.1.2.	Geoprocesamiento.....	22
5.2.	Método.....	23
5.2.1.	Recopilación de información.....	25
5.2.2.	Metodología para el primer objetivo.....	26
5.2.3.	Metodología para el segundo objetivo.....	40
5.2.4.	Metodología para el tercer objetivo.....	51
6.	RESULTADOS	57
6.1.	Ubicación y acceso	57
6.1.1.	Ubicación.....	57
6.1.2.	Acceso.....	57
6.2.	Clima	58
6.2.1.	Precipitaciones.....	59
6.2.2.	Temperatura.....	59
6.3.	Hidrografía.....	59
6.4.	Uso de Suelo.....	60
6.5.	Geología	61
6.5.1.	Geología regional.....	61
6.5.2.	Geología Estructural.....	64
6.5.3.	Geología local.....	65
6.5.4.	Estructuras Locales.....	75
6.6.	Pendientes.....	78
6.7.	Geomorfología.....	79



6.7.1. Cordillera.....	80
6.7.2. Piedemonte.....	86
6.7.3. Validación de Geoformas.....	91
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	93
8. CONCLUSIONES	96
9. RECOMENDACIONES	98
10. BIBLIOGRAFÍA	99
11. ANEXOS.....	102
Anexo 1. Modelo de ficha de Descripción de afloramientos.....	102
Anexo 2. Modelo de ficha de descripción petrográfica macroscópica.....	103
Anexo 3. Gráficas utilizadas para clasificación de rocas.....	104
Anexo 4. Mapa de Ubicación	105
Anexo 5. Mapa Topográfico.....	106
Anexo 6. Mapa de Red Hidrográfica.....	107
Anexo 7. Mapa de Uso Actual del Suelo.....	108
Anexo 8. Mapa de Geología Regional.....	109
Anexo 9 Ficha de descripción de afloramientos.....	110
Anexo 10. Ficha de descripción petrográfica macroscópica	126
Anexo 11. Mapa de Geología Local.....	138
Anexo 12: Mapa de Pendientes.....	139
Anexo 13: Mapa de Unidades Geomorfológicas-Macrorelieve.....	140
Anexo 14: Mapa de Unidades Geomorfológicas-Mesorelieve.....	141



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura. 1: Modelamiento topográfico (Índices topográficos primarios).	13
Figura. 2: Celda de una malla ráster con sus valores asociados.....	15
Figura. 3: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados.	16
Figura. 4: Tipos de esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas.....	19
Figura. 5: Metodología desarrollada en el proyecto.....	25
Figura. 6: Modelo cartográfico, adaptado al proyecto de estudio.	28
Figura. 7: Modelo Digital de Terreno del área de estudio.	29
Figura. 8: Procedimiento en Topographic Modeling y Topographiz Kernel Size.	31
Figura. 9: Determinación de índices topográficos (Topo Model Parameters).	31
Figura. 10: Índices topográficos del área de estudio.....	33
Figura. 11: Ingreso a herramienta Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate.....	34
Figura. 12: Configuración para el Análisis de Componentes Principales (PCA)	35
Figura. 13: Resultado de Análisis de Componente Principales (Ráster multivariante y sus valores estadísticos).	35
Figura. 14: Ingreso a la herramienta IsoData Classification.	36
Figura. 15: Configuración para la Clasificación Automática No Supervisada.	37
Figura. 16: Clasificación IsoData.....	37
Figura. 17: Configuración del filtro de suavizado (Majority/Minority Analyst).	38
Figura. 18: a) Iso Data sin filtro Majority/Minority Analyst; b) IsoData con filtro Majority/Minority Analyst.	39
Figura. 19: a) IsoData sin filtro Classification Aggregation; b) IsoData con filtro Classification Aggregation	40
Figura. 20: Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes al Relieve General.	42
Figura. 21: Mapa de unidades geomorfológicas correspondiente a Macro-Relieve	44
Figura. 22: Fotointerpretación de Unidades Geomorfológicas.	50
Figura. 23: Calibración de Unidades Geomorfológicas con ayuda de fotografías.....	51
Figura. 24: Muestra de un Análisis Estadístico Zonal.	52
Figura. 25: Muestra de roca granodiorítica codificada.	54



Figura. 26: Acceso a la parroquia Paccha mediante a) Vía aérea; b) Vía terrestre.	58
Figura. 27: Precipitación mensual de la parroquia Paccha.	59
Figura. 28: Afloramiento dentro de la División Melange Palenque de tipo multi composicional entre tobas andesíticas, andesitas basálticas y brechas; sector Artezones, barrio El Palto.	67
Figura. 29: Afloramientos dentro de la División Melange Palenque de tipo gneis esquistoso; sector Artezones, barrio El Palto.	68
Figura. 30: Andesitas basálticas de la Unidad Portovelo, barrio Bono.	68
Figura. 31: Tobas volcánicas con presencia de cantos de roca andesíta basáltica con meteorización esferoidal, sector Miraflores, barrio Bono.	69
Figura. 32: Tobas volcánicas con pequeños clastos de roca andesitas basáltica, sector Loma Bonita.	70
Figura. 33: Tobas volcánicas compactas y presencia de falla normal, sector Piedra Brillante.	71
Figura. 34: Tobas volcánicas riolíticas medianamente compactas, sector Piedra Brillante.	71
Figura. 35: Tobas volcánicas andesíticas, medianamente compactas, sector Piedra Brillante.	72
Figura. 36: Intrusivo granitoide de composición alcalino feldespática, sector Daucaý, barrio El Palto.	73
Figura. 37: Intrusivo Granitoide de composición granodiorítica, sitio Pueblo Viejo.	73
Figura. 38: Intrusivo granitoide de composición diorítica, expuesto en la vía Paccha Buenavista, sector Daucaý.	74
Figura. 39: Intrusivo granitoide de composición granodiorítica, expuesto en la carretera El Palto Artezones; barrio el Palto.	74
Figura. 40: Falla inferida Portovelo, sector Bono.	75
Figura. 41: Falla inferida marca contacto tectónico entre División Melange Palenque y el Intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo, sector Artezones.	76
Figura. 42: Falla inferida que marca el contacto tectónico entre la División Melange Palenque y la Unidad Mesa Loma.	77
Figura. 44: Falla normal en Intrusivo Granitoide Paccha-Cordoncillo, sector Cristal.	77



Figura. 45: Falla normal en Unidad Mesa Loma, sector Piedra Brillante.	78
Figura. 46: Macrorelieve de Cordillera.	81
Figura. 47: Relieve montañoso.....	82
Figura. 48: Vertiente de Cordillera	84
Figura. 49: Geoforma de Gargantas o Valles en V.	85
Figura. 50: Macrorelieve Piedemonte.	86
Figura. 51: Vertiente de Piedemonte.....	88
Figura. 52: Colina Alta ubicada en el barrio El Palto en la Unidad Portovelo.	89
Figura. 53: Colina mediana ubicada en el sitio Pueblo Viejo en la Unidad Portovelo.	90
Figura. 54: Terrazas.....	91
Figura. 55: Diagramas de clasificación QAPF para rocas plutónicas y volcánicas (modificado de Le Maitre, 2002).....	104



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Leyenda de unidades Geomorfológicas para la Región Sierra.	10
Tabla 2: Materiales necesarios para el geoprocesamiento.	23
Tabla 3: Categorías de Mesorelieve en las Unidades Geomorfológicas de Relieve General.	41
Tabla 4: Leyenda de Unidades de Relieve del área de estudio.	49
Tabla 5: Clasificación de la pendiente.....	55
Tabla 6: Red Hidrográfica de la parroquia Paccha.....	60
Tabla 7: Clasificación del uso de suelo de la parroquia Paccha.....	61
Tabla 8: Resultados de la clasificación de la pendiente.	78
Tabla 9: Unidades geomorfológicas de la parroquia Paccha.....	80
Tabla 10: Puntos de validación en campo de unidades geomorfológicas.	91



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la
Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

1. TÍTULO.

***LEVANTAMIENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A ESCALA
1:10.000 DE LA PARROQUIA PACCHA, CANTÓN ATAHUALPA,
PROVINCIA EL ORO.***



2. RESUMEN.

En el cantón Atahualpa la generación de información precisa, confiable y actualizada a escala detallada que permita una adecuada planificación, uso y gestión territorial local es sumamente importante, por lo que bajo este argumento se planteó del Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la parroquia Paccha, cantón Atahualpa, provincia El Oro, como un aporte de información para los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia y cantón.

El levantamiento de unidades geomorfológicas se basa en la conceptualización de geomorfología cuantitativa, la cual describe cuerpos tridimensionales que tienen forma, tamaño, volumen y topografía, es decir los elementos que generan un relieve; reconociendo su importancia como uno de los factores que controlan la distribución de ecosistemas a múltiples escalas.

Para la adecuada definición, modelamiento, delineación y visualización de unidades geomorfológicas, se generó índices topográficos (sombreado, pendiente, curvatura en perfil, en planta, longitudinal, transversal y máxima y mínima curvatura) a partir de un modelo digital del terreno, con los cuáles se realizó una clasificación automática No Supervisada Isodata, mediante técnicas semi automáticas; procesado en el software ENVI 5.3, y con la ayuda de filtros que permitieron mejorar la definición de la morfometría del área de estudio, lista para asignar diferentes atributos. Adicional se complementa con información de uso de suelo, pendientes, geología, interpretación en 3D, así como validaciones y revalidaciones de campo, obteniendo como resultado 2 geoformas a nivel macrorelieve (cordillera y piedemonte) y 7 a nivel mesorelieve (relieve montañoso, vertientes de piedemonte y cordillera, gargantas, terrazas, y colinas altas y medianas).

ABSTRACT

In the Atahualpa canton, the generation of accurate, reliable and updated information at a detailed scale that allows adequate planning, use and local territorial management is extremely important, so under this argument the Survey of Geomorphological Units at a scale of 1: 10,000 of Paccha parish, Atahualpa canton, El Oro province, as a contribution of information for the development plans and land use of the parish and canton.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

The survey of geomorphological units is based on the conceptualization of quantitative geomorphology, which describes three-dimensional bodies that have shape, size, volume and topography, that is, the elements that generate a relief; recognizing its importance as one of the factors that control the distribution of ecosystems at multiple scales.

For the adequate definition, modeling, delineation and visualization of geomorphological units, topographic indices (shading, slope, curvature in profile, plan, longitudinal, transversal and maximum and minimum curvature) were generated from a digital territory model, with the which was carried out an automatic Isodata Unsupervised classification, using semi-automatic techniques; processed in the ENVI 5.3 software, and with the help of filters that allowed to improve the definition of the morphometry of the study area, list to assign different attributes. Additional information is complemented with information on land use, slopes, geology, 3D interpretation, as well as field validations and revalidations.



3. INTRODUCCIÓN.

La geomorfología explica la morfología de la superficie terrestre en términos de principios relacionados con procesos denudativos, estructurales, deposicionales, tectónico erosivos, volcánicos y/o glaciáricos, con la finalidad de describir su origen y evolución con el paso del tiempo hasta el presente, así como sus diferentes configuraciones, elementos y características cuya combinación da como resultado el relieve. (Gutiérrez Elorza, 2008)

El cantón Atahualpa ha experimentado un crecimiento demográfico importante de acuerdo al territorio, cuenta con una proyección poblacional según el INEC de 5833 habitantes en 2010 a 6181 habitantes en 2020, según el último censo nacional (2010) provocando también el aumento de necesidades básicas poblacionales, así como determinar zonas adecuadas para nuevos asentamientos humanos; el desarrollo productivo de la zona basado en agricultura, ganadería, turismo y minería (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Atahualpa, 2014), también requieren de un adecuado adcentamiento de información biofísica para su normal y correcto desarrollo.

El desarrollo económico de la parroquia se enfoca principalmente en la producción agrícola y ganadera cuyos productos se comercializan en los cantones Machala, Pasaje y Santa Rosa, y la minera en el mismo territorio como en los cantones Portovelo y Zaruma. El crecimiento desordenado de la producción agrícola, ganadera y minera, la falta de información cartográfica detallada que permita conocer de cerca la dinámica de los procesos geomorfológicos y su viabilidad estratégica para comercialización de productos son recursos suficientes para generar información cartográfica geomorfológica a escala detallada (1:10.000), misma que ayudará a la mejor toma de decisiones en futuras investigaciones de planificación territorial ayudando a optimizar la utilización del territorio, también nos puede ayudar como insumo en la construcción de mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgos que brindan información útil para definir áreas de crecimiento poblacional, económico y usos de suelo.

Bajo esta argumentación el presente trabajo investigativo lleva una secuencia lógica y ordenada tal como lo establece la metodología propuesta por el MAE (2013) denominada “Modelo de Unidades Geomorfológicas Para la Representación Cartográfica De Ecosistemas Del Ecuador Continental”; detallándolo en 11 capítulos, tal como se muestra a continuación:



En los tres primeros capítulos se especifica el Título del trabajo investigativo, el Resumen que describe de forma generalizada el método utilizado para el levantamiento de unidades geomorfológicas y la Introducción que es donde se expone la importancia bajo la cual se rige el desarrollo de la investigación, junto a la secuencia lógica y esquematizada, además datos relevantes que sigue la investigación; aquí también se detallan los Objetivos, los cuales buscan cumplir con el tema de investigación de forma ordenada.

En el capítulo 4 se tiene la Revisión de Literatura donde se exponen conceptos básicos sobre procesos y características de la geomorfología para mejor entendimiento.

En el quinto capítulo se describe los Materiales y Métodos que por una parte se encuentra la descripción de materiales (brújula, martillo geológico, lupa, entre otros) e insumos cartográficos que se utilizaron tanto en campo como en oficina y metodología expone la secuencia de pasos lógicos necesarios para lograr los objetivos propuestos, entre los cuales se tiene la generación de índices topográficos en base al MDT (resolución 5m/pixel), una clasificación automática No Supervisada Isodata, agregación de filtros que permiten mejorar el entendimiento de unidades morfométricas en el software ENVI 5.3, fotointerpretación 3D, asignación de atributos (uso de suelo, pendientes, geología) a dichas unidades morfométricas con su respectiva validación y revalidación de puntos, que busquen una mejor delimitación de unidades geomorfológicas. El levantamiento geológico se lo realizó mediante el método de descripción de afloramientos, las pendientes procesando el MDT y uso de suelo obtenido como información secundaria del GAD Atahualpa.

En el capítulo 6 se muestran los resultados, detallando el área de estudio su ubicación y forma de acceder o llegar a la parroquia tanto por vía aérea o terrestre, identifican factores de clima temperatura y precipitaciones, hidrografía, uso de suelo, pendientes del terreno, así como una caracterización geológica tanto regional como local y en sí lo más importante el resultado del levantamiento geomorfológico.

Ya en el capítulo 7 se hace la respectiva Discusión de Resultados donde se determinó la génesis y edad de las unidades geomorfológicas levantadas, considerando la dinámica de la evolución que ha tenido el área de estudio; mientras que en el capítulo 8 Conclusiones se expone de forma resumida cuáles fueron los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados. El capítulo 9 Recomendaciones se plantean futuras posibilidades investigativas con finalidad de mejorar los resultados obtenidos.



Los capítulos 10 Referencias Bibliográficas y 1 Anexos exponen tanto los documentos, textos, investigaciones previas revisadas de donde se extrajo información para el correcto desarrollo de la investigación, como los respaldos de la investigación ya sea mediante tablas, fichas de campo y mapas, que fueron la información levantada para cumplir con la investigación.

3.1.OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo general

Realizar el levantamiento de unidades geomorfológicas a escala 1:10000 de la parroquia Paccha, cantón Atahualpa, provincia de El Oro.

3.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los principales índices de relieve existentes dentro del territorio de la parroquia Paccha, cantón Atahualpa, provincia El Oro.
- Zonificar geoformas en base a fotointerpretación de la zona de estudio.
- Elaborar un mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:10000, de la parroquia Paccha.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Geomorfología

Ciencia geológico geográfica que estudia las formas de la superficie terrestre (el relieve), incluso las que se encuentran cubiertas por el agua del océano, lagos, ríos y glaciares; y la superficie de los astros del Sistema Solar. El estudio geomorfológico incluye la descripción de las formas (morfología), su origen (génesis), estructura, historia de desarrollo, dinámica actual, diagnóstico a futuro y su relación con la actividad humana (Hubp, 2011).

La geomorfología se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física. (Duque Escobar, 2017)

4.1.1. Formas del relieve.

Según Teixeira (1993) es el resultado de dos fuerzas de grupos que pueden ser sucesiva o simultánea actuando: endógenos (pliegues, fallas, volcanes, terremotos) y exógenos (desgaste y acumulación).

4.1.2. Génesis.

Ciertas características de las geoformas reflejan procesos y por eso se puede reconstruir la evolución morfogenética de un territorio, es decir por sus condiciones medioambientales pasadas. Por lo general, la relación atributo-proceso es más eficiente para identificar geoformas en ambiente deposicional que en un ambiente ablacional. Las geoformas construidas son usualmente más conspicuas que las geoformas de erosión, salvo rasgos como las cárcavas o las formas que resultan de la erosión kárstica, por ejemplo. La distribución por tamaño de partículas, la estructura, la consistencia, las características mineralógicas y otros rasgos, son buenos indicadores del origen y de la evolución de las geoformas (Zinck, 2012).

- **Deposicional:** Según Hubp (1989) es la acción y efecto de abandonar los materiales que lleva en suspensión un agente de transporte. Debe ser preferido a deposición.
- **Estructural:** Según el MAGAP, (2015) son modelados resultantes de la interacción entre los diversos procesos erosivos y la litología y estructura de las rocas.



- **Denudativo:** Menciona Hubp (1989) que es un conjunto de procesos morfogenéticos que provocan la eliminación de los materiales meteorizados superficiales de un terreno dejando al descubierto sus porciones más profundas, anteriormente ocultos.
- **Tectónico erosivo:** Formas sin rasgos característicos (geoformas banales), no ligadas a ningún sustrato litológico concreto, de cierta extensión y continuidad. El MAGAP (2015) menciona que las geoformas incluidas en este grupo han sido modeladas por una erosión relativamente uniforme en su conjunto, generalmente sobre materiales que habían sido con anterioridad elevados tectónicamente.
- **Volcánico:** Formas y depósitos tanto asociados directa o indirectamente a edificios volcánicos recientes como relieves que aparecen sobre sustrato volcánico (Gutiérrez Elorza, 2008).
- **Glaciar:** Está referido a los procesos erosivos ocurridos en relieves primarios por acción de las masas de hielo (circos, valles glaciares, rocas aborregadas, entre otros) y de los procesos de transportación y sedimentación supraglaciar, endoglaciar y subglaciar de material dendrítico pobremente clasificado (morrenas laterales, terminales, centrales, entre otros) (Hubp, 2011).

4.1.3. Morfología.

Según Torres R. (2015) la morfología consiste en la descripción del relieve, descripción de las formas planetarias, megaformas y macroformas se realiza mediante materiales generales (mapas, fotos e imágenes espaciales o aéreas, informes, etc.). La descripción de las formas menores se realiza directamente en el campo. La morfología incluye aspectos tales como:

- Aspecto exterior de las formas del relieve, su forma en planta y en sección.
- Dimensiones de la forma: ancho, longitud, altura absoluta y relativa.
- Elementos que componen la forma: forma e inclinación de las laderas, carácter del parteaguas, etc.
- Características de los límites: si son definidos o no, si son graduales o bruscos.
- Rocas que constituyen la forma del relieve.
- Existencias de dislocaciones y sus características.



4.1.4. Morfometría.

Torres R. (2015) menciona que la morfometría consiste en la elaboración de datos lineales o areales de aspectos del relieve que dan como resultado expresiones cuantitativas de uno o de varios parámetros para un área determinada, ocupándose del análisis del relieve mediante la expresión cuantitativa de determinados aspectos del relieve o de procesos que actúan sobre él. En sus inicios el análisis morfométrico se sustentó en la extracción de información de los mapas topográficos, aunque en la actualidad cada vez son más usados la teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos digitales de elevación para la realización de los índices morfométricos. La representación cartográfica de estos índices son los llamados mapas morfométricos. Existen decenas de índices morfométricos, entre los que se hallan los siguientes, de basto uso por su amplio rango de posibilidades de aplicación:

- Ángulo de la pendiente
- Disección horizontal
- Disección vertical

4.1.5. Morfodinámica.

Calmels & Carballo (1992) menciona que está referido a procesos que transforman las formas del relieve (viento, agua y nieve). Es la dinámica por la cual el relieve de la superficie terrestre se ha visto modelado debido a una serie de procesos que con el transcurso del tiempo geológico han demarcado y remodelado constantemente la geomorfología en el mundo.

4.1.6. Geoformas.

Es un rasgo físico reconocible en la superficie de la tierra, con una forma propia característica; son el resultado de los procesos morfogenéticos que interactúan según el ambiente específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de dichos procesos sobre los materiales y estructuras geológicas que las constituyen, estos van desde paisajes a gran escala como llanuras y montañas a elementos individuales como valles y colinas (Ministerio del Ambiente, 2016).

4.1.7. Sistema de Clasificación de Unidades Geomorfológicas.

Según una clasificación adaptada a las condiciones del territorio ecuatoriano por el Ministerio del Ambiente (2013), se estructura de forma jerárquica utilizando un criterio internacional como se puede mostrar a continuación:



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

			Colinas Altas
			Colinas Medianas
			Colinas Bajas
			Cono de Derrubios
			Abanico Aluvial
		Piedemonte	Chevrones
			Mesetas
			Cuesta
			Vertientes
			Terrazas
			Crestas
			Estribaciones Andinas
			Llanura Aluvial
		Cordillera	Montañas bajas
			Colinas Altas
			Horst
			Abanico Aluvial
			Cono de Derrubios
			Cuesta
			Terrazas
			Cornisas
			Acantilado
		Piedemonte	Vertientes
			Colinas Altas
			Colinas Medianas
			Colinas Bajas
			Llanura litoral
			Llanura Aluvial
			Playa
			Vertientes
			Colinas Altas
			Colinas Medianas
			Colinas Bajas
			Cerro Testigo
			Mesetas
			Cuestas
		Penillanura	Cornisas
			Etchplain
			Terrazas
			Abanico Aluvial
			Llanura Litoral
			Llanura Aluvial
			Laguna
			Mesa
			Llanura Aluvial
			Llanura Litoral
			Llanuras de marea
			Peninsula
		Llanura	Barra Litoral
			Banco Aluvial
			Playa
			Terrazas
			Estuario

LITORAL

COSTA



			Rias
			Llanuras de Marea
			Colinas Bajas
			Rampas
		Isla	Acantilado
			Lagoon
			Cuesta
			Playa
			Mesetas
			Colinas Medianas
		Piedemonte Periandino	Llanura Aluvial
			Vertientes
			Chevrones
			Terrazas
			Colinas Mediana
			Mesetas
		Penillanuras	Terrazas
			Llanura Aluvial
			Abanico Aluvial
			Terrazas
		Llanura	Llanura Aluvial
			Cuerpos de Agua

AMAZONÍA

ORIENTE

Fuente: Ministerio del Ambiente (2013)

Elaboración: Ruilova R. (2020)

4.1.8. 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, 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 (Ministerio del Ambiente, 2013).
- **Macrorelieve.** - Representa la categoría intermedia de unidades geomorfológicas a escala de paisaje (10–200 km), implica relaciones de relieve de tipo geo-genético, litológico y topográficos Se distinguen relieves menores que los anteriores como: cordilleras, llanuras, valles, montañas, serranía, piedemontes, penillanura (Ministerio del Ambiente, 2013)
- **Mesorelieve.** - Son las unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 km) y que representan a un paisaje tridimensional (geoformas) caracterizado por uno o



más atributos morfométricos, litológicos y estructurales (Ministerio del Ambiente, 2013)

4.2. Índices topográficos

Tradicionalmente, la información topográfica y geomorfológica ha venido haciéndose a partir de mapas topográficos y a través de la fotointerpretación de fotografías aéreas, para este estudio se realizará el análisis a través de procesos semiautomáticos para la generación de la información a través de índices topográficos (Ministerio del Ambiente, 2013).

4.2.1. Índices topográficos primarios.

La información topográfica y geomorfológica se realiza basada en el análisis de propiedades geométricas de la superficie del terreno (pendiente, aspecto, curvatura y otros valores derivados) y pueden ser obtenidos mediante el procesamiento de un MDT (Correa Muñoz, 2012).

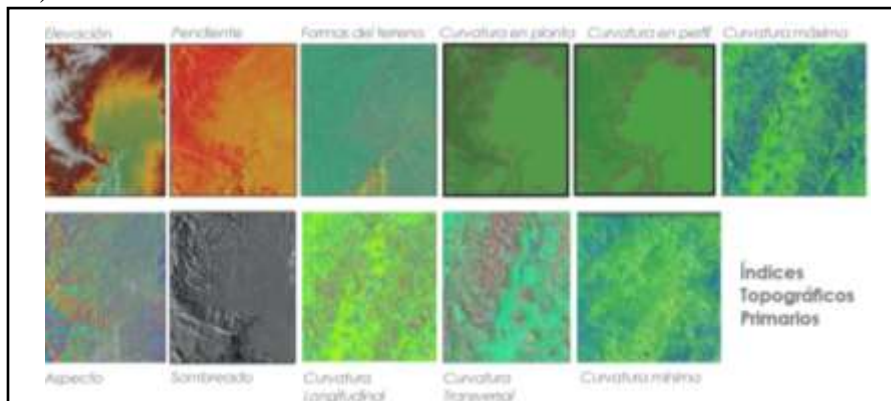


Figura. 1: Modelamiento topográfico (Índices topográficos primarios).

Fuente: Martínez, 1999.

Según el Ministerio del Ambiente (2013) describe algunos de los índices primarios tal como se muestra a continuación:

- **Índice de forma del terreno.** – Analiza cualitativamente la morfología del relieve, considerando una celda de un MDT y sus 8 celdas circundantes para clasificarla en función de los valores del conjunto como: cima, depresión, plano, línea de rotura convexa, línea de rotura cóncava, cresta o canal.
- **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.

- **Sombreado.** - 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.
- **Pendiente.** - La pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno, a mayor inclinación mayor valor de pendiente; ésta se mide calculando la tangente de la superficie. La tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal. Se puede calcular ya sea en porcentaje como en grados, mediante las siguientes formulas:

$$\text{Porcentaje de Pendiente} = \text{Altura} / \text{Base} * 100$$

$$\text{Pendiente en Grados} = \text{Arco Tangente} (\text{Altura} / \text{Base})$$

4.2.2. Índices topográficos secundarios.

Implican combinaciones de 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 (Ministerio del Ambiente, 2013).

4.3. Cartografía.

La cartografía es una disciplina geográfica que define todos los procesos que conducen a la elaboración de mapas, desde el trabajo de campo al de diseño y elaboración final; en el contexto geomorfológico es la principal forma de estudio para el relieve de un territorio, mismo que consta de tres etapas según Hubp (2011) que son:

- **Preliminar.** – Se basa en la elección del objeto, determinación del volumen de trabajo y costo, reconocimiento preliminar por publicaciones, mapas, fotografías aéreas e imágenes.
- **De campo.** – Estudio del relieve, en el sentido amplio, de los afloramientos..., correlación del relieve con las estructuras geológicas, determinación de las perspectivas de la región con yacimientos minerales.
- **De gabinete y laboratorio.** – Procesamiento de todos los materiales de campo, elaboración del mapa geomorfológico final, leyenda y texto.



4.3.1. Representación cartográfica

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 (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013).

4.4. Sistemas de Información Geográfica

Un SIG según Bravo (1995), se puede definir como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para 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 obtener una información derivada sobre el espacio (Olmos, 2010).

4.4.1. Modelos de representación.

Los modelos geográficos nos ofrecen una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos, mismos que sirven para almacenar la realidad de los modelos geográficos representados (Olaya, 2011).

- **Modelo ráster.** – En el modelo ráster, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas habitualmente celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe. Su característica principal para el análisis es su sistematicidad con respecto a patrones similares que existen en las celdas continuas.

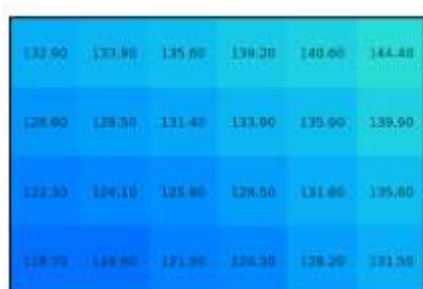


Figura. 2: Celda de una malla ráster con sus valores asociados.

Fuente: Olaya V. (2011)



- **Modelo vectorial.** - En este modelo, no existen unidades fundamentales que dividen la zona recogida, sino que se recoge la variabilidad y características de esta mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes. La forma de estas entidades (su frontera), se codifica de modo explícito, a diferencia del modelo ráster, donde venía implícita en la propia estructura de la malla, esta se modeliza mediante espacios geográficos mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos.

Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																		
Puntos			<table border="1"><thead><tr><th>Id</th><th>Area</th><th>Perimetro</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>11.2</td><td>25</td></tr><tr><td>2</td><td>22</td><td>49.8</td></tr><tr><td>3</td><td>15</td><td>37.2</td></tr><tr><td>4</td><td>19.7</td><td>36.7</td></tr><tr><td>...</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Id	Area	Perimetro	1	11.2	25	2	22	49.8	3	15	37.2	4	19.7	36.7	...		
Id	Area	Perimetro																			
1	11.2	25																			
2	22	49.8																			
3	15	37.2																			
4	19.7	36.7																			
...																					
Líneas			<table border="1"><thead><tr><th>Perimetro</th><th>Área</th><th>Longitud</th></tr></thead><tbody><tr><td>15</td><td>4.2</td><td>95</td></tr><tr><td>6.2</td><td>2.8</td><td>5.2</td></tr></tbody></table>	Perimetro	Área	Longitud	15	4.2	95	6.2	2.8	5.2									
Perimetro	Área	Longitud																			
15	4.2	95																			
6.2	2.8	5.2																			
Polígonos			<table border="1"><thead><tr><th>Superficie</th><th>Perimetro</th></tr></thead><tbody><tr><td>1000</td><td>100</td></tr></tbody></table>	Superficie	Perimetro	1000	100														
Superficie	Perimetro																				
1000	100																				

Figura. 3: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados.

Fuente: Olaya V. (2011)

4.4.2. Cartografía automatizada.

La cartografía automatizada constituye la principal vertiente de la cartografía contemporánea. Se trata de un conjunto de técnicas para el diseño y producción de mapas mediante el auxilio de computadoras. Estrictamente hablando la cartografía automatizada se refiere a la creación y aplicación de paquetes y programas para el manejo de cartografía digital. Sin embargo, los rápidos y espectaculares avances que ha sufrido la aplicación de técnicas automatizadas para la realización de estudios geográficos, ha colocado la cartografía automatizada en un plano de mayor relevancia que incluye el uso de herramientas para el manejo de bases de datos y para la realización de análisis espacial (Maass & Valdez, 2003).



4.4.3. Proyecciones cartográficas.

Consiste en establecer una radiación de semirrectas a través de un punto, llamado vértice de proyección; se consigue así una correspondencia entre cada punto interceptado en la esfera y su homólogo en el plano cortado por la misma semirrecta (Instituto Nacional Geográfico, 2013). Es así que, se conocen comúnmente como representaciones sistemáticas de los paralelos y meridianos de una superficie tridimensional en una bidimensional, resultado del análisis de las características que componen las dimensiones de la forma del globo terráqueo.

4.4.4. Escala.

Las escalas de medición se refieren a la calidad que presenta el objeto observado o representado. La información que constituye el componente temático puede medirse en cuatro escalas diferentes: nominal, ordinal, de intervalo y de razón (Rodríguez Lloret & Olivella).

Según Salitchev (1979) menciona que: “se debe considerar el área mínima cartografiable para facilitar la coherencia en la presentación espacial, eficacia en la lectura y utilidad del mapa impreso”

4.4.5. Mapa temático.

Según la Asociación Cartográfica Internacional un mapa es “la representación convencional gráfica de fenómenos concretos o abstractos, localizados en la Tierra o en cualquier parte del Universo”. De forma general, los mapas se pueden clasificar desde dos puntos de vista: según la escala de trabajo o según el propósito general o topográfico y particular o temático para el que ha sido creado (Instituto Nacional Geográfico, 2013)

4.4.6. Modelo digital del terreno.

Un MDT se define como aquel que realiza sus cálculos a través de una estructura matricial, en la que cada celda o píxel tiene un valor y una localización determinada. De esta forma, todo el territorio descrito tendrá un valor. Estas matrices pueden tener un valor binario que reflejaría la existencia o ausencia de un objeto geográfico determinado, también pueden tener un valor decimal cuando queramos representar variables continuas (por ejemplo, la altura, la distancia a una red, etc.). Los valores enteros pueden ser utilizados para representar superficies temáticas (por ejemplo, usos del suelo) (Bravo, 1995).



Según Miller y Laflamme (1958) lo definen 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

4.4.7. Topología.

La topología es el campo de las matemáticas que estudia las relaciones de los elementos en el espacio. La existencia de estas relaciones es la clave para diferenciar entre sistemas de cartografía automática (A.M.) y SIG. La concepción de estas relaciones varía entre los sistemas matriciales y vectoriales. En los sistemas matriciales las relaciones se producen entre celdas como análisis, generalmente, de vecindad, conformándose las entidades espaciales a partir de la proximidad física y de atributos entre los píxeles. Los sistemas vectoriales se suelen basar en una topología arco-nodo que viene definida por la direccionalidad, la conectividad y la proximidad entre vectores; de forma tal que a partir de éstos y otros valores se definen las diferentes entidades espaciales (Bravo, 1995).

4.5.Fotointerpretación

Es una técnica o arte apropiada para examinar imágenes fotográficas de un área u otros elementos, con el propósito de identificar diferentes componentes captados por la película, que se encontraban sobre la superficie en el momento de la captura y que pueden suministrar información de interés (Chuvieco, 1990). De esta manera, coadyuvará al reconocimiento, determinación y categorización de los paisajes y objetos en general, a través de la deducción de los objetos de la realidad que son localizados en la fotografía.

4.5.1. Digitalización.

Es el proceso de transformar información analógica a un formato digital las fuentes primarias que se convierten, pueden adoptar varias formas: cartas, manuscritos, libros, fotografías, mapas, grabaciones sonoras, microformas, películas, objetos tridimensionales, entre otros. Siendo la digitalización una contribución para el almacenamiento de manera electrónica la información y representación que sean observables a través de la interpretación electrónica de los mismos.

4.6.Geología

Es la ciencia que concierne a la tierra y las rocas de la que está constituida, los procesos que las formaron durante el tiempo geológico y el modelado de la superficie en el pasado y en el presente (Btyth & Freitas, 1995). Desde este enfoque, se basa en el análisis de las



características de las formaciones geológicas como son litología, génesis, composición, elementos de yacencia, estructuras, contactos, discordancias, diaclasas, fallas, fracturas, entre otros; con lo cual se generará una base de datos a una escala definida.

4.6.1. Geología estructural.

Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y estudia las deformaciones de los materiales en la corteza terrestre, cuyas representaciones más habituales son la formación de pliegues y de fallas (García , 2012), relacionadas con procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que se encuentra en la corteza (Belousov, 1974).

La generación de estructuras se da debido a la participación de diferentes tipos de esfuerzo como son: compresión, tensión y cizalla.

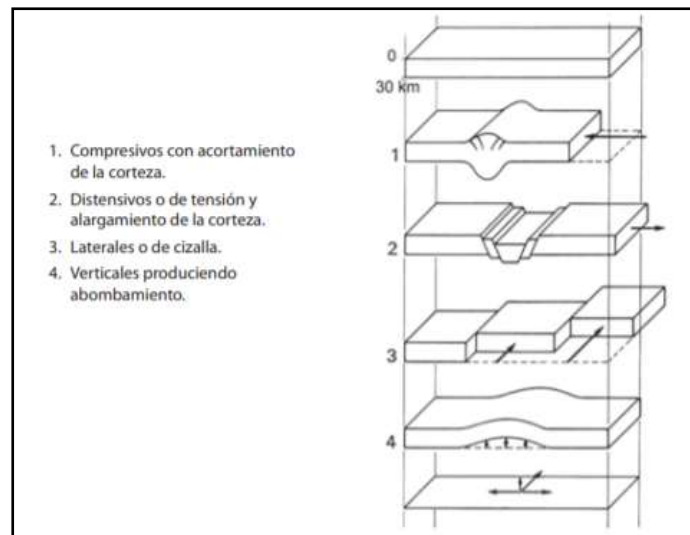


Figura. 4: Tipos de esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas.
Fuente: García (2012).

Como resultado de estos esfuerzos en la corteza terrestre se generan dos tipos de deformaciones una elástica (al cesar el esfuerzo la roca deformada recupera su forma original) y una plástica (cuando la roca está sometida a una deformación y supera su límite elástico, produciendo deformación plástica).

4.7. Clasificación de las rocas

Constituyen la parte más externa de nuestro planeta o litosfera, pueden ser consideradas como el resultado final de la evolución de sistemas físico – químicos, más o menos complejos, desarrollados como consecuencia directa de la actividad geológica exógena



(meteorización, sedimentación y diagénesis) y endógena (magmatismo y metamorfismo) (Pozo Rodríguez, Gozález Yélamos, & Giner Robles, 2006).

Esto significa que nuestro planeta está formado por muchas partes interactuantes que forman un todo complejo. El ciclo de las rocas nos permite examinar muchas de las interrelaciones entre las diferentes partes del sistema Tierra. Nos ayuda a entender el origen de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, y a ver que cada tipo está vinculado a los otros por los procesos que actúan sobre y dentro del (Tarbuck & Lutgens, 2005).

4.7.1. Rocas Ígneas.

Se forman cuando la roca fundida, denominada magma, se enfría y se solidifica. El magma es roca fundida que se puede formar a varios niveles de profundidad en el interior de la corteza de la Tierra y el manto superior. A medida que se enfría el magma, se van formando y creciendo los cristales de varios minerales. Las rocas ígneas de grano grueso que se forman muy por debajo de la superficie se denominan plutónicas. Las rocas ígneas que se forman en la superficie terrestre se denominan volcánicas y suelen ser de grano fino (Tarbuck & Lutgens, 2005).

4.7.2. Rocas Metamórficas.

Son materiales que han sufrido una transformación como resultado del intenso calor y la elevada presión, pero también como resultado de la acción de fluidos termales. De esta manera cada roca metamórfica tiene una roca madre (protolito).

El proceso metamórfico tiene lugar en un estado esencialmente sólido (blastesis), a veces con participación de fluidos intergranulares activos, lo que implica no solo la formación de nuevos minerales, sino la aparición de unas texturas y estructuras propias. Cuando la presión juega un papel importante, como en zonas falladas, tiene lugar el proceso de rotura de materiales no dúctiles (cataclasis) (González Valdez, 2016)

4.7.3. Rocas Sedimentarias.

Son materiales que se forman a partir de rocas preexistentes por los procesos de meteorización. Algunos de estos procesos fragmentan físicamente la roca en piezas más pequeñas sin modificar su composición. Otros procesos de meteorización descomponen la roca, es decir, modifican químicamente los minerales en otros nuevos y en sustancias fácilmente solubles en agua.



Normalmente los sedimentos se convierten en roca o se litifican por uno de los dos procesos siguientes. La compactación tiene lugar a medida que el peso de los materiales suprayacentes comprime los sedimentos en masas más densas. La cementación se produce conforme el agua que contiene sustancias disueltas se filtra a través de los espacios intergranulares del sedimento. Con el tiempo, el material disuelto en agua precipita entre los granos y los cementa en una masa sólida (Tarbuck & Lutgens, 2005).

4.8.Mapeo geológico.

Es el proceso de transferir observaciones de la geología realizada en campo a uno de los diferentes mapas base. Se genera por completo en campo, teniendo las siguientes características (Echeveste, Manual de levantamiento geológico)

- Información registrada objetiva, basada en análisis de rocas y afloramientos.
- Mostrar datos observados en campo (datos) y considerar inferencias interpretativas realizadas.
- Relaciones geológico/temporales entre unidades, estructuras, entre otros.
- Datos obtenidos que corresponda a la escala del mapa.

4.9.Mapeo Estructural.

El reconocimiento y mapeo detallado de estructuras geológicas (posición de pliegues, dirección de movimientos de falla, disposición de diaclasas) proporciona información sobre cómo y por qué se deforma la corteza terrestre.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Campo.

Las herramientas que se utilizaron en el desarrollo de la etapa de campo para el adecuado levantamiento de afloramientos, recolección de geo materiales y comprobación de resultados en la zona de estudio fueron:

- GPS Garmin
- Piqueta Geológica.
- Fundas Ziploc.
- Brújula BRUNTON.
- Lupa de bolsillo.
- Libreta de campo.
- Lápiz.
- Fichas de caracterización de afloramientos.
- Cámara Fotográfica.

5.1.2. Geoprocesamiento.

Se utilizaron diferentes softwares, cartas topográficas, geológicas y ortofotos, que se detallan a continuación:

- Software ArcGIS 10.5.
- Software: ENVI versión 5.3.
- Microsoft Office 2013.

Además, se consideró información para la generación de cartografía base y elaboración del mapa final, tal como:



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

Tabla 2: Materiales necesarios para el geoprocetamiento.

Información	Escala	Año	Fuente
Carta topográfica de Paccha (NVI-C4 3683-II)	1:50000	1989	Instituto Geográfico militar (IGM)
Carta Geológica Santa Rosa (Hoja 37)	1:100.000	2017	Instituto Geográfico militar (IGM)
Ortofotos	Resolución 0.3 y 0.6 m/pixel respectivamente	2010	SIGTIERRAS-IGM y SAS PLANET
MDT	Resolución 5 m/pixel	2012	SIGTIERRAS-IGM
Mapa de Uso de Suelo	1:10.000	2015	GAD Atahualpa
Límites Parroquiales del cantón Atahualpa		2019	GAD Atahualpa

Elaboración: Ruilova R. (2020).

5.2.Método

Para la elaboración del presente proyecto investigativo se consideró la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013), la cual muestra lineamientos para la elaboración de cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 sobre una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando técnicas de cartografía digital, fotointerpretación e identificación en campo.

Esta metodología establece clasificadores prescriptivos de los ecosistemas, es un sistema jerárquico e inclusivo propuesto por Báez (2010), mismo que clasifica de mayor a menor escala tres niveles para representar las formas del relieve que son: relieve general, macrorelieve y mesorelieve.

La metodología utilizada trabaja con las siguientes variables que son: relieve general, macrorelieve, mesorelieve, pendiente, litología, textura del suelo, profundidad del suelo, permeabilidad del suelo, inundabilidad, tipo de agua de inundación y observaciones; debido a que estos son parámetros establecidos para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental; a diferencia del presente proyecto que tiene como finalidad ser un aporte para futuros estudios de susceptibilidad, peligrosidad, riesgos y un adecuado ordenamiento territorial por lo cual se ha considerado parámetros de: relieve general, macrorelieve, mesorelieve, pendiente, litología y uso de suelo, del cual se ha inferido características del suelo.



Esta metodología se desarrolla mediante una clasificación automática determinada como NO supervisada (ISODATA), misma que crea agrupamientos espectrales en los cuales el analista debe asociar a clases temáticas para cada uno de los grupos.

Se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, siendo normal que el analista deba especificar ciertos aspectos como:

- Número máximo de clusters que el algoritmo debe identificar.
- Máximo porcentaje de píxeles cuyos valores se permite permanezcan incambiables entre iteraciones. Cuando se alcanza dicho número el algoritmo se detiene.
- Máximo número de iteraciones. Cuando se alcanza dicho número el algoritmo se detiene.
- Número mínimo de miembros de un cluster. Si un cluster contiene menos de dicho mínimo es eliminado y los miembros son asignados a un cluster alternativo.
- Máxima desviación estándar. Cuando la desviación estándar para un cluster excede el máximo especificado y el número de miembros que contiene es más que el doble del mínimo especificado, el cluster se divide en otros clusters.
- Se fija en valores mínimos para las distancias entre los centros de los clusters. Cuando la distancia resulta inferior a dichos valores clusters se fusionan.

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 muestra un esquema sobre la producción de la cartografía geomorfológica.

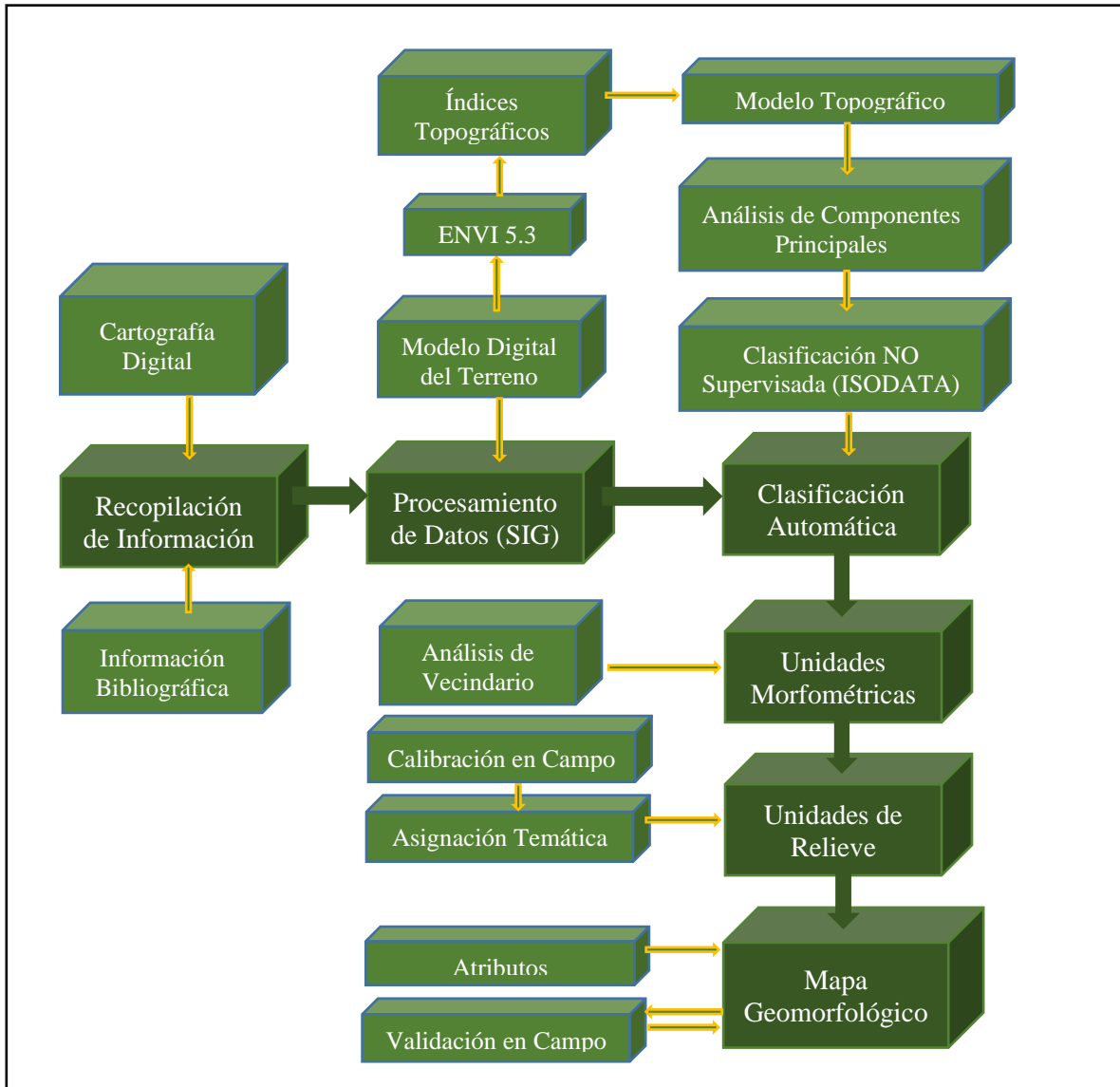


Figura. 5: Metodología desarrollada en el proyecto.
Elaboración: Ruilova R. (2020)

5.2.1. Recopilación de información.

La recolección de información fue el punto de partida del proyecto, mismo que relaciona estudios previos realizados en el área, provenientes de investigaciones realizadas por el Estado mediante: la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Secretaría Nacional de Información, Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Atahualpa y otras investigaciones independientes.



La información bibliográfica en la que se hace mayor énfasis debido a su grado de importancia para estudios similares ya realizados en el país y por ser una guía metodológica se ha utilizado el “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental” propuesto por el Ministerio de Ambiente en 2013, el cual fue obtenido de su portal, aquí detalla la metodología seguida para una clasificación automática NO supervisada (ISODATA), misma que realiza una clasificación de unidades del relieve a partir de índices topográficos derivados del modelo digital del terreno (MDT).

Otra fuente importante es el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de El Oro y del cantón Atahualpa misma que ofrece información complementaria brindando una perspectiva integral del área de proyecto.

Mientras que la recopilación de información cartográfica se la obtuvo mediante diversos geoportales e instituciones como: Instituto Geográfico Militar, SIG-TIERRAS, GAD Atahualpa; de donde se obtuvo la siguiente información:

- Carta Topográfica de Paccha (NVI-C4 3683-II), escala 1:50.000.
- Carta Geológica de Santa Rosa (Hoja 37), escala 1:100.000.
- Modelo Digital del Terreno (MDT) SIGTIERRAS-IGM, resolución de 5 m/pixel
- Ortofotos de la parroquia Paccha, resolución 0.3 y 0.6 m/pixel
- Mapa de uso de suelo del cantón Atahualpa, escala 1:10.000.
- Límites parroquiales del cantón Atahualpa 2019.

5.2.2. Metodología para el primer objetivo.

“Caracterizar los principales índices de relieve existentes dentro del territorio de la parroquia Paccha, cantón Atahualpa, provincia El Oro.”

5.2.2.1. Clasificación automática.

Para llevar a cabo la clasificación automática se partió de un modelo cartográfico que guíe el procedimiento a desarrollar mediante pasos secuencialmente lógicos que permitan obtener como resultado final un mapa de unidades geomorfológicas en el área de estudio.

El modelamiento inicia de un modelo digital del terreno, del cual se generan una serie de índices topográficos, que sirvieron de insumo para el proceso de clasificación automática no



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

supervisada (ISODATA) que genera clusters, lo que se pretende es que estos constituyan unidades morfométricas que representen una geoforma o un conjunto de las mismas, para su diferenciación se elimina información redundante mediante un Análisis de Componentes Principales, este resultado muestra unidades morfométricas poco definidas por lo que se añadió filtros espaciales; junto a esto se realizó un análisis estadístico zonal para extraer variables estadísticas del MDT, con el objetivo de ayudar a clasificar de mejor manera las unidades geomorfológicas en función de su desnivel relativo y su elevación. Finalmente se ha validado el mapa con puntos de control tomados en campo y la definición de atributos para el entendimiento adecuado del mapa geomorfológico.

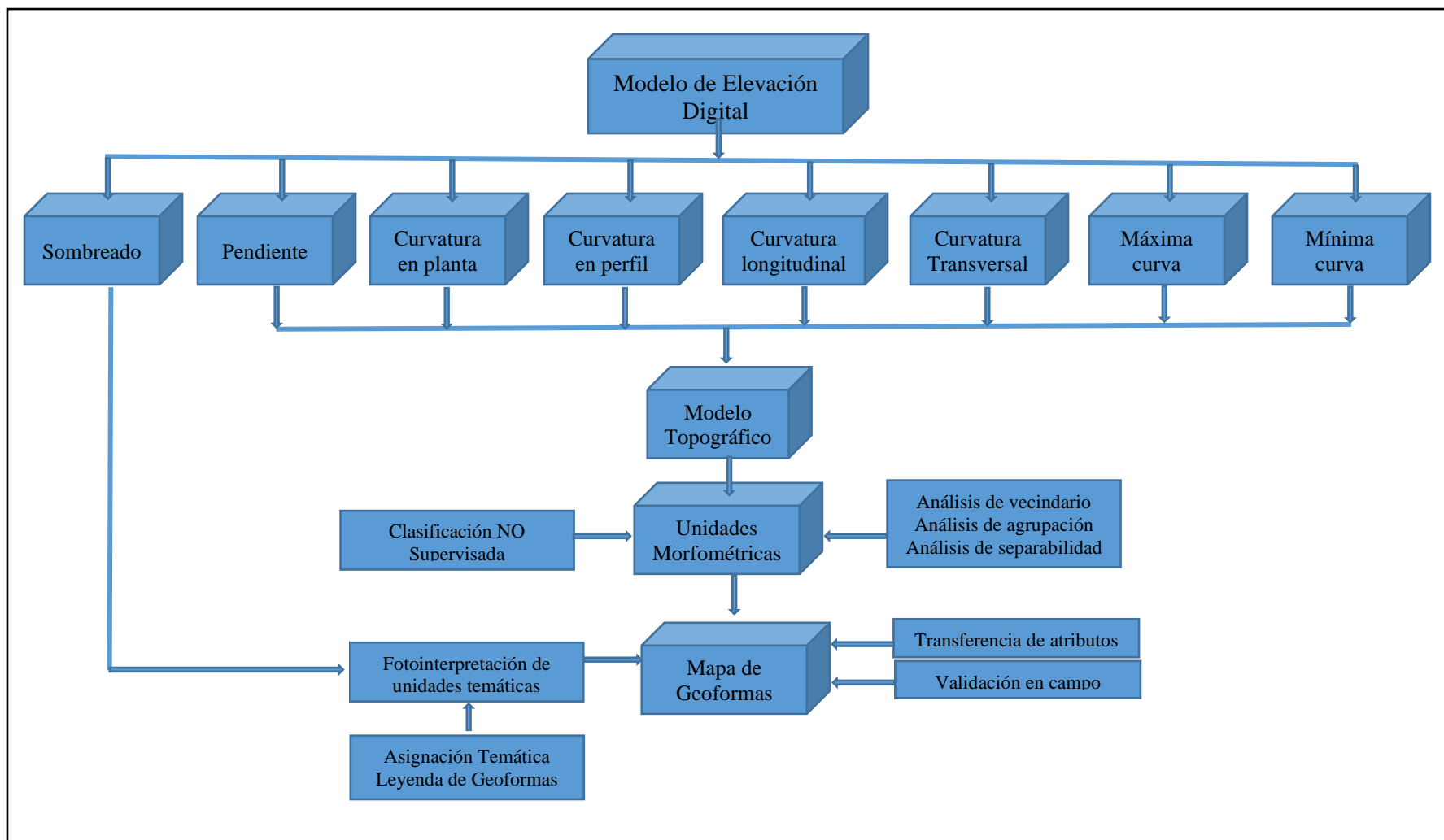


Figura. 6: Modelo cartográfico, adaptado al proyecto de estudio.

Fuente: Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013).

Elaboración: Ruilova R. (2020)

5.2.2.2. Modelo digital del terreno (MDT)

Para analizar el relieve es incondicional el modelo digital terreno del área de estudio y su posterior ejecución, por lo que es importante trabajar con el MDT sin recortar mismo que permitió tener una interpretación en un contexto general en zonas limítrofes de la parroquia; discriminando las unidades representadas en dichos lugares, ya que se considera erróneo interpretar un área sin conocer las unidades representadas fuera del proyecto.

Considerando que un modelo de elevación digital es una representación visual y geométrica de la superficie terrestre que contiene valores de puntos con coordenadas X,Y y Z, razón por la cual permiten caracterizar las formas del relieve y los elementos presentes en el mismo; debido a la información contenida que es de exactitud en elevación y resolución horizontal; en representación espacial el formato digital en este caso tiene resolución de 5 m/pixel que sirvió para calcular diversas propiedades del relieve de forma automática.

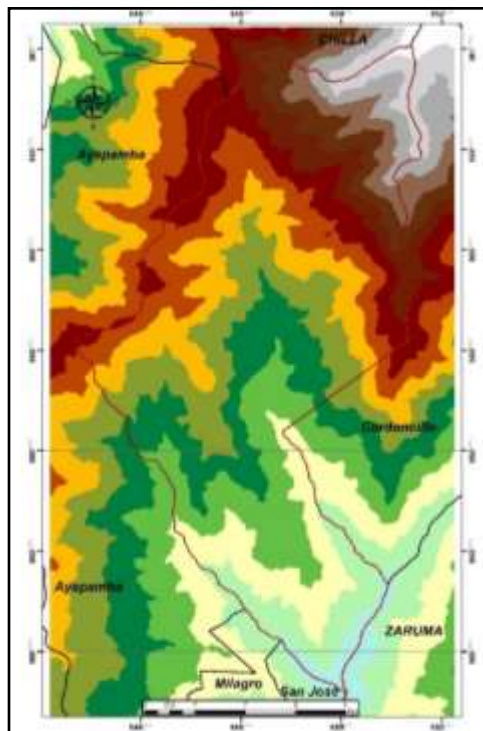


Figura. 7: Modelo Digital de Terreno del área de estudio.

Fuente: SIGTIERRAS-IGM.

5.2.2.3. Modelamiento topográfico.

Para modelar, analizar, delinear y visualizar estos elementos tridimensionales se debe generar índices topográficos de forma automática, para lo cual se utilizó el software ENVI 5.3, el cual es un paquete informático probado con un módulo específico para modelamiento



del relieve. Este algoritmo realiza un análisis cualitativo de la morfología del relieve para la caracterización geomorfológica a partir de modelos digitales del terreno, en el cual se calcula las variables topográficas más relevantes.

Se presentan ocho índices topográficos necesarios según el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013) y Wood (1996) para este modelamiento, los cuales son:

- Sombreado. (necesario para la asignación temática de cada geoforma)
- Pendiente (porcentaje). - 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 ortogonal 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 aplica a la superficie total

La eficacia del presente proyecto investigativo se debió a la aplicación de herramientas que ayudaron a combinar estos índices topográficos y así detallar la morfometría del área de estudio; para el desarrollo de este objetivo se tiene el siguiente procedimiento:

- En el software ENVI 5.3 nos dirigimos al ToolBox (caja de herramientas), seleccionamos la opción Terrain → Topographic Modeling, aquí ingresaremos el MDT del área de estudio sin recortar; al ejecutarse la acción indicada despliega un cuadro de diálogo de entrada Topo Model Parameters, mismo que debe ser configurado.
- En la opción Topographic Kernel Size seleccionamos un vecindario de 8 celdas, es decir de 3 x 3 píxeles, que corresponde a una matriz que escanea todo el ráster, haciendo un barrido de todos los píxeles para generar características en función de los algoritmos específicos requeridos.

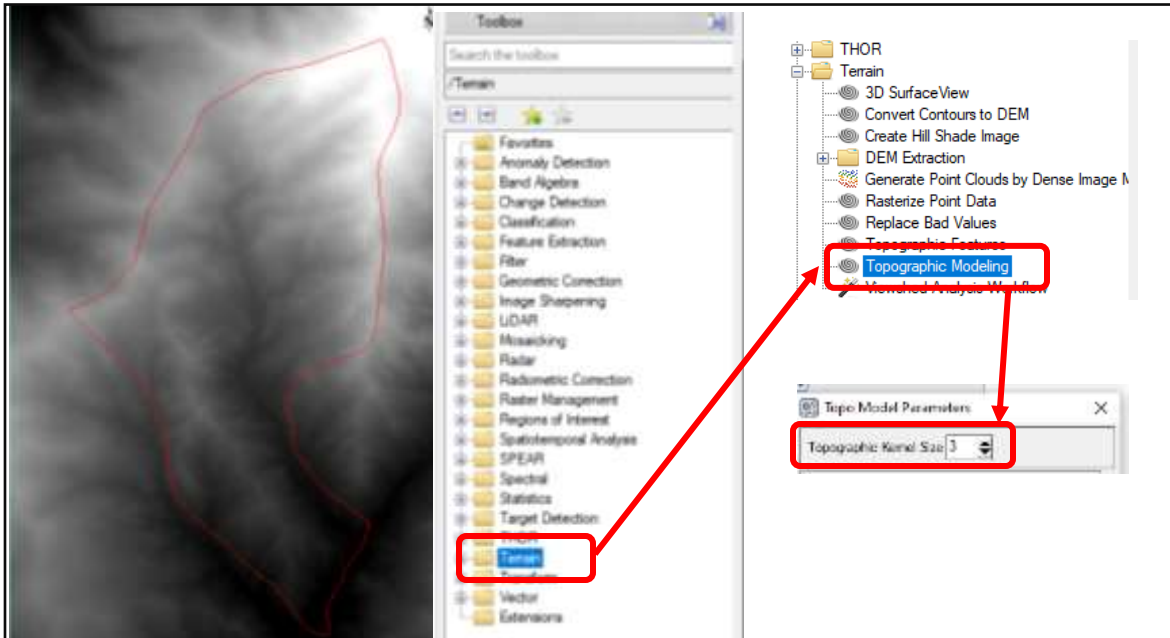


Figura. 8: Procedimiento en Topographic Modeling y Topographiz Kernel Size.

Fuente: Ruilova R. (2020)

- Seguidamente en Select Topographic Measures to Compute, elegimos las medidas topográficas que necesitamos, en este proyecto que son 8 variables indicadas por el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013): pendiente en porcentaje, 6 tipos de curvaturas, y una capa de sombreado; que se crearán mediante bandas separadas para cada uno de los índices. En el caso del de sombreado se consideró datos de proyección de la luz del sol de 45° y un azimut de 315° .

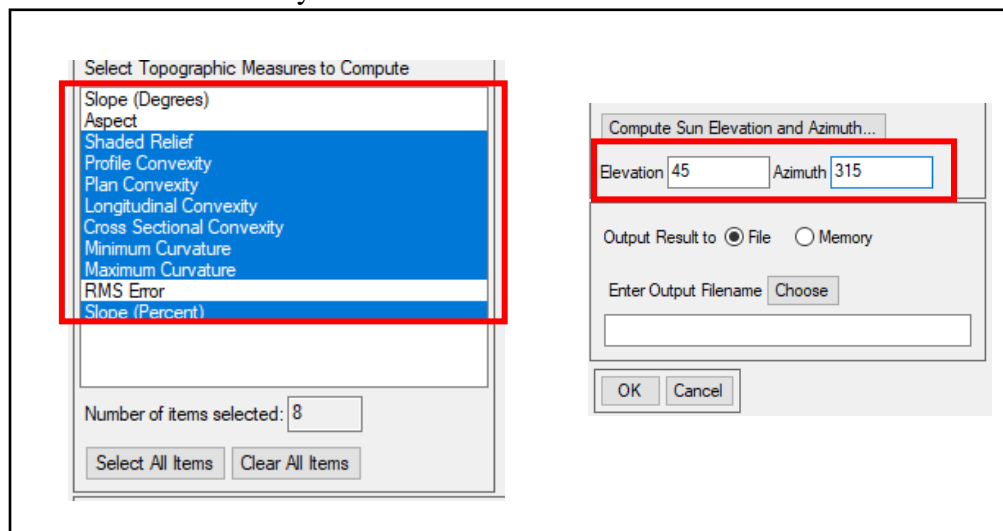


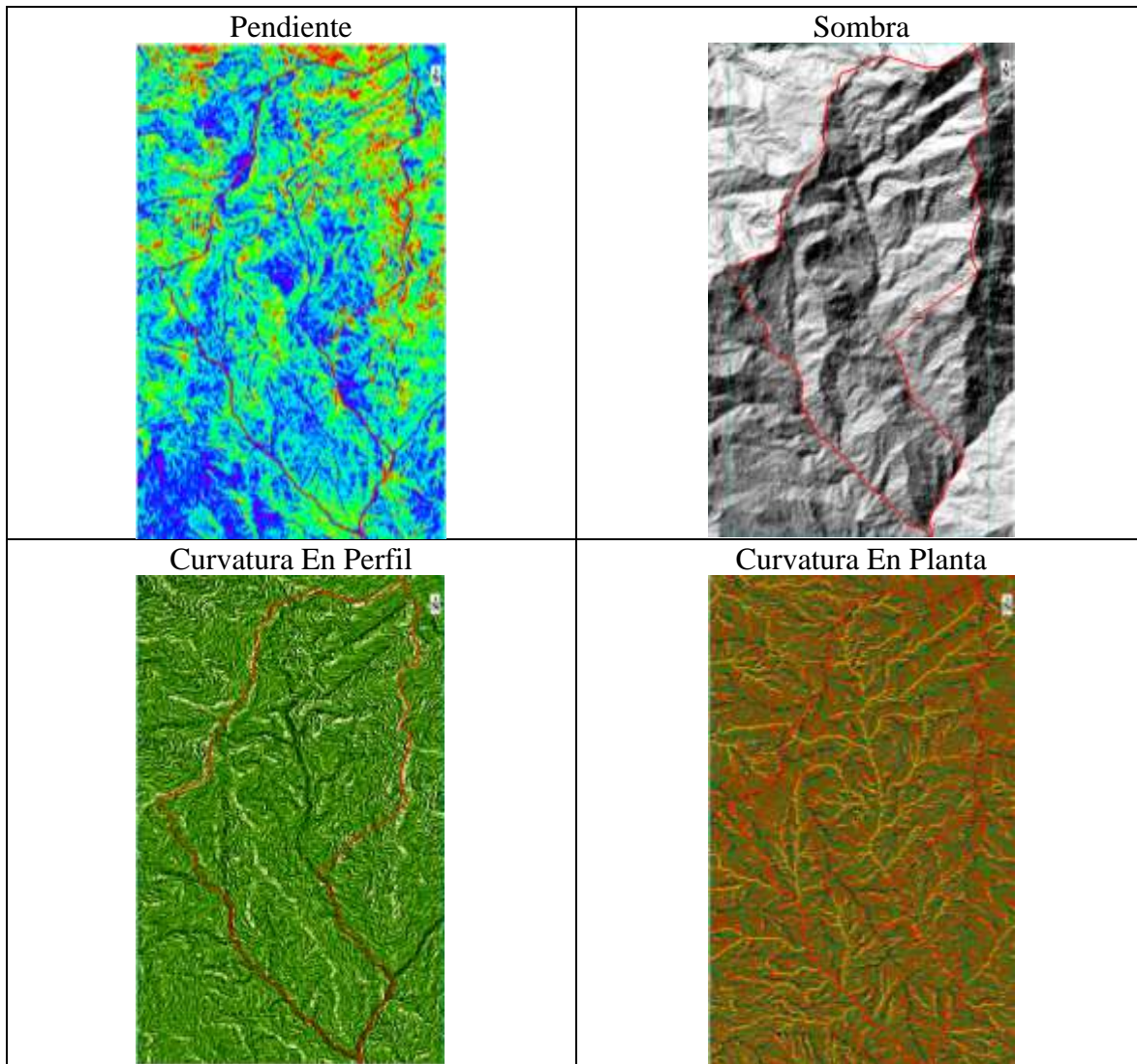
Figura. 9: Determinación de índices topográficos (Topo Model Parameters).

Fuente: Ruilova R. (2020).



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

Este procesamiento de información generó un archivo ráster multivariante de los índices topográficos antes mencionados, es decir, se lo puede visualizar en una combinación RGB al igual que se lo hace con imágenes multispectrales y se lo puede realizar en diferentes combinaciones de bandas que corresponde a variables topográficas generadas.



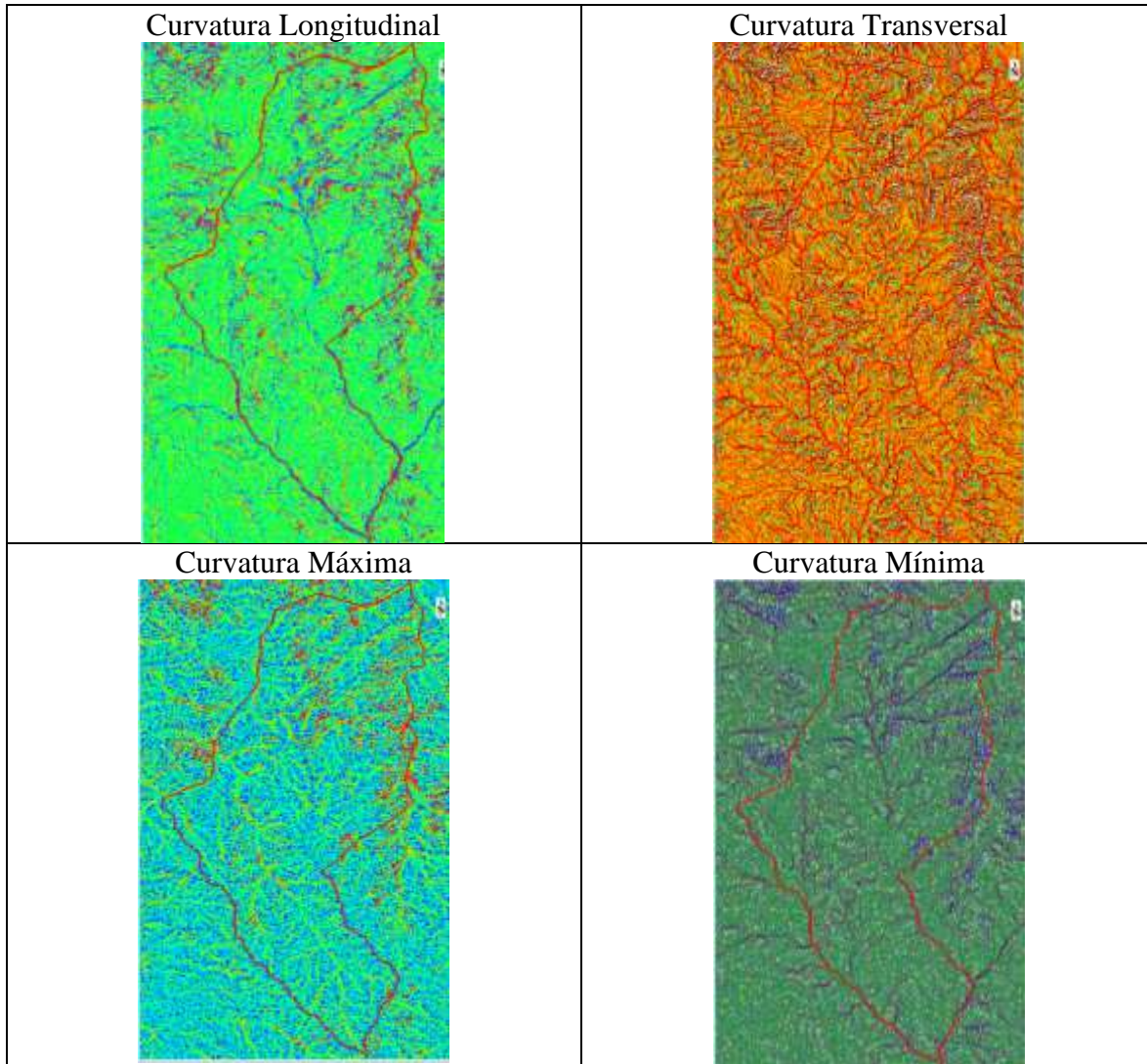


Figura. 10: Índices topográficos del área de estudio.
Fuente: Ruilova R. (2020).

5.2.2.4. Análisis de componentes principales.

El análisis de componentes principales permitió producir bandas (índices topográficos) no correlacionadas, para separar los componentes de ruido y para reducir la dimensionalidad de los conjuntos de datos (Exelis Visual Information Solutions, s.f.).

Es un procedimiento matemático que permite transformar un número de variables posiblemente correlacionadas en un número menor de variables no correlacionadas (ortogonales), llamadas componentes principales; es decir, resulta un conjunto de nuevas bandas más interpretables que las originales (Córdova, Balzarini, Bruno, & Costa, 2012).



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

El ráster multivariante obtenido pasó por una técnica que tiene como finalidad evitar redundancia en la información obtenida de un grupo amplio de variables a uno más pequeño, sin que se pierda la confianza del producto, ya que los modelos topográficos son altamente correlacionados.

Para el desarrollo del análisis de componentes principales se utilizó el software ENVI 5.3 a través de la herramienta Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate, que la podemos encontrar en la caja de herramientas (Toolbox → Transform → PCA Rotation), considerando la siguiente configuración:

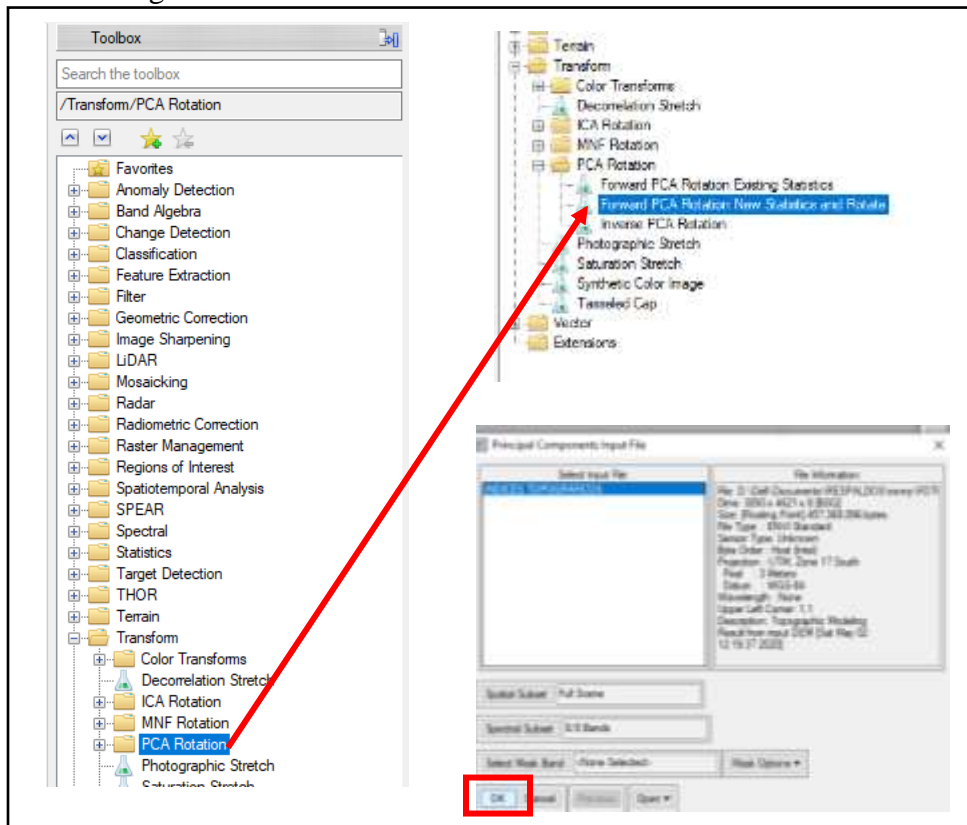


Figura. 11: Ingreso a herramienta Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate.

Fuente: Ruilova R. (2020)

- Factores de Redimensionamiento X/Y, que equivale al tamaño de celda, definido en 0.5 permitiendo una velocidad óptima en los cálculos estadísticos.
- El cálculo a partir de una Matriz de covarianza, se la realiza porque los datos no varían mucho entre las bandas y no requiere normalización.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

- Elección de un subconjunto de valores propios que permiten escoger el número de bandas PC de salida, que por defecto son iguales al número de bandas de entrada. En este caso serán 7, ya que al índice de sombra no se considera.

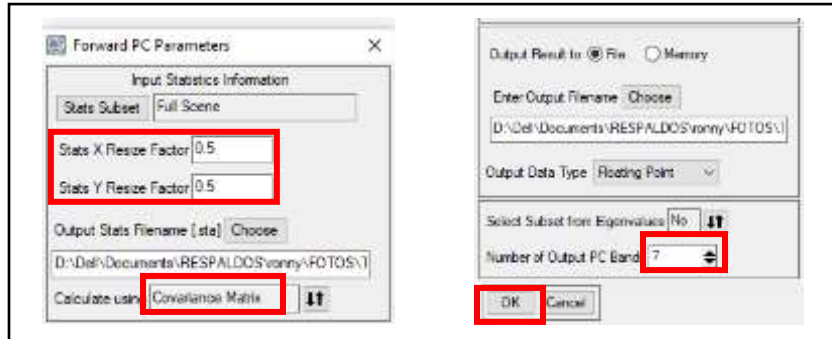


Figura. 12: Configuración para el Análisis de Componentes Principales (PCA)
Fuente: Ruilova R (2020)

Como resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP) se obtuvo 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 contienen la mayor variación de datos, mientras que las restantes aparecen con ruido debido que tienen poca variación de datos originales y el otro resultado es un ráster multivariante que posee las capas de salida de la herramienta de ACP.

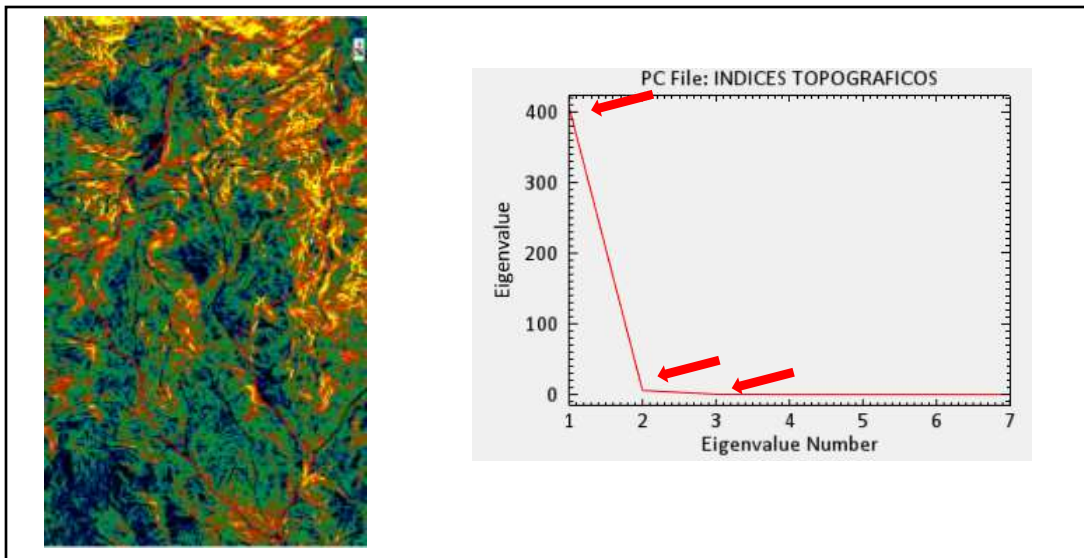


Figura. 13: Resultado de Análisis de Componente Principales (Ráster multivariante y sus valores estadísticos).

Fuente: Ruilova R. (2020).



5.2.2.5. Clasificación automática no supervisada.

Una vez desarrollado el ACP, se procedió a clasificar automáticamente; este proceso es una clasificación no supervisada utilizando el algoritmo ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analyst Technique), las variables de entrada son: pendiente, curvatura en planta, curvatura en perfil, curvatura longitudinal, curvatura transversal, mínima curvatura y máxima curvatura; las tres primeras variables mencionadas contienen la información más relevante en cuanto al modelado del terreno se refiere, ya que definen límites discretos (no son definitivos) de cada una de las unidades de relieve en función de sus características topográficas (curvaturas y pendiente), que son las más importantes y las más utilizadas para este tipo de análisis.

De acuerdo a las condiciones del área de estudio se realizó la siguiente configuración en el software ENVI 5.3; para realizar esta clasificación, procedemos a la herramienta IsoData Classification, que se encuentra dentro de Toolbox → Classification → Unsupervised Classification; definiendo parámetros como:

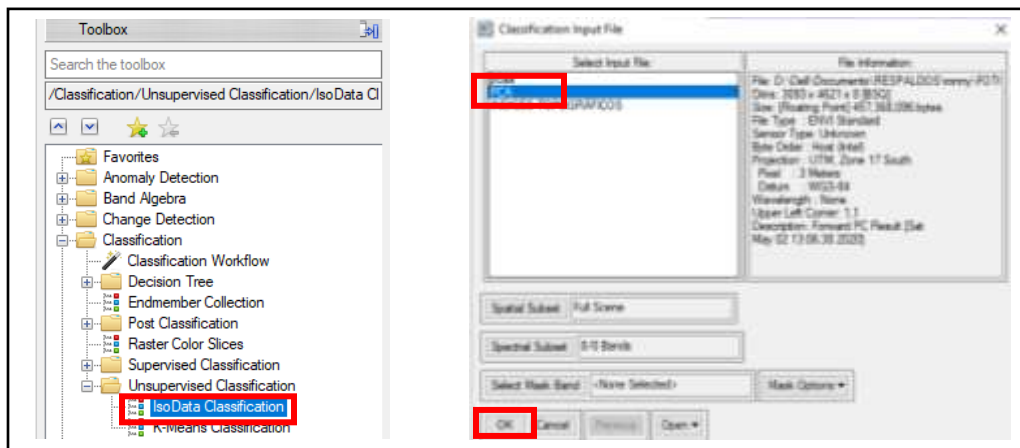


Figura. 14: Ingreso a la herramienta IsoData Classification.

Fuente: Ruilova R. (2020).

- **Número de clases.** - Se basa fundamentalmente en lo que se puede apreciar en el modelo topográfico por parte del intérprete, más las referencias de información secundaria como lo es el mapa de geformas del Ecuador y el mapa de paisajes naturales. En el caso del presente proyecto caso se estableció un valor estimado de 5.
- **Número de iteraciones.** - El número de iteraciones se estandariza en 5, significa el ciclo que sigue el algoritmo hasta cumplir con el umbral de convergencia de clasificación de los píxeles, esto nos asegura que todos los píxeles sean asignados a



una unidad morfométrica (cluster), una vez cumplido el criterio el algoritmo se detiene.

- **Umbral de convergencia.** - Este umbral se establece en 2% de confianza que corresponde el máximo porcentaje de píxeles cuyos valores se permite permanezcan incambios entre iteraciones, una vez que ha llegado al umbral el algoritmo se detiene, es decir se establece un máximo del 2% de posibilidad de error.

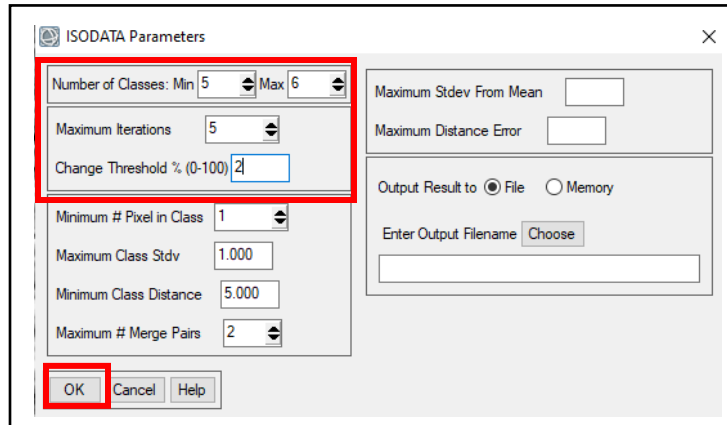


Figura. 15: Configuración para la Clasificación Automática No Supervisada.

Fuente: Ruilova R. (2020)

El procesamiento de la información configurada arrojó como resultado un modelo con una gran variabilidad de unidades dispersas y desordenadas, razón por la cual no se observan unidades de relieve específicas.

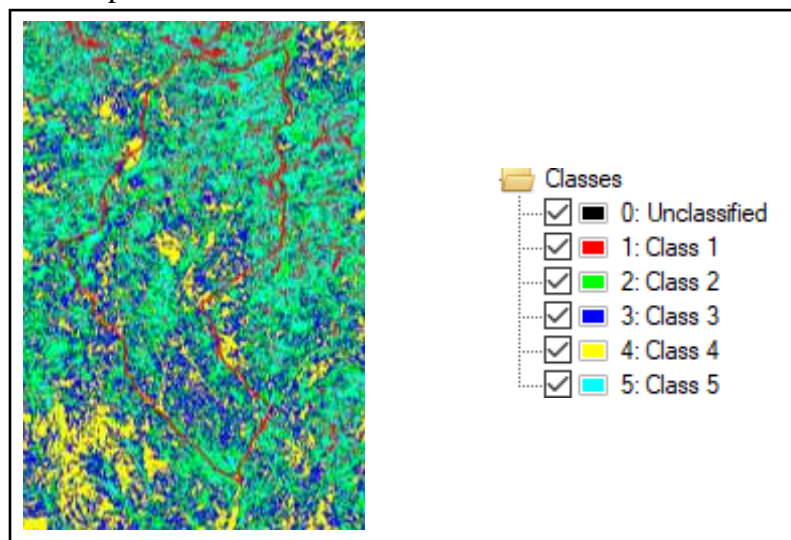


Figura. 16: Clasificación IsoData.

Fuente: Ruilova R. (2020)



5.2.2.6. Análisis SIG.

El análisis SIG consistió en generalizar y delinear el modelo obtenido en la clasificación automática ISODATA que representa unidades morfométricas, por lo que se sometió a ciertos filtros que permitieron minimizar el ruido y afinar las mismas para que estas unidades sean interpretables según el sistema de clasificación.

El primer filtro que se utilizó es el de vecindario mediante la herramienta Majority/Minority Analyst, mismo que se encuentra en el Toolbox → Classification → Post Classification; este filtro cambia píxeles falsos dentro de una clase individual, utilizando una matriz de Kernel (3x3 celdas), resultando de esto que píxeles aislados sean absorbidos por la clase mayoritaria más cercana. Para desarrollar este filtro primero se determinó la Unidad Mínima Cartografiable (UMC), mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

- Escala de modelo de elevación (E).
- Tamaño de matriz suavizada o Mínima unidad mapeable (MUM), según Rossiter (2000) menciona que “en un mapa, el tamaño mínimo que debe ocupar una unidad cartográfica ha de ser de al menos 25 mm^2 (un cuadro de 5mm por lado)”
- Área mínima cartografiable, según la escala de trabajo de este proyecto (1:10.000 que corresponde a nuestro insumo de análisis) es de 0.25 Ha.

$$UMC = (25 \text{ mm}^2 * \left(\frac{10.000}{1000}\right)^2)$$

$$UMC = 2500 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ Has.}$$

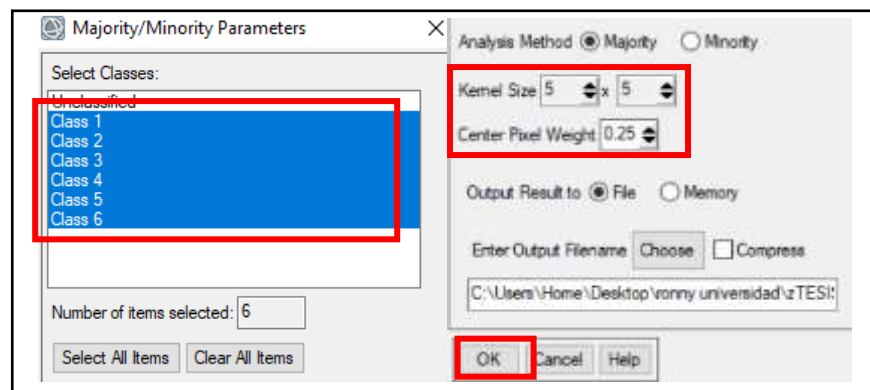


Figura. 17: Configuración del filtro de suavizado (Majority/Minority Analyst).

Fuente: Ruilova R. (2020).



Una vez aplicado este filtro se sustituyeron los valores de pixel por la función de filtrado, generando así una capa con unidades morfométricas suavizadas; pero que necesitaron de otros filtros para mejorar su calidad.

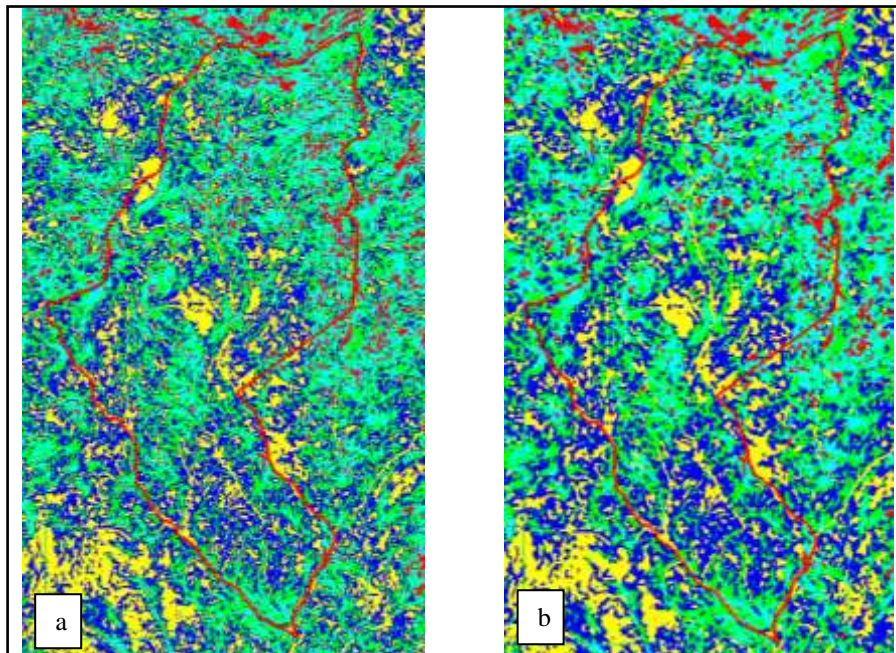


Figura. 18: a) Iso Data sin filtro Majority/Minority Analyst; b) IsoData con filtro Majority/Minority Analyst.
Fuente: Ruilova R. (2020).

Al seguir resultando falta de identificación de unidades morfométricas precisas se utilizó la herramienta Classification Aggregation, ubicado en el Toolbox → Classification → Post Classification que consistió en eliminar clusters menores a la UMC, es decir, menores a 0.25 Has., y así remover pequeños pixeles sustituyéndolos por valores de grupos más grandes y cercanos; lo que generó un ráster mucho más interpretable de las unidades morfométricas.

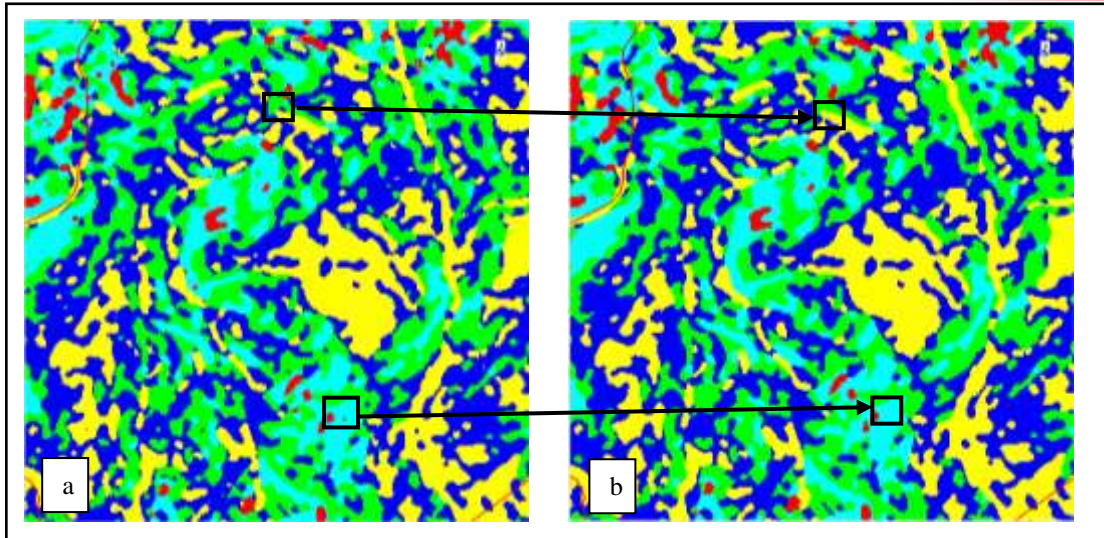


Figura. 19: a) IsoData sin filtro Classification Aggregation; b) IsoData con filtro Classification Aggregation
Fuente: Ruilova R. (2020).

Obteniendo así finalmente un ráster que representa las unidades morfométricas (geoformas) que ya se encuentran listas como insumo para correlacionar la información obtenida mediante fotointerpretación y cumplir con el segundo objetivo de este proyecto en la asignación temática; el objetivo es nombrar a cada clase en función de la leyenda, en este punto se hizo énfasis en que las unidades geomorfológicas serán ingresadas a partir de los nombres correspondientes al mesorelieve, para posterior ser generalizadas a macrorelieve y relieve general.

5.2.3. Metodología para el segundo objetivo.

“Zonificar geoformas en base a fotointerpretación de la zona de estudio.”

Una vez extraídas las unidades morfométricas en base a determinación de índices topográficos se obtuvo ya una idea general de lo que se pretendía hacer a detalle mediante fotointerpretación, misma que se realizó sobre el Modelo Digital del Territorio y ortofotos obtenidas del SIGTIERRAS-IGM y del Satélite Google Maps con resolución de 0.3 y 0.6m/píxel respectivamente, en la cual se subdividió el área de estudio de acuerdo a las formas del relieve, mismos que constituyeron una porción de paisaje que generó información relevante mediante observación de características visibles en ortofotos, a través del software ArcScene 10.5, el cual analizó rasgos presentados en superficie que fueron interpretados.



5.2.3.1. Asignación Temática.

Se realizó en función de la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013) en su proyecto desarrollado que se denomina “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental”, considerando que se debe hacer una clasificación de orden jerárquico desde lo inferior o específico hacia lo superior o general, es decir, Mesorelieve, Macrorelieve, Relieve General y Región Biogeográfica; con la finalidad de dar un nombre a cada clase de unidad morfométrica resultante del procedimiento anterior y ordenar mencionada clasificación, para añadir información relevante o atributos a cada una de las clases encontradas.

Para la asignación temática fue necesario realizar la calibración de unidades de relieve en terreno, con información relevante de campo acompañado de fotografías que es la mejor ayuda que el intérprete tiene.

Tabla 3: Categorías de Mesorelieve en las Unidades Geomorfológicas de Relieve General.

RELIEVE GENERAL		
Mesorelieve de Montaña (Cordillera de los Andes)	Mesorelieve de Costa	Mesorelieve de Amazonía
Relieves montañosos	Montañas bajas	Mesetas
Cimas	Colinas bajas	Colinas medianas
Horsn	Horts	Vertientes
Crestas Periglaciares	Abanico aluvial	Chevrones
Aristas	Cono de derrubios	Llanura aluvial
Edificios Volcánicos	Cuesta	Terrazas
Caldera	Terrazas	Abanico aluvial
Cráter	Cornisas	Cuerpos de agua
Colinas Altas	Cuestas	
Vertientes	Acantilados	
Crestas	Vertientes	
Mesetas	Playa	
Cuestas	Cerro testigo	
Laguna	Etchplain	
Cuerpos de agua	Llanura aluvial	
Vertientes disectadas	Llanura litoral	
Estribaciones andinas	Llanura de marea	
Escarpes	Mesa	
Cornisas	Banco aluvial	
Gargantas	Barra costera	
Domo volcánico	Estuario	
Cono de escorias	Rías	
Depósitos lávicos	Rampas	
Glacis	Lagoon	
Drumlins	Península	
Morrenas		
Llanura subglaciar		
Llanura de ablación		
Terrazas de crioplanación		



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

Circo glacial
Islote
Terrazas
Horts
Graben
Chevrones
Abanico aluvial
Relieve apalechense
Cono de derrubios

Fuente: Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013).

Elaboración: Ruilova R. (2020).

5.2.3.2. Sistema de clasificación.

En el nivel de clasificación jerárquico correspondiente a Relieve General, según Villota (1997) corresponde a una región morfológica en la que prevalece una o más unidades climáticas, estando constituido por unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico (litología y estructuras), topográfico y espacial.

El área de estudio se encontró en la región de Montaña, es decir, en la gran barrera montañosa de la Cordillera de los Andes, tal como se muestra a continuación.

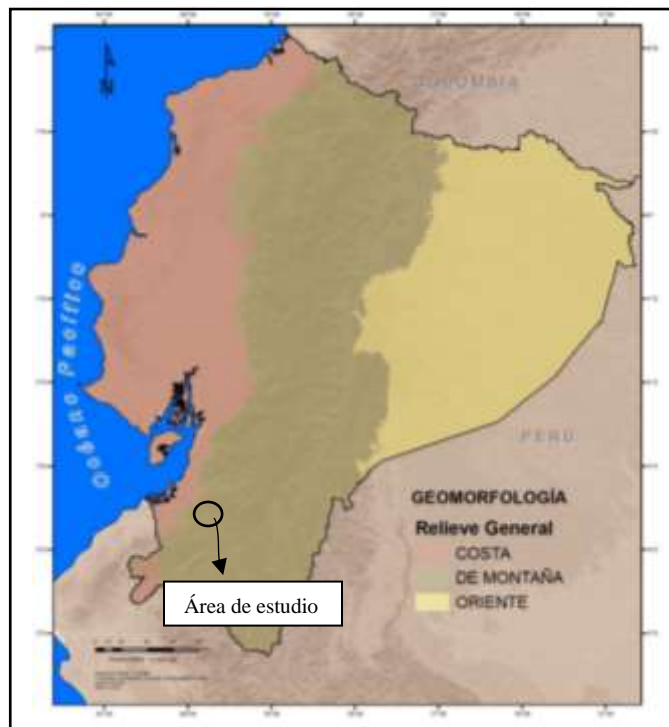


Figura. 20: Mapa de unidades geomorfológicas correspondientes al Relieve General.

Fuente: Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013).

El nivel jerárquico medio Macrorrelieve comprende asociaciones o complejos de paisajes con relaciones de parentesco de tipo climático, geo genético (implica que la morfología del



relieve se debe a los procesos geomorfológicos endógenos y/o exógenos mayores que lo originaron), litológico (grupo de roca) y topográfico (Villota, 1997).

Se lograron distinguir relieves menores que los anteriores como: cordilleras, llanuras, valles, montañas, serranía, piedemontes, penillanura. Se describe a continuación cada una de ellas:

- **Montaña.** - Grandes elevaciones naturales del terreno que poseen un desnivel desde la línea de base hasta la cumbre mayor a 300 m, cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre. Su cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada, redondeada y tabular, su pendiente es $>30\%$. Las partes de una montaña son la cumbre y las laderas (vertientes).
- **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.
- **Valle.** - Llanura de tierra con pendientes menores al 8%, es aquella depresión entre dos elevaciones del terreno. Los valles se pueden presentarse en forma de U, V y plano.
- **Cordillera.** - Es un sistema dual de alineaciones montañosas y colinosas, enlazadas entre sí (mayor que la serranía). Constituyen zonas plegadas o en fase de plegamiento.
- **Piedemonte.** - Partes bajas de montañas y serranías hasta el punto de inflexión con el valle o la llanura. Hace referencia al Piedemonte Andino.
- **Penillanura.** - Terreno de poca altitud y escasos relieves producida en la última etapa del ciclo de denudación. Es la forma de relieve que suele ocupar grandes extensiones y que, por efecto de la erosión, presenta una superficie suavemente ondulada, sin apenas diferencia de altura entre los valles y los interfluvios. Está formada por materiales antiguos y erosionados.
- **Llanura.** - Terreno muy extenso y plano, con pendientes menores al 8%. La elevación del terreno en las llanuras no sobrepasa los doscientos metros sobre el nivel del mar; y son de reciente origen, ya que pertenecen al período cuaternario o antropozoico.

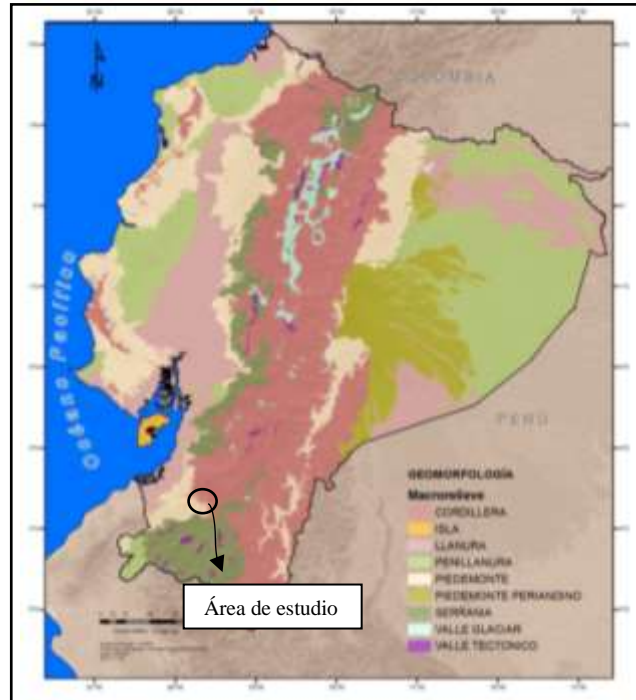


Figura. 21: Mapa de unidades geomorfológicas correspondiente a Macro-Relieve.

Fuente: Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013).

A continuación, se describen los subniveles correspondientes a Mesorelieve; en el último nivel jerárquico o el correspondientes a áreas más específicas, según Villota (1997) son las formas del relieve de menor magnitud o escala local (1-10 Km) que representan a un paisaje tridimensional (geoformas) correspondientes a una división del gran paisaje establecida según posición dentro del mismo (colina, vertiente, mesa) y, caracterizada por uno o más atributos morfométricos (forma y grado de la pendiente; tipo y grado de erosión; grado de disección; clase de condición de drenaje).

Según Villota (1997) las definiciones conceptuales y operativas son las siguientes:

- **Relieves Montañosos.** - A este grupo se incluyen las montañas cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación fluvio – erosional y glaciárica, respectivamente.
- **Cimas.** – es un elemento de relieve cuya cota es destacada y máxima en su entorno.
- **Horns.** – morfologías piramidales peculiares que se desarrollan debido al arranque pulido y transporte durante la erosión glaciár.



- **Crestas Periglaciares.** – formas individuales o asociadas según su red de fracturas, diaclasado o estratificación al actuar conjuntamente los procesos de crioclastia y caída.
- **Aristas.** – Formas individuales o asociadas de contrastes agudizados por pérdida selectiva de material por procesos glaciares y/o torrenciales previos o coetáneos que contribuyen a perfilar su morfología.
- **Edificios Volcánicos.** – En esta unidad genética de relieve se agrupan todos los paisajes geomorfológicos determinados por el vulcanismo, que han sufrido en diverso grado los efectos de la denudación pero que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Estas estructuras volcánicas según sus rasgos morfológicos pueden ser recientes, antiguas y muy antiguas. Poseen materiales geológicos de rocas extrusivas, lavas y piroclastos.
- **Caldera.** – morfologías relacionadas a fenómenos de subsidencias, colapsos y desplomes ocasionados por descompresión y explosión violenta en una cámara magmática.
- **Cráter.** – en principio considerados sinónimos de calderas, es decir una depresión tendente a troncocónica y originada por fenómenos de explosión y colapso. La ventana de emisión puede estar confinada en una depresión longitudinal tipo fisura, una irregular ensanchada o ya la comentada troncocónica.
- **Colinas Altas.** – Son unidades morfológicas con una topografía colinada arrugada con una diferencia de altura relativa de 75-200 m con una pendiente de 14-20 %.
- **Colinas Medianas.** – Son unidades morfológicas con una topografía ondulada con una diferencia de altura relativa de 25-75 m con una pendiente de 8-13 %.
- **Colinas Bajas.** - Son unidades morfológicas con una topografía suavemente ondulada con una diferencia de altura relativa de 5-25 m con una pendiente 3-7%.
- **Vertientes.** – Es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos (picos, crestas, bordes de mesetas o puntos culminantes del relieve) y los bajos (pie de vertientes o vaguadas). El perfil de una vertiente puede ser regular, irregular, mixta, rectilínea, convexa y cóncava (es decir, con rupturas de pendiente), dependiendo de la litología y la acción de la erosión.
- **Crestas.** – resalte por una capa dura formando: cornisas rectilíneas o en bucle.



- **Mesetas.** - Elevación natural extensa, son formaciones geológicas que suponen determinada altura sobre el nivel del mar; que por lo general se encuentran rodeadas por abruptos acantilados y de terrenos más bajos. Pueden tener dos formas de generación principales: por el movimiento de las placas tectónicas que subyacen a la superficie o por la erosión de montañas o incluso de los territorios que la rodean.
- **Cuesta.** – Paisaje homoclinal formado como consecuencia de la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados; se caracteriza por su ladera estructural por lo común más larga que el escarpe, con buzamientos que varían entre 2° y 8° aproximadamente, lo cual le otorga una mayor estabilidad al paisaje y a sus suelos, por la menor incidencia de los procesos erosivos.
- **Laguna.** – es un depósito natural de agua ocupando depresiones topográficas bien excavadas por el hielo glacial, de menores dimensiones, sobre todo en profundidad, que un lago. Suelen ser muy productivas debido fundamentalmente al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad.
- **Cuerpos de Agua.** –
- **Vertientes Disectadas.** - Vertientes de ejes montañosas fuertemente ramificadas, con drenaje muy denso representado por quebradas y torrenteras afluentes a ríos principales, en su mayoría se constituyen como naciente de ríos.
- **Estribaciones Andinas.** – Las estribaciones andinas o contrafuertes andinos, son cordilleras menores o formaciones geológicas derivadas de un sistema de montañas (cordillera), típicas del flanco occidental de los Andes peruanos. Las estribaciones andinas representan para la costa peruana, la interrupción de valles y desiertos debido a la presencia de cadenas de cerros o cordilleras que van en sentido perpendicular al litoral y a la cordillera occidental de los Andes.
- **Escarpes.** – Es una vertiente de roca que corta el terreno abruptamente. La pendiente es mayor a 45°, aunque sea solamente una parte de la vertiente. A veces adopta la forma de una cornisa, que corona una vertiente en una extensión más o menos larga, aunque conservando una altitud sensiblemente constante. Varias cornisas pueden



sobreponerse paralelamente separadas por la pendiente menos abrupta de los depósitos de derrubios. La pared es un escarpe próximo a la vertical y bastante liso.

- **Cornisas.** – Conjunto de rocas resistentes que forman la parte superior de un escarpe. Configuran fuertes pendientes.
- **Gargantas.** - Valle en uve: característica de causas torrenciales o esporádicos con dinámica violenta en material consolidado (ej: rocas plutónicas y metamórficas).
- **Domo Volcánico.** - Acumulación formando resaltes topográficos a modo de colinas que representan sucesivas acreciones alrededor del centro emisor están compuestas por lava tefra o mezcla de ambas.
- **Cono de Escorias.** - Es un montículo cónico de fragmentos volcánicos que se acumulan alrededor y viento abajo de una chimenea volcánica. Los fragmentos de roca, por lo general llamados cenizas o escoria, son vidriosos y contienen muchas burbujas de gas “atrapadas” cuando el magma explota en el aire y se enfría rápidamente. Muchos conos de escoria poseen un cráter con forma de tazón en su cúspide.
- **Depósitos Lávicos.** - son flujos de lava, que forman colinas de cresta aguda.
- **Glacis.** - El termino francés glacis (derivado del latín glacies, hielo) significa terreno plano e inclinado (simbólicamente, resbaladizo o similar a una superficie helada) sin llegar a la magnitud del escarpe o cortado; franja-talud sobre la que se eleva algo por ejemplo un relieve o una fortaleza.
- **Drumlins.** - Son acumulaciones de till subglaciar y predominantemente de fusión, a veces con depósitos fluvio-glaciares y glaciolacustres en niveles o lentejones interstratificados. Se forman en el lecho basal y presentan una fisonomía en dorso de ballena, pero siempre elongada por el desplazamiento del hielo y con su máxima anchura y elevación dispuestas en el sentido de dicho desplazamiento.
- **Morrenas.** - Son acumulaciones de till, de todo tipo y procedencia, con gran heterogeneidad fisonómica.
- **Llanura Subglaciar.** - Es un relieve climático que se forma posterior de que se haya retirado el hielo del terreno quedando como elementos de esta llanura rocas pulidas, aborregadas, bloques erráticos, alternando con till subglaciar, sedimentos lacustres y supraglaciares, céspedes, drumlins y morrenas.



- **Llanuras de Ablación.** - (outwash o sandur) canales anastomosados fluvio-proglaciares formando grandes llanuras, con pequeñas depresiones originadas por colapso (kettles).
- **Terrazas de Crioplanación.** - Son rellanos o replanos sucesivos debidos a la conjunción de varios fenómenos, entre los cuales destacan como los más frecuentes: gelisolifluxión, removilización de los materiales por la arroyada nival, crioclastia y creep.
- **Circo glaciar.** - Son cuencas con cabecera en forma de circo limitadas por crestas picos Horns y aristas más o menos continuas, o interrumpidas por corredores de hielo que comunican distintos compartimentos.
- **Islote.** - son pequeñas islas donde normalmente no viven seres humanos por su tamaño pequeño.
- **Terrazas.** – Son zonas llanas, bajas y estrechas formadas por depósitos aluviales de arenas características del Cuaternario combinados con guijarros grandes. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión.
- **Horts.** – o pilar tectónico muestra un movimiento hacia arriba en su interior, es decir el sector central está construida por rocas más antiguas como el sector lateral. Morfológicamente un horst puede formar morfológicamente elevaciones o depresiones (valles quebradas).
- **Graben.** - El conjunto de dos fallas normales paralelas con inclinación opuesta en un ambiente tectónico expansiva se llama graben o fosa tectónica. En el interior de una fosa tectónica afloran generalmente rocas más jóvenes como afuera del sistema. El tamaño de un graben puede ser centímetros hasta grabenes grandes alrededor de 300 km. Morfológicamente un graben puede aparecer como valle o como cerro.
- **Chevrones.** – Son pliegues con charnela angulosa y flancos planos. Poseen superficies estructurales disectadas, con pendientes entre 40 y 70% y también frentes de chevrones con pendientes superiores al 70%.
- **Abanico Aluvial.** – Terreno de modelado fluvial cuyo nombre se debe a su forma característica semicircular o silueta cónica, con su parte superior más estrecha y empinada; posee una suave pendiente entre 1 y 10 grados (<20%), dependiendo de la



pendiente por la que se desliza. En el cual la masa de materiales aluviales es espesa, de granulometría gruesa (cantos, gravas y arenas).

- **Relieve Apalachense.** – Formado en rocas sedimentarias, bastante antiguo y, por lo tanto, muy erosionado y convertido en una plataforma de erosión, pero que ha sufrido en épocas más recientes un levantamiento general (a escala regional) con lo que muchos ríos se han insertado en el relieve de una manera distinta a la que presentan los ejes de cordilleras y valles paralelos de dicho relieve.
- **Cono de Derrubios.** – Son acumulaciones detríticas aglomeráticas acomodadas a corredores y pasillos entre escarpes rocosos, que bien permanecen formando como ríos de bloques que bien terminan expandiéndose en su salida generando conos.

Luego de realizado un análisis previo en nuestra área de estudio mediante la revisión bibliográfica y de ortofotos se identificó la siguiente clasificación geomorfológica en el nivel de Mesorelieve y Macrorelieve:

Tabla 4: Leyenda de Unidades de Relieve del área de estudio.

Macrorelieve	Mesorelieve
Cordillera	Relieve Montañoso
	Gargantas
	Vertientes
Piedemonte	Vertiente
	Colinas
	Terrazas

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador (2013)

Elaborado: Ruilova R. (2020).

Una vez identificada la clasificación correspondiente a Mesorelieve y su posterior generalización se procedió a la calibración de unidades geomorfológicas en campo, para obtener mayor información relevante y fotografías que ayuden a una mejor interpretación; la información que se levantó en terreno es la siguiente:

- Relieve General.
- Macrorelieve.
- Mesorelieve.
- Pendiente.
- Litología.
- Uso de suelo.



Se realizó 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 geoformas, así como fotografías, el cual permitió georreferenciar la información levantada para su posterior procesamiento en el software ArcGis 10.5 con la respectiva fotografía de las áreas levantadas.

Se realizó el levantamiento de 105 puntos con sus respectivas fotografías en un recorrido por el área de estudio, gracias a la accesibilidad geográfica que tiene el sector, que es de gran importancia para una interpretación garantizada de acuerdo al detalle propuesto.

5.2.3.3. Fotointerpretación de Unidades Temáticas.

Para llevar a cabo la interpretación en sí se utilizó el índice topográfico más importantes como es el “sombreado”, el cual ayudó a tener una mejor perspectiva del modelado del relieve, ya que las realza; de aquí la importancia de ayudarnos en la interpretación con esta variable; es muy importante comprender que esta variable considera la iluminación según la posición del sol.

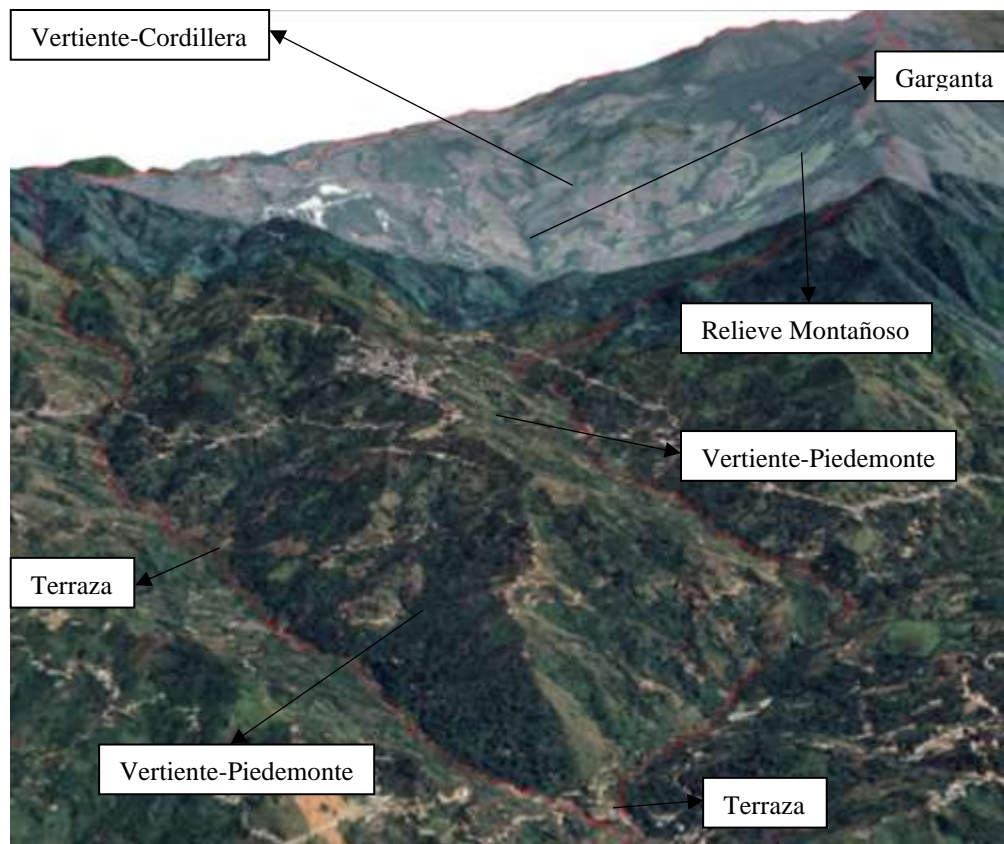


Figura. 22: Fotointerpretación de Unidades Geomorfológicas.
Fuente: Ruilova R. (2020)



Para complementar la visión de las geoformas se realizó visualizaciones 3D, mediante ArcScene 10.5, donde cargamos la información de puntos de campo enlazadas a las fotografías y la capa temática de las unidades, la cual fue el resultado de la clasificación automática a partir de variables topográficas, a esta capa en formato ráster se le asignó un atributo temático, para posterior transformar a formato vector donde editamos y afinamos ciertas unidades, ya que cualquier método de clasificación automática no es perfecto, por lo que se debe realizar un proceso de edición.

5.2.4. Metodología para el tercer objetivo.

“Elaborar un mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:10.000, de la parroquia Paccha.”

Una vez interpretadas las unidades morfométricas extraídas a partir de los índices topográficos y su respectiva calibración en campo, estas se convirtieron en unidades geomorfológicas categorizadas de manera jerárquica como lo establece la leyenda temática, éstas fueron generalizadas mediante un “Dissolve” con herramientas SIG con el fin de realizar los siguientes procesos.

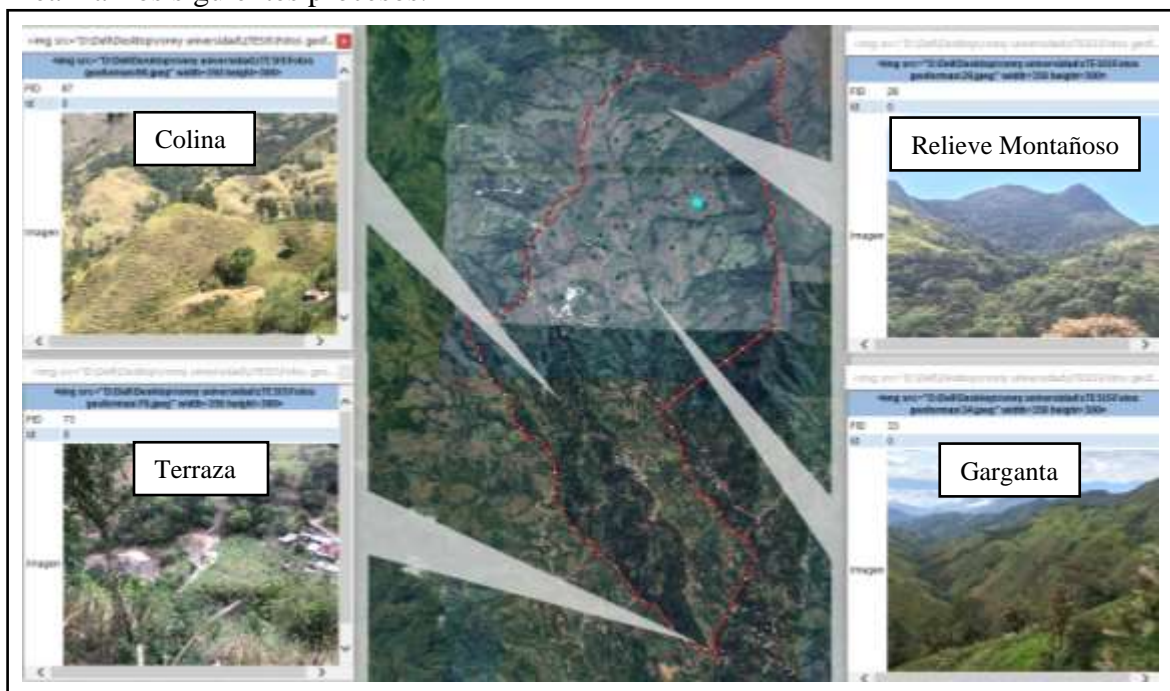


Figura. 23: Calibración de Unidades Geomorfológicas con ayuda de fotografías.

Fuente: Ruilova R. (2020)



5.2.4.1. Análisis estadístico zonal.

El análisis estadístico zonal extrae valores estadísticos de los píxeles del modelo digital del terreno que corresponden a cada unidad de relieve para almacenarlos en la tabla de atributos.

Del modelo digital del terreno se obtuvo la altura promedio (Mean), altura mínima (Min), altura máxima (Max) y desnivel relativo (Range) de cada unidad de relieve, con el fin de poder diferenciar las unidades en función de estos parámetros. Esto lo realizamos utilizando la herramienta Zonal Statistics en el software ArcGis 10.5.

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

Figura. 24: Muestra de un Análisis Estadístico Zonal.
Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador (2013).

5.2.4.2. Mapa de Uso de Suelo.

La base de esta información fue cedida por el GAD Atahualpa, elaborada en el en el año 2015 por sus respectivos técnicos; para actualizar esta información se desarrolló una delimitación a partir de una interpretación visual de acuerdo al procesamiento de ortofotos del área de estudio.

Como resultado de la actualización del uso de suelo se identificó 6 clases diferenciadas ocupadas para el sector pecuario bovino, conservación y protección, agrícola, habitacional, riego o consumo y una menor cantidad improductiva.

5.2.4.3. Mapa Geológico.

Teniendo como referencia la carta geológica de Santa Rosa, Hoja 37 a escala 1:100.000 del año 2017 del Instituto de Investigación Geológica, se consideró como punto de partida la geología regional para profundizar mediante el análisis de las formaciones existentes en el área de estudio y su posterior constatación en campo.



La observación y estudio de las ortofotos cedidas por el SIG-TIERRAS, permitieron identificar numerosos afloramientos presentados de forma natural (deslizamientos, macizos rocosos expuestos), como antrópica (construcción de vías e infraestructuras), donde se identificó la ubicación de los mismos para posterior realizar su respectiva descripción en campo y extracción de muestras con la finalidad de llevar a cabo su análisis petrográfico en laboratorio.

Durante la fase de campo se realizó el recorrido por todas las áreas accesibles planificadas con anterioridad, con el fin de obtener información de toda el área para representar el modelo geológico y geomorfológico.

La recolección de información, muestreos y su respectiva interpretación para la elaboración del mapa propuesto en el tema de estudio, se realizó 6 recorridos para abarcar el territorio:

- Paccha hasta sitio Dauca y por la vía Paccha-Buenavista-Pasaje.
- Paccha - barrio Bono y sitio Gualunguro, por la vía Paccha-Piñas.
- Paccha - Loma Bonita, por la carretera Paccha-Loma Bonita-Cordoncillo.
- Yacuvíña – Dauca y, por carretera Yacuvíña y carretera privada.
- Dauca y hasta sitio Piedra Brillante, por la carretera que conecta ambos sitios.
- Artezones – El Palto – Paccha.

Se georreferenció todos los afloramientos encontrados con coordenadas UTM-WGS84 Zona 17S, registrando toda la información en libretas de campo y en los mapas topográficos guías llevados a campo.

En los afloramientos georreferenciados se consideró características litológicas y estructurales, así como sus respectivos elementos de yacencia; se correlacionó la información levantada en campo con la información previa (Carta Geológica Santa Rosa, Hoja 37); se realizó una descripción macroscópica de las muestras de mano en cada uno de los afloramientos caracterizando todos los parámetros observables tales como: color, textura, estructura, forma, tamaño de los granos minerales entre otros elementos observables a simple vista.

Los afloramientos se describieron mediante una tabla generada por el INIGEMM, y modificada por el autor del presente proyecto investigativo (**Ver Anexo 1**), en la cual se



enfaticó las principales características del afloramiento descrito, así como sus elementos de yacencia.

Para el análisis petrográfico en laboratorio se recogió muestras de mano, siendo estas codificadas para su interpretación, mediante un esquema representativo con iniciales del Nombre del Proyecto (LUGP), iniciales del tesista (RR) y el número de afloramiento de donde se obtuvo la muestra.



Figura. 25: Muestra de roca granodiorítica codificada.

Fuente: Ruilova R. (2020).

En el análisis petrográfico en laboratorio se describieron las muestras obtenidas en campo, basándose en la ficha implementada por el INIGEMM y modificada por el autor (**Ver Anexo 2**); para la descripción petrográfica como: color, textura, estructura, tamaño de grano, forma de clastos, porcentaje de fenocristales y matriz y la información de ubicación, estructural, contenidos minerales, grado de meteorización y nombre sugerido para la roca (**Ver Anexo 3**). Por último, se plasmó en el mapa topográfico todas las características geológicas obtenidas anteriormente, en cada punto de observación, datos de rumbo y buzamiento más los trazos de diaclasas y fallas. Debido a que permitieron conocer con cierta exactitud las relaciones de corte 3D entre las geofomas, pendiente, litologías y superficies de falla

El método que se utilizó es el de “descripción de afloramientos”, siendo esta la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escala 1:10.000; según Echeveste H. (2017) este tipo de método es muy utilizado en exploración geológica y minera, debido a la exposición de rocas aflorantes más o menos dispersos, separándose por zonas cubiertas por depósitos superficiales, vegetación, agua, entre otros.

Esta información levantada en campo se desarrolló de la mano con la descripción de unidades geomorfológicas. mismas que fueron georreferenciadas mediante la utilización del GPS Garmin.



5.2.4.4. Mapa de Pendientes.

La variable pendiente se elaboró mediante geoprocesamiento del modelo digital del territorio, mismo que identificó la diferencia del gradiente entre formas del relieve, es decir se hizo una relación entre la distancia horizontal y la altitud entre dos puntos, cuya inclinación se encontró asociada principalmente por la geología y las condiciones ambientales existentes en el área de estudio.

Este mapa se desarrolló mediante el siguiente procedimiento:

- Se creó la pendiente usando la herramienta SLOPE, que se encuentra en Arctoolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Slope. Aquí la información de entrada (Input ráster) para su geoprocesamiento será el modelo digital del territorio obtenido del SIGTIERRAS-IGM de resolución 5 x 5m por pixel, mientras que el resultado (Output ráster) se le dará una dirección de almacenamiento y su respectivo nombre.
- Se reclasifica la pendiente con la herramienta RECLASSIFY, que se encuentra en Arctoolbox → Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify. Esta herramienta permitió reclasificar los valores obtenidos por Default y se ingresará la clasificación de pendiente propuesta por Demek (1972) misma que se encuentra dada en grados (°), tal como se muestra a continuación:

Tabla 5: Clasificación de la pendiente.

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

Fuente: DEMEK (1972).

Elaborado: Ruilova R. (2020)

- Se transformó el ráster a vector con la herramienta Ráster to Polygon, con la finalidad de poder editar su tabla de atributos y así obtener valores de importancia como: área y porcentaje; ésta se encuentra en Conversion Tools → From Ráster → Ráster to polygon.
- Como último se generalizó cada una de las clasificaciones, es decir se construyó un solo polígono para cada clasificación, para ello se utilizó la herramienta Dissolve, que se encuentra en Data Management Tools → Generalization → Dissolve, una vez construido se agregó atributos a su tabla tales como: clase,



rango, área, y porcentaje; y se asignó la coloración respectiva e identificativa de cada una de las clasificaciones existentes.

5.2.4.5. *Mapa de Unidades Geomorfológicas.*

Ya en el modelado del mapa final se realizó un enlace de los puntos GPS levantados mediante una nueva revalidación de georformas y sus respectivas fotografías obtenidas en el recorrido de campo; que se desarrolló mediante un hipervínculo en la tabla de atributos de ArcGis 10.5 con un código que represente a cada uno de los puntos GPS. Esto nos sirvió para dinamizar el entendimiento de esta investigación.

La revalidación de georformas se realizó en un total de 41 puntos, lo cuáles ayudaron a definir y delinear finalmente el mapa de unidades geomorfológicas en conjunto con información obtenida de las diferentes variables que se utilizó, tanto del nivel mesorelieve como macrorelieve

La representación mediante polígonos de cada una de las unidades geomorfológicas se procedió a extraer información de elevación, pendientes, litología y uso de suelo para alimentar la tabla de atributos de cada una de estas unidades, con el fin de contribuir a su diferenciación en función de valores estadísticos de los datos de elevación de las unidades geomorfológicas.



6. RESULTADOS

6.1. Ubicación y acceso

6.1.1. Ubicación.

El área de estudio del presente trabajo investigativo se encuentra al Sur del Ecuador específicamente en la parroquia urbana Paccha perteneciente al cantón Atahualpa en la provincia de El Oro (**Ver Anexo 4**), cubriendo una superficie de 47.11 Km^2 limita por el Norte con el cantón Chilla, al Sur con el cantón Zaruma, al Este con la parroquia rural Cordoncillo y por el Oeste con las parroquias Ayapamba, San José y Milagro. Siendo esta parroquia de gran importancia por su conexión de tránsito hacia los cantones costeros debido a la vialidad en buen estado, reduciendo tiempos de movilización entre cantones de la Parte Alta (Zaruma, Portovelo y Piñas) y Parte Baja (Santa Rosa, Pasaje, Machala) de El Oro. Se encuentra entre altitudes de 878 msnm en el extremo Sur y 3393 msnm en la zona Norte al límite con el cantón Chilla (**Ver Anexo 5**).

6.1.2. Acceso.

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 la ciudad de Guayaquil con un tiempo de viaje de 1h 20 minutos, luego por vía terrestre hasta la parroquia urbana Paccha tomando un tiempo de 1h30 minutos aproximadamente.

Mediante vía terrestre se toma la carretera E35 desde Quito a Riobamba, luego se toma la vía a la costa pasando por Pallatanga-El Triunfo-Naranjal-Machala-Paccha con un recorrido de 579Km en total en un tiempo aproximado de 9 h 49 minutos; estas vías son de primer y segundo orden.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”



Figura. 26: Acceso a la parroquia Paccha mediante a) Vía aérea; b) Vía terrestre.
Fuente: Google Maps, 2020.

6.2.Clima

Considerando que el clima es uno de los factores ecológicos que más influye sobre las características morfológicas, distribución geográfica y comportamiento funcional de las especies, mismas que responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud sobre el nivel del mar, dirección de cadenas montañosas, vegetación cercanía al océano, corrientes marinas y vientos.

La parroquia Paccha tiene variabilidad de climas según el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Atahualpa (2014), tal como se muestra a continuación:

- **Macro – térmico o tierra caliente.** – Característico de la zona baja y limítrofe de la parroquia Paccha con temperaturas que oscilan los 24°C y una altitud de entre 878 y 1000 msnm
- **Sub-tropical.** - con temperaturas de 24°C, altura promedio de 1000 – 1800 msnm, característico de los barrios Huacas, Loma Bonita, Palto Cristal, Gualunguro y Bono pertenecientes a la parroquia Paccha, así como también de la zona urbana de Paccha.
- **Meso – térmico o tierra templada.** - se presenta en las cordilleras Yacuviña y Chinchilla, con temperaturas que varían desde los 14°C – 18°C a una altura promedio de 1800 msnm.



6.2.1. Precipitaciones.

La parroquia no cuenta con estaciones climáticas que registren parámetros meteorológicos, por lo que fue necesario considerar estaciones cercanas que si cuentan con información climática y a través de métodos empíricos de interpolación determinar la precipitación media anual.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2014), la precipitación media es de 2073 mm anuales; registrándose febrero, marzo y mayo como los meses más lluviosos y junio, agosto y septiembre como los más secos, tal como se muestra a continuación.



Figura. 27: Precipitación mensual de la parroquia Paccha.

Fuente: GAD Atahualpa (2014).

6.2.2. Temperatura.

La temperatura promedio es de 21,6°C; registrándose octubre y noviembre como los meses más calurosos, con temperaturas que oscilan entre 26 y 28°C, mientras que el mes de menor temperatura es agosto con 11,4°C (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Atahualpa, 2014).

6.3.Hidrografía

La parroquia Paccha por su fisiografía particular, presenta dos unidades hidrográficas cuyo escurrimiento vierte en el cauce del río Calera-Amarillo, que forma parte de los afluentes de la cuenca Binacional Puyango-Tumbes y en porción muy baja hacia la cuenca del río Zarumilla. (Ver Anexo 6).

Las principales quebradas tributarias hacia esta cuenca se lo mencionan a continuación:



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

Tabla 6: Red Hidrográfica de la parroquia Paccha.

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área (Km ²)	Porcentaje (%)	Aportes Hídricos	Longitud (Km)	TOTAL (Km)
R. Puyango-Tumbes	R. Calera-Amarillo	R. Bono	12,336	26,19	Q. Pueblo Viejo	3,412	10,684
					Q. El Remace	0,033	
					Q. Changuro	0,055	
					Q. La Sillada	0,043	
					Q. Santa Bárbara	0,800	
					R. Bono	6,341	
		Q. Palto	3,215	36,32			
		Q. Manchera	0,017				
		Q. Artezones	3,531				
		Q. Daucay	2,975				
		Q. Higuierillas	2,723				
		Q. Palmal	2,281				
		Q. Piedra Brillante	4,025				
		Q. Romerillos	2,223				
R. Palto-Salado	15,330						
R. Zarumilla	R. Daucay	R. Chilola	0,108	0,23	0	0
	R. Dumari	R. Saladillo	0,073	0,16	0	0

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2014-2019).

Elaborado: Ruilova R. (2020).

La red hídrica de la zona de estudio es de tipo dentrítica, cuenta con una longitud total de 47,00 Km, misma que es afluente de la subcuenca del Río Calera-Amarillo y posterior cuenca binacional Puyango-Tumbes; el territorio de estudio corresponde a cuatro micro-cuencas: Río Bono, Río Palto- Salado y en proporción muy reducida al Río Chilola y Río Saladillo.

La mayor incidencia de red hídrica corresponde a la micro-cuenca del río El Palto-Salado que comprende una longitud de 36,32 Km que alcanza el 77,27% del territorio de estudio; presenta vastas zonas de irrigación natural provenientes principalmente de la zona norte y este donde se encuentran las elevaciones de mayor altitud en la provincia.

En la zona oeste encontramos la micro-cuenca del río Bono que tiene una longitud 10,68 Km que representa el 22.73% de la red hídrica, se considera que este río es la zona limítrofe con las parroquias aledañas de Ayapamba, Milagro y San José.

6.4. Uso de Suelo

El uso actual del suelo en la parroquia Paccha según la clasificación realizada por el GAD Atahualpa en 2015 y actualizada por el autor del presente trabajo investigativo (**Ver Anexo**



7), se obtuvo como resultado que la mayor porción del territorio con un 64.48% (30.37 Km²) corresponde a un uso pecuario específicamente bovino extensivo correlacionando esta información con una de las fuentes de ingresos económicos mayormente presentes como es la ganadería, con un 31.58 % (14.87 Km²) se identifican un uso para conservación y protección de microcuencas hídricas y zonas montañosas definidas por el GAD Atahualpa y en una proporción menos significativa se tiene el uso agrícola, habitacional, improductivo y riesgo o consumo que sumados entre sí cubren un 3.94% (1.85 Km²).

Tabla 7: Clasificación del uso de suelo de la parroquia Paccha.

Color	Uso de Suelo	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
	Pecuario bovino extensivo	30.37	64.48
	Conservación y protección	14.87	31.58
	Agrícola extensivo	1.3	2.76
	Habitacional	0.49	1.04
	Improductivo	0.04	0.09
	Riego o consumo	0.02	0.05

Fuente: GAD Atahualpa (2015) modificado por Ruilova R. (2020).

Elaborado por: Ruilova R. (2020)

6.5. Geología

6.5.1. Geología regional

Ubicada en el extremo suroeste del Ecuador la Carta Geológica de Santa Rosa (Hoja 37), consta de una morfología con dominios de llanura costera y parte de la Cordillera Occidental con un rango altitudinal que va de 10 a 3920 msnm.

Los dominios y ambientes geotectónicos involucrados en el contexto regional corresponden a el Bloque Amotape Tahuín que constituye el basamento metamórfico y el volcanismo Terciario de arco continental. Según Aspden y otros (1995), de sur a norte el bloque incluye las rocas metasedimentarias Paleozoicas del Grupo Tahuín que se encuentran tectónicamente asociados al Complejo Granitoide Moromoro y Complejo Máfico Piedras, ambos de edad Triásica. Entre las fallas La Palma-El Guayabo y Zanjón-Naranjo se encuentra el Complejo Ofiolítico Raspas de edad Cretácica. Al norte de la falla La Palma-El Guayabo se describen bloques metamórficos Triásicos de diferente magnitud englobados en una matriz de la denominada División Melange Palenque

Este basamento metamórfico está cubierto discordantemente por el volcanismo continental calcoalcalino, representado por rocas del Grupo Saraguro del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano (Dunkley y Gaibor, 1997) y volcánicos recientes. (**Ver Anexo 8**).



La presente carta geológica identifica las siguientes Unidades que por su datación o respectiva correlación han sido identificadas con diferentes edades según varios autores; tales como:

Las Unidades Quebrada Plata, Arenillas y Taquil correspondientes al Complejo Máfico Piedras que se encuentran compuestas principalmente por anfibolitas, metabasaltos y esquistos verdes, datan del periodo Triásico.

Las Unidades La Bocana, Quera Chico, Limón Playa pertenecientes al Complejo Granitoide Moromoro se encuentra constituido por rocas metamórficas como: gneises, metagranodioritas y migmatitas también del periodo Triásico.

Datadas del periodo Jurásico Cretácico encontramos las Unidades: El Guayabo constituido por esquistos verdes y esquistos pelíticos grafitosos, Unidad Campo Real presenta harzburgitas y gabros serpentinizados, matriz de filitas, esquistos y cuarcitas, y la División Melange Palenque que muestra filitas, pizarras, cuarcitas, esquistos (cuarzo-feldespáticos y cloríticos).

Las Unidades Río Panupali, El Toro y La Chilca pertenecientes al Complejo Ofiolítico Raspas se encuentra constituido por esquistos verdes prógradados, harzburgitas serpentinizadas y serpentinitas, esquistos pelíticos, azules y eclogitas que presentan edades correspondientes al periodo Cretácico.

Del periodo Paleógeno-Neógeno data el Grupo Saraguro en dos épocas: una en el Oligo-Mioceno a la cual corresponden las Unidades Calera, Ayapamba, Loma Palta y Portovelo conformadas principalmente por lavas andesíticas, andesítico basáltico, tobas y lavas riolíticas; mientras que en el Mioceno se encuentran las Unidades Yacuviña, Rumipamba, Chilla y Mesa Loma que se encuentran conteniendo andesitas basálticas y hornbléndicas, tobas riolíticas, de líticos y de cristales, aglomerados y diques andesíticos.

Del periodo Paleógeno-Neógeno, época Mio-Plioceno se encuentran datadas y/o correlacionadas las Unidades Huiñacay, Tambillo, Pasa Loma, Huartiguro, Tuctu, Chillacocha, Tununyunga, Ligcho y Abañín, todas presentando tobas de líticos, de cristales, de lapilli, de cenizas, brechas volcánicas, tobaceas, andesíticas, aglomerados y lavas andesíticas.



Ya en el periodo Cuaternario encontramos Terrazas Marinas (arenas moderadamente seleccionadas), Depósito de Llanura Aluvial, Depósitos Coluviales y Aluviales y Terrazas Aluviales.

La geología de mayor énfasis es aquella en la cual se encuentra la zona de estudio; misma que se encuentra conteniendo las siguientes formaciones:

División Melange-Palenque (Aspden y otros, 1995). – Comprende rocas metasedimentarias de grado bajo a medio, se encuentra constituida por filitas esquistosas, pizarras, cuarcitas, esquistos, cuarzo feldespático, esquistos cuarzo sericíticos y esquistos cloríticos.

Unidad Calera. – Consiste en brechas andesíticas de color crema, gris verdoso claro a púrpura, con clastos angulosos andesíticos de color verde claro, dentro de una matriz vítrea fina. Presenta un contacto discordante hacia el norte y este, bajo la Unidad Ayapamba; mientras que el oeste se encuentra por lavas andesíticas de la Unidad Portovelo; es considerada como el flujo de lava más antiguo de la zona.

Unidad Ayapamba. – Esta nueva unidad se extiende como una franja en dirección NO-SE en el centro sur de la Carta, se compone de tobas de líticos, tobas de cenizas, tobas de cristales, lavas andesíticas y ocasionales diques andesíticos, este flujo subyace a las lavas andesíticas silicificadas de la Unidad Portovelo y yace discordantemente sobre la Unidad Calera hacia el suroeste.

Unidad Portovelo (Pratt y otros, 1997). – Abarca gran parte del complejo calco alcalino terciario de la zona de interés; consiste en lavas de composición andesítica o andesítica basáltica, tobas de cristales, brechas andesíticas y lavas riolíticas; es común observar una elevada silicificación en los flujos lávicos de esta unidad. Se encuentra en contacto tectónico a lo largo de la Falla Piñas Portovelo con las rocas metamórficas de las Unidades Quebrada Plata y Río Panupali, además hacia el sur ya se sobre las Unidades Calera y Ayapamba. Hacia el centro norte está cubierta por las unidades Huiñacay y Chillacocha en el sector de la Cordillera de Chilla, hacia el este por la Unidad Tambillo y al oeste por la Unidad Yacuvuña en el sector de loma de Santa Bárbara; se la relaciona con el volcanismo Oligocénico del Grupo Saraguro.



Unidad Yacuvíña. – Esta pequeña unidad presenta una litología compuesta por tobas de líticos, diques locales de composición andesítica y tobas riolíticas, yace discordante sobre los flujos de lavas andesíticas de la Unidad Portovelo.

Unidad Mesa Loma. – Muestra una secuencia monótona de andesitas basálticas formando paredes sub verticales uniformes que se identifican fácilmente por su morfología y constituyen la litología mayoritaria de la Unidad; además se muestra una secuencia volcanso sedimentaria constituida por tobas líticas y tobas de cristales. Se encuentra discordante sobre la Unidad Quera Chico y por las rocas volcánicas de la Unidad Chilla; subyace en discordancia a la Unidad Chillacocha hacia el sureste y está intruida por el granitoide Paccha-Cordoncillo y cuerpos riolíticos sub volcánicos.

Unidad Huiñacay. – Consiste en tobas riolíticas, tobas soldadas de flujo de ceniza de composición riolíticas y tobas de lapilli. Este flujo yace discordante a lavas andesíticas de las Unidades Loma Palta y Portovelo, así como a la secuencia volcanso sedimentaria de la Unidad Chilla. Mientras que está cubierta por la Unidades Pasa Loma, Chillacocha y Tambillo.

Unidad Chillacocha. – Se presenta como mantos irregulares en la Cordillera de Chilla y comprende una secuencia volcanso sedimentaria de tobas de cristales, tobas riolíticas, domos riolíticos, brechas andesíticas y tobas líticas. Cubre en discordancia las rocas volcánicas de la Unidad Portovelo hacia el sur y suroeste; mientras que al suroriente yace discordante sobre la Unidad Tambillo.

Granodioritas. – Se han reconocido rocas plutónicas de composición granodiorítica, en menor cantidad cuarzo dioritas, granitos y filones cuarzosos; se distribuyen al norte de la falla Piñas-Portovelo. Presentan grano medio a grueso, textura fanerítica y estructura masiva; exhiben marcada meteorización esferoidal y ocasionalmente indican una leve foliación ocasionada por fallas activas cercanas (Pratt y otros, 1997) y son datados del Mioceno temprano.

6.5.2. Geología Estructural.

La Falla La Palma-El Guayabo con dirección E-O, se extiende desde el suroeste de Arenillas hasta la quebrada Panupali, donde toma el nombre de la Falla Piñas Portovelo y cambia su dirección a NO-SE. Esta falla establece el contacto tectónico sur de la División Melange Palenque con el Complejo Ofiolítico Raspas y debido a una posible reactivación de



esta Falla en el Oligoceno marca el contacto tectónico entre la Unidad Portovelo y las rocas metamórficas de la Unidad Quebrada Plata y Río Panupali.

Otra estructura importante dentro del BAT (Bloque Amotape Tahuín) es la falla Daucay, posee una dirección NNE-SSO marcando el contacto tectónico entre las rocas de bajo grado metamórfico de la División Melange-Palenque y la Unidad Quera Chico.

Por otra parte, al sureste se encuentra el sistema de fallas Portovelo con dirección $331^{\circ}/70^{\circ}\text{S}$ sub paralelo a la Falla Piñas-Portovelo ($300^{\circ}/70^{\circ}\text{SE}$). La falla principal se encuentra cortando longitudinalmente a la Unidades Ayapamba y Yacuviña, marcando el contacto tectónico con la Unidad Portovelo; este sistema de fallas produce el enjambre de vetas mineralizadas en la zona minera Portovelo-Zaruma. De la falla Portovelo se desprende una falla inversa inferida con dirección preferente $030^{\circ}/79^{\circ}\text{NO}$, por donde se enmarca el río Salado.

En el centro norte del área de estudio en las coordenadas (648223;9608721), se presentan dos fallas entrecruzadas una con dirección E-O y otra con dirección SE-NO; la primera demarcando al contacto tectónico entre el intrusivo granitoide y la División Melange Palenque y la segunda demarca el contacto tectónico entre la División Melange Palenque y la Unidad Mesa Loma por el E fractura el intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo.

6.5.3. Geología local.

Con fines investigativos es pertinente que las unidades geológicas expuestas en el área de estudio sean descritas desde el basamento hacia la superficie, es decir, desde los más antiguo (División Melange Palenque) a lo más joven (Unidad Portovelo, Yacuviña, Mesa Loma, Intrusivo Granitoide, Unidad Huiñacay y Chillacocha); el levantamiento de la geología local se la realizó por medio de descripción de afloramientos, mediante un recorrido por diferentes zonas del área de estudio, identificando las características litológicas y de yacencia de cada uno de los afloramientos expuestos, así como extracción de muestras en algunos casos para realizar una descripción petrográfica macroscópica. **(Ver Anexo 9 y 10)**

El área de estudio de la parroquia Paccha se encuentra constituido principalmente por material volcano-sedimentario (tobas volcánicas) con presencia de clastos andesítico y andesito basálticos, otra porción importante del territorio se encuentra con la intrusión de rocas plutónica ácida de tipo granitoide y no menos importante con presencia de rocas metamórficas de tipo gneísica.



Las división Melange Palenque (basamento) constituida por rocas metasedimentarias de grado bajo a medio como filitas, pizarras, cuarcitas y esquistos (cuarzo feldespáticos y cloríticos); es identificada como el basamento del área de estudio, mismo que fue encontrado en un pequeño afloramiento en el Barrio El Palto, sitio Artezones formados por gneises esquistosos y en algunos afloramientos en la misma zona se identificó cuarcitas en un matriz de tobas, aunque muy dispersos; además se encontró rocas con minerales muy bien desarrollados en la quebrada Artezones se encontraron varios clastos rodados de esquistos, cuarcitas y filitas pertenecientes a la división mencionada.

Las Unidades Portovelo, Yacuviña, Mesa Loma, Huiñacay y Chillacocha constituidas por rocas volcano-sedimentarias identificadas en campo por tobas finas de composición andesíticas, andesitas basálticas y riolíticas de coloración rojizo pálido a marrón claro con presencia de cantos y clastos de andesíticos y andesito basálticos subredondeados de textura afanítica a porfirítica.

El intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo se encuentra aflorando en gran parte de la zona central del área de estudio.

Estructuralmente el área de estudio se encuentra delimitada al O por la falla inferida Portovelo marcando el contacto litológico entre la Unidad Portovelo y las Unidades Yacuviña y Ayapamba (Aspden, Harrison, & Rundle, 1992) que tiene dirección azimutal preferencial 331° , y al S se encuentra limitada por una falla inferida que tiene dirección preferencial 030° que recorre el río Salado hacia el NE. En la zona central se entrecruzan dos fallas una con dirección E-O formando el contacto litológico entre la división Melange Palenque y la Unidad Mesa Loma y otra con dirección 352° NO hacia el SE hasta el barrio El Palto, demarcando el contacto litológico entre el intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo y la división Melange Palenque.

Todas las litologías presentes en la zona han surgido producto de diversos eventos tectónicos que han modelado el relieve de forma regional y local, para lo cual se describe cada una de las unidades litológicas encontradas en el área de estudio (**Ver Anexo 11**).

6.5.3.1. División Melange Palenque.

Esta división se definió en base a su litología y ubicación estratigráfica, en el presente trabajo investigativo conformando el basamento (Aspden, Bonilla, & Duque, 1995), datado del Jurásico; se extiende al NO de la quebrada Artezones y al E del río Palto, mientras que



por el N limita con una falla inferida con dirección E-O que marca el contacto litológico con la Unidad Mesa Loma. Se encuentra constituida por rocas metasedimentarias de grado bajo a medio; principalmente por filitas esquistosas, pizarras, cuarcitas, esquistos cuarzo sericíticos y esquistos cloríticos.

Se identificaron dos afloramientos en el sitio Artezones entre la carretera que une a dicho sitio con el barrio El Palto, dentro de esta división en las coordenadas UTM: 649240E; 9607199N y 649165E; 9607008N respectivamente; adicional de estos afloramientos se evidenció clastos de filitas pizarras, esquistos y cuarcitas en la quebrada Artezones. Según consideraciones geológicas regionales se interpreta una edad Jurásica tardía a Cretácica temprana. (Aspden, Bonilla, & Duque, 1995)

- Localizado en el sitio Artezones, coordenadas UTM: 649240E;9607199N



Figura. 28: Afloramiento dentro de la División Melange Palenque de tipo multi composicional entre tobas andesíticas, andesitas basálticas y brechas; sector Artezones, barrio El Palto.

Fuente: Ruilova R. (2020)

Con dirección de afloramiento de 187° , muestra mediante un corte de vía un conjunto de rocas diferenciadas entre sí teniendo: tobas rojizas compactas, rocas con granos minerales bien desarrollados en matriz oscura y brechas, determinando su composición como un tipo de aglomerado de color marrón oscuro a rojizo, textura porfirítica y constituido por cuarzo, hematita, feldespatos entre los que se pueden observar fácilmente, además los minerales que constituyen estas rocas presentan diferentes grados de dureza según la escala de Mohs variando entre 2 y 7,5; se presentan con un grado de meteorización medio a alto debido a las condiciones atmosféricas a las cuales se encuentran expuestos.

- Localizado en el sitio Artezones, coordenadas UTM: 649165E; 9607008N.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”



Figura. 29: Afloramientos dentro de la División Melange Palenque de tipo gneis esquistoso; sector Artezones, barrio El Palto.

Fuente: Ruilova R. (2020)

Sobre la base de la carretera se identificó cantos de composición metamórfica de tipo gneis esquistoso con estructura bandeada de color negro manganita (?) y blanco cuarcita y minerales accesorios como limonita, textura lepidoblástica a nematoblástica, en una matriz tobas andesíticas, color marrón claro a rojizo, presenta de pequeños granos de cuarcitas con diámetros de hasta 2cm; se presenta con baja compactación

6.5.3.2. Unidad Portovelo.

Esta unidad abarca gran parte del complejo calco alcalino Terciario del área de estudio, se encuentra constituido por lavas de composición andesítica a andesito basáltica de color grisáceo azulado textura afanítica y bajo grado de magnetismo, tobas de cristales y brechas andesíticas; se encuentra relacionada con el volcanismo Oligocénico del Grupo Saraguro. (Aspden, Bonilla, & Duque, 1995)

Ubicada en la zona centro sur del área de estudio cubre la parroquia urbana Paccha, los barrios Bono, Huacas y Loma Bonita con gran exposición de afloramientos a lo largo de la red vial del sector. Los afloramientos de mayor relevancia por su magnitud son los siguientes:

- Localizado en el barrio Bono, coordenadas UTM: 647491E; 9602331N.



Figura. 30: Andesitas basálticas de la Unidad Portovelo, barrio Bono.

Fuente: Ruilova R. (2020)



Este afloramiento artificial por corte en la vía Paccha-Piñas cuenta con una altura de 6.8 m y azimut de 152°; presenta una capa orgánica de 0,40 m aproximadamente, en el centro se identifica un macizo de andesitas basálticas de color gris oscuro a verdoso, textura afaníticas de grano fino, estructura masiva, compuesto por minerales principales como: hornblenda, piroxeno y epidota y otros accesorios como cuarzo, se encuentra fuertemente fracturado en la cual no se identifican fracturas representativas y tiene un grado bajo de meteorización; a los costados hay la presencia de tobas volcánicas finas de color rojizo pálido a marrón de composición andesito basáltica con clastos mal clasificados y angulosos de andesitas basálticas con textura afanítica de grano fino, color gris oscuro a verdoso, estructura masiva.

- Localizado en el barrio Bono, sitio La Florida, coordenadas UTM: 648156E; 9602570N.

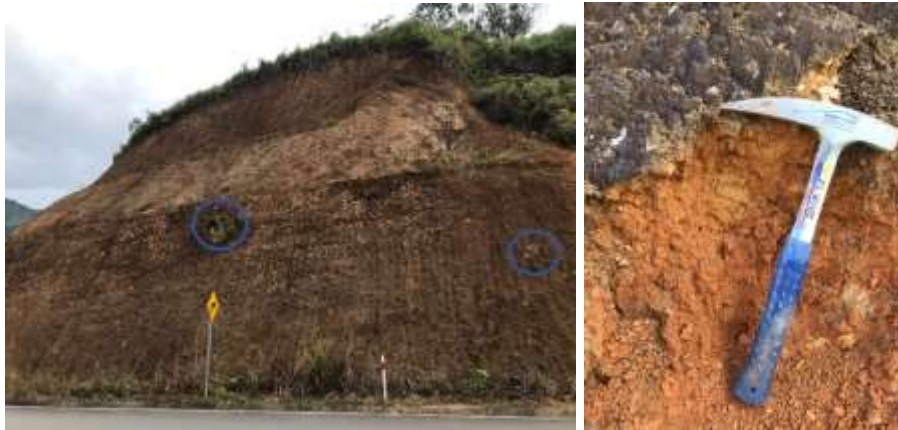


Figura. 31: Tobas volcánicas con presencia de cantos de roca andesita basáltica con meteorización esferoidal, sector Miraflores, barrio Bono.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Este afloramiento artificial producto de un corte en la vía Paccha-Piñas, tiene una altura de 9.9 m, ancho de 14.6 m y azimut de 133°; el talud se encuentra estabilizado y se constituye por tobas de finas en la zona superior a gruesas en la zona inferior con una coloración marrón, se encuentra de baja a medianamente consolidada sin presencia de erosión ni meteorización; presenta cantos rodados pequeños de composición andesito basáltico con intervención meteórica de tipo esferoidal. Entre los minerales identificables se encuentran plagioclasas, anfíboles y biotita

- Localizado en el barrio Loma Bonita, coordenadas UTM: 650040E; 9601023N.



Figura. 32: Tobas volcánicas con pequeños clastos de roca andesítas basáltica, sector Loma Bonita.

Fuente: Ruilova R. (2020).

El afloramiento artificial producto del corte ubicado en la carretera que comunica al barrio Loma Bonita con la parroquia Paccha, tiene una altura de 3.8m, con azimut 133°, encontrándose altamente inestable por presencia de excesiva humedad; en la parte inferior se identifica materia orgánica con espesor de aproximadamente de 0.25 m.; muestra en su totalidad una coloración rojiza pálida compuesta por tobas finas a gruesas de forma gradacional constituyéndose por minerales principales de plagioclasa, hornblenda y piroxenos con presencia de clastos de rocas andesitas basálticas subredondeados con diámetros de entre 2 cm y 10 cm, presenta textura afanítica a porfirítica, estructura masiva, holocristalinidad y grado de meteorización medio, su coloración es gris oscuro a verdoso, encontrándose constituido por minerales principales como hornblenda y piroxenos y algunos accesorios como biotita, magnetita y hematita. Su dureza varía hasta valores menores a 6 en la escala de Mohs según los minerales que constituyen esta roca.

6.5.3.3.Unidad Yacuviña.

En esta Unidad cubre una pequeña porción del área de estudio en el extremo noroeste, no se encuentran afloramientos expuestos debido a su uso de suelo. Esta Unidad presenta una litología compuesta por tobas litoclásticas, diques locales de composición andesítica y tobas riolíticas, esta yace discordantemente sobre los flujos de lava andesítica de la Unidad Portovelo.

6.5.3.4.Unidad Mesa Loma.

Esta unidad cubre el sector norte del área de estudio específicamente el sitio Piedra Brillante, tiene una secuencia monótona de andesitas basálticas formando paredes subverticales uniformes, además de una secuencia volcano sedimentaria constituida por tobas líticas y tobas de cristales y se encuentra intruida por el granitoide Paccha-Cordoncillo y



cuerpos riolíticos subvolcánicos y subyace en discordancia a la Unidad Chillacocho. A continuación, se describen algunos afloramientos:

- Localizado en el sitio Piedra Brillante, coordenadas UTM: 647580E; 9610505N.



Figura. 33: Tobas volcánicas compactas y presencia de falla normal, sector Piedra Brillante.

Fuente: Ruilova R. (2020)

Este afloramiento tiene una altura de 5,8 m. y un azimut de 82° , se puede observar un fallamiento en tobas andesíticas compactas de color marrón claro, grano fino a medio, textura porfírica, estructura fracturada con minerales predominantes como hornblenda, piroxeno y plagioclasas y minerales accesorios como limonita y hematita, en la cual se observa una flexión del bloque izquierdo hacia arriba con respecto al bloque derecho que muestra un diaclasamiento subhorizontal $259^\circ/12^\circ\text{N}$. La dirección azimutal de falla normal es de $266^\circ/61^\circ\text{S}$.

- Localizado en el sitio Piedra Brillante, coordenadas UTM: 647590E; 9610553N.



Figura. 34: Tobas volcánicas riolíticas medianamente compactas, sector Piedra Brillante.

Fuente: Ruilova R. (2020).

El afloramiento artificial expuestos por corte de carretera cuenta con una altura de 4.9 m, ancho de 2.7 m y dirección azimutal de 116° . Presenta tobas volcánicas riolíticas de color marrón claro a amarillento de grano fino a medio, textura afanítica a porfírica, estructura



masiva con una cantidad de fenocristales considerable de un 25% aproximadamente, se encuentra conteniendo minerales principales observables como feldespatos, plagioclasas y como minerales accesorios se tiene hornblenda y limonita, presenta un grado bajo de meteorización, se encuentran medianamente compactas y cuenta con una capa orgánica de escasos 0,25 m en la zona superior; además hay presencia de clastos mal clasificados de rocas andesíticas basálticas subangulosas de color gris oscuro a verdoso con textura afanítica.

- Localizado en el sitio Piedra Brillante, coordenadas UTM: 647520E; 9610277N.



Figura. 35: Tobas volcánicas andesíticas, medianamente compactas, sector Piedra Brillante.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Este afloramiento artificial resultado de un corte de vía tiene una altura de 3m, ancho de 11.8m y dirección de afloramiento 92°. Muestra tobas andesíticas fuertemente fracturadas medianamente compactas, de grano medio a grueso, coloración marrón con variaciones entre claro a oscuro, la presencia de clastos angulosos con diámetros promedio de 30 cm de rocas andesitas basálticas, de color gris oscuro a verdoso, textura afanítica a porfirítica, estructura masiva fuertemente fracturada con aspecto brechoso, grano fino que se encuentra constituido por minerales accesorios como hornblenda, piroxeno y plagioclasas y minerales accesorios como limonita magnetita y hematita.

6.5.3.5. Intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo.

Aproximadamente un tercio del área de estudio se encuentra constituida por una intrusión granitoide denominada Paccha-Cordoncillo en la zona central, generalmente de grano medio a grueso, holocristalina, equigranular, textura fanerítica y estructura masiva; exhiben una marcada meteorización esferoidal y ocasionalmente indican una leve foliación ocasionada por las fallas que intersectan este intrusivo. Esta data del Mioceno temprano. Los afloramientos mayormente representativos son los siguientes:

- Localizado en el sitio Daucay, coordenadas UTM: 647678E; 9608717N.



Figura. 36: Intrusivo granitoide de composición alcalino feldespática, sector Daucaay, barrio El Palto.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Este afloramiento artificial expuesto por la construcción de una carretera privada en el sitio Daucaay, presenta una roca intrusiva granitoide de tipo granito alcalino feldespático de tonalidad gris claro a blanquesino, textura fanerítica, estructura masiva, con presencia de minerales principales como: cuarzo y feldespato y minerales accesorios como: pirita y piroxeno, además presenta una mineralización de sulfuros de hierro. Presenta una familia de diaclasas mayormente representativas con medidas estructurales $305^{\circ}/81\text{ N}$.

- Localizado en el sitio Pueblo Viejo, coordenadas UTM: 646888E; 9605749N.



Figura. 37: Intrusivo Granitoide de composición granodiorítica, sitio Pueblo Viejo.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Afloramiento artificial fuertemente fracturado ubicado en la vía que conduce de Paccha a Buenavista al sitio Pueblo Viejo, muestra una roca intrusiva de tipo granodiorítica de tonalidad gris claro, textura fanerítica, estructura masiva, de grano medio, presenta minerales principales como: feldespatos, cuarzo, y hornblenda y minerales accesorios como: biotita, limonita y galena; presenta una leve meteorización debido a su exposición a agentes atmosféricos, identificándose por una oxidación en sus minerales.

- Localizado en el sitio Daucaay, coordenadas UTM: 647001E; 9606924N.



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”



Figura. 38: Intrusivo granitoide de composición diorítica, expuesto en la vía Paccha Buenavista, sector Dauca.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Siendo este el afloramiento más importante debido a su superficie de exposición, y a su antigua utilización como cantera de materiales pétreos; se encuentra ubicado en la vía Paccha-Buenavista en las coordenadas antes expuestas, se encuentra constituido por una roca de composición diorítica de tonalidad gris claro a verdoso, textura fanerítica, estructura masiva y tamaño de granos medio, presenta minerales principales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos alcalinos y minerales accesorios como pirita y piroxenos, que presentan un grado de meteorización muy bajo. Contiene un sin número de familias de diaclasas, pero las más importantes y diferenciadas son: $179^{\circ}/49^{\circ}\text{S}$ y $198^{\circ}/51^{\circ}\text{S}$.

- Localizado en el barrio El Palto, coordenadas UTM: 649175E; 9608917N.



Figura. 39: Intrusivo granitoide de composición granodiorítica, expuesto en la carretera El Palto Artezones; barrio el Palto.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Este afloramiento se encuentra ubicado en la carretera que conduce del barrio El palto al sitio Artezones en las coordenadas antes expuestas, se encuentra constituido por una roca de composición granodiorítica de tonalidad gris claro a blanquesino, textura fanerítica, estructura masiva y tamaño de granos medio, presenta minerales principales de feldespatos alcalinos, plagioclasas, cuarzo y hornblenda y minerales accesorios como piroxeno, biotita y pirita que presentan un grado de meteorización muy bajo.



6.5.3.6. *Unidad Huiñacay.*

Sobre esta Unidad no se encontraron afloramientos dentro del área de estudio; se encuentra constituida por tobas riolíticas, tobas soldadas, tobas soldadas de flujos de ceniza de composición riolítica y tobas de lapilli; yace discordante a la Unidad Portovelo.

6.5.3.7. *Unidad Chillacocha.*

Esta Unidad se presenta como mantos irregulares en la Cordillera de Chilla, comprende una secuencia volcano sedimentaria de tobas de cristales, tobas riolíticas, domos riolíticos, brechas andesíticas y tobas líticas, cubre en discordancia a las rocas volcánicas de la Unidad Portovelo.

6.5.4. **Estructuras Locales.**

Durante el levantamiento de información en campo, dentro del área de estudio se analizó diversas estructuras, mediante sus variadas características descriptivas, principalmente se evidenciaron fallas normales y otras inferidas, mismas que se lograron diferenciar por lineamientos en quebradas y ríos.

Se encontraron seis fallas inferidas y dos fallas locales observadas (una inversa y una normal).

Esta es una falla inferida subparalela a la Falla Piñas-Portovelo que se encuentra a lo largo del río Bono al Oeste; marca el contacto litológico entre la Unidad Portovelo y las Unidades Yacuvina y Ayapamba que tiene dirección azimutal preferencial $331^{\circ}/70^{\circ}\text{S}$

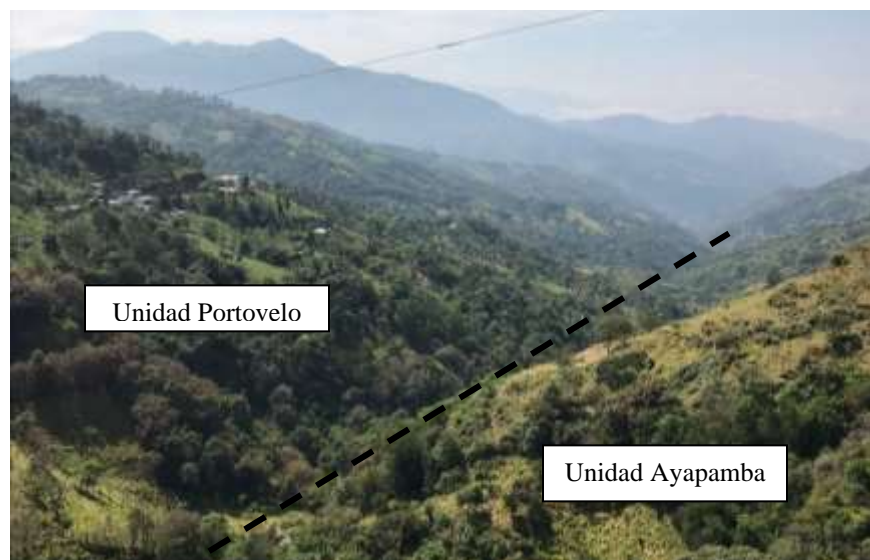


Figura. 40: Falla inferida Portovelo, sector Bono.

Fuente: Ruilova R. (2020).



De la falla Portovelo se desprende una falla inversa inferida con dirección preferente $030^{\circ}/79^{\circ}\text{N}$, por donde se enmarca el río Salado al SE del área de estudio marcando el contacto tectónico entre la Unidad Ayapamba y la Unidad Portovelo.

En el centro norte del área de estudio en las coordenadas (648223E; 9608721N), se presentan dos fallas entrecruzadas una con dirección SE-NO y otra con dirección E-O; la primera demarcando al contacto tectónico entre el intrusivo granitoide y la División Melange Palenque en el centro del área de estudio con un azimut preferencial de 346° .



Figura. 41: Falla inferida marca contacto tectónico entre División Melange Palenque y el Intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo, sector Artezones.

Fuente: Ruilova R. (2020).

La segunda demarca el contacto tectónico entre la División Melange Palenque y la Unidad Mesa Loma por el E fractura el intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo, con un azimut preferencial de 086° .

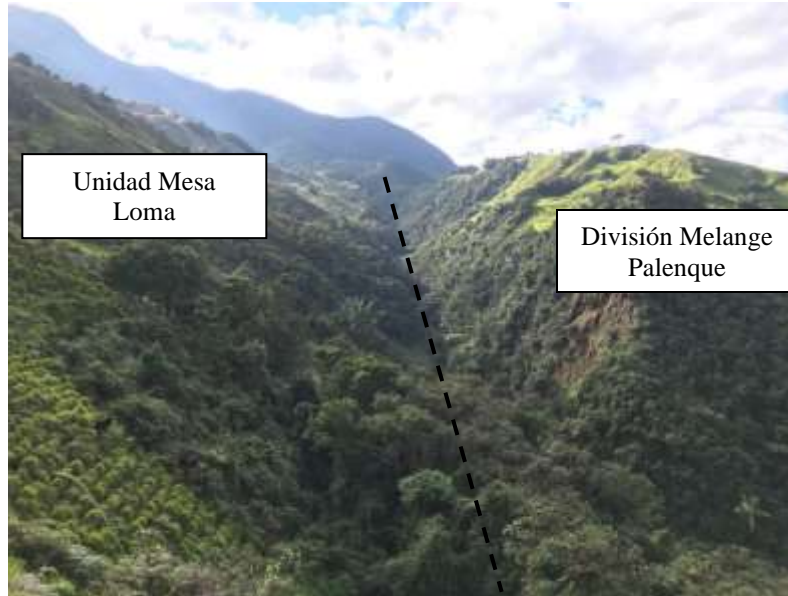


Figura. 42: Falla inferida que marca el contacto tectónico entre la División Melange Palenque y la Unidad Mesa Loma.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Entre las fallas locales observadas en afloramientos se logró identificar dos fallas normales en las coordenadas UTM 648519E; 9604147N y 647580E; 9610505N respectivamente.

La primera falla normal cuenta con una dirección azimutal de falla y buzamiento de $292^{\circ}/31^{\circ}\text{S}$ y un desplazamiento de 1.8 m; ubicado en el barrio Cristal a un costado de la vía que conduce de Paccha a Zaruma, dentro del intrusivo granitoide Paccha Cordoncillo



Figura. 43: Falla normal en Intrusivo Granitoide Paccha-Cordoncillo, sector Cristal.

Fuente: Ruilova R. (2020).

Mientras que la segunda falla normal se expone en un afloramiento en la carretera de tercer orden que conduce del sitio Daucay a Piedra Brillante contando con una dirección azimutal y buzamiento de $061^{\circ}/61^{\circ}\text{S}$ y un desplazamiento de 1.2 m, dentro de la Unidad Mesa Loma



Figura. 44: Falla normal en Unidad Mesa Loma, sector Piedra Brillante.
Fuente: Ruilova R. (2020).

6.6. Pendientes

Mediante el procesamiento del modelo digital de elevación en la herramienta ArcGis 10.5 se logró establecer un mapa de pendientes (**Ver Anexo 12**) en la zona de estudio, siguiendo la clasificación establecida por DEMEK (1972), obteniendo un total de 5 clases de pendientes, como se muestran a continuación.

Tabla 8: Resultados de la clasificación de la pendiente.

Color	Clase	Rango (°)	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
	Ligeramente Inclineda	0° - 5°	0.47	0.99
	Fuertemente inclinada	5° - 15°	5.04	10.70
	Muy Inclineda	15° - 35°	32.16	68.29
	Empinada	35° - 55°	9.29	19.73
	Vertical	>55°	0.14	0.29

Fuente: Ruilova R. (2020).

La realización del presente mapa de pendientes arrojado una distribución espacial con inclinaciones variables en territorio que van desde 0° hasta los 83°.

Se puede identificar que existe una extensión de 0.47 Km² con una pendiente ligeramente inclinada que varía desde los 0° hasta los 5° representando tan solo un 0.99% del área de estudio, mostrándose de forma muy dispersa entre las cuencas del Río Bono y El Palto, así como en ciertas zonas altas al norte de la zona urbana; con un rango de 5° a 15°, una extensión de 5.04 Km² correspondiendo a un 10.70% del área de estudio tenemos una pendiente fuertemente inclinada misma que se encuentra dispersa y en mayor cantidad en la zona centro sur del territorio; vale recalcar que tanto las pendientes ligeras como fuertemente



inclinadas se encuentran asociadas a terrazas aluviales y depósitos coluviales en su gran mayoría.

Las pendientes muy inclinadas con rangos de entre 15° a 35° , se distribuye en la gran mayoría del territorio de estudio con una extensión de 32.16 Km^2 lo que representa el 68.29% de la parroquia, siendo esta la clase predominante; se encuentra en menor proporción en el límite NO.

Con una pendiente que varía de 35° a 55° y que se encuentra sobre los 9.29 Km^2 constituyen un 19.73% de todo el territorio estudiado, encontramos la pendiente empinada que tiene mayor presencia en el límite NO de la parroquia, zona en la cual se encuentra formado por laderas principalmente. Por último, con solo el 0.29% de la parroquia Paccha que equivale a 0.14 Km^2 encontramos una pendiente denominada vertical que se encuentra en un rango mayor a 55° la cual es muy puntual o reducido pero que se manifiesta principalmente en la zona norte.

6.7. Geomorfología

El levantamiento de unidades geomorfológicas en la parroquia Paccha se logró con una combinación entre información de pendientes, geología, uso de suelo, unidades morfométricas, sombras, ortofotos y sus respectivas visitas de campo para validar cada geoforma; afinando así detalles de las mismas.

Una vez interpretado y definido las unidades geomorfológicas a nivel jerárquico de macrorelieve y mesorelieve se ha obtenido los siguientes resultados: 2 unidades de macrorelieve: montaña y piedemonte (**Ver Anexo 13**) y 6 unidades de mesorelieve: relieves montañosos, vertientes de cordillera, vertientes de piedemonte, gargantas, terrazas y colinas bajas y altas (**Ver Anexo 14**); mismas que culminan el presente trabajo investigativo representando la geomorfología de la zona de estudio a escala 1:10000, teniendo como base la clasificación de cartografía geomorfológica propuesta por el MAE (2013).

Las unidades geomorfológicas se describen conociendo de forma general su región biogeográfica Andes y relieve general de Montaña en su posterior clasificación de macrorelieve y mesorelieve, como se muestra a continuación:



Tabla 9: Unidades geomorfológicas de la parroquia Paccha.

Relieve General	Macro-Relieve	Meso-relieve	Génesis	Edad	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
De Montaña	Cordillera	Relieve Montañoso	Tectónico erosivo-Estructural	Jurásico-Cretácico, Oligo-Mioceno, Mioceno Temprano, Mioceno y Mio-Plioceno	19.79	42.00
		Vertiente	Tectónico erosivo-Estructural	Jurásico-Cretácico, Oligo-Mioceno, Mioceno Temprano y Mioceno	11.40	24.20
		Garganta	Estructural	Jurásico-Cretácico, Mioceno Temprano y Mioceno	0.61	1.29
	Piedemonte	Vertiente	Tectónico erosivo-Estructural	Oligo-Mioceno y Mioceno Temprano	14.73	31.28
		Colina Alta	Tectónico erosivo	Oligo-Mioceno	0.03	0.07
		Colina Mediana	Tectónico erosivo	Oligo-Mioceno	0.09	0.20
		Terrazas	Deposiciona l-Estructural	Oligo-Mioceno, Mioceno Temprano y Mioceno	0.44	0.97

Fuente: Ruilova R. (2020)

6.7.1. Cordillera.

Esta categoría intermedia de unidades geomorfológicas a escala de paisaje (10-200 Km), implica relaciones de relieve de tipo geo genético tectónico erosivo y/o estructural debido a la variedad de litologías en las cuales se presenta contando entre ellas tobas volcánicas riolíticas, dacíticas, andesíticas y andesitas basálticas, intrusivos de composición granítica, granodiorítica y diorítica y rocas metamórficas (gneis esquistoso, cuarcitas y filitas); considerando con ello los aspectos topográficos como pendientes que varían de entre ligeramente inclinadas (0°-5°) hasta zonas verticales (>55°), con predominancia de pendientes muy inclinadas (15°-35°) y verticales (35°-55°), mismas que varían de acuerdo al aumento de altitud en el relieve montañoso y un desnivel relativo máximo de 2056 m. que rigen el área delimitada en este macrorelieve; cubre una superficie de 31.80 Km² que representa el 67.48% del área de estudio y consta de geofomas como: relieve montañoso, gargantas (Valle en V) y vertientes.



Figura. 45: Macrorelieve de Cordillera.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.1.1. Relieve Montañoso.

Esta unidad geomorfológica correspondiente a mesorelieve (geoforma) incluye montañas con alturas que superan con facilidad los 3000 msnm contando con pendientes que van desde 0° - $>55^\circ$, es decir, desde ligeramente inclinadas hasta zonas verticales; cuya génesis es tectónico-erosivo y/o estructural.

Se identificó que en esta unidad geomorfológica dominan aquellos suelos utilizados para la conservación de microcuencas hídricas y abastecimiento de líquido vital, así como de uso pecuario bovino.

Se encuentran conformadas por: rocas metasedimentarias (filitas, gneis esquistosos y cuarcitas) de la División Melange Palenque de edad Jurásica en la zona centro norte; tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas con presencia de bloques subredondeados de composición andesítico basálticos del Oligo-Mioceno y Mioceno correspondiente a la Unidades Portovelo y Yacuviña respectivamente en la zona O en el sitio Yacuviña y E en la parte alta del barrio El Palto, una secuencia monótona de andesitas basálticas que forman paredes sub verticales uniformes de la Unidad Mesa Loma del Mioceno que contienen la mayor parte de esta unidad geomorfológica, rocas intrusivas (granitos ricos en cuarzo, alcalino feldespático y dioritas) de grano medio a grueso, con una textura fanerítica y estructura masiva datadas del Mioceno Temprano en la zona N del casco urbano de Paccha, tobas riolíticas, tobas soldadas de flujo de ceniza y tobas de lapilli de la Unidad Huiñacay al E en la cual existen formas de cimas redondeadas y agudas y una secuencia volcano



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

sedimentaria de tobas de cristales, tobas riolíticas, domos riolíticos, brechas andesíticas y tobas líticas de la Unidad Chillacocha de edad Mio-Plioceno.

Cuenta con 19.79 Km² correspondientes al 42.00% del área de estudio constituyéndose en la unidad geomorfológica de categoría mesorelieve con mayor representación; destacándose principalmente en la zona N-NE en el sitio Piedra Brillante hacia el límite con el cantón Chilla y la parroquia Cordoncillo, así mismo se presente en menor proporción en la zona central al N del casco urbano de Paccha y en parte del sitio Yacuviña al O del área de estudio.



Figura. 46: Relieve montañoso: a) Parte alta del barrio El Palto en la Unidad Huiñacay (Este), b) Sitio Yacuviña en la Unidad del mismo nombre (Oeste), c) Zona N del casco urbano de Paccha en el intrusivo granitoide y d) Parte alta del barrio Bono en andesitas basálticas de la Unidad Portovelo (Centro-Oeste).

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.1.2. Vertiente.

Esta unidad geomorfológica basada en la inclinación de la superficie topográfica entre puntos altos de relieves montañosos y puntos bajos de pie de vertiente o vaguadas que se encuentran entre los 1343 y 2566 msnm, con pendientes que oscilan entre ligeramente inclinadas (0°-5°) hasta empinadas (35°-55°), con predominancia de pendientes muy inclinadas (15°-35°). Su génesis es de tipo tectónico erosivo y/o estructural debido al



ambiente geológico volcánico sedimentario del área de estudio y a las condiciones atmosféricas a las que se encuentra expuesto.

Con un uso actual del suelo caracterizado como pecuario bovino en su gran mayoría y en menor proporción para protección y conservación de microcuencas hídricas y agrícola extensivo, estas geoformas se distribuyen casi por toda el área de estudio.

Se encuentra conformada litológicamente por: rocas metasedimentarias (gneis, filitas, cuarcitas) en matrices de tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas medianamente compactadas de coloración rojiza a amarillenta de edad Jurásica en la zona centro norte correspondiente a la División Melange Palenque, tobas andesíticas y andesitas basálticas de coloración rojiza con presencia de bloques redondeadas de rocas basálticas de edad Oligo-Mioceno correspondiente de la Unidad Portovelo y por rocas granitoide de grano medio a grueso con textura fanerítica y estructura masiva de tipo granitos ricos en cuarzo, granodioritas y dioritas del Mioceno Temprano correspondientes al granitoide Paccha-Cordoncillo.

Cubre una superficie de 11.40 Km² que corresponde al 24.20% de la parroquia Paccha convirtiéndose en la tercera unidad geomorfológica con mayor extensión, se encuentra distribuida en varios sectores del área de estudio limitando en sus partes superiores con relieve montañosos y la parte inferior con gargantas y con vertientes de piedemonte. No existe una distribución uniforme.



Figura. 47: Vertiente de Cordillera: a) Sitio Piedra Brillante en la Unidad Mesa Loma, b) Sitio Daucay en la Unidad Mesa Loma, c) Sitio Daucay en Intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo y d) Sitio Artezones en División Melange Palenque.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.1.3. Garganta.

Más conocida como valle en V es característica de causas torrenciales o esporádicos con dinámica violenta en materiales consolidados tanto en rocas intrusivas como metamórficas que generalmente se encuentran en las partes superiores de las cuencas hídricas; esta unidad geomorfológica se ubica en zonas entre relieves montañosos y vertientes de cordillera al N del área de estudio, identificados por su accidentada topografía que apunta hacia el cauce del río Palto encontrándose entre las cotas 1518 y 2191 msnm con un desnivel relativo máximo de 673 m. con pendientes que varían de entre (0° - 15°) en el cauce hídrico y entre (0° - $>55^{\circ}$) en los flancos, siendo así que varía de entre ligeramente inclinada hasta zonas verticales. Su génesis radica por elementos estructurales (fallas inferidas).

En la actualidad estos suelos están siendo utilizados para el desarrollo pecuario bovino del sector, así como para protección y conservación de estos cauces que abastecen de líquido vital a la población aledaña.



Litológicamente se encuentran compuestas por rocas: metamórficas metasedimentarias (filitas) de edad Jurásica correspondientes a la División Melange Palenque, volcanos sedimentarias en una secuencia de tobas volcánicas andesíticas a andesitas basálticas que se encuentran formando paredes sub verticales uniformes, de medianamente a bien compactas, correspondientes a la Unidad Mesa Loma del Mioceno y por el intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo formado por granitos ricos en cuarzo y granodioritas de grano medio a grueso con una textura fanerítica y estructura masiva datada del Mioceno Temprano.

Con una superficie de tan solo 0.61 Km² representa el 1.29% del área analizada teniendo presencia específicamente en la microcuenca del río Palto en la zona centro norte, se observa que esta geoforma se encuentra marcada principalmente por fallas inferidas por donde escurren las aguas del río Palto.

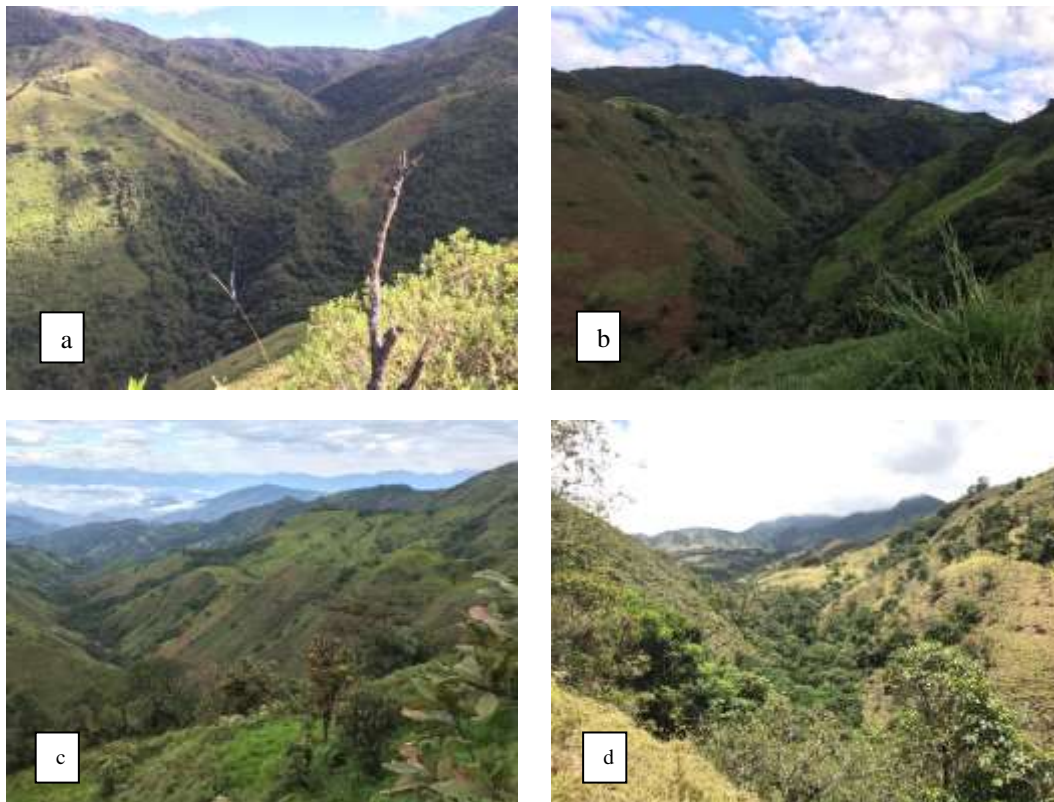


Figura. 48: Geoforma de Gargantas o Valles en V. a) Río Palto sitio Daucay en la Unidad Mesa Loma, b) Río Palto sitio Artezones en Intrusivo Granitoide Paccha-Cordoncillo, c) Río Palto barrio El Palto en Intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo y d) Río Palto, barrio El Palto en Intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo.

Fuente: Ruilova R. (2020).



6.7.2. Piedemonte.

La unidad geomorfológica a escala de paisaje (10-200Km), hace referencia a las partes bajas de montañas y serranías hasta el punto de inflexión con valles o llanuras, generalmente hace referencia al piedemonte andino (Ministerio del Ambiente, 2013). Constituido litológicamente por tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas, tobas de cristales y brechas andesíticas; se encuentra relacionada con el volcanismo Oligocénico del Grupo Saraguro (Unidad Portovelo) y por el intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo datada del Mioceno Temprano en menor proporción, especialmente en la zona centro norte del área de estudio. Con una génesis variante entre tectónico erosivo, deposicional y/o estructural se han definido 4 unidades geomorfológicas de nivel mesorelieve que son: vertiente de piedemonte, colina alta, colina mediana y terrazas.

Su aspecto topográfico considerable para su determinación es la pendiente, misma que varía entre ligeramente inclinada hasta verticales, con dominancia de pendientes muy inclinadas (15° - 35°) y un desnivel relativo máximo de 980 m.; dando como resultado geoformas mucho más regulares y menos accidentadas, las cuales representan el 32.52% que equivale a 15.31 Km².



Figura. 49: Macrorelieve Piedemonte.
Fuente: Ruilova R. (2020).



6.7.2.1. *Vertiente.*

Las vertientes de piedemonte se caracterizan por su notable regularidad en el territorio, basada en la inclinación de la superficie topográfica entre el relieve montañoso y vertientes de cordillera en los puntos más altos y por terrazas y cursos hídricos en las zonas más bajas, con un desnivel relativo máximo de 967 m., y pendientes que varían entre 0° a >55° que corresponde de ligeramente inclinadas a verticales. Su génesis de tipo tectónico erosivo y/o estructural debido a las delimitaciones por fallas tanto al O como al S, por los ríos Bono y Salado respectivamente han producido que mediante factores atmosféricos éstas tengan mayor regularidad que las vertientes de cordillera

En esta unidad geomorfológica el uso del suelo es mucho más variado debido a su condición topográfica, permitiendo una mayor producción agropecuaria y de conservación y protección, pero también es aquí donde se asienta el área urbana como es el casco urbano de Paccha, así como sus barrios Bono, El Palto, Cristal, Huacas y Loma Bonita.

Constituido litológicamente por tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas medianamente compactas con presencia de bloques subredondeados de rocas andesíticas a andesitas basálticas que presentan meteorización esferoidal de edad Oligo-Mioceno correspondientes a la Unidad Portovelo y en una minúscula proporción por el intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo que presenta granos de tamaño medio a grueso con textura fanerítica y estructura masiva en la zonas limitantes al relieve montañoso, misma que data del Mioceno Temprano.

Con una superficie de 14.73 Km² que representa un 31.28% del área de estudio, es la segunda unidad geomorfológica de nivel mesorelieve de acuerdo a su extensión; se distribuye casi en la totalidad de la zona S del área de estudio.



Figura. 50: Vertiente de Piedemonte: a) Sitio Pueblo Viejo en Unidad Portovelo, b) Barrio Huacas en Unidad Portovelo, c) Parroquia urbana Paccha en Unidad Portovelo y d) Barrio Loma Bonita en Unidad Portovelo.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.2.2. Colina Alta.

Es una unidad morfológica con una topografía colinada arrugada natural y aislada del terreno que cuenta con una base y una cumbre con una diferencia de altura relativa de 75-200 m con un pendiente del 14 al 20% y divergen en todas direcciones a partir de su cumbre que es relativamente estrecha, con una base aproximadamente circular, encontrándose dentro de las vertientes de piedemonte, con un desnivel relativo de 84 m ubicada en el barrio El Palto, con pendientes que varían entre ligeramente inclinadas en su cumbre hasta empinadas en sus laderas, es decir de 0° – 55° con génesis de tipo tectónico erosivo.

El uso de esta geoforma en la actualidad se da para protección y conservación en las laderas del lado E, mientras que al O es utilizada para el sector pecuario bovino.

Litológicamente se encuentra constituido por tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas, con presencia de cantos subredondeados de rocas andesitas basálticas, datadas del Oligo-Mioceno de la Unidad Portovelo.



Cubre una superficie de 0.03 Km² que significa el 0.07% del territorio analizado, siendo esta la unidad geomorfológica con menor presencia de acuerdo a su extensión.



Figura. 51: Colina Alta ubicada en el barrio El Palto en la Unidad Portovelo.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.2.3. *Colina Mediana.*

Son unidades morfológicas con una topografía ondulada con una diferencia de altura relativa de 25 a 75 m con pendientes del 8 al 13%, con base redondeada y cumbre estrecha; encontrando en el área de estudio una colina mediana con un desnivel relativo de 47 m ubicada en el sitio Pueblo Viejo, con pendientes que varían entre ligeramente inclinadas hasta empinadas, es decir de (0°-55°) y su génesis se presenta como tectónico erosivo.

En la actualidad el suelo de esta geoforma está siendo utilizada en un caso para uso pecuario bovino.

Litológicamente se encuentra constituido por tobas volcánicas andesíticas y andesitas basálticas de coloración marrón, medianamente compactas con presencia de cantos rodados de rocas andesitas basálticas en zonas cercanas a la base, provenientes de zonas aledañas; datando del Oligo-Mioceno de la Unidad Portovelo.

La colina mediana se encuentra cubriendo una superficie de 0.09 Km² que representa un 0.20% del territorio estudiado.





Figura. 52: Colina mediana ubicada en el sitio Pueblo Viejo en la Unidad Portovelo.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.2.4. Terrazas.

Las terrazas según el Ministerio del Ambiente (2013) son zonas llanas, bajas y estrechas, formadas por depósitos aluviales de arenas características del Cuaternario combinado con guijarros grandes, originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión. Misma que limita con los puntos de inflexión de las vertientes de piedemonte y que son guiadas principalmente por los ríos Palto a la altura del barrio con el mismo nombre, río Bono desde el sitio Pueblo Viejo y el río Salado al S del área de estudio. Cuenta con pendientes ligeramente inclinadas a fuertemente inclinadas, es decir, de (0° - 15°). Con génesis deposicional y/o estructural debido a la acción de las corrientes de agua de los ríos antes mencionados.

Aquí el uso de suelo principalmente se dedica para el sector pecuario bovino, protección y conservación y en una menor cantidad para el sector agrícola y poblacional en parte del barrio El Palto.

Litológicamente se encuentra constituidos por cantos subredondeados a redondeados de rocas andesíticas a andesitas basálticas y en ciertas zonas existe presencia de tobas volcánicas y brechas andesíticas correspondientes a la Unidad Portovelo datadas del Oligo-Mioceno, tobas riolíticas y cuerpos riolíticos de la Unidad Mesa Loma del Mioceno, además de rocas graníticas de textura fanerítica de grano medio a grueso provenientes del intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo.

Cubre una superficie de 0.46 Km² representando el 0.97% del territorio, caracterizándose por su estreches y alargamiento en los cauces de ríos; un caso especial se ubica en la quebrada Higuerillas donde existe una terraza alta producto de la intrusión del granitoide Paccha-Cordoncillo que ha elevado la zona generando esta terraza a esta diferencia de altura considerable.



Figura. 53: Terrazas: a) Terraza ubicada en el río Bono a la altura del barrio Huacas en la Unidad Portovelo b) Terraza ubicada en el río Bono a la altura del barrio del mismo nombre en la Unidad Portovelo, c) Terraza ubicada en el río Palto a la altura del barrio Loma Bonita en la Unidad Portovelo y d) Terraza ubicada en el sitio Pueblo Viejo en la quebrada Higuerrillas en intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo.

Fuente: Ruilova R. (2020).

6.7.3. Validación de Geformas.

La validación de unidades geomorfológicas para la correcta delineación de las mismas se la realizó en 41 puntos representativos del área de estudio con la finalidad de realizar una correcta clasificación, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10: Puntos de validación en campo de unidades geomorfológicas.

Id	Coordenadas		Ubicación	Mesorelieve	Macrorelieve
	X	Y			
1	646536	9603861	Gualunguro	Terraza	Piedemonte
2	647189	9608505	Daucay	Relieve Montañoso	Cordillera
3	650090	9609730	Romerillos	Relieve Montañoso	Cordillera
4	650552	9607505	Artezones	Relieve Montañoso	Cordillera
5	648191	9601975	Miraflores	Vertiente	Piedemonte
6	647876	9601236	Bono	Terraza	Piedemonte
7	646671	9603025	Bono	Terraza	Piedemonte
8	647471	9607676	Daucay	Vertiente	Cordillera
9	649360	9601555	Huacas	Vertiente	Piedemonte
10	650040	9601616	Loma Bonita	Vertiente	Piedemonte
11	650197	9602115	Loma Bonita	Terraza	Piedemonte
12	649139	9602169	Loma Bonita	Vertiente	Piedemonte



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

13	649819	9610994	Piedra Brillante	Relieve Montañoso	Cordillera
14	649044	9610460	Piedra Brillante	Relieve Montañoso	Cordillera
15	648968	9611311	Piedra Brillante	Relieve Montañoso	Cordillera
16	647595	9609591	Daucay	Vertiente	Cordillera
17	648439	9610294	Piedra Brillante	Relieve Montañoso	Cordillera
18	648614	9606984	Artezones	Garganta	Cordillera
19	648161	9608335	Romerillos	Garganta	Cordillera
20	648302	9608916	Romerillos	Garganta	Cordillera
21	648914	9608542	Romerillos	Relieve Montañoso	Cordillera
22	648845	9609285	Piedra Brillante	Relieve Montañoso	Cordillera
23	649158	9607862	Artezones	Vertiente	Cordillera
24	648000	9607217	Daucay	Vertiente	Cordillera
25	647663	9606055	Daucay	Vertiente	Piedemonte
26	647961	9610147	Piedra Brillante	Vertiente	Cordillera
27	647630	9603992	Paccha	Relieve Montañoso	Cordillera
28	648114	9603205	Paccha	Vertiente	Piedemonte
29	646969	9602104	Bono	Vertiente	Piedemonte
30	649930	9603342	Loma Bonita	Terraza	Piedemonte
31	649753	9599391	Huacas	Terraza	Piedemonte
32	649453	9600089	Huacas	Vertiente	Piedemonte
33	650357	9600974	Loma Bonita	Vertiente	Piedemonte
34	648293	9605548	El Palto	Vertiente	Piedemonte
35	646797	9604587	Pueblo Viejo	Colina Mediana	Piedemonte
36	647562	9606208	Pueblo Viejo	Terraza	Piedemonte
37	648026	9606174	Pueblo Viejo	Terraza	Piedemonte
38	647961	9606495	Pueblo Viejo	Terraza	Piedemonte
39	648327	9606127	Pueblo Viejo	Terraza	Piedemonte
40	648431	9605243	El Palto	Terraza	Piedemonte
41	649094	9603890	El Palto	Colina Alta	Piedemonte

Fuente: Ruilova R. (2020).



7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La necesidad de generar información confiable y actualizada que permita la planificación y gestión del uso del territorio a escala local es fundamental, ya que la geomorfología ha sido un fiel testigo de la dinámica de la Tierra, que ha dejado rastro en las diferentes formas de relieve únicas, dependiendo del proceso en el medio donde se ha formado (Wood, 1996), es por ello que 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 1:25.000.

El diseño de esta metodología se basa en el concepto de geomorfología cuantitativa que describe las formas del relieve como elementos tridimensionales de la superficie de la Tierra considerando su forma, tamaño, volumen y topografía (Ministerio del Ambiente, 2013); que se desarrolla mediante una clasificación automática No Supervisada Isodata, que constituye un análisis mediante procesos semiautomáticos para generar información con ayuda de índices topográficos en el software ENVI 5.3, a partir de un MDT y su geoprocesamiento en plataformas SIG, que brinda como resultado agrupamientos espectrales (morfometría) del área de estudio, que pasó por un proceso de edición ya que cualquier método automático no cuenta con precisión absoluta por lo que es necesario correlacionar la información por medio de visualizaciones e interpretaciones en 3D con ayuda de ortofotos y el índice topográfico de sombras, así como también de validación y revalidación de puntos en campo para finalizar asociando dichas unidades morfométricas a unidades geomorfológicas. El principal insumo para la determinación de índices topográfico es el MDT con una resolución de pixel de 5*5 obtenido del SIG Tierras, con el cual se desarrolló el presente trabajo investigativo.

Como resultado del procesamiento de información de la parroquia Paccha se obtuvo 2 unidades de nivel macrorrelieve y 7 unidades geomorfológicas de nivel mesorelieve de acuerdo a la metodología seguida, expresando así la realidad de la composición geomorfológica del área de estudio. La constatación en campo de estas unidades, así como el levantamiento información litológica, de pendientes y uso de suelo, han permitido definir de forma precisa y real las geoformas nombradas con anterioridad, permitiendo determinar



su fuente geo genética de los procesos que han modelado el paisaje definidos como: tectónico erosivo, estructural, y deposicional.

Las unidades geomorfológicas relacionadas a la génesis mediante combinación tanto procesos Tectónico-Erosivos como Estructurales ocupan la mayor parte del área de estudio que según el MAGAP (2015) debido a que dichas formas no corresponden a rasgos característicos, no ligadas a ningún sustrato litológico concreto de cierta extensión y continuidad (tectónico erosivo) y de modelos resultantes de la interacción de diversos procesos erosivos, litología y estructuras de las rocas (estructural); teniendo así que las unidades geomorfológicas correspondiente a relieve montañoso, vertientes de cordillera y vertientes de piedemonte presentan la génesis descrita anteriormente, con presencia de pendientes muy variadas entre ligeramente inclinadas y verticales ($0^\circ - >55^\circ$) con un total de 45.92 Km² representando el 97.48% del área de estudio.

La geoforma que tiene una génesis Estructural en el área de estudio es la garganta o valle en V que se encuentre en la zona centro norte por donde escurren las aguas del río Palto, ya que son el resultado de la interacción entre las litologías (volcano sedimentaria, granitoide y metamórfico), estructuras de las rocas, sumado a fallas inferidas, cambios que procesos exógenos que han originado este tipo de relieve; con pendientes que varían entre ligeramente inclinadas en la base donde fluye el río Palto llegando hasta verticales en sus márgenes ($0^\circ - >55^\circ$); cubriendo un área de 0.61 Km² que constituyen el 1.29% del territorio analizado.

Además se cuenta con una génesis combinada entre Estructural y Depositional en la geoforma de terrazas; dentro del área de estudio debido a que la delimitación de los cursos de los ríos Palto, Salado y Bono siguen la dirección de fallas inferidas, tal como la falla Portovelo, además se cuenta con estructuras de rocas intruidas que han formado una terraza colgada en la quebrada Higuierillas, sumado a estas condicionantes se tiene la depositación de material transportado por medios mecánicos producto de la desintegración de materiales preexistentes, presentan pendientes de ligeramente a fuertemente inclinadas. Cubre una superficie de 0.44 Km² que constituyen un 0.97% del territorio.

Aquellas geoformas relacionadas con una génesis Tectónica-Erosiva como tal que no presentan rasgos característicos (geoformas banales), de génesis tectónica y han sido modeladas por la erosión con diferentes niveles de intensidad de diferentes factores tanto endógenos como exógenos; bajo esta génesis se tiene al relieve colinado alto y al relieve



colinado mediano que cuenta con pendientes muy variables entre ligeramente inclinadas a empinadas (0° - 55°), constituyen una baja porción del territorio con solo 0.12 Km² que representa un 0.27% del territorio de la parroquia Paccha.

Para añadir validez al trabajo una vez identificadas las unidades geomorfológicas a nivel de mesorelieve y macrorelieve se realizó una validación de estas geoformas mediante recorrido de campo buscando reafirmar la clasificación expuesta, razón por la cual se revalidaron 41 puntos de control que mostraron mayor representatividad, 23 pertenecientes al macrorelieve Piedemonte (10 de vertientes, 11 de terrazas, 1 de colina alta y 1 de colina mediana) y 18 al macrorelieve de Cordillera (10 de relieve montañoso, 5 de vertientes y 3 de gargantas), tal como se muestra en la **Tabla 10**.

Se considera que los resultados obtenidos mediante la metodología seguida se ha logrado obtener una alta relación espacial entre la morfometría y la validación tanto del mesorelieve como macrorelieve, representando con gran calidad y validez las geoformas definidas, de tal manera que puede ser utilizada para actualizar el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del territorio estudiado, futuros estudios de susceptibilidad, peligrosidad y riesgos, además como insumo cartográfico para diferentes estudios como referente de línea base de planes de manejo ambiental, estudios de impacto ambiental, entre otros.



8. CONCLUSIONES

Es necesario la generación de índices topográficos, a partir del MDT a con resolución 5m/pixel considerando: pendiente, curvatura plana, curvatura transversal, curvatura longitudinal, curvatura en perfil, máxima y mínima curvatura y sombreado, que será de gran ayuda en la interpretación de unidades geomorfológicas, mientras que las restantes son utilizadas para proceder a la clasificación automática no Supervisada (Isodata) para la determinación de unidades morfométricas, no obstante, no es suficiente para definir las unidades geomorfológicas por lo que se requiere eliminar información redundante mediante un Análisis de Componentes Principales y determinados filtros de vecindario que permiten aclarar dichas unidades, relacionando características entre clusters.

La afinación de unidades geomorfológicas se perfeccionó mediante fotointerpretación con el índice topográfico de sombreado y ortofotos mediante visualizaciones en 3D; finalmente se constata con visitas de campo, para dinamizar su entendimiento se apoya en fotografías y puntos de control.

Es necesario realizar un levantamiento de información tanto de pendientes, uso de suelo y litológico, que mejora el entendimiento de los agentes modeladores del relieve y su génesis como es el caso del área de estudio que tiene génesis tectónico-erosivo y estructural que cubre el 45.92 Km² representando el 97.48% del área de estudio (relieve montañoso, vertiente de cordillera y vertiente de piedemonte), estructural con 0.61 Km² representa el 1.29% (garganta), estructural y deposicional 0.44 Km² que constituyen un 0.97% (terrazas) y tectónico erosivo con 0.12 Km² un 0.27% (relieve colinado alto y mediano).

La parroquia Paccha presenta variedad de unidades geomorfológicas agrupadas en dos unidades de relieve de nivel macro que son: de montaña constituidas por rocas metamórficas de la División Melange Palenque del jurásico-Cretácico, volcano-sedimentarias de la Unidades Portovelo, Yacuviña y Mesa Loma del Oligo-Mioceno, del intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo del Mioceno Temprano y volcano-sedimentarios del Mio-Plioceno de las Unidades Huiñacay y Chillacocha y de piedemonte conformado principalmente por rocas volcano-sedimentarias de la unidad Portovelo y en menor proporción por el intrusivo granitoide Paccha-Cordoncillo; dentro de estos tenemos: relieve montañoso que cubre 19.79 Km² significando un 42.00% siendo esta la geoforma predominante, además se tiene



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la
Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

vertientes de piedemonte con una superficie de 14.73 Km² representando el 31.28%, vertientes de cordillera con 11.40 Km² equivalente al 24.20%, gargantas, terrazas, colina mediana y colina alta en menor proporción representando 1.29%, 0.97%, 0.20% y 0.07% respectivamente.



9. RECOMENDACIONES

Utilizar el Modelo de Elevación Digital sin recortar para tener un enfoque integral del área de estudio y mejorar nuestra interpretación, ya que si trabajamos con el MDT recortado no tendremos conocimiento y no podremos relacionar las unidades morfométricas en las zonas limítrofes.

Generar los índices topográficos, la clasificación automática No Supervisada Isodata, el análisis de componentes principales, así como los filtros que ayudan aclarar las unidades morfométricas en el software ENVI 5.3 ya que según autores como Wood (1996) que es citado por el Ministerio del Ambiente (2013) menciona que actualmente es la mejor herramienta para calcular variables topográficas más relevantes.

Guiarse por mapas geomorfológicos generales o de mayor escala con la finalidad de tener un conocimiento previo del área de estudio y con ello introducir las variables que permitirán una adecuada clasificación automática No Supervisada tales como: el número de clases a determinar y el número de iteraciones (ciclo que sigue el algoritmo hasta alcanzar el umbral de convergencia).

Validar las unidades geomorfológicas en campo mediante levantamiento de información para verificar y correlacionar las delimitaciones de cada geoforma y delinear de forma definitiva el mapa de unidades geomorfológicas.

Incluir el presente trabajo investigativo dentro de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial tanto de la parroquia Paccha como del cantón Atahualpa con la finalidad de mejorar la toma de decisiones de interés colectivo, haciendo referencia a la realidad territorial de la parroquia.

Realizar el levantamiento de unidades geomorfológicas de todo el cantón Atahualpa con la finalidad de generar esta información de gran ayuda en la toma de decisiones dentro de todo el territorio.



10. BIBLIOGRAFÍA

- Aspden, J., Bonilla, W., & Duque, P. (1995). *The El Oro metamorphic complex Ecuador: geology and economic mineral deposits*. British Geological Survey Overseas.
- Aspden, J., Harrison, S., & Rundle, C. (1992). *New geochronological control for the tectomagmatic evolution of the metamorphic basement, Cordillera Real and El Oro Province of Ecuador*. Journal of South American Earth Science.
- Belousov, V. (1974). *GEOLOGÍA ESTRUCTURAL*. Moscú: EDITORIAL MIR.
- Bravo, J. D. (1995). *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Madrid: CIEMAT.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: RIALP, S.A.
- Córdova, M., Balzarini, M., Bruno, C., & Costa, J. (2012). *Análisis de componentes principales con datos georreferenciados: Una aplicación en agricultura de precisión*. Buenos Aires, Argentina.
- Correa Muñoz, N. A. (2012). *Método para la caracterización de las fomas del terreno en zonas de montaña utilizando Modelos Digitales de Elevación. Caso: Departamento del Cauca*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Dikau, R. (1989). *The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. En Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems*. London: Taylor & Francis.
- Duque Escobar, G. (2017). *Manual de geología para ingenieros*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico. Una introducción a la geología de campo*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata.
- Echeveste, H. (s.f.). *Manual de levantamiento geológico*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Exelis Visual Information Solutions. (s.f.). Obtenido de www.wxelisvis.com
- Feininger, T. (1982). *The metamorphic "basement" of Ecuador*. Geological Society of America Bulletin.
- Felicísimo, A. M. (s.f.). *Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. 1994: Pentalfa Ediciones.



- García , M. (Enero de 2012). *BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/263925700_Geologia_estructural_Esfuerzos_y_deformaciones_de_las_rocas_Deformacion_ductil_los_pliegues_y_sus_tipos_Mecanismos_de_plegamiento_Deformaciones_fragiles_diaclasas_y_fallas_Caracteristicas_y_tipos_Asoc/lin
- Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Atahualpa. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) 2014-2019*. Paccha-Atahualpa-El Oro: Sistema Nacional de Información.
- González Valdez, K. M. (2016). *Levantamiento Geológico-Estructural de la zona sur de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, provincia Loja, escala 1:50000*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid: Pearson.
- Hubp, J. L. (2011). *Diccionario geomorfológico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Nacional Geográfico. (2013). *Conceptos Cartográficos*. Madrid, España: Ministerio Fomento.
- Litherland, M., Aspden, J., & Jemielita, R. (1994). *The metamorphic belts of Ecuador*. Orveas memoir of the British Geological Survey.
- Maass, F. S., & Valdez, M. E. (2003). *Principios Básicos de Cartografía y Cartografía Automatizada*. México D.F.: Universidad Autónoma del Estado de México.
- MAGAP-SIG TIERRAS. (2015). *Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25.000, Lote 2*. Quito: Consorcio tracasa/nipsa.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2013). *METODOLOGÍA Para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: MAE.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Modelo De Unidades Geomorfológicas Para La Representación Cartográfica De Ecosistemas Del ecuador Continental*. Quito: MAE.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Nare*. Obtenido de http://www.cornare.gov.co/POMCAS/planes-de-ordenacion/DocumentosFasesNare/Diagnostico/Capitulo4.Caracterizacion-fisico-biotica/4.9_Geomorfolog%20A1a.pdf
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. Girona, España.



- Olmos, P. S. (2010). *Sistemas de Información Geográfica, Técnicas Básicas Para el Estudio de la Biodiversidad*. Madrid: Instituto Geológico Minero de España.
- Pozo Rodríguez, M., Gozález Yélamos, J., & Giner Robles, J. (2006). *Geología práctica. Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas*. Madrid: Pearson.
- Pratt, W. T. (1997). *Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 3° and 4°S*. CODIGEMM-British Geological Survey.
- Rodríguez Lloret, J., & Olivella, R. (s.f.). *Introducción a los sistemas de información geográfica. Conceptos y operaciones fundamentales*. Cataluña, España: Universidad Oberta de Catalunya.
- Tarbutck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Education S.A.
- Torres Ramírez, R. I. (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 1:25.000*. Loja.
- Villota, H. (1997). *Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno*. Santa Fé, Bogotá.
- Wood, J. (1996). *The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models*.
- Zinck, J. A. (2012). *Geopedalogía; Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. Enschede: ITC - Holanda.



11. ANEXOS.

Anexo 1. Modelo de ficha de Descripción de afloramientos.

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS			
Fecha:		Tipo de afloramiento	
N° de Afloramiento		Presencia de estratos	
Formación geológica		Estado del afloramiento	
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)			
X:		Parroquia	
Y:		Barrio	
Z:		Sitio	
Litología y Características de Afloramiento			
Fotografía			
Descripción			
Características	Altura de Afloramiento		
	Ancho de Afloramiento		
	Angulo de Talud		
	Dirección de Afloramiento		
	Dir. Buzamiento		
	Buzamiento		
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico
			Sedimentario

Fuente: INIGEMM, modificado Ruilova R. (2020)



Anexo 2. Modelo de ficha de descripción petrográfica macroscópica.

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor		N° Ficha	
Muestra		Cód. Muestra	
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color			
Tectura			
Estructura			
Tamaño de grano			
Forma de clastos			
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia		X	
Barrio		Y	
Sitio		Z	
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	
		Minerales Accesorios	
		Grado de Meteorización	
		Nombre de Roca	

Fuente: INIGEMM, modificado Ruilova R. (2020)



Anexo 3. Gráficas utilizadas para clasificación de rocas.

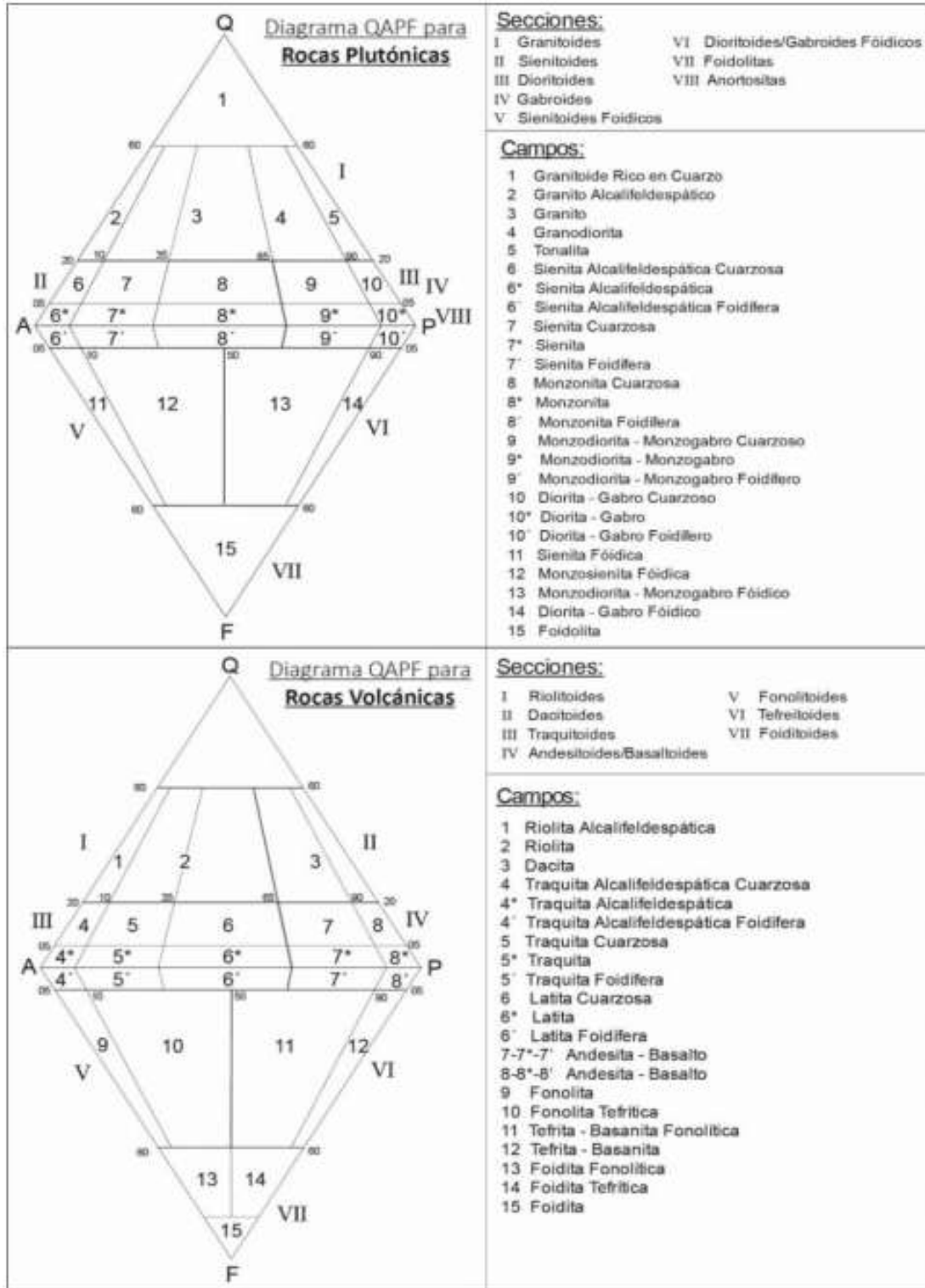


Figura. 54: Diagramas de clasificación QAPF para rocas plutónicas y volcánicas (modificado de Le Maitre, 2002).

Fuente: Echeveste, 2017



Anexo 4. Mapa de Ubicación



Anexo 5. Mapa Topográfico



Anexo 6. Mapa de Red Hidrográfica.





Anexo 7. Mapa de Uso Actual del Suelo.





Anexo 8. Mapa de Geología Regional

Anexo 9 Ficha de descripción de afloramientos.

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	23	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	0,5	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Potovelo	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Unidad Portovelo Intrusivo granodiorítico	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	646255	Parroquia	Paccha	X:	646355	Parroquia	Paccha		
Y:	9608115	Barrio	El Palto	Y:	9607743	Barrio	El Palto		
Z:	2133	Sitio	Daucay	Z:	2138	Sitio	Daucay		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
Afloramiento con presencia de cobertura vegetal de 0,30 metros aproximadamente, se encuentra compuesto por rocas piroclásticas de tipo Tobas finas, con poca compactación debido a meteorización				Se presenta una capa orgánica de aproximadamente 0,25 m y bajo esta la presencia de tobas volcánicas finas y al costado derecho se muestra parte de un intrusivo granitoide altamente meteorizada debido a su exposición en superficie, presenta bajo grado de oxidación en sus minerales.					
Características	Altura de Afloramiento	6,7 m		Características	Altura de Afloramiento	5,2 m			
	Ancho de Afloramiento	5,2 m			Ancho de Afloramiento	5,7 m			
	Angulo de Talud	63°			Angulo de Talud	69°			
	Dirección de Afloramiento	116°			Dirección de Afloramiento	15°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS									
Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial						
N° de Afloramiento	25	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	34	Presencia de estratos	No						
Formación geológica	Unidad Portovelo Intrusivo granodiorítico	Estado del afloramiento	Estable con poca erosión	Formación geológica	Intrusivo granodiorítico	Estado del afloramiento	Estable, sin meteorización						
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)									
X:	646632	Parroquia	Paccha	X:	647001	Parroquia	Paccha						
Y:	9607541	Barrio	El Palto	Y:	9606924	Barrio	El Palto						
Z:	2151	Sitio	Daucay	Z:	2092	Sitio	Daucay						
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento									
Fotografía				Fotografía									
													
Descripción				Descripción									
Aflora roca volcánica piroclástica de tipo toba muy fina con presencia de bajo grado de erosión por aguas de escorrentía y deslencables; en contacto con intrusivo granitoide, que se encuentra altamente meteorizado.				Roca plutónica granitoide (Diorita) expuesta artificialmente para extracción de material pétreo, se encuentra con muy bajo grado de meteorización y se puede mostrar oxidaciones debido a su exposición; presenta varias familias de diaclasas predominando las de dirección y buzamiento 179°/49° S y 198°/51° S									
Características	Altura de Afloramiento	12,6 m		Características	Altura de Afloramiento	29 m							
	Ancho de Afloramiento	10,5 m			Ancho de Afloramiento	27,1 m							
	Angulo de Talud	75°			Angulo de Talud	88°							
	Dirección de Afloramiento	10°			Dirección de Afloramiento	358°							
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento								
	Buzamiento				Buzamiento								
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante								
		x			<table border="1"> <tr> <td>Ígneo</td> <td>Metamórfico</td> <td>Sedimentario</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	x		
Ígneo	Metamórfico	Sedimentario											
x													



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	13/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	44	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	0,2	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	647125	Parroquia	Paccha	X:	647279	Parroquia	Paccha		
Y:	9605058	Barrio		Y:	9603942	Barrio			
Z:	1847	Sitio	Pueblo Viejo	Z:	1742	Sitio	Pueblo Viejo		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
El afloramiento presenta una cobertura vegetal de 0,25 m. aproximadamente, a ella subyacen tobas finas de color rojizo pálido y en la parte inferior, se identifica parte de un intrusivo granitoide				El afloramiento muestra una capa organica de 0,15 m aproximadamente que sobreyace a tobas finas de color rojizo pálido medianamente consolidadaa, que contienen clastos andesíticos angulosos y sub angulosos muy mal clasificados					
Características	Altura de Afloramiento	8,7 m		Características	Altura de Afloramiento	7,1 m			
	Ancho de Afloramiento	12,5 m			Ancho de Afloramiento	11,7 m			
	Angulo de Talud	71°			Angulo de Talud	78°			
	Dirección de Afloramiento	284°			Dirección de Afloramiento	305°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	19/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	62	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	70	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	648156	Parroquia	Paccha	X:	647491	Parroquia	Paccha		
Y:	9602570	Barrio	Bono	Y:	9602331	Barrio	Bono		
Z:	1402	Sitio	La Florida	Z:	1386	Sitio	Bono		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
Descripción				Descripción					
Afloramiento ubicado en el sitio La Florida en el recorrido por la vía Paccha-Piñas muestra en superficie una capa orgánica de 0,20 m aproximadamente, inmediatamente se encuentran tobas de grano fino medianamente compactado y clastos andesíticos redondeados				El afloramiento presenta una capa orgánica de 0,40 m aproximadamente, en el centro se identifica un macizo de andesitas basálticas fuertemente diaclasado en la cual no se identifican familias representativas; a los costados hay la presencia de tobas finas de color rojizo pálido a marrón con clastos mal clasificados y subangulosos.					
Características	Altura de Afloramiento	9,9 m		Características	Altura de Afloramiento	8,3 m			
	Ancho de Afloramiento	14,6 m			Ancho de Afloramiento	6,3 m			
	Angulo de Talud	79°			Angulo de Talud	88°			
	Dirección de Afloramiento	133°			Dirección de Afloramiento	152°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS			
Fecha:	19/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial
N° de Afloramiento	79	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	82	Presencia de estratos	No
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)			
X:	646713	Parroquia	Paccha	X:	646573	Parroquia	Paccha
Y:	9602831	Barrio	Bono	Y:	9603624	Barrio	Bono
Z:	1420	Sitio	Bono	Z:	1502	Sitio	Gualunguro
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento			
Fotografía				Fotografía			
							
Descripción				Descripción			
El presente afloramiento muestra una capa orgánica de 0,25 m aproximadamente, por debajo se encuentran tobas finas de color rojizo a marrón con una potencia de aproximadamente 12 m y esta a su vez se encuentra suprayaciendo a un macizo rocoso granodiorítico medianamente meteorizado. La inestabilidad aquí se genera por presencia de agua en la parte superior del afloramiento.				Presencia de rocas piroclásticas de tipo tobas finas de poca compactación con coloración rojizo pálido a marrón claro, presenta clastos andesito basálticos mal seleccionados subangulosos. Existe presencia de humedad por lo que se generan procesos erosivos.			
Características	Altura de Afloramiento	17 m		Características	Altura de Afloramiento	4,9 m	
	Ancho de Afloramiento	26,7 m			Ancho de Afloramiento	7,8 m	
	Angulo de Talud	68°			Angulo de Talud	69°	
	Dirección de Afloramiento	260°			Dirección de Afloramiento	81°	
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento		
	Buzamiento				Buzamiento		
Tipo de Roca o Material Aflorante			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante	
			x			x	





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	20/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	20/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	83	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	85	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Relativamente estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	648350	Parroquia	Paccha	X:	648381	Parroquia	Paccha		
Y:	9604838	Barrio	El Cristal	Y:	9604391	Barrio	El Palto		
Z:	1428	Sitio		Z:	1463	Sitio	Cristal		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
El presente afloramiento muestra un alto grado de meteorización producto de las precipitaciones mismas que han generado cárcavas y desgaste en su superficie; compuesto por tobas finas de coloración rojizo pálido y cantos rodados redondeados andesito basálticos				El presente afloramiento expone 3 capas diferenciadas iniciando desde la zona superior se tiene geomateriales de mejoramiento de suelo, la segunda muestra materiales orgánicos recientes geológicamente hablando y en la parte inferior se identifica tobas volcánicas finas con coloración marrón claro y presencia de clastos subredondeados bien seleccionados de andesitas basálticas.					
Características	Altura de Afloramiento	13,8 m		Características	Altura de Afloramiento	6,4 m			
	Ancho de Afloramiento	14,6 m			Ancho de Afloramiento	7,9 m			
	Angulo de Talud	65°			Angulo de Talud	71°			
	Dirección de Afloramiento	10°			Dirección de Afloramiento	65°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	20/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	20/6/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	86	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	89	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Medianament e Inestables		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	648519	Parroquia	Paccha	X:	648495	Parroquia	Paccha		
Y:	9604147	Barrio	El Palto	Y:	9603239	Barrio	La Loma		
Z:	1482	Sitio	Cristal	Z:	1560	Sitio	Av. 13 de Julio		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
Este afloramiento presenta parte de la roca intrusiva granitoide, misma que se encuentra fuertemente meteorizada debido a su exposición se denota oxidación, fracturas caóticas y diaclasas la familia más notoria tiene los siguientes elementos de yacencia 285°/48°NE				El afloramiento muestra una capa orgánica de 0,40 m aproximadamente, bajo la cual se encuentra la presencia de toba volcánicas finas con una coloración rojiza pálida y en la parte inferior se denota un cambio en la coloración de las tobas a marrón claro con presencia de pequeños clastos andesito basálticos medianamente seleccionados, angulosos. En la parte central se identifica un conjunto de rocas muy fragmentadas de composición granitoide					
Características	Altura de Afloramiento	15,6 m		Características	Altura de Afloramiento	12,5 m			
	Ancho de Afloramiento	8,9 m			Ancho de Afloramiento	15,9 m			
	Angulo de Talud	87°			Angulo de Talud	65°			
	Dirección de Afloramiento	104°			Dirección de Afloramiento	159°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	17/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	17/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	108	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	113	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Mesa Loma	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Unidad Mesa Loma	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	647879	Parroquia	Paccha	X:	647613	Parroquia	Paccha		
Y:	9610372	Barrio	El Palto	Y:	9610451	Barrio	El Palto		
Z:	2238	Sitio	Piedra Brillante	Z:	2273	Sitio	Piedra Brillante		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
Descripción				Descripción					
El afloramiento muestra rocas andesíticas con un grado de meteorización desde superficie y disminuyendo hacia el interior, debido al enfriamiento rápido. Se encuentra con grado alto de fracturamiento.				En este afloramiento se puede observar un fallamiento en tobas compactas, en la cual se observa una flexión del bloque izquierdo hacia arriba con respecto al bloque derecho que muestra un diaclasamiento subhorizontal 259°/12°N. La dirección de falla inversa es de 266°/61°S.					
Características	Altura de Afloramiento	1,9 m		Características	Altura de Afloramiento	5,8 m			
	Ancho de Afloramiento	4,8 m			Ancho de Afloramiento	4,9 m			
	Angulo de Talud	82°			Angulo de Talud	77°			
	Dirección de Afloramiento	258°			Dirección de Afloramiento	82°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		







“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	17/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	17/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	116	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	119	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Unidad Mesa Loma	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Unidad Mesa Loma	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	647387	Parroquia	Paccha	X:	647271	Parroquia	Paccha		
Y:	9610122	Barrio	El Palto	Y:	9609994	Barrio	El Palto		
Z:	2125	Sitio	Piedra Brillante	Z:	2334	Sitio	Piedra Brillante		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
 				 					
Descripción				Descripción					
<p>El afloramiento presenta tobas volcánicas rojizas de grano fino, con una capa orgánica de escasos 0,15 m en la zona superior; además hay presencia de clastos mal clasificados de rocas andesíticas de forma subangulosa.</p>				<p>Este afloramiento muestra tobas volcánicas finas medianamente compactas de color marrón claro a rojizo, se observa coloración oscura debido a la humedad que se encuentra meteorizando a la roca aflorante.</p>					
Características	Altura de Afloramiento	4,9 m		Características	Altura de Afloramiento	5,6 m			
	Ancho de Afloramiento	23,4 m			Ancho de Afloramiento	24,8 m			
	Angulo de Talud	78 °			Angulo de Talud	84°			
	Dirección de Afloramiento	113°			Dirección de Afloramiento	165°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	128	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	135	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Inestable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	647762	Parroquia	Paccha	X:	647903	Parroquia	Paccha		
Y:	9607098	Barrio	El Palto	Y:	9609047	Barrio	El Palto		
Z:	1914	Sitio	Daucay	Z:	2116	Sitio	Daucay		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
 				 					
Descripción				Descripción					
El afloramiento presenta una capa orgánica de 0,45 m aproximadamente suprayaciendo a tobas volcánicas (dacíticas) finas con una transición en su coloración pasando de marrón claro a rojizo pálido producto de meteorización desde superficie hacia el interior				Este afloramiento está compuesto en su totalidad por tobas volcánicas (dacíticas) finas de color rojizo, y presenta desarrollo de granos crisalinos feldespáticos.					
Características	Altura de Afloramiento	2,5 m		Características	Altura de Afloramiento	2,2 m			
	Ancho de Afloramiento	7,9 m			Ancho de Afloramiento	10 m			
	Angulo de Talud	75°			Angulo de Talud	79°			
	Dirección de Afloramiento	175°			Dirección de Afloramiento	185°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
Buzamiento				Buzamiento					
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS									
Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial						
N° de Afloramiento	143	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	158	Presencia de estratos	No						
Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable						
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)									
X:	647678	Parroquia	Paccha	X:	647306	Parroquia	Paccha						
Y:	9608717	Barrio	El Palto	Y:	9607965	Barrio	El Palto						
Z:	2023	Sitio	Daucay	Z:	1870	Sitio	Daucay						
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento									
Fotografía				Fotografía									
													
Descripción				Descripción									
Este afloramiento compuesto por una macizo rocoso del intrusivo granitoide (Diorita) con una familia de diaclasas preferenciales con dirección 305°/81°NE y en el cual existe presencia de una bocamina producto de minería artesanal.				Este afloramiento se encuentra formando parte del intrusivo granitoide (Granito rico en cuarzo) de tipo poliédrico con una gran variedad de diaclasas, sin presentar una familia preferencial; se evidencia oxidación de minerales producto de meteorización									
Características	Altura de Afloramiento	4,8 m		Características	Altura de Afloramiento	18 m							
	Ancho de Afloramiento	15 m			Ancho de Afloramiento	11 m							
	Angulo de Talud	87°			Angulo de Talud	No definido							
	Dirección de Afloramiento	120°			Dirección de Afloramiento	171°							
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento								
	Buzamiento				Buzamiento								
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante								
		x			<table border="1"> <tr> <td>Ígneo</td> <td>Metamórfico</td> <td>Sedimentario</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	x		
Ígneo	Metamórfico	Sedimentario											
x													



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	164	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	180	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	647662	Parroquia	Paccha	X:	645455	Parroquia	Paccha		
Y:	9607687	Barrio	El Palto	Y:	9606492	Barrio			
Z:	1902	Sitio	Daucay	Z:	2257	Sitio	Yacuvuña		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
Este afloramiento comprende al intrusivo granitoide (Diorita) en su totalidad, muestra dos familias de diaclasas representativas: una presenta una leve flexión en la zona central del afloramiento con dirección 089°/63°NE y la otra se encuentra subhorizontal al afloramiento 082°/27°SO				El afloramiento expuesto artificialmente debido a la apertura de la vía Paccha-Yacuvuña, muestra una roca plutónica granitoide (Granito rico en cuarzo) con muy bajo grado de meteorización identificando una coloración amarillenta producto de la oxidación de minerales debido a su exposición en superficie. Además se observa un macizo un esquema de diaclasado prismático sobhorizontal (152°/28°SO)					
Características	Altura de Afloramiento	13 m		Características	Altura de Afloramiento	3,2 m			
	Ancho de Afloramiento	6,5m			Ancho de Afloramiento	12,8 m			
	Angulo de Talud	75°			Angulo de Talud	85°			
	Dirección de Afloramiento	098°			Dirección de Afloramiento	326°			
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
		x					x		





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS			
Fecha:	24/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	24/07/2020	Tipo de afloramiento	Artificial
N° de Afloramiento	187	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	197	Presencia de estratos	No
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Medianament e estable	Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Inestable
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)			
X:	649200	Parroquia	Paccha	X:	649854	Parroquia	Paccha
Y:	9601502	Barrio	Huacas	Y:	9600927	Barrio	Loma Bonita
Z:	1400	Sitio	Huacas	Z:	1188	Sitio	Loma Bonita
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento			
Fotografía				Fotografía			
Descripción				Descripción			
Este afloramiento ubicado en la vía Paccha-Huacas muestra tobas finas de color rojizo medianamente meteorizado con presencia de cantos rodados de diámetros considerables subredondeados de andesitas a andesitas basálticas con una meteorización de tipo cortaza de ceboolla por láminas alrededor del canto.				Este afloramiento muestra en su totalidad una coloración rojiza pálida compuesta por tobas finas en la cual se identifican pequeños clastos subangulosos de andesitas-basálticas. Se presencia alto grado de humedad razón por la cual presenta inestabilidad.			
Características	Altura de Afloramiento	4,3 m		Características	Altura de Afloramiento	9,8 m	
	Ancho de Afloramiento	6,9 m			Ancho de Afloramiento	13 m	
	Angulo de Talud	64°			Angulo de Talud	67°	
	Dirección de Afloramiento	303°			Dirección de Afloramiento	203°	
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento		
Buzamiento				Buzamiento			
Tipo de Roca o Material Aflorante			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario		
			x				
Tipo de Roca o Material Aflorante			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario		
			x				





“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS			
Fecha:	24/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	19/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial
N° de Afloramiento	208	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	213	Presencia de estratos	No
Formación geológica	Unidad Portovelo	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	Intrusivo granitoide	Estado del afloramiento	Estable
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)			
X:	649981	Parroquia	Paccha	X:	648289	Parroquia	Paccha
Y:	9602402	Barrio	Loma Bonita	Y:	9607526	Barrio	El Palto
Z:	1147	Sitio	Loma Bonita	Z:	1763	Sitio	Daucay
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento			
Fotografía				Fotografía			
							
Descripción				Descripción			
Este afloramiento al sur de la zona de estudio en la carretera que conecta al barrio Loma Bonita con la parroquia Cordoncillo se identifican tobas volcánicas de grano fino a medio de color marrón claro con clastos de pequeños diámetro (0,05 m aprox.) de andesitas.				Este afloramiento presenta un contacto discordante entre una roca plutónica granitoide y tobas de grano fino de color marrón claro que también cuenta con cantos rodados subangulosos de roca granitoide.			
Características	Altura de Afloramiento	4,1 m		Características	Altura de Afloramiento	6,9 m	
	Ancho de Afloramiento	5,3 m			Ancho de Afloramiento	11,1 m	
	Angulo de Talud	69°			Angulo de Talud	84°	
	Dirección de Afloramiento	065°			Dirección de Afloramiento	077°	
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento		
	Buzamiento				Buzamiento		
Tipo de Roca o Material Aflorante			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario		
			x				
Tipo de Roca o Material Aflorante			Ígneo	Metamórfico	Sedimentario		
			x				



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS				DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS					
Fecha:	24/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial	Fecha:	24/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial		
N° de Afloramiento	226	Presencia de estratos	No	N° de Afloramiento	227	Presencia de estratos	No		
Formación geológica	División Melange Palenque	Estado del afloramiento	Estable	Formación geológica	División Melange Palenque	Estado del afloramiento	Estable		
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)				Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)					
X:	649240	Parroquia	Paccha	X:	649165	Parroquia	Paccha		
Y:	9607199	Barrio	El Palto	Y:	9607008	Barrio	El Palto		
Z:	1869	Sitio	Artesones	Z:	1802	Sitio	Artesones		
Litología y Características de Afloramiento				Litología y Características de Afloramiento					
Fotografía				Fotografía					
									
Descripción				Descripción					
El afloramiento ubicado en la carretera El Palto-Artesones muestra mediante un corte de vía un conjunto de rocas diferenciadas entre sí teniendo: tobas rojizas compactas, rocas con granos minerales bien desarrollados en matriz oscura y brechas				El presente afloramiento aunque no de gran magnitud identifica la presencia de un gneis esquistoso de coloración oscura con bandeamiento blanco. Se encuentra aflorando en la carretera El Palto-Artesones.					
Características	Altura de Afloramiento	5,8 m		Características	Altura de Afloramiento				
	Ancho de Afloramiento	6,3 m			Ancho de Afloramiento				
	Angulo de Talud	68°			Angulo de Talud				
	Dirección de Afloramiento	187°			Dirección de Afloramiento				
	Dir. Buzamiento				Dir. Buzamiento				
	Buzamiento				Buzamiento				
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario	Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico	Sedimentario
			x					x	



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS			
Fecha:	24/7/2020	Tipo de afloramiento	Artificial
N° de Afloramiento	234	Presencia de estratos	No
Formación geológica	División Melange Palenque	Estado del afloramiento	Estable
Localización (Coordenadas UTM WGS 84, 17S)			
X:	649166	Parroquia	Paccha
Y:	9605910	Barrio	El Palto
Z:	1612	Sitio	Artesones
Litología y Características de Afloramiento			
Fotografía			
			
Descripción			
Este afloramiento expone presencia de tobas de grano fino a medio de coloración rojiza a marrón medianamente compactada; con exposición de roca granodiorítica			
Características	Altura de Afloramiento	2,9 m	
	Ancho de Afloramiento	3,5 m	
	Angulo de Talud	65°	
	Dirección de Afloramiento	282°	
	Dir. Buzamiento		
	Buzamiento		
Tipo de Roca o Material Aflorante		Ígneo	Metamórfico
		x	
			Sedimentario

Anexo 10. Ficha de descripción petrográfica macroscópica

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	1
Afloramiento	24	Cód. Muestra	LUGP-RR-24
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro		
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	2		
Matriz (%)	98		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	646495
Barrio	El Palto	Y	9607571
Sitio	Daucay	Z	2148
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, plagioclasas, hornblenda
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Cuarzo, piroxeno, galena
		Grado de Meteorización	Medio
		Nombre de Roca	Diorita

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	2
Afloramiento	28	Cód. Muestra	LUGP-RR-28
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Blanquesino		
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	646845
Barrio	El Palto	Y	9607446
Sitio	Daucay	Z	2154
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Cuarzo
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Feldespatos y plagioclasas
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Granitoide rico en cuarzo o granito leucocrático



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	3
Afloramiento	30	Cód. Muestra	LUGP-RR-30
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro		
Textura	Afanítica aporfirítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Subredondeados		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	646707
Barrio	El Palto	Y	9607201
Sitio	Daucay	Z	2129
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxeno
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Epidota, pirita
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita basáltica

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	4
Afloramiento	34	Cód. Muestra	LUGP-RR-34
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscuro a verdoso		
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Anguloso		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	647001
Barrio	El Palto	Y	9606924
Sitio	Daucay	Z	2092
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas	169°/49°S	Minerales Principales	Plagioclasas, feldespatos alcalinos, cuarzo
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Pirita, piroxenos
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Diorita



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	5
Afloramiento	43	Cód. Muestra	LUGP-RR-43
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro		
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	30		
Matriz (%)	70		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	646888
Barrio		Y	9605749
Sitio	Pueblo Viejo	Z	1933
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, cuarzo, hornblenda
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Biotita, limonita, galena
		Grado de Meteorización	Medio
		Nombre de Roca	Granodiorita

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	6
Afloramiento	48	Cód. Muestra	LUGP-RR-48
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón claro a amarillento		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subangulosos		
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647280
Barrio		Y	9603782
Sitio	Pueblo Viejo	Z	1721
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, feldespatos
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Limonita
		Grado de Meteorización	Alto
		Nombre de Roca	Toba andesítica basáltica



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	7
Afloramiento	70	Cód. Muestra	LUGP-RR-70
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscuro a verdoso		
Textura	Afanítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	3		
Matriz (%)	97		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	647491
Barrio	Bono	Y	9602331
Sitio		Z	1386
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxeno, epídotas
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Cuarzo
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita basáltica

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	8
Afloramiento	85	Cód. Muestra	LUGP-RR-85
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscuro a verdoso		
Textura	Afanítica a porfirítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subredondeado		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	648381
Barrio	Cristal	Y	9604391
Sitio		Z	1463
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxenos
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Epidota, hematita
		Grado de Meteorización	Baja
		Nombre de Roca	Andesita basáltico




“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”


FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	9
Afloramiento	108	Cód. Muestra	LUGP-RR-108
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris verdoso claro		
Textura	Porfírica		
Estructura	Orientada		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	40		
Matriz (%)	60		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	647879
Barrio	El Palto	Y	9610372
Sitio	Piedra Brillante	Z	2238
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Piroxeno, hohblendas
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Feldespato, epidota
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	10
Afloramiento	112	Cód. Muestra	LUGP-RR-10
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón claro a amarillento		
Textura	Afanítica a porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	25		
Matriz (%)	75		
UBICACIÓN			
Parroquia	Paccha	X	647590
Barrio	El Palto	Y	9610553
Sitio	Piedra Brillante	Z	2285
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, plagioclasas, cuarzo
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Hornblenda, piroxenos (?), limonita
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Tobas riolíticas



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	11
Afloramiento	114	Cód. Muestra	LUGP-RR-114
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscura a verdosa		
Textura	Afanítica a porfírica		
Estructura	Masiva fuertemente fracturada con aspecto brechoso		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Angulosos (30cm diámetro)		
Fenocristales (%)	10		
Matriz (%)	90		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647520
Barrio	El Palto	Y	9610277
Sitio	Piedra Brillante	Z	2298
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxeno, plagioclasas
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Cuarzo, magnetita, hematita
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita basáltica

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	12
Afloramiento	130	Cód. Muestra	LUGP-RR-130
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscuro a verdoso		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Subredondeados		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647758
Barrio	El Palto	Y	9607639
Sitio	Daucay	Z	1869
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxeno y epidots
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Feldespatos, plagioclasas
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita basáltica



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	13
Afloramiento	135	Cód. Muestra	LUGP-RR-135
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Rosáceo		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subredondeados		
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647903
Barrio	El Palto	Y	9609047
Sitio	Daucay	Z	2116
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, plagioclasas
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Limonita
		Grado de Meteorización	Alto
		Nombre de Roca	Tobas dacíticas

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	14
Afloramiento	136	Cód. Muestra	LUGP-RR-136
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro con manchas verdosas		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	15		
Matriz (%)	85		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647833
Barrio	El Palto	Y	9609096
Sitio	Daucay	Z	2116
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, plagioclasas y homblenda
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Cuarzo, piroxeno y epidotas
		Grado de Meteorización	Medio
		Nombre de Roca	Toba Dacítica



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	15
Afloramiento	151	Cód. Muestra	LUGP-RR-151
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón verdoso a rosado		
Textura	Porfirítica		
Estructura	Fragmentos bandeados		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Subanguloso		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647729
Barrio	El Palto	Y	9608487
Sitio	Daucay	Z	1594
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos potásicos
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Homblenda, limolita
		Grado de Meteorización	Alto
		Nombre de Roca	Aglomerado volcánico

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	16
Afloramiento	153	Cód. Muestra	LUGP-RR-153
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro a blanquesino		
Textura	Fanerítica a porfirítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	647730
Barrio	El Palto	Y	9608328
Sitio	Daucay	Z	1998
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Cuarzo, feldespatos
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Pirita, piroxeno
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Granito alcalinofeldespático



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	17
Afloramiento	189	Cód. Muestra	LUGP-RR-189
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón amarillento		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subangulosos		
Fenocristales (%)	15		
Matriz (%)	85		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	649306
Barrio	Huacas	Y	9601247
Sitio		Z	1369
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Homblenda
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Limonita
		Grado de Meteorización	Alto
		Nombre de Roca	Tobas andesíticas

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	18
Afloramiento	196	Cód. Muestra	LUGP-RR-196
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Verde oscuro		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino		
Forma de clastos	Subangulosos		
Fenocristales (%)	10		
Matriz (%)	90		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	649768
Barrio	Loma Bonita	Y	9600971
Sitio		Z	1208
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Homblenda y piroxeno
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Epidota, cuarzo
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	19
Afloramiento	198	Cód. Muestra	LUGP-RR-198
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris oscuro a verdoso		
Textura	Afanítica porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subredondeado		
Fenocristales (%)	5		
Matriz (%)	95		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	650040
Barrio	Loma Bonita	Y	9601023
Sitio		Z	1168
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Hornblenda, piroxeno
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Biotita, magnetita, hematita
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Andesita basáltica

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	20
Afloramiento	201	Cód. Muestra	LUGP-RR-201
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón claro a amarillento		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos	Subredondeados		
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	650358
Barrio	Loma Bonita	Y	9601075
Sitio		Z	1138
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldespatos, plagioclasas
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Limonita y cuarzo
		Grado de Meteorización	Alto
		Nombre de Roca	Toba dacítica



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	21
Afloramiento	226	Cód. Muestra	LUGP-RR-226
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Marrón oscuro a rojizo		
Textura	Porfírica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Fino a grueso		
Forma de clastos	Angulosos		
Fenocristales (%)	fragmento brechoso 40 y tobas 10		
Matriz (%)	fragmento brechoso 60 y tobas 90		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	649240
Barrio	El Palto	Y	9607199
Sitio	Artezones	Z	1869
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Fragmento brechoso (cuarzo, hematita) y tobas (feldespatos)
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Fragmento brechososo (pirita, limonita) y tobas (cuarzo)
Afloramiento multicomposicional de tobas riolíticas, tobas andesíticas mineralizadas y fragmentos brechosos (tipo aglomerado)		Grado de Meteorización	Medio a alto
		Nombre de Roca	Aglomerado (?)

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	22
Afloramiento	227	Cód. Muestra	LUGP-RR-227
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Bandeado oscuro con blanco		
Textura	Lepidoblástica a nematoblástica		
Estructura	Bandeada		
Tamaño de grano	Fino a medio		
Forma de clastos			
Fenocristales (%)			
Matriz (%)			
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	649165
Barrio	El Palto	Y	9607008
Sitio	Artezones	Z	1802
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Manganita (?), cuarzita
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Limonita
		Grado de Meteorización	
		Nombre de Roca	Gneis esquistoso



“Levantamiento de Unidades Geomorfológicas a escala 1:10.000 de la Parroquia Paccha, Cantón Atahualpa, Provincia El Oro”

FICHAS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA			
Autor	Ronny Ruilova	N° Ficha	23
Afloramiento	234	Cód. Muestra	LUGP-RR-23
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
Color	Gris claro a blanquesino		
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de grano	Medio		
Forma de clastos	Subangulosos		
Fenocristales (%)	0		
Matriz (%)	100		
UBICACIÓN		COORDENADAS (UTM WGS84, ZONA 17S)	
Parroquia	Paccha	X	649175
Barrio	El Palto	Y	9608917
Sitio	Artezones	Z	1602
DATOS ESTRUCTURALES		CONTENIDO MINERAL	
Diaclasas		Minerales Principales	Feldspatos alcalinos, plagioclasas, cuarzo, hornblenda
OBSERVACIONES		Minerales Accesorios	Piroxeno, biotita, pirita
		Grado de Meteorización	Bajo
		Nombre de Roca	Granodiorita



Anexo 11. Mapa de Geología Local.



Anexo 12: Mapa de Pendientes.



Anexo 13: Mapa de Unidades Geomorfológicas-Macrorelieve.



Anexo 14: Mapa de Unidades Geomorfológicas-Mesorelieve.