



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS

“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA CINCO DE LA CUENCA DE MALACATOS”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTOR:

Jaime Alejandro Campoverde Ríos

DIRECTOR:

Ing. John E. Soto Luzuriaga

LOJA - ECUADOR
2010

CERTIFICACIÓN

Ing. John Egverto Soto Luzuriaga

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA ESCUELA DE GEOLOGÍA Y MINAS

C E R T I F I C A:

Que el presente trabajo “ESTUDIO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA CINCO DE LA CUENCA DE MALACATOS” realizado por el señor Jaime Alejandro Campoverde Ríos, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por lo tanto autorizo su presentación ante el respectivo Tribunal de Grado.

Loja, Agosto del 2009

f).....

Ing. John E. Soto Luzuriaga

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Todas las ideas, conceptos, procedimientos, resultados y conclusiones vertidos en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....

Jaime Alejandro Campoverde Ríos

AUTOR

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jaime Alejandro Campoverde Ríos, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice:

“Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”

Jaime Alejandro Campoverde Ríos

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a todos los Docentes investigadores de la Escuela de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja, por haber impartido generosamente todos sus conocimientos. De igual forma al Ing. John Soto, Director de Tesis, por su acertada dirección y sugerencias brindadas para culminar este trabajo

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a las personas que hicieron posible el sueño de conseguir una meta en mi vida, mis padres que han sido mis guías y apoyo en todas las decisiones y a mis hermanos.

EL AUTOR

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 10

OBJETIVOS 15

CAPITULO I

1. Características físico – geográficas de la zona 17

1.1. Ubicación 17

1.2. Acceso 19

1.3. Relieve Orográfico e Hidrografía 19

1.4. Clima 20

1.5. Flora y Fauna 21

CAPITULO II

2. Metodología y trabajo de campo 23

2.1. Documentación y recopilación de información 23

2.2. Fotointerpretación de la zona de estudio 24

2.3. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos 24

2.4. Trabajo de gabinete final 27

CAPITULO III

3. Geología 29

3.1. Geología Regional	29
3.1.1. Estructura	34
3.2. Geología Local	35
3.2.1. Rocas Metamórficas	37
3.2.2. Rocas Volcánicas	40
3.2.3. Rocas Sedimentarias	41
3.2.4. Depósitos Coluviales	47
3.2.5. Depósitos Aluviales	48
3.2.6. Geología Estructural del sector	50
3.3. Geomorfología	53
CAPITULO IV	
4. Interpretación de resultados análisis de deslizamientos	59
4.1. Cortes de secciones geológicas locales	63
4.2. Inventario de Deslizamientos	65
4.2.1. Factores que influyen en la inestabilidad	67
4.3. Relación geología-pendientes	72
CAPITULO IV	
5. Conclusiones y recomendaciones	
5.1. Conclusiones	74
5.2. Recomendaciones	79
BIBLIOGRAFÍA	
	80

ANEXOS	81
Anexo 1: Fotografía Aérea	82
Anexo 2: Descripción de los principales afloramientos	84
Anexo 3: Mapa: Geológico-Estructural y Deslizamientos escala 1:10 000	95

RESUMEN

La cuenca de Malacatos, en los Andes meridionales del Ecuador, ha sido mencionada por WOLF (1892, PP. 281-2). Luego PUTZER & SCHNEIDER-SCHERBINA, (1958); SPINDLER *et al.* y otros (1959); VILLEMUR (1967); NACIONES UNIDAS (U.N.D.P., 1969d) y KENERLEY (1973) y HUNGERBÜHLER (1997) hicieron estudios. Este último autor subdividió los estratos en las siguientes formaciones, desde abajo hasta arriba: **Unidad Chigüinda, Loma Blanca, San José, Santo Domingo y Cerro Mandango.**

Por eso la Escuela de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja ve la necesidad de realizar un levantamiento geológico-estructural detallado a escala 1:10.000 el cual abarque la Hoya de Malacatos, determinando los rasgos estructurales y las formaciones geológicas existentes, con el fin de establecer en un futuro la verdadera génesis y evolución de esta cuenca sedimentaria. El sector seleccionado para la realización de este proyecto de tesis se encuentra ubicado en el Suroeste de la parroquia de Malacatos y Noroeste de Vilcabamba, Provincia de Loja.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis sobre el “ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA CINCO DE LA CUENCA DE MALACATOS” a escala 1:10.000, se lo realizó considerando las características Geológicas, Estructurales, Tectónicas, Morfológicas y el Inventario de deslizamientos del área para elaborar un Mapa Geológico actualizado a detalle de la parroquia de Malacatos, así como también para conocer el origen, causas y efectos de los diferentes deslizamientos que han ocurrido en la actualidad.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó un mapa topográfico a escala 1:100.000 de Gonzanamá, para tener una idea anticipada sobre la geología regional, elaboración de mapas tanto geológico como de pendientes y para la ubicación de antiguos deslizamientos ocurridos en el año de elaboración de la carta topográfica (1975), de la misma manera se procedió a obtener las fotografías aéreas de la zona a escala 1:60 000, proporcionados por el Instituto Geológico Militar (IGM).

Una vez analizado y seleccionado el material fotográfico y cartográfico, se procedió a la interpretación fotogeológica preliminar, es decir a la separación de las diferentes unidades litológicas y principales rasgos tectónicos, utilizando un estereoscopio de espejos, con los rasgos geológicos trazados y con la carta topográfica se elaboró un mapa foto-cartográfico preliminar, trazando las rutas

geológicas a seguirse por carreteras, ríos y senderos en el trabajo de verificación de campo.

El proceso de levantamiento geológico del polígono que consta de un área de 2.600 has se lo realizó con salidas de campo en la zona de estudio, analizando lo más detalladamente cada uno de los afloramientos naturales y artificiales, y a la vez deslizamientos presentes en la zona, y en casos donde no se tenía un conocimiento acertado del tipo de litología presente, se procedía a tomar muestras para luego examinarlas detenidamente con ayuda de información de textos. Con todo esto se realizó la interpretación de toda la información obtenida en la zona de estudio para dar un aporte geológico local y para el respectivo inventario de deslizamientos presentes en la zona.

Determinando que la zona de estudio está constituida por rocas metamórficas como esquistos muscovíticos asociados con cuarcitas, gneises biotíticos – muscovíticos de grano medio a grueso, cuarcitas, rocas volcánicas como tobas aglomeráticas, tobas en algunos casos de composición andesítica y tobas, rocas sedimentarias como areniscas, lutitas silíceas y calcáreas, limolitas, carbón, depósitos aluviales y conglomerados. La presencia de minerales como yeso, cuarzo, etc., fueron claves para diferenciar entre una y otra formación. Todo esto al estar en presencia de los diversos tipos de meteorización ha formado tipos de suelos que tienen un pH moderadamente ácido y de una textura arcillosa.

En lo que respecta el inventario de deslizamientos se empleo el Formato de Inventario de Movimientos propuesto por el Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA), el cual para este trabajo fue modificado en base a la realidad local. Los tipos de deslizamientos que se encontró son: de tipo traslacional y rotacional, flujos, movimientos de tipo reptacional, y caída de bloques localmente, producidos por movimientos tectónicos, flujos de agua natural y en algunos casos mal canalizada, y por procesos de meteorización y erosión. La elaboración del inventario de deslizamientos se realizó mediante técnicas de mapeo de campo y fotointerpretación.

La información geológica obtenida durante el levantamiento de campo fue analizada y procesada utilizando las técnicas SIG, lo que permitirá disponer de una base de datos georeferenciados. Logrando elaborar un mapa geológico definitivo a color a escala 1:10.000, así como también tres perfiles o cortes geológicos, la respectiva leyenda y simbología geológica, la misma que se describe en el presente trabajo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Realizar un mapa Geológico-Estructural e inventario de deslizamientos con detalle a escala 1:10.000 de la zona cinco (5) de la cuenca sedimentaria de Malacatos.

Objetivos Específicos:

- ✓ Levantamiento geológico detallado del sector
- ✓ Reconocimiento de las formaciones rocosas existentes, así como la descripción de su litología.
- ✓ Elaborar un mapa Geológico-Estructural detallado de la zona de estudio.
- ✓ Identificar y definir los contactos de las formaciones geológicas presentes en esta zona.
- ✓ Realizar el inventario de los deslizamientos presentes en el polígono de estudio, ocurridos hasta la actualidad y elaborar el mapa de Deslizamientos.

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES FÍSICO – GEOGRÁFICAS

1.1. Ubicación

El polígono de estudio se encuentra localizado en la región Sureste del Ecuador, a 35 km al Sur de la Ciudad de Loja, comprendida al Noroeste del barrio Vilcabamba y Suroeste de Malacatos, con una extensión de 2.600 hectáreas.

El área está limita al Norte con Malacatos y Loma Blanca, al Sur con el sector Santorum y Los Linderos, al Este con Los Linderos y la Escuela Lucrecia Aldeán, al Oeste con el Barrio Uchima y El Cerro La Pilastra (ver Grafico No. 1). Delimitado por las siguientes coordenadas UTM: (ver Tabla No. 1)

Nº	Coord. X	Coord. Y
1	688000E	9534000N
2	695000E	9534000N
3	695000E	9529000N
4	692000E	9529000N
5	692000E	9530000N
6	690000E	9530000N
7	690000E	9532000N
8	689000E	9532000N
9	689000E	9533000N
10	688000E	9533000N

Tabla No. 1: Coordenadas UTM (Datum PSAD-56) del Área 5 de la Cuenca de Malacatos

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 5 de la Cuenca de Malacatos”

U.T.P.L.

JAIME ALEJANDRO CAMPOVERDE RÍOS

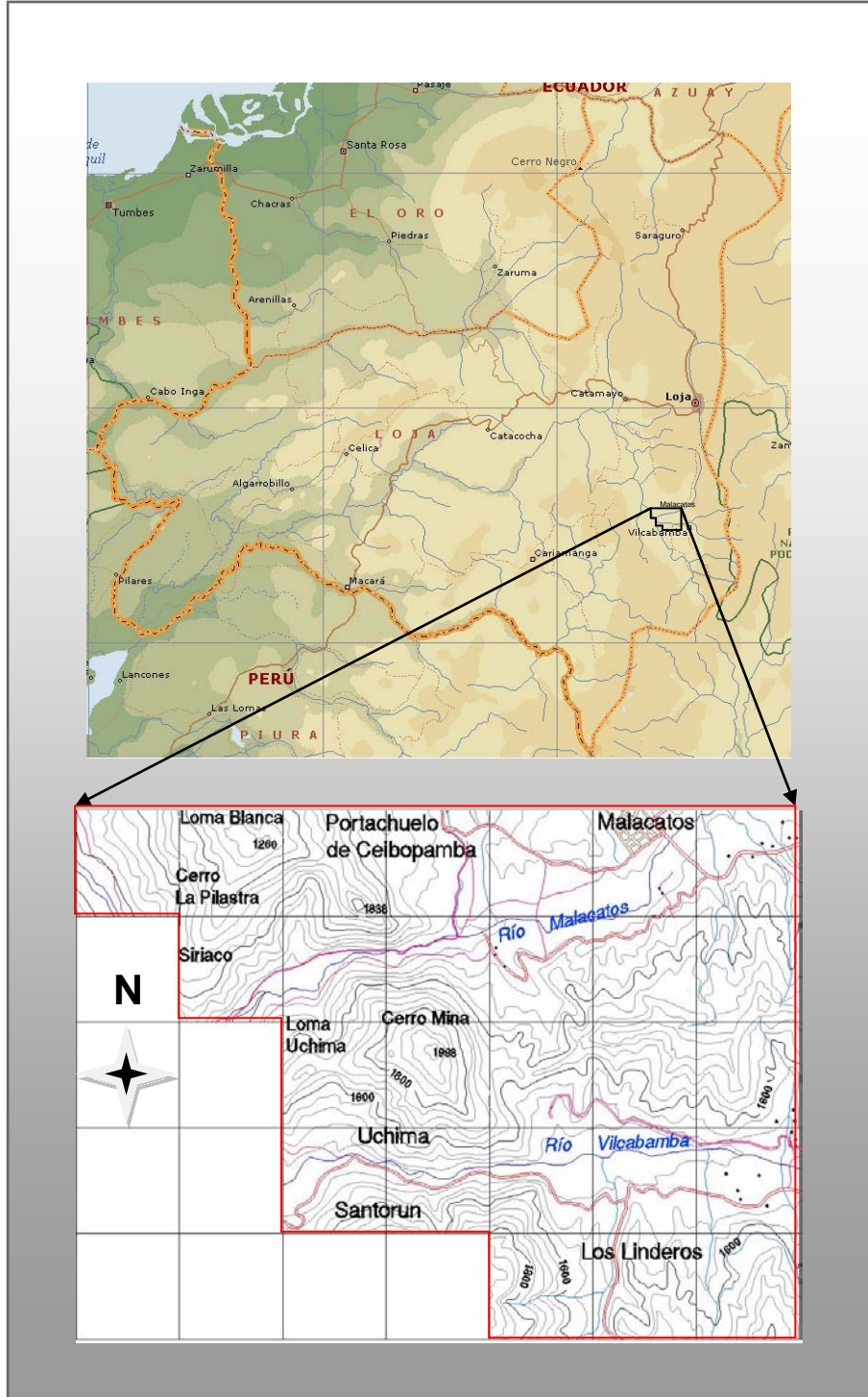


Gráfico 1: Ubicación del polígono de estudio respecto a la Provincia de Loja

1.2. Acceso

El acceso a la zona de estudio se lo puede hacer desde la ciudad de Loja por la vía Loja – Malacatos, con un tiempo estimado de 30 minutos a vehículo, desde Malacatos se ingresa al polígono por la parte Norte en la vía no asfaltada que conduce al sector San Agustín. Otra ruta para llegar a la parte central es por el camino del Sector Vergel. Para acceder a la parte Sur se lo puede hacer por las vías secundarias que parten del sector entrada a Vilcabamba por la vía en reparación del sector Santorum Km 2 de la vía principal Malacatos- Vilcabamba.

1.3. Relieve orográfico e hidrografía

El relieve orográfico del sector en su mayoría es muy accidentado, con pendientes muy abruptas debido a que está atravesado por la cadena montañosa de los Andes. Dentro de la zona de estudio las pendientes oscilan entre los 5° y 90°, lo que atribuyen a procesos erosivos de tipo fluvial, y debido a la gran variedad de rocas tanto metamórficas como sedimentarias y los procesos geológicos que modifican el relieve, interactúan formándose valles en forma de V, con alturas que van desde los 1400 y 2280 m.s.n.m.

La principal red hidrográfica del sector está representado por dos redes de tipo paralela divide al Norte por el río Malacatos, esta atraviesa la zona de estudio de Este a Oeste y a su vez recibe los caudales de algunas quebradas secas. Por otra parte está el Río Vilcabamba que riega la parte

Sur del polígono de igual forma de este a oeste, recibiendo también caudales de quebradas pequeñas y que solo alimentan en épocas de precipitación considerable. Estas dos redes desembocan al oeste en otro río de mayor cauce como es el Río Solanda. (Gráfico No. 2)

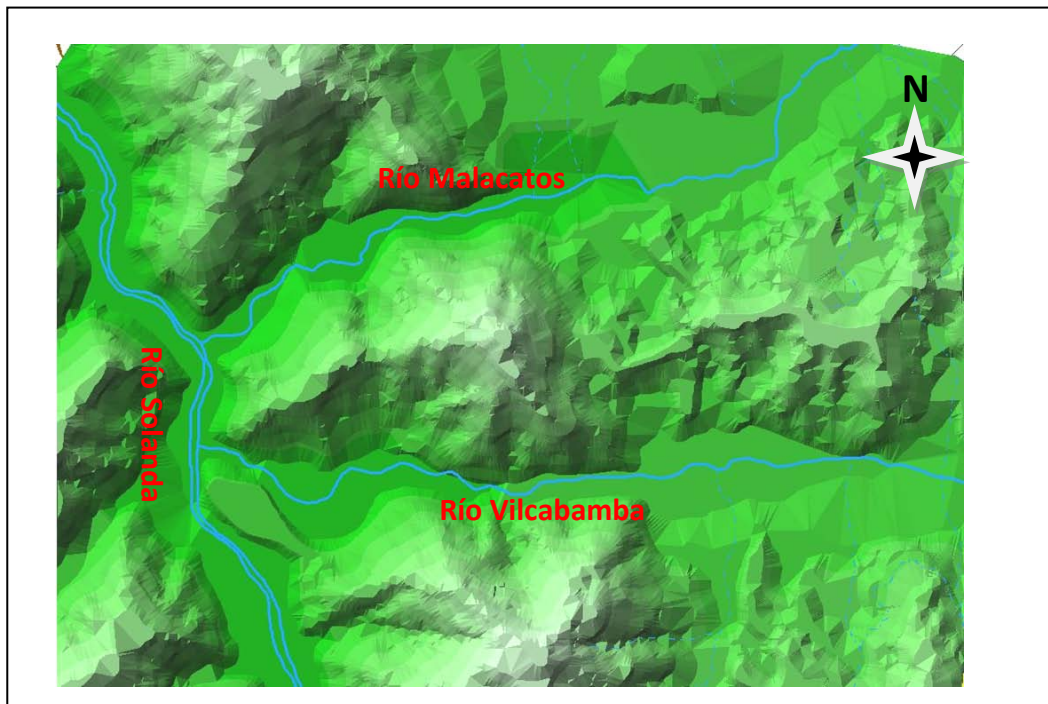


Gráfico No. 2: Hidrografía de la Zona de Estudio

1.4. Clima

El clima de la parroquia de Malacatos es variable, subtropical con temperatura que alcanzan los 20.4°C, a temperaturas mínimas de 5°C, con una precipitación anual promedio de 647 mm, con una humedad del 82%, heliofanía 5.6% por hora, velocidad del viento 1.6m/s. La pluviosidad de la zona está entre los periodos de Enero a Junio con el invierno y los periodos de verano entre los meses de Julio a Diciembre¹

¹ Estación Meteorológica Universidad Nacional de Loja sector “La Argelia”

1.5. Flora y fauna

La vegetación corresponde a una gran variedad de flora encontrándose especies madereras entre altitudes de 1600 a 2400 m.s.n.m. como: pino, ciprés, cedro, eucalipto; y en zonas de cultivo en partes más bajas cercanas como: caña de azúcar, maíz, tomate, pimiento, fréjol, pepino, yuca, hortalizas, árboles frutales de consumo como: papaya, limón, mora, guineo, naranja, chirimoya, granadilla, tomare de árbol, níspero, etc. Especies como el cactus. Entre las especies dominantes de matorrales tenemos: mimosa y acacia. Las gramíneas o zonas de pastizales predominan por las partes altas de la zona que sirven de alimento para los animales.

La fauna de igual forma muy variada encontrándose los más comunes: el ganado vacuno, porcino, variedades de pájaros, serpientes, especies avícolas, guanchacos, etc.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO

Para la realización de este trabajo se siguió de una manera sistemática la metodología que a continuación se describe:

2.1. Documentación y recopilación de información

El trabajo en primera instancia contempla la recopilación de información disponible (documentos, mapas, papers, tesis, fotos aéreas, etc), para esto se lo realizó en coordinación con la Escuela de Geología y Minas, con la finalidad de tener una idea anticipada sobre la Geología regional del sector.

Utilizando la Base Topográfica, Hoja CT - NVII - B, Gonzanamá 3781, del Instituto Geográfico Militar 1973, información del levantamiento Geológico realizado por: J. B. Kennerley M. Sc., del Instituto de Ciencias Geológicas de Londres y el Ing. L. Almeida, del Servicio Nacional de Geología y Minería de Quito, durante los años de 1970. Se elaboró un mapa geológico preliminar y así tener una relación de los contactos de las formaciones geológicas de la zona. Y con la información de la Estratigrafía del Mioceno Medio y Tardío y la Geodinámica del Sur del Ecuador propuesta por Hungerbühler de la zona de Malacatos y Vilcabamba en 1997, se correlacionó un perfil geológico preliminar de la disposición de los estratos en cada formación.

Esta base topográfica se utilizó, para la realización del levantamiento geológico de campo, en la cual se fueron ubicando datos estructurales, cambios en las formaciones y los correspondientes deslizamientos.

2.2. Fotointerpretación de la zona de estudio

El análisis fotointerpretativo se la realizó en base a fotografías aéreas a escala 1:60.000 proporcionados por el Instituto Geográfico Militar, utilizando un estereoscopio de espejos tipo Topcon, determinando los contactos entre formaciones, rasgos litológicos, la geomorfología, estructuras tales como fallas y pliegues, depósitos coluviales y aluviales; y los deslizamientos ocurridos hasta el año 1984 en el cual fueron levantadas dichas fotos. (Anexo 1).

También se trazó las rutas geológicas a seguirse por carreteras, ríos, y senderos en el trabajo de verificación de campo.

2.3. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos

La primera fase de trabajo de campo realizado consistió en el levantamiento geológico en salidas durante seis meses, donde se considero la documentación de medidas estructurales, potencia de las rocas en los afloramientos, la columna estratigráfica y la descripción detallada de los tipos de rocas existentes en el sector. Se procedió a describir lo más detalladamente posible los

afloramientos naturales y artificiales encontrados a lo largo de las rutas geológicas previamente trazadas. Junto con la documentación geológica preliminar se tomó muestras de rocas para ser analizadas en el laboratorio, con el fin de saber a qué tipo de formación pertenecen. (Ver foto No. 1).



Foto No.1: Descripción geológica

El equipo utilizado durante el mapeo consistió básicamente en equipo como:

- brújula,
- GPS,
- martillo geológico,
- lupa,
- distanciómetro;
- equipo de apuntes como: libreta de campo, carta geológica, mapa geológico preliminar; utensillos de medición como: escalímetro, graduador.

Respecto al inventario de deslizamientos, el trabajo consistió en la recopilación de datos de campo, ubicación geográfica de dichos eventos, documentación geológica de los mismos. Se lo realizó a escala 1:5000 con la utilización del formato propuesto por el proyecto Multinacional Andino - Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA), el cual nos ayuda a determinar la actividad del movimiento, litología y estratigrafía, tipo de movimiento, material, velocidad del movimiento, deformación del terreno, cobertura y uso del suelo, causas condicionantes y detonantes, origen, humedad y plasticidad del suelo, y verificación de deslizamientos antiguos (hasta 1984) identificados mediante fotointerpretación.(Ver Foto No. 2).



Foto No.2: Deslizamiento Activo afectando vivienda de la Hacienda San Joaquín

(X=693145, Y=9531240)

2.4. Trabajo de gabinete final

Una vez terminada la recolección de datos en el campo y con ayuda de la información previa, se hizo el análisis correspondiente para la obtención de los resultados, sumándose a ello el inventario de deslizamientos y su ubicación dentro de la base geológica, se procedió con la edición del mapa geológico a escala 1: 10.000 utilizando las técnicas de AutoCAD y ArcGis, el mismo que permitirá disponer de una base temática georeferenciada.

CAPITULO III

GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

CAPÍTULO III

3. GEOLOGÍA

3.1. Geología regional

La cuenca de Malacatos, en los Andes meridionales del Ecuador, ha sido mencionada por WOLF (1892, PP. 281-2). Luego PUTZER & SCHNEIDER-SCHERBINA, (1958); SPINDLER *et al.* y otros (1959); VILLEMUR (1967); NACIONES UNIDAS (U.N.D.P., 1969d) y KENERLEY (1973) y HUNGERBÜHLER (1997) hicieron estudios.

La serie sedimentaria de la región en parte se encuentra recubierta por rocas Meta–Sedimentarias del Paleozoico (Unidad Chigüinda; Litherland *et al.*, 1994), las mismas que se encuentran al Este del borde de la Cordillera Real, y las rocas volcánicas de la Formación Loma Blanca de edad Oligoceno Inferior. Se pueden distinguir tres unidades tecto-estratigráficas dominantes, ubicadas en el Sur, el Nor-Oeste y el centro (bloque La Granja). Este último se separa del resto de la cuenca Oeste por una falla normal (Hungerbühler en 1997).

Hungerbühler subdividió los estratos en las siguientes formaciones, desde abajo hasta arriba: **Unidad Chigüinda, Loma Blanca, San José, Santo Domingo y Cerro Mandango.**

Unidad Chigüinda.- En la base de la cuenca sedimentaria tenemos la Unidad Chigüinda que bordea la parte Sur de la Cordillera de hasta 30 km de ancho. Constituida al Oeste por rocas de metamorfismo bajo como filitas, esquistos sericíticos, cuarcíticos y cuarcitas; y hacia el Este el grado aumenta por rocas como metagranitos, gneises, gneises graníticos y migmatitas. La potencia de esta unidad no es conocida pero se sume que es de centenares de kilómetros de profundidad.²

.Formación Loma Blanca.- constituida por una secuencia de rocas volcánicas, tobas aglomeráticas, tobas y flujos de lava andesítica yace de forma discordante sobre la Unidad Chigüinda. Donde hacia el Norte ocupan el ancho total de la cuenca, pero en dirección Sur, están cubiertas de sedimentos que le permiten aflorar solamente en una banda estrecha a lo largo del lado oeste de la cuenca. Su edad es desconocida, pero según edades radiométricas (SNELLING 1974, comunicación personal) se piensa que es del Oligoceno-Mioceno inferior. Pero en el área de Malacatos - Vilcabamba en cuatro muestras se produjeron una extensión grande de las edades ($40.6 \pm 5.4 - 26.6 \pm 4.0$ Ma.- Hungerbühler 1997), que según la tabla internacional estratigráfica del 2008, esta formación pertenece al Eoceno-Oligoceno inferior.

Formación San José.- constituida por areniscas calcáreas de tamaño variable y calizas micríticas, existe también la presencia de pizarras

² Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. Dominik Hungerbühler , Michael Steinmann, Wilfried Winkler, Diane Seward, Arturo Egüez, Dawn E. Peterson, Urs Helg, Cliff Hammer. Pág 88

bioturbadas, brechas bioclásticas, capas de guijarros volcánicos. Descansa discordantemente sobre la Formación Loma Blanca con un espesor de 200 m. En las areniscas calcáreas y calizas micríticas se encuentran fósiles de ostrácodos, bivalvos, gasterópodos y algunas plantas foraminíferas de agua dulce y salada como (*Trochaminita irregularis*, *Quin-queloculina* sp. aff. *Seminulum*) producto de una ambiente deposicional costero con aportaciones de agua dulce. La asociación de facies de arenisca se compara con ondas de arena formadas en las corrientes de marea en los canales de estuarios y en parte de la desembocadura de canales de un delta. Las delgadas areniscas calcáreas y calizas representan la llanura de inundación y depósitos de laguna. En conclusión, la fauna y la información de las facies sugiere que la Formación San José se depositó en mareas dominadas por deltas ambientales (Hungerbühler 1997). Su edad es Miocénica media a tardía. (13.5 ± 1.2 Ma. and 13.1 ± 1.9)²

Formación Santo Domingo.- esta formación aflora todo el flanco central. Descrita por Hungerbühler (1997), sustituye la parte superior de la Formación Algarrobillo y la Formación Cabalera mencionadas por Kennerley (1973). Está dividida en dos miembros.

El Miembro Carbón compuesto de repetidas secuencias de pozos estratificados bituminosos, pizarras negras y limonitas menores, en parte areniscas canalizadas con intervalos de estratificación cruzada y laminaciones onduladas tipo ripple. Las pizarras bituminosas contienen hidrocarburos con un rendimiento del 60-80 kgr/ton (Litherland et al., 1994.). Los

depósitos calcáreos y diques clásticos son omnipresentes y varias capas de carbón continúan lateralmente, las mismas que alcanzan una potencia de 2 m (Putzer, 1968).

El Miembro de Yeso verdoso, de grano medio, areniscas bien clasificadas con laminaciones onduladas tipo ripple y láminas de limonita. El yeso primario se produce en las areniscas como agujas prismáticas verticales y recristaliza los planos en embudos formando lentes de brecha. El yeso secundario es muy abundante hasta 20 cm de espesor. Las facies y la mineralogía de formación Santo Domingo implica ajuste de depósitos deltaicos costeros con predominio de las mareas y entornos pantanosos, similar a los de la formación San José. Esto también es corroborado por la aparición de yeso primario y vetas de carbón con tendencia Norte-Sur expuestas en forma paralela a la reconstrucción de la línea de costa (Hungerbühler, 1997). El alto contenido de azufre de los carbones (Putzer, 1968) sugiere la formación en un medio costero, tales como marismas salinas (Styan y Bustin, 1984). Además, la alternación con intervalos del yeso y el carbón (contienen fósiles, hojas que indican un clima tropical bajo; ej. Berry, 1945), sugiere que la deposición se produjo en diversas condiciones de seco y húmedo a lo largo del borde de la llanura costera (Hungerbühler, 1997). La potencia de esta formación es variable, alcanzando el máximo de 700 m.³

Formación Cerro Mandango.- Los principales afloramientos de la formación Cerro Mandango (Kennerley, 1973) ocurrieron dentro de un sinclinal entre Vilcabamba y Malacatos con orientación SSE-NNW, (Sur y centro

dominios tectónico-estratigráfico, donde el espesor es de hasta 1000 m). Esta sobreyace la formación Santo Domingo y antiguas rocas metamórficas con disconformidad angular y en parte recae concordante sobre la formación Quinara. La sucesión observada del Miembro de arenisca inferior y del Miembro de conglomerado superior (Hungerbühler, 1997) reflejan la tremenda tendencia al alza de la formación. El miembro superior es más grueso en la parte meridional de la cuenca donde espectaculares discordancias progresivas están presentes. El miembro arenisca consiste de estratificación ondulada y cruzada, areniscas de grano medio y grueso, capas y láminas de gravas con cantos metamórficos, areniscas de grano grueso, gravas con guijarros metamórficos, en menor cantidad limonitas. El miembro arenisca calificado en el miembro conglomerado, se caracteriza por canales anchos, clastos (metamórficos) sosteniendo los conglomerados, areniscas gruesas y en poca cantidad limonitas. La sucesión de facies representa la transición de una carga de fondo denominada sistema arenoso fluvial y de un abanico aluvial, que va desde el Sur hacia el Norte. La recristalización del material fue exclusivamente situada en rocas metamórficas de la cordillera Real.

Ocho muestras en la formación produjeron las edades que se extiende entre (11.4 ± 1.6 y 7.7 ± 0.8 Ma.) correspondiente al Mioceno tardío. (Hungerbühler, 1997).³

³ Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. Dominik Hungerbühler, Michael Steinmann, Wilfried Winkler, Diane Seward, Arturo Egüez, Dawn E. Peterson, Urs Helg, Cliff Hammer. Pág 90

3.1.1. Estructura

En la cuenca de Malacatos, los conglomerados de la Formación Mandango se encuentran estratificados con buzamientos hacia el este desde 15° a 35°. Localmente, para toda la Formación Santo Domingo, los buzamientos son especialmente más verticales y algunos filones de carbón están inclinados en 60° o más. En el conglomerado de la Formación Cerro Mandango se presentan plegamientos más importantes con una dirección de los ejes Norte-Noroeste. Aunque al Oeste de la cuenca los estratos toman una inclinación considerable de 30°; debido a procesos de erosión causados por procesos de plegamiento del basamento que inclinan las capas (Gráfico No.3)

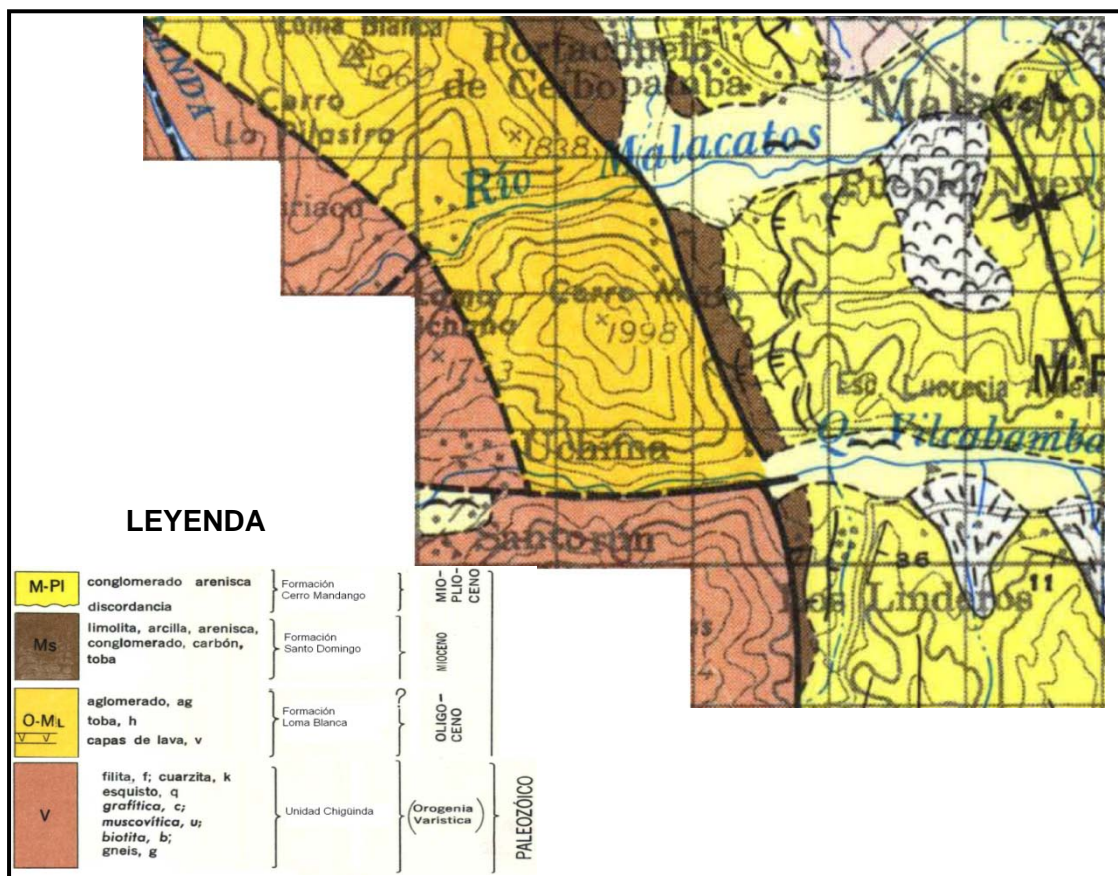


Gráfico No. 3: Mapa geológico Zona de Malacatos. Kenerley (1975)

3.2. Geología local

Levantamiento geológico de campo

El levantamiento geológico estuvo encaminado a la descripción de los afloramientos y obtención de datos estructurales, con la finalidad de obtener la secuencia de la depositación-deformación de las diferentes formaciones.

La cobertura de una gruesa capa de suelo y sedimentos cuaternarios de flujos de lodo, así como también la presencia de una vegetación en el área, dificultan en el campo la observación de parámetros necesarios para la determinación de la potencia real de las diferentes secuencias sedimentarias.

Los espesores estimados de cada unidad aflorante en la zona se mencionan más adelante en la descripción de las formaciones y en la columna estratigráfica del área

Descripción Geológica

En lo que corresponde al mapeo geológico estructural se describe a continuación las diferentes unidades geológicas encontradas en el área de estudio.

Con relación al agrupamiento de la secuencia estratigráfica, en la zona se encuentran rocas metamórficas como esquistos de la *Unidad Chigüinda*

del Paleozoico (aprox. 411.2 ± 2.8 Ma.) que constituyen el basamento de la cuenca y que aflora al oeste del área de estudio. Siguiendo con la secuencia, se encuentran rocas volcánicas de la *Formación Loma Blanca* del Oligoceno Inferior (aprox. 40.6 ± 5.4 – 26.6 ± 4.0 Ma) (Hungerbühler 1997). Continuando la secuencia se encuentran formaciones sedimentarias de edad Terciaria Miocénica (Hungerbühler 1997): *Santo Domingo* (aprox. 14.6 ± 1.8 Ma. y 12.0 ± 1.2 Ma.), *Cerro Mandango* (aprox. 11.4 ± 1.6 y 7.7 ± 0.8 Ma.), las mismas que se conforman de areniscas, lutitas, arcillas y los conglomerados, areniscas conglomeráticas, limolitas que son del mioceno superior, y que se encuentran ubicadas en la parte central y este de la zona.

Sedimentos de edad Cuaternaria (aprox. Holoceno 0.0117 Ma.), como depósitos de terrazas de materiales como: esquistos, cuarcitas, cuarzos, filitas; flujos de lodo, depósitos coluviales y aluviales, de materiales poligenéticos, afloran dentro del área y yacen indistintamente sobre formaciones más antiguas.

Finalmente cabe mencionar como unidad aparte el pórfido andesítico que está depositado al Suroeste y Noroeste del área y que se encuentra en contacto inferido con la Unidad Chigüinda y la Formación Loma Blanca.

Las formaciones geológicas que localmente se encuentran en el sector de estudio son las que se detallan a continuación:

3.2.1. Rocas Metamórficas

Unidad Chigüinda (Paleozoico)

La unidad Chigüinda de edad Paleozoica, constituye el basamento de la cuenca sedimentaria y aflora a lo largo del margen occidental de la zona de estudio.

Ocupando gran parte de los Cerros La Mina, Lomas Uchima y Méjicos y parte de La Loma Blanca. El basamento de la cuenca presenta un metamorfismo de bajo grado constituido de rocas como esquistos sericíticos, grafitosos, y cuarcíticos, siendo estos los más abundantes dentro del área. Estos esquistos presentan vetas de cuarzo con una dirección o rumbo N 23°, buzando 70° al NW, en el sector del Cerro la Mina, en las proximidades de las orillas del Río Vilcabamba. (Ver Foto No. 3)



Foto No. 3: Esquistos cuarcíticos con vetas de cuarzo de orientación N 23°, buzando 70° al NW 10 cm. de potencia

Los esquistos presentan una dirección de foliación N 300° y un Buzamiento de N 65° E en placas que van desde 1 a 10 centímetros. Presentan tonalidades rojizas por oxidaciones del Fe, colores grises y verdes, estos últimos formados por la recristalización de la clorita. Se encuentran fuertemente erosionados y otros presentan una fuerte tectonización formando pliegues fracturado en su eje axial (X=689657; Y=9532339) (Foto No. 4-5).



Foto No. 4: Esquistos: dirección foliación N 300° y buzamiento N 65° E



Foto No. 5: Esquistos pliegue N 290° N 10° E

Las cuarcitas presentan tonalidades claras, aflorando en unos lugares en una matriz limo-arcillosa-arenosa en paquetes que van desde 1 a 4 metros de potencia (Ver Foto No 6), en otras con presencia de vetillas y vetas de cuarzo de 1 a 10 centímetros (Ver Foto No.7)



Foto No. 6: Cuarcitas en matriz limo-arcillosa



Foto No. 7: Cuarcitas con vetas de cuarzo

3.2.2. Rocas Volcánicas

Formación Loma Blanca (Oligoceno inf.)

Ocupa en gran parte la Loma de la cual recibe su nombre. Consta de rocas volcánicas producto de un ciclo eruptivo que se dió ($40.6 \pm 5.4 - 26.6 \pm 4.0$ Ma.- Hungerbühler 1997) Eoceno-Oligoceno inferior.

Consta de rocas volcánicas como tobas, tobas andesíticas, y flujos de lava andesítica. También se encuentra esta formación en el Cerro La Mina, sobreyacendo la Unidad Chigüinda que es la propia roca de este cerro (Ver Foto No.8)



Foto No. 8: Formación Loma Blanca. Loma Blanca. Tobas volcánicas.

Las Tobas en su cubierta tienen una tonalidad rojiza (producto de la oxidación) contienen cristales de cuarzo, y algunas fragmentos de esquistos. (Ver Foto No.9). También hay la presencia

de un pórfido andesítico en la localidad del sector Uchima (Ver Mapa G. Estructural)



Foto No. 9: Tobas volcánicas.

3.2.3. Rocas Sedimentarias

Dentro del área de estudio afloran distintos tipos de litologías sedimentarias de edad Miocénica, descansando de forma discordante sobre el basamento metamórfico de la Cuenca.

La Formación Santo Domingo constituida de lutitas, limolitas, arcillas, vetillas de yeso, areniscas y carbón.

La Formación Cerro Mandango con paquetes de conglomerados de clastos de cuarcitas, esquistos y filitas, los que se encuentran sostenidos en una matriz limo-arcillosa, y presencias de capas de areniscas. A continuación se detallan las diferentes formaciones presentes en el área:

Formación Santo Domingo

Ocupa la Parte central del polígono formada por dos miembros: Miembro Yeso, y Miembro Carbón. Dentro de la Formación Santo Domingo afloran lutitas de diferentes tonalidades de cremas a grises y algunas de coloración rojiza oscuro producto de la oxidación (intemperie), de tamaño de grano fino, con intercalaciones de arcillo-limolitas de color crema, algunos lentes de areniscas, en la parte superior y micro conglomerados (tamaños menores a 0,1 m). En algunos afloramientos suelen tener una coloración oscura debido a presencia de material orgánico que varía la composición mineralógica de las lutitas. (Ver Foto No. 10).

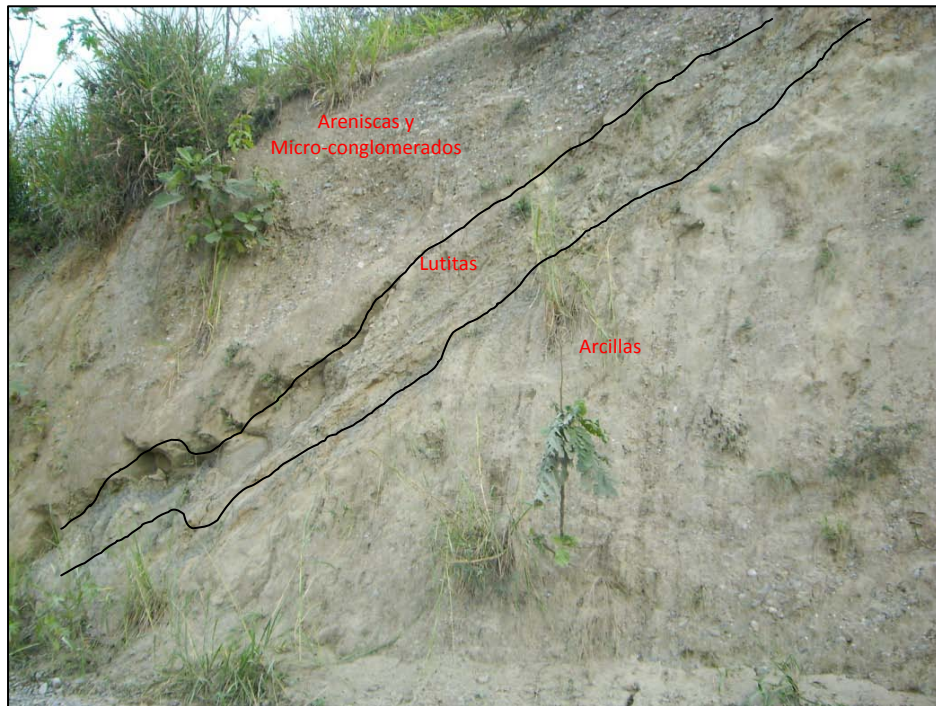


Foto No. 10: Fm Santo Domingo; secuencia de lutitas y limolitas, nótese en las parte superior capas de areniscas y micro-conglomerados

Las capas varían de potencia desde 5-10 cm a 2 m, presentando fracturas que cortan los planos de foliación en otras, causando meteorización y erosión, debido a la ausencia de vegetación.

El miembro Yeso que consta de capas intercaladas de finas lutitas de color crema y arcillas grises, tienen vetillas de yeso y micas, y en algunos casos asociaciones de sulfuros, siguiendo la misma estratificación, estas capas presentan una dirección promedio N 330° y buzando N 45° E. (Ver Foto No. 11 y Mapa G. Estructural).



Foto No. 11: Foliación de las lutitas. Inclucción 60°/45°

Mientras que el miembro Carbón predomina las arcillas de tonalidad grises formando paquetes métricos (1 - 6 m), a las cuales atraviesa una capa carbón bien meteorizado de 0,50 m de potencia de coloración café oscura. Las arcillas presentaban saturación de

agua. Este miembro en la zona de estudio solo aflora en la parte Norte (X=692553, Y=9533742) (Ver Foto No. 12)



Foto No. 12: Formación Santo Domingo.- Miembro Carbón.

Formación Cerro Mandango.

Se encuentra ocupando toda la parte Este del polígono investigado, y se encuentra sobreyacendo de forma discordante a la Formación Santo Domingo, está conformada por conglomerados de esquistos, cuarcitas y filitas sostenidos en una matriz limo-arcillosa de color naranja.

El tamaño de los clastos varía desde 1 – 15 cm de diámetro, de buena redondez en unos y otros con alguna angulosidad que indica poca transportación. Existe también la presencia de capas de areniscas que se intercalan con las paquetes de conglomerados dispuestos de forma clasificada, estas capas varía de tamaño de

acuerdo al ambiente de depositación en que se dieron. En esta formación la presencia de zonas de escarpes es común, inclusive formándose zonas de cárcavas en ciertos sectores (X=694345; Y=9532224) (Ver Foto No. 13 y 14)



Foto No. 13: Fm. Cerro Mandango, capas horizontales: conglomerados y areniscas. Zona de cárcavas

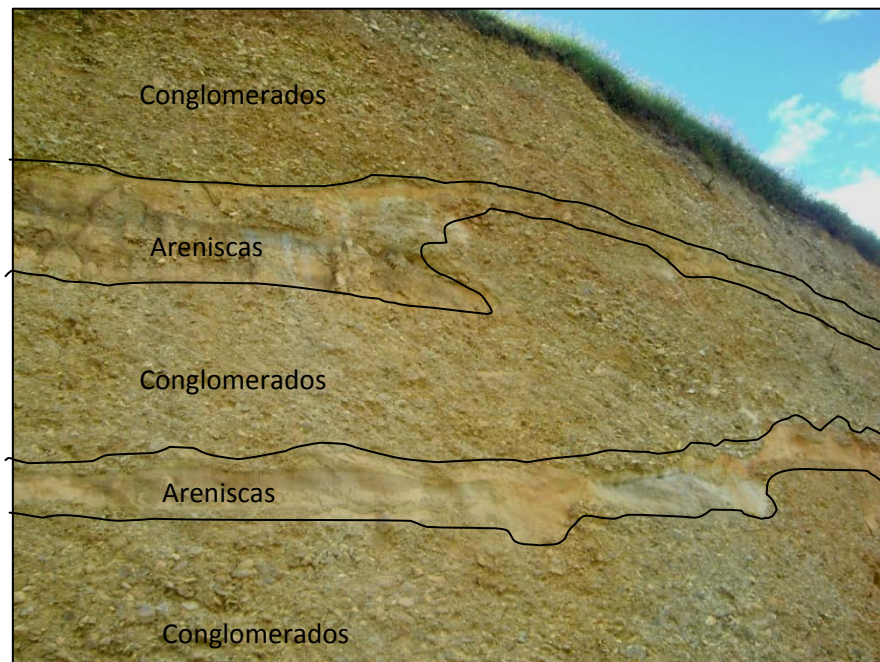


Foto No. 14: Fm. Cerro Mandango: disposición de capas: conglomerados y areniscas

La dirección de los estratos de conglomerados tiende a ser de N 340° y sub-horizontales, teniendo un ángulo de buzamiento promedio de 15° al NE; aunque conforme avanza sobre la Formación Santo domingo aumenta su ángulo de buzamiento llegando a ser de 35° al NE, debido a procesos de erosión y plegamiento de la cuenca. (Ver Foto No.15)



Foto No. 15: Inclinación de capas de la Formación Mandango (dirección N 340°; ang. buzamiento 35° NE).

Esta formación se encuentra descansando discordantemente sobre la Formación Santo Domingo (Ver foto No.16).



Foto No. 16: contacto discordante entre la F. Cerro Mandango y la F. Santo Domingo

3.2.4. Depósitos Coluviales

Estos depósitos resultan de la acción de meteorización y erosión de colinas, en donde por acción de gravedad y participación en parte del agua, rompen la roca formando masas de suelo y roca que se precipitan pendiente abajo, desplazando desde pocos metros hasta algunos kilómetros. En temporadas de abundante precipitación se mueven de manera rápida como flujos y en temporadas de sequía su movimiento es paulatino solo por acción del viento (meteorización eólica).

En el área de estudio se encuentran en la parte Norte y Sur en los pies de los Cerros Loma Blanca y Loma Méjicos con materiales

como: esquistos verdes, cuarcitas, pizarras, gneis, tobas, algunos aglomerados basales que tienen como cementos cuarzo. Depositados en unos a manera de canchales. Y otras formando terrenos. La potencia de estos depósitos llegan alcanzar algunos metros. No tienen una estratificación ordenada, Los materiales son angulosos tipo brechas. (Ver Foto No. 17)



Foto No. 17: Depósitos Coluviales de esquistos verdes y cuarcitas con algunos aglomerados sostenidos en una matriz limo-arcillosa, otros formando canchales

3.2.5. Depósitos aluviales

Se forman a partir de la actividad frecuente de los ríos y procesos de inundaciones, por tal motivo se encuentran en los cauces y orillas de los ríos principales como: Malacatos, Vilcabamba y Solanda, y algunas quebradas secas. Están

constituidos por materiales poligenéticos como: arenas, arcillas, limos y gravas, de tamaño variable de milimétricos a centimétricos (0,1–30 cm) es decir cantos rodados mal clasificados que fueron transportados por las crecidas torrenciales y depositadas sobre llanuras de inundación sobre los mismos cauces de estos ríos. El espesor de estos depósitos es variable, alcanzando de pocos metros a decenas, se los ha ubicado en el Holoceno (Cuaternario) (Ver Foto No.18)

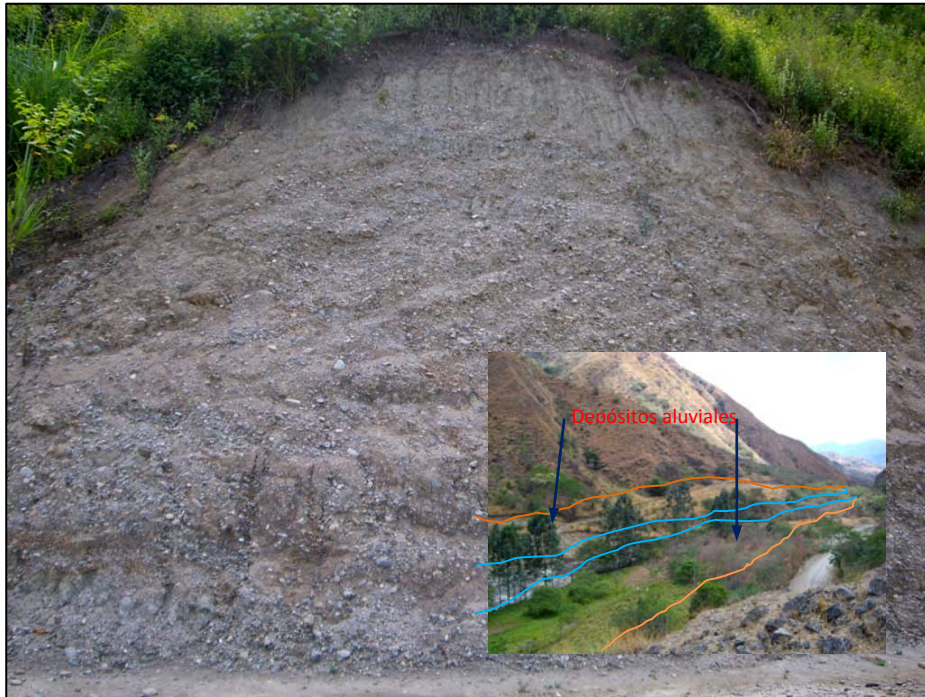


Foto No. 18: Depósitos de terrazas aluviales, levantadas 50 m del nivel del Río
Vilcabamba

3.2.6. Geología Estructural del sector

El área de estudio, respecto a La Unidad Chigüinda se encuentran esquistos que tienen una foliación orientada N 300°, buzando al Este 65° y vetas de cuarzo con una similar orientación N 293° y buzando 70° al E. (Ver foto No. 19)



Foto No. 19: Planos de esquistosidad de la Unidad Chigüinda

Respecto a los estratos de la Formación Cerro Mandango presenta una orientación casi horizontal de 0 a 12°. Salvo el caso de una franja que está inclinada 30° que está en contacto discordante con la Formación Santo Domingo. (Ver foto No. 20)

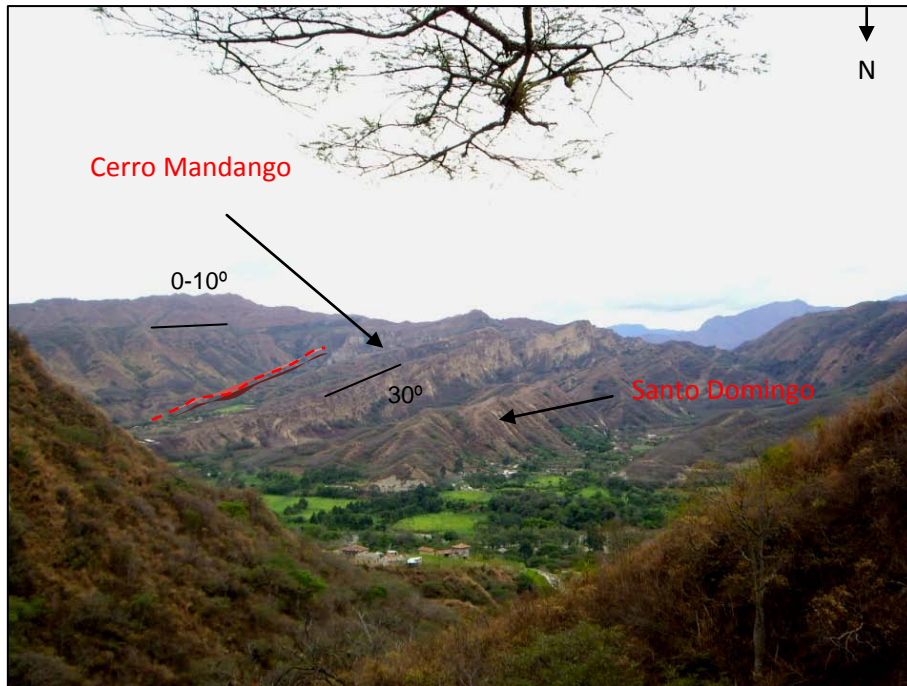


Foto No. 20: Cambio de orientación. Capas de la Formación Cerro Mandango.

La Formación Santo Domingo presenta capas con dirección N 330° y un buzamiento promedio de 45° al NE, con materiales altamente meteorizado, debido a la incesante diaclasamiento que existen entre las capas de lutitas que presentan, intercalaciones de capas delgadas de yeso, y minerales de sulfuro segregados entre ellas.

Los deslizamientos presentes en la zona se producen más en la Formación Santo Domingo, compuesta por materiales expansibles como arcillas que en tiempos de abundantes precipitaciones, se producen movimientos tipo colada (flujo). (Ver foto No. 21)



Foto No. 21. F. Santo Domingo. Miembro Yeso

Un micropliegue simétrico se presenta en los esquistos de la U. Chigüinda en la localidad (X=689657; Y=9532339) con las siguientes medidas flanco Oeste N 310° Buzando 10° al NW, flanco este N 310° Buzando 12° al NE. (Ver foto No. 22)



Foto No. 22. Micropliegue simétrico. U. Chigüinda

3.3. GEOMORFOLOGÍA

El área en estudio geomorfológicamente comprende un relieve en cotas comprendidas desde los 1400 a los 2000 m.s.n.m, debido a pendientes fuertemente inclinadas se producen encajonamientos formándose valles en U y V, zonas de escarpe (Foto No.23), que dan a la formación de redes dendríticas de quebradas secas.

La vegetación es media en la zona, encontrándose cultivos en pendientes bajas, con terrenos generalmente llanos:



Foto No. 23. Zona de estudio. Valles en U y zonas de crestas

Haciendo el análisis correspondiente de las pendientes presentes en el área se la puede dividir en cuatro zonas:

1. *Zona de montañas con crestas abruptas*, comprendida entre los 1600 y 2000 metros sobre el nivel del mar, relacionado con rocas metamórficas del Paleozoico y zonas de escarpe de la Formación Mandango , con pendientes que oscilan entre los 35 y 55% ocupando una superficie del 15% del área total, con lo cual se determina una pendiente abrupta. (Foto No.24)

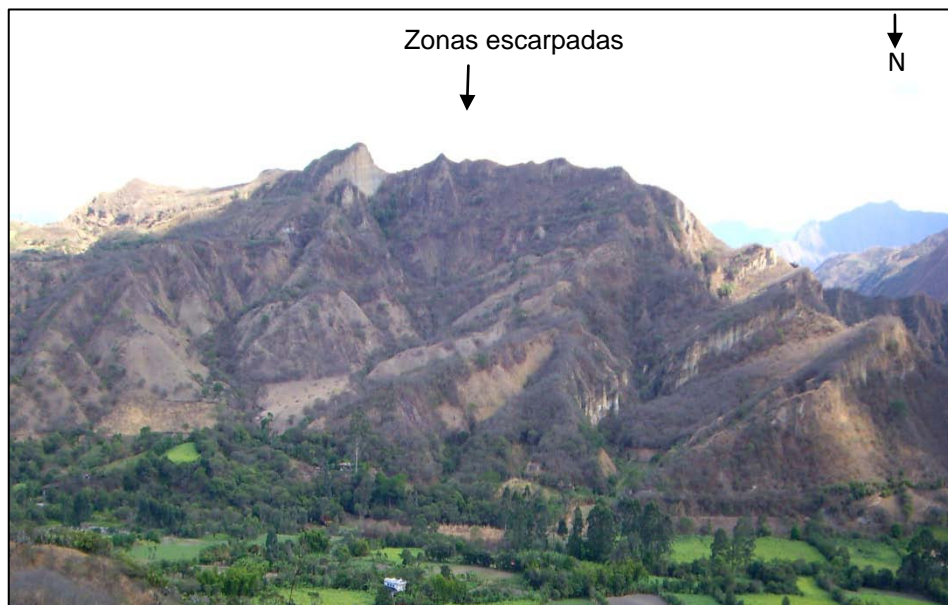


Foto No. 24. Zonas de crestas y pendientes abruptas. Fm. Cerro Mandango y Unidad Chigüinda

2. *Zona de colinas altas y medias*, con crestas agudas y redondeadas, comprendida entre los 1460 y 1800 metros sobre el nivel del mar, relacionado con rocas metamórficas de la *Unidad Chigüinda* y volcánicas de la Formación *Loma Blanca*, con pendientes que van desde los 15 a 35 % que determinan una

pendiente fuertemente inclinada. Ocupando una superficie del 25 % del área total. (Foto No.25)



Foto No. 25. Zonas de colinas altas y medias con crestas angulosas y redondeadas. Fm. Loma Blanca

3. *Zonas de colinas bajas alargadas*, mesetas de relieve ondulado con colinas redondeadas y planicies, cuyas alturas varía entre los 1460 y 1500 metros sobre el nivel del mar, relacionada con rocas sedimentarias miocénicas terciarias de las formaciones *Santo Domingo* y *Cerro Mandango*, con pendientes de 5 a 15 %, ocupando una superficie del 10 % del área total, determinando sobre la morfología pendientes ligeramente inclinadas. (Foto No.26)



Foto No. 26. Zonas de colinas bajas y alargadas. Fm. Santo Domingo

4. *Zona de terrazas y llanuras aluviales*, conformada por zonas planas que se hallan junto al cauce de los ríos principales Malacatos y Vilcabamba, cuyas alturas fluctúan entre los 1400 y 1460 metros sobre el nivel del mar, constituidos por sedimentos cuaternarios de terrazas y aluviales recientes, con pendientes que van de los 0 a 5 % ocupando una superficie aproximada de 50 %, que determinan un terreno llano, que generalmente son usados para cultivos y algunas construcciones. (Ver foto No. 27)



Foto no. 27. Zonas de terrenos llanos. Terrazas y llanuras aluviales.

CAPITULO IV

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CAPITULO IV

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS

Obtenidos los datos mediante el levantamiento geológico de campo, se procedió a realizar el respectivo análisis e interpretación de las principales estructuras cartografiadas de la secuencia sedimentaria de la zona, esto con el fin de definir los eventos de depositación - deformación de las formaciones geológicas, para luego ser correlacionado con el mapa geológico regional a escala 1:100000, y otra información obtenida de estudios efectuados a las cuencas sedimentarias del Sur del Ecuador.

Según los afloramientos mapeados y el análisis de las respectivas muestras, se pudo determinar que en el área de estudio aflora el basamento metamórfico de la Unidad Chigüinda, otra formación de material volcánico como son las tobas de la Formación Loma Blanca, las formaciones sedimentarias como son: Santo Domingo y Cerro Mandango y terrazas aluviales que se encuentran a lo largo del río y depósitos coluviales.

Las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda tienen una foliación promedio de N 300° buzando 65° al E, las capas de lutitas y arcillas de la Formación Santo Domingo tienen una estratificación con una dirección promedio N 330° y buzando 45° al NE, y las capas de conglomerados y areniscas con una orientación promedio de N 340° y buzando 15° al NE, a medida que avanza al contacto su ángulo de buzamiento aumenta a 35° NE

La columna estratigráfica de esta parte de la región está constituida por unidades que van desde el Paleozoico al Reciente. En la cual se encuentran rocas metamórficas como esquistos fuertemente plegados que datan del Paleozoico pertenecientes a la *Unidad Chigüinda* que constituye el basamento de la cuenca; rocas volcánicas como tobas y lavas de composición andesítica de edad Oligocénica de la *Formación Loma Blanca* que yacen discordantemente sobre el basamento metamórfico, la presencia de un *pórfido andesítico* de edad desconocida que se creó a profundidades someras aflora en la superficie por procesos de erosión y por intrusión, se presenta tanto en la Unidad Chigüinda como en contacto con la Formación Loma Blanca; siguiendo se encuentran rocas sedimentarias que descansan de manera discordante sobre la Formación Loma Blanca y sobre el basamento de la Unidad Chigüinda como son los dos miembros de la *Formación Santo Domingo* los cuales son el Miembro Carbón que está constituida por arcillas y una capa de carbón del tipo bituminoso que se encuentra en la parte inferior de la formación, y por otra parte el Miembro Yeso que consta de una secuencia estratigráfica de capas de lutitas, areniscas finas y arcillas que contienen vetillas de yeso con algunas presencias de minerales de sulfuro que datan del Mioceno Medio; siguiendo la secuencia se encuentran rocas sedimentarias de la Formación Cerro Mandango que consta de capas potentes de areniscas de grano medio a grueso y capas potentes de conglomerados centimétricos estratificados de manera estrato creciente; y finalmente depósitos coluviales que están depositados en las laderas de montañas provenientes por meteorización y

erosión, depósitos aluviales y flujos de lodos recientes que fueron depositados sobre llanuras de inundación y lechos de los Ríos Malacatos, Vilcabamba y Solanda. (Ver Gráfico No. 4).

En base a la estructura podemos indicar que la zona presenta actividad tectónica reciente, debido a los diferentes micropliegues y fallas pequeñas que se han podido observar en el sector, modificando la secuencia sedimentaria como el basamento metamórfico, y la generación de algunos deslizamientos.

En base a la génesis se puede decir que durante el ciclo volcánico que ocurrió en la etapa final del Oligoceno se depositaron rocas de tipo extrusivo de afinidad volcánica como tobas y flujos de lava andesítica sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chigüinda. La serie sedimentaria se formó en un ambiente continental tipo delta, en el cual el mar transgredió depositando estas facies tipo costeras, como es el caso de la Formación Santo Domingo, y facies de meteorización y erosión que dieron lugar a capas horizontales de conglomerados y areniscas de la Formación Cerro Mandango, en la cual se asume que la intrusión de un pórfido andesítico pudo plegar las rocas del basamento dando lugar a la deformación de las capas de la Formación Cerro Mandango que cambiaron su áng. buzamiento y que por procesos de erosión se dio ese cambio en la inclinación de sus estratos de 35° a sub-horizontales.

Realizando el inventario de deslizamientos y con las formaciones geológicas presentes en la zona, se realizó el mapa geológico – estructural e inventario de deslizamientos. (Ver Mapa Geológico)

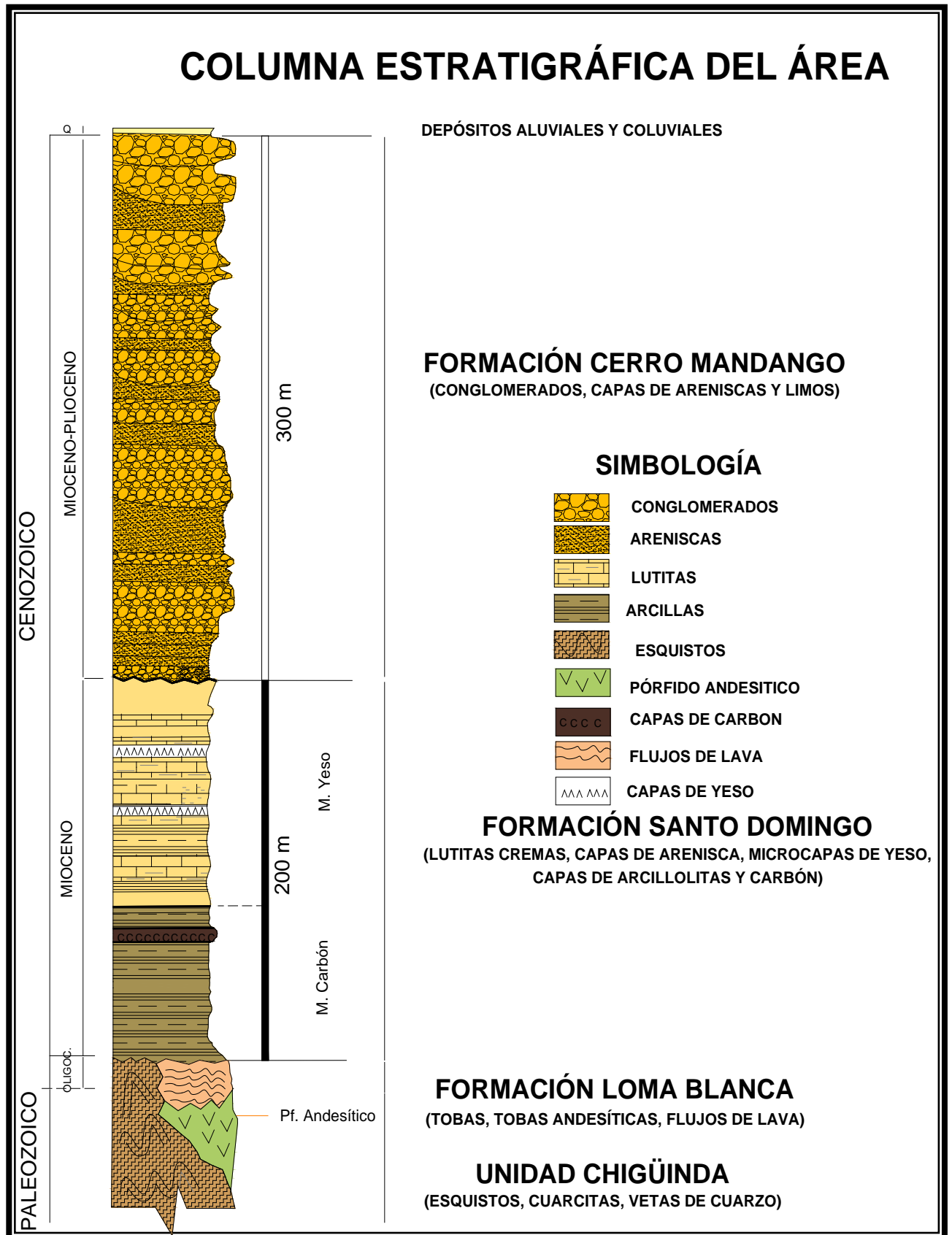


Gráfico No. 4. Columna Estratigráfica del Área de Investigación

4.1 Cortes de secciones geológicas locales

Estos cortes geológicos se los realizó para una mejor visión de la disposición de las rocas en profundidad se elaboró dos (2) cortes geológicos, distribuidos el corte A-A' de Oeste a Este en la parte Norte del polígono y el corte B-B' trazado diagonalmente de Suroeste a Noreste, escogidos de manera que permitan describir de la mejor manera la evolución de la depositación de las formaciones geológicas y la tectónica ocurrida en la zona de estudio.

Realizando los cortes se concluyó que:

La *Unidad Chigüinda* constituida de esquistos sericíticos, es el basamento; sobre ésta descansa de forma discordante la *Formación Loma Blanca* constituida de rocas volcánicas como tobas andesíticas que fueron depositadas por extrusión volcánica sobre el Cerro La Mina; sobre el basamento de la cuenca la *Formación Santo Domingo* yace discordantemente constituida de areniscas y lutitas calcáreas – arcillosas con intercalaciones de vetillas de de yeso y presencia de azufre depositados con azimut de 60 y 45° de inclinación; para finalmente terminar con la *Formación Cerro Mandango* que descansa discordantemente sobre la *Santo Domingo Santo Domingo* constituida de conglomerados y areniscas, depositados de manera sub-horizontal. Estos al momento de plegarse la cuenca se dan un cambio en la inclinación de las capas teniendo un azimut de 70 y 35° de inclinación. Depósitos recientes como terrazas aluviales depositados a los márgenes de los Ríos Vilcabamba y Malacatos.

CORTES GEOLÓGICOS DEL ÁREA CINCO DE LA CUENCA DE MALACATOS

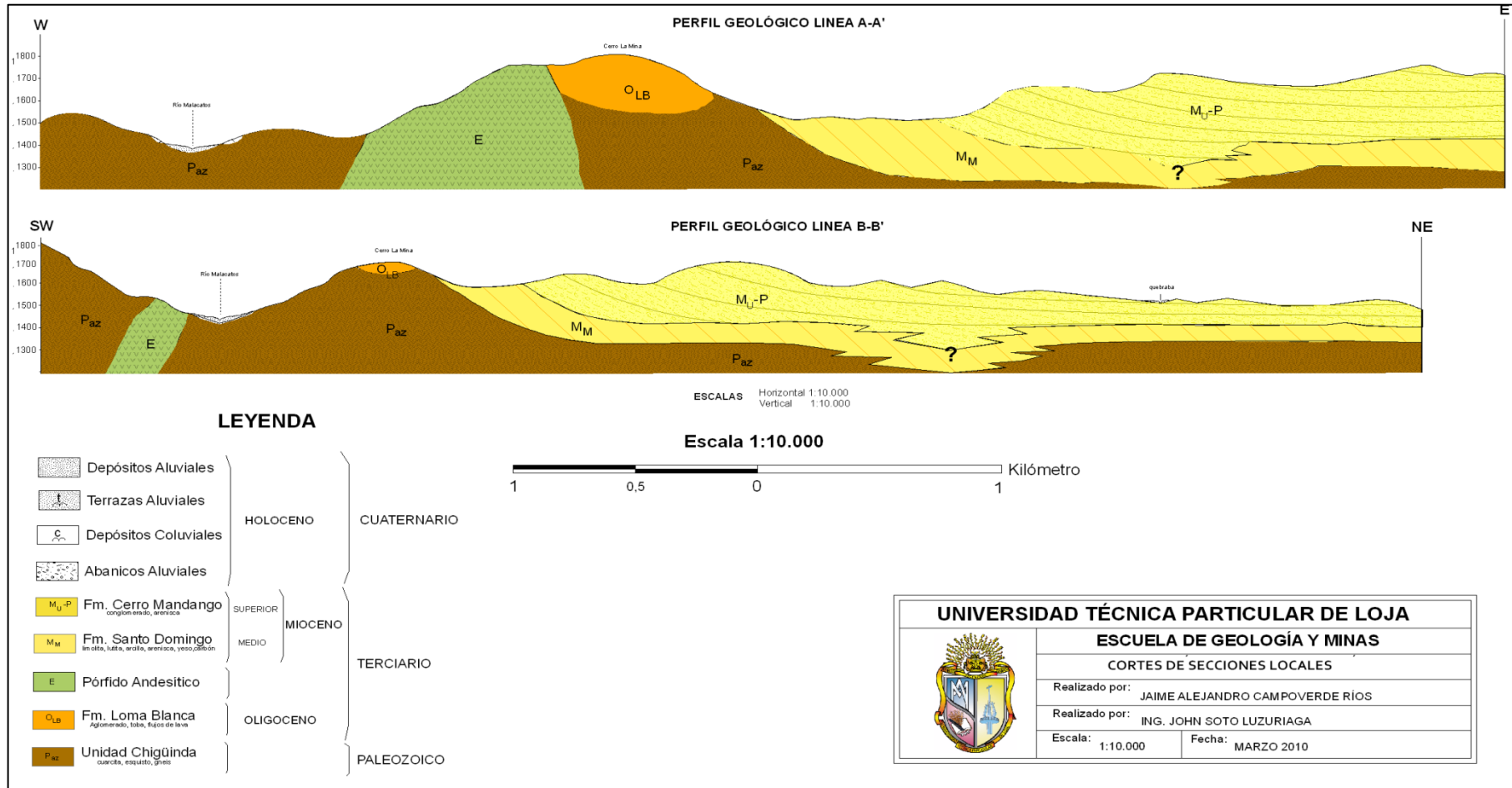


Fig. Cortes de Secciones Locales del área investigada.

4.2 Inventario de deslizamientos

Mediante el trabajo de fotointerpretación se obtuvo un total de 1 deslizamiento ocurridos hasta el año 1984 en el cual fueron tomadas dichas fotos. Este deslizamiento cubre el 4,05 % del área total del polígono en estudio

Para la clasificación de los deslizamientos durante el trabajo de campo se utilizó el formato propuesto por el PMA-GCA (Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las comunidades andinas) el mismo que para este trabajo fue modificado en base a la realidad local. El desarrollo de este trabajo se basó según la nomenclatura y clasificación propuesta por Luis I. González Vallejo de la Universidad Complutense de Madrid, en el libro de Ingeniería Geológica, en el cual definen parámetros tales como: tipo de material, humedad, estado y estilo del movimiento, secuencia de repetición o distribución, etc.

Durante el trabajo de campo se mapeo un total de 7 movimientos en masa los cuales cubren un área de 31.435 m², lo que constituye el 0,12 % del área total. Entre estos se identifico 4 movimientos complejos de donde 3 de ellos presentan movimientos de tipo rotacional- flujo y el restante presentan movimientos traslacional-caída: se identifico también 3 movimientos de tipo reptacional. (*Mapa Geológico-Estructural e Inventario de Deslizamientos*)

En la siguiente tabla se resumen las características generales de los movimientos en masa presentados dentro de la zona de estudio:

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 5 de la Cuenca de Malacatos”

U.T.P.L.

JAIME ALEJANDRO CAMPOVERDE RÍOS

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	CAUSA DEL DESLIZAMIENTO
DM 001	Rotacional - Flujo	Estabilizado	Seco	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Deforestación o ausencia de vegetación ➤ Meteorización de la roca 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación pata del talud ➤ Vibración (transporte) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material fallado por corte ➤ Material fiSurado o agrietado
DM 002	Rotacional - Flujo	Estabilizado	Ligeramente Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excavación de la pata de talud. ➤ Vibración artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Mantenimiento deficiente sistema de drenaje ➤ Escapes de agua de tubería 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 003	Traslacional -Flujo	Latente	Muy húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Irrigación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Escapes de agua en tuberías 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material colapsible
DM 004	Rotacional	Reactivo	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excavación de la pata de talud. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Escapes de agua en tuberías 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil
DM 005	Rotacional - Flujo	Reactivo	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excavación de la pata de talud. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Escapes de agua en tuberías 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil
DM 006	Traslacional - caída	Activo	Seco	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Explotación (cantera) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación de la pata de talud. ➤ Vibración artificial (transporte pesado) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material colapsible ➤ Material fiSurado o agrietado
DM 007	Rotacional	Latente	Ligeramente húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Exc. pata del talud ➤ Carga en la corona del talud 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material colapsible ➤ Material meteorizado ➤ Fallado por corte

4.2.1 Factores que influyen en la inestabilidad

En la mayoría de los casos por los que se produce un movimiento de ladera o deslizamiento se atribuye a la acción de factores condicionantes (dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno) y los desencadenantes (factores externos) que son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, produciendo inestabilidad y son los responsables de la velocidad y magnitud de los movimientos.

Condicionantes

Los factores condicionantes que actuaron en los movimientos ocurridos:

- *La orientación desfavorable de las discontinuidades provoca deslizamientos tipo caída de bloques, producto de la gelifracción rompiendo grandes masas rocosas que se precipitan. (Ver Foto No. 28)*



Foto No. 28: Orientación desfavorable de discontinuidades provoca caídas

- En determinados tipos de suelo o macizos rocosos blandos, los *procesos de meteorización* producidos por la *deforestación o ausencia de vegetación*, juegan un papel importante en la reducción de sus propiedades resistentes, dando lugar a una alteración y degradación intensas al ser expuestos los materiales a las condiciones ambientales. Esta pérdida de resistencia puede dar lugar a la caída del material superficial y, si afecta a zonas críticas del talud, como su pie, puede generar roturas generales, sobre todo en condiciones de presencia de agua.
- *Material sensible*, como suelos residuales y coluviales dan a la formación de remociones en masa, consecuencia de la poca adhesión de sus partículas (*ver Foto No. 29*)



Foto No. 29: Suelos residuales afectados por la pendiente y poca adhesión de sus partículas

Detonantes

De acuerdo a su participación en el comportamiento geomecánico de los suelos y rocas, los agentes que contribuyen con mayor frecuencia se los atribuye a los factores desencadenantes o detonantes entre los que se menciona a continuación:

- *Las precipitaciones o condiciones climáticas (lluvias)* son un factor muy importante, relacionados con el volumen e intensidad y distribución de estas precipitaciones.

El agua en el terreno da lugar a presiones que cambian los estados tensionales, ya sea por aumento de peso, producir erosión superficial e interna, cambio en la mineralogía, que modifican las propiedades y resistencia de los suelos. La Infiltración del agua de lluvia produce flujos sub-superficiales y subterráneos en las laderas, aumentando el nivel freático y recargando la zona saturada.

En la zona se presentaron 2 movimientos ocasionados sobresaturación del terreno en precipitaciones intensas ocurridas en los meses abril – mayo, y debido a la ausencia de sistemas de drenaje y fugas de agua ocasionadas por tuberías en mal estado, produjeron estos deslizamientos presentados por movimiento de coladas o flujos de lodos. (Ver Foto No. 30)



Foto No. 30: Deslizamiento tipo Flujo producido por saturación del terreno

- *La excavación del pie del talud, la socavación del pie de las laderas, por causas de creación de carreteras, da lugar a la pérdida de resistencia de la roca o suelo, y a la modificación del estado tensional, aumentando las fuerzas desestabilizadoras, y con el aporte de cargas dinámicas produciendo movimiento que rompe el equilibrio en el que se encontraba el macizo o el suelo. (Ver foto No. 31)*

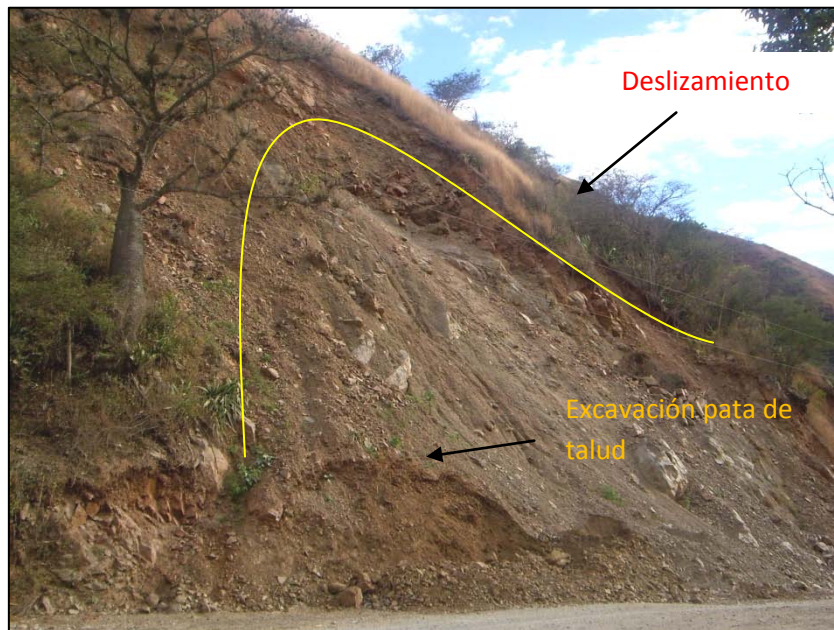


Foto No. 31: Deslizamiento producido por corte de vía

- *Las sobrecargas estáticas o carga en la corona del talud* modifican la distribución de las fuerzas y pueden generar condiciones de inestabilidad. Ya sea por estructuras o casas, o incluso paso de vehículos pesados, que cuando se ejercen sobre la cabecera de los taludes, aportan una carga adicional contribuyendo al aumento de las fuerzas desestabilizadoras.
- *Las cargas dinámicas*, producidas por movimientos sísmicos, naturales o inducidos como *vibraciones artificiales*, producidas por vehículos que circulan, causando efecto en los macizos rocosos fracturados como la apertura de las discontinuidades preexistentes, con la consiguiente reducción de su resistencia al corte, y la individualización y caída de bloques rocosos.

4.3 Relación geología-pendientes

La geología del lugar nos permite relacionar las pendientes con la geología, en donde terrenos con pendientes que van desde los 5° a 90° se le atribuyen a la Formación Cerro Mandango debido a zonas donde sus estratos están casi horizontales produciéndose escarpes abruptos verticales, formándose aristas en la cima de cerros en las proximidades del Cerro Mandango. Más al oeste se forman también pendientes que van desde los 20° a 30° debido al ángulo de buzamiento que tienen los estratos en esta Formación.

Siguiendo más al oeste la Formación Santo Domingo se suscitan pendientes más suaves para el miembro yeso representados por areniscas finas con intercalaciones de vetillas de yesos y sulfuros; y pendientes abruptas para el miembro carbón donde existen paquetes de lutitas con intercalaciones de capas de lignito en buzamientos que van desde los 45° a 60°.

Realizando el análisis la mayoría de los deslizamientos se producen en pendientes que van desde los 25° a 50°, es decir terrenos abruptos, que se ven perjudicados por factores como litología, orientación desfavorable de las discontinuidades y saturación del material.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La geología del área es relativamente compleja, encontrándose presentes 2 unidades sedimentarias y un ciclo magmático, que descansan de manera discordante sobre un basamento de rocas metamórficas. La historia geológica se extiende desde el Paleozoico (411.2 ± 2.8 Ma.) hasta el Reciente (0.0117 Ma.)
- La zona de estudio se encuentra constituida por rocas metamórficas, pertenecientes a la Unidad Chigüinda constituyéndose en el basamento de la cuenca; rocas volcánicas como de la Formación Loma Blanca; rocas de la Formación Santo Domingo constituida por facies marinas de eventos de transgresión y regresión y finalmente la Formación Cerro Mandango compuesta por conglomerados sostenidos en una matriz arenosa.
- La Unidad Chigüinda se encuentra constituida por rocas metamórficas como: cuarcitas, esquistos sericíticos, esquistos grafitosos, esquistos cuarcíticos, con una foliación cuyo rumbo es de $N 300^{\circ}$ y un Buzamiento de $N 65^{\circ} E$, con vetas de cuarzo con una dirección o rumbo $N 23^{\circ}$, buzando 70° al NW.
- La Formación Loma Blanca comprende rocas volcánicas como tobas, tobas andesíticas, flujos de lava, que fueron depositados durante

actividad volcánica en el Oligoceno y que fueron ocupando la parte superior del Cerro La Mina y Loma Blanca.

- Un pórfido andesítico en el área de estudio que está depositado, se deduce que es intruído a profundidades someras, dentro de las rocas metamórficas del basamento. Estas rocas forman pendientes abruptas de 35 a 55 %, y se presenta altamente fracturada.
- La Formación Santo Domingo se distinguieron dos miembros: el Miembro Yeso compuesto por capas intercaladas de areniscas finas de color café con lutitas cremas y vetillas de yeso, donde también existen la presencia de sulfuros, estas capas presentan una dirección promedio N 330° y buzando N 45° E; y el Miembro Carbón donde existen arcillas de color gris oscuro con la presencia de un lente de carbón bituminoso de potencia de 50 cm, con una dirección promedio N 340° y buzando N 60° E.
- La Formación Cerro Mandango está representada por conglomerados de cuarcitas, esquistos y filitas con tamaños que van de 1 – 15 cm de Ø, sostenidos en una matriz limo-arcillosa, en capas con potencia de algunos centímetros a metros (10 cm – 6 m, esto es promedio aprox.); existe también la presencia de capas potentes de areniscas compactadas en la parte inferior de la formación. Los estratos tanto de conglomerados y areniscas son sub-horizontales, pero tienden a tener una dirección N 340° y buzando con un promedio N 15° E; y a medida que se acerca a

la Formación Santo Domingo el ángulo de buzamiento incrementa hasta alcanzar los N 33° E. Entre la Formación Cerro Mandango y la Formación Santo Domingo el contacto es discordante.

- La serie sedimentaria se formó en un ambiente continental tipo delta, en el cual el mar transgredió depositando estas facies tipo costeras, como es el caso de la Formación Santo Domingo, y facies de meteorización y erosión que dieron lugar a capas horizontales de conglomerados y areniscas de la Formación Cerro Mandango.
- La intrusión de un pórfido andesítico pudo plegar las rocas del basamento dando lugar a la deformación de las capas de la Formación Cerro Mandango que cambiaron su ángulo de buzamiento de sus estratos de sub-horizontales a 35°.
- La configuración geomorfológica actual de la zona es consecuencia además del tipo de material, de varios procesos geológicos combinados como son los movimientos orogénicos, actividad magmática (fuerzas endógenas), y los procesos de meteorización y erosión (fuerzas exógenas), consecuencia de esto se tiene cuatro zonas geomorfológicas diferentes:

- ☞ Zonas de Montañas con crestas abruptas (1500–2000 msnm), relacionado con rocas metamórficas del Paleozoico, zonas de escarpe de la Formación Mandango, con pendientes que oscilan entre los 35 y 55%.

- ☞ Zonas de Colinas Altas y Medias (1460–1600 m.s.n.m), relacionado con rocas metamórficas de la *Unidad Chigüinda* y volcánicas de la Formación *Loma Blanca*, con pendientes que van desde los 15 a 35 %.
- ☞ Zona de Colinas Bajas y Alargadas (1460–1500 m.s.n.m), relacionada con rocas sedimentarias miocénicas terciarias de las formaciones *Santo Domingo* y *Cerro Mandango*, con pendientes de 5 a 15 %.
- ☞ Zona de Terrazas y Llanuras Aluviales (1400–1460 msnm), de sedimentos cuaternarios como terrazas aluviales recientes, con pendientes que van de los 0 a 5 %.
- El límite de contacto entre las formaciones sedimentarias coincide en un 50 % y con respecto al basamento metamórfico coincide en un 70 % del mapa regional de Gonzanamá.
- Utilizando el análisis fotointerpretativo se registró 1 deslizamiento ocurridos hasta el año 1984, año en que fueron levantadas las fotografías aéreas. Ocupando un área de 4,05 % del área total del polígono en estudio, del sector El Vergel (X= 692640; Y= 9532546).
- Durante el trabajo de campo se mapeo un total de 7 movimientos en masa los cuales cubren un área de 31.435 m², lo que constituye el 0,12 % del área total. Entre estos se identifico 6 movimientos complejos de donde 5 de ellos presentan movimientos de tipo

rotacional- flujo y el restante presentan movimientos traslacional-caída: se identifico también 1 movimientos de tipo reptacional, produciéndose la mayoría de éstos en pendientes que van desde los 40° a 50°.

- En base a la litología la mayoría de los deslizamientos se producen en la Formación Santo Domingo debido a la presencia de arcillas expansivas que durante épocas de abundantes precipitaciones producen movimientos rotacionales tipo flujo, cabe destacar que otros son producidos por excavaciones de patas de talud, como en las rocas metamórficas que producen caídas de bloques.
- Los factores que influyen en la desestabilización de suelos y rocas son la litología, discontinuidades, permeabilidad de material, cobertura vegetal, abundantes precipitaciones, deficiente sistema de drenaje, y cortes de taludes que provocan pérdidas en las fuerzas desestabilizadoras de la roca y suelos.
- Económicamente en la zona existe la explotación de canteras material pétreo como: esquistos, cuarcitas, para la construcción de vías, en el sector de Santorum(X=692216, Y=9530532); también se explota lo que es arcilla y lutitas en el sector de Malacatos vía San Agustín (X=691993, Y= 9533688) para la elaboración de ladrillos y tejas.

5.2 Recomendaciones

- Con fines de ordenamiento territorial, este trabajo se debe mejorar, con estudios a escala mayor (1:5.000), debido al crecimiento poblacional de la zona.
- La realización de dataciones radiométricas del intrusivo, aflorante en la zona, permitiría mejorar la interpretación de la historia geológica y las relaciones estructurales del intrusivo con los sedimentos de la Cuenca de Malacatos-Vilcabamba
- Mediante el mapa de deslizamientos ocurridos desde 1984 hasta la actualidad, realizar un análisis para determinar zonas susceptibles a movimientos de ladera, con el fin de determinar lugares no aptos para la construcción de obras civiles.
- En vista de los problemas ocasionados por las fuertes lluvias en la zona en determinados meses del año, se recomienda efectuar la construcción y mejoramiento de los sistemas de drenaje, debido a que la saturación de los suelos es el principal motivo para que se produzcan los deslizamientos suscitados.

BIBLIOGRAFÍA

- Hungerbühler Dominik, Steinmann Michael, Winkler Wilfried, Seward Diane, Egüez Arturo, Peterson Dawn E., Urs Helg, Cliff Hammer. “NEOGENE STRATIGRAPHY AND ANDEAN GEODYNAMICS OF SOUTHERN ECUADOR”. (1997)
- Kennerley, J.B. “GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE LOJA EN EL SUR DEL ECUADOR” (1982)
- Pozo Rodríguez, Manuel. González Yélamos, Javier. Giner Robles, Jorge. “GEOLOGÍA PRÁCTICA”. Madrid (2004), Pearson Educación S.A.
- Pedraza Gilsanz, Javier. “GEOMORFOLOGÍA. PRINCIPIO MÉTODOS Y APLICACIONES”. Madrid (1996), Editorial Rueda.
- Luis I. González de Vallejo. Mercedes Ferrer. Luis Ortuño. Carlos Ote. “INGENIERÍA GEOLÓGICA”. Madrid (2002), Pearson Educación S.A.
- Proyecto Multinacional Andino. “MAPA GEOLÓGICO BINACIONAL REGIÓN NORTE DE PERÚ Y SUR DEL ECUADOR”, escala 1:500000. (2005)

ANEXOS

ANEXO I

FOTOGRAFÍAS AÉREAS

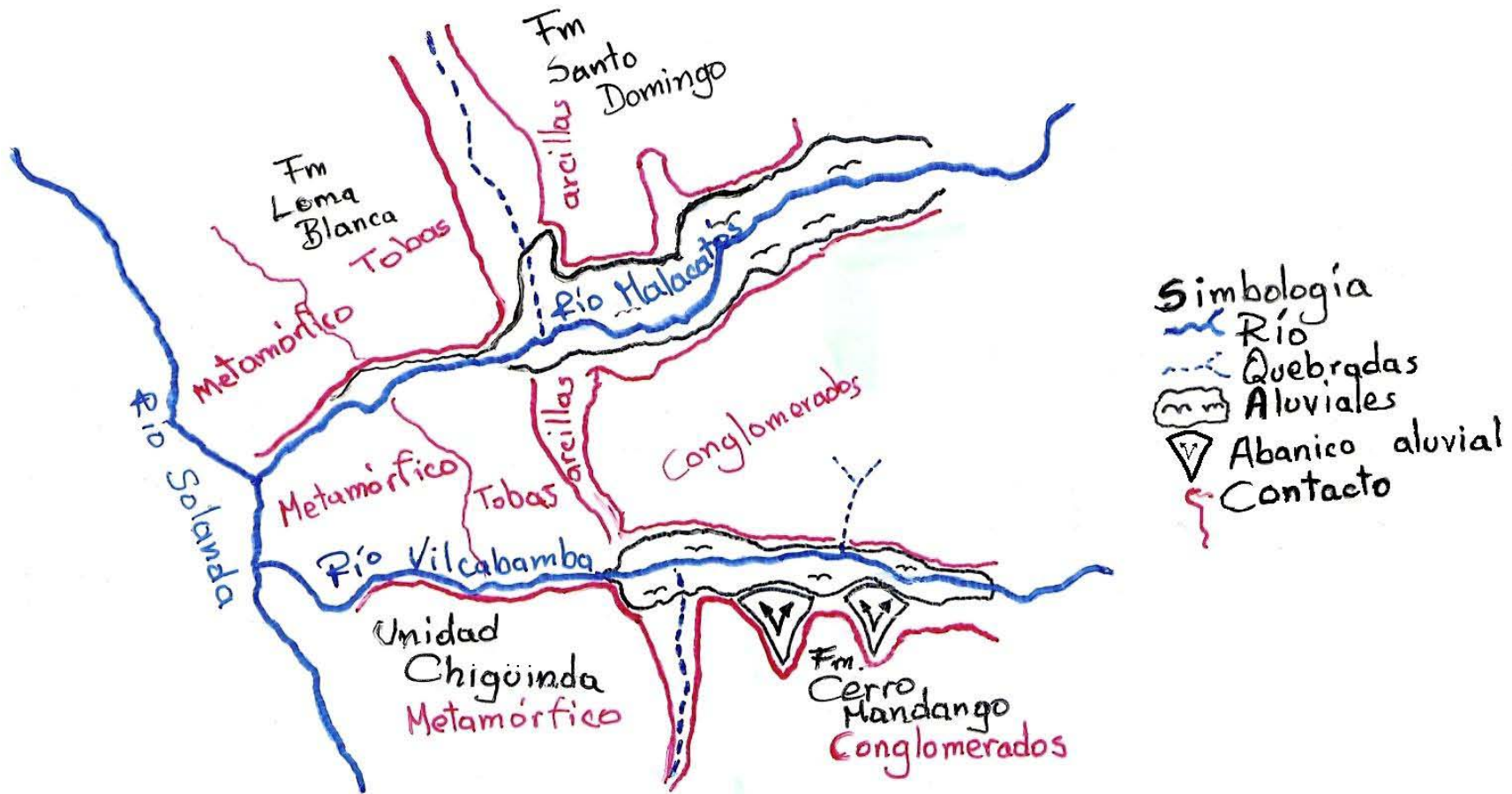
Línea de vuelo: 17

Fotos: 121-122

Fecha de toma: 1986

Sobre: 20

Escala: 1:60 000



Fotointerpretación realizada por:
Jaime Campoverde Ríos

Anexo 1: Contactos, Litología, Drenaje y Geomorfología

ANEXO II

DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES AFLORAMIENTOS

Afloramiento N°: 1

FOTO:

Ubicación: X= 692565 Y=9533758 Z=1560 **Datum:** PSAD-56

Tipo de Afloramiento: Natural

Contexto geomorfológico: Montaña

Estado de alteración: Media

Dimensiones (a x h): 10 m x 20 m

Datos estructurales: 60°/45° (capa de carbón)

Descripción litológica:

En la parte superior se observan una capa de lutitas cremas de 3 m de potencia, bajo esta está un capa de 1 m de areniscas altamente meteorizadas.

Se observa un cambio notorio con un paquete de arcillas de 2 m. de potencia, bajo esta una capa de 0,50 m de carbón tipo bituminoso, dispuesto de forma inclinada, luego siguen arcillas de color gris.

Formación Santo Domingo: miembro carbón



Afloramiento N°: 2

FOTO:

Ubicación: X= 693563 Y=9530413 Z=1420 **Datum:** PSAD-56

Tipo de Afloramiento: Artificial por corte de vía

Contexto geomorfológico: Vía Vilcabamba – Los Linderos

Estado de alteración: Alta

Dimensiones (a x h): 30 m x 20 m

Datos estructurales: 60°/40°

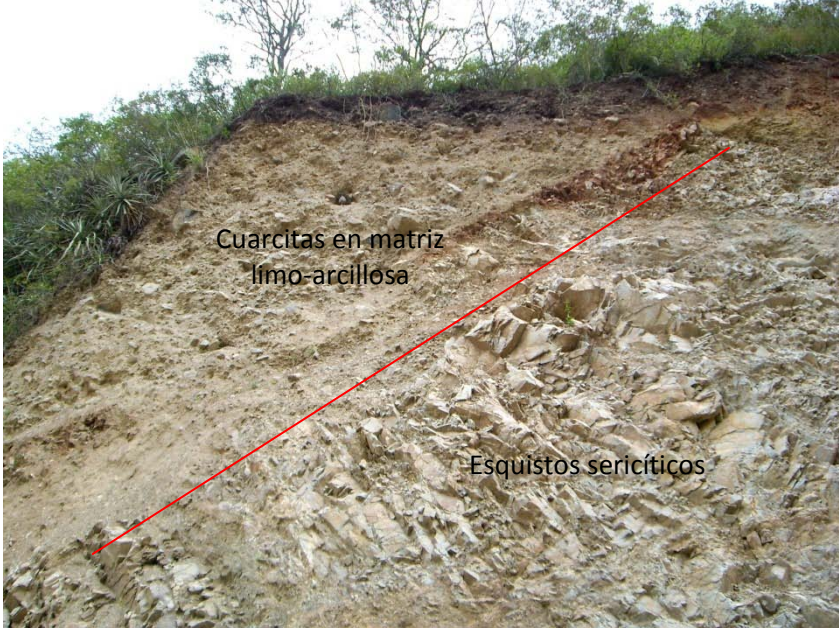
Descripción litológica:


Afloran en la parte superior capas de finas areniscas en potencias de 2 m. con intercalaciones de finas capas de arcillas color gris. Bajo estas potentes capas de lutitas cremas, en potencias de 5 -6 m. dispuestos inclinadamente, de ahí siguen intercalaciones de capas de areniscas con microconglomerados con diámetros de 1-10 mm.


La presencia de arcillas saturadas de agua es notoria en la parte inferior del afloramiento.

Formación Santo Domingo



Afloramiento N° 3		FOTO:
Ubicación:	X= 691188 Y=9530064 Z=1433 Datum: PSAD-56	
Tipo de Afloramiento:	Artificial por abertura de vía	
Contexto geomorfológico:	Orilla rio Vilcabamba, Vía Vilcabamba – Quinara Km 3	
Estado de alteración:	Alta	
Dimensiones (a x h):	80 m x 20 m	
Datos estructurales:	33°/65° (foliación)	
Descripción litológica:	<p>En la parte superior se observan cuarcitas altamente erosionadas y sostenidas en una matriz limo-arcillosa, dispuestas en brechas altamente angulosas, esta capa de limo cubre una potencia de 4 m, bajo esta se encuentra una capa rojiza de cuarcitas producto de la alteración de minerales de Fe.</p> <p>Una capa potente de esquistos sericíticos se encuentran altamente diaclasados, dispuestos con una foliación buzando al NE.</p>	

Afloramiento N° 4		FOTO:
Ubicación:	X= 691914 Y=9530567 Z=1430 Datum: PSAD-56	
Tipo de Afloramiento:	Artificial por abertura de vía	
Contexto geomorfológico:	Orilla rio Vilcabamba, Vía Vilcabamba – Quinara Km 2.5	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	80 m x 20 m	
Datos estructurales:	----	
Descripción litológica:	<p>Se observa la presencia de un pórfido de tipo andesítico masivo, en contacto con rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda, este pórfido, tiene una gran potencia llegando hasta la parte alta del Cerro. Contiene cristales de cuarzo y otros minerales biotíticos. Se encuentra altamente fracturado, teniendo diaclasas con gran espaciamiento entre ellas que provoca, caída de bloques.</p>	

Afloramiento N° 5		FOTO:
Ubicación:	X= 692417 Y=9531368 Z=1560 Datum: PSAD-56	<p>Formación Cerro Mandango</p> 
Tipo de Afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Sector Hacienda “San Joaquín”	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	120 m x 50 m	
Datos estructurales:	80°/35°	
Descripción litológica:	<p>Aflora la Formación Cerro Mandango con estratificaciones de capas potentes de 3 m de conglomerados masivos de cuarcitas, esquistos, sostenidos en un matriz limo-arenosa, bajo cada capa se encuentre capas de menor potencia de areniscas finas compactadas. Pese a que la formación se caracteriza por tener estratos sub-horizontales, esta tiene un buzamiento considerable</p>	

Afloramiento N° 6

FOTO:

Ubicación: X= 691873 Y=9530689 Z=1440 **Datum:** PSAD-56

Tipo de Afloramiento: Natural

Contexto geomorfológico: Orilla rio Vilcabamba
Baja

Estado de alteración: 80 m x 20 m


Dimensiones (a x h): 30°/65° (foliación)


Datos estructurales:

Descripción litológica:

Se observan esquistos sercíticos de coloración verde gris, fuertemente tectonizados con presencia de vetas de cuarzo lechoso de 10 cm de potencia, siguiendo la misma dirección en la que se presentan las capas de foliación de los esquistos. Sobre estos pequeños flujos de lava se presentan en la parte superior del afloramiento.



Afloramiento N° 7		FOTO:
Ubicación:	X= 693222 Y=9531132 Z=1510 Datum: PSAD-56	
Tipo de Afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Vía al convento Benedictino (Vilcabamba) Media	
Estado de alteración:		
Dimensiones (a x h):	10 m x 3 m	
Datos estructurales:	----- (caótica)	
Descripción litológica:	Afloran depósitos coluviales de clastos angulosos de esquistos filitas y cuarcitas, provenientes de las partes altas de los cerros, sostenidos en una matriz arenosa y presencia de limolitas. La disposición de los clastos es de manera desordenada.	

Afloramiento N° 8		FOTO:
Ubicación:	X= 693222 Y=9531132 Z=1510 Datum: PSAD-56	
Tipo de Afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Montaña, altos del sector Hacienda “San Joaquín”	
Estado de alteración:	Nula	
Dimensiones (a x h):	40 m x 20 m	
Datos estructurales:	horizontales	
Descripción litológica:	Afloran terrazas aluviales levantadas 50 metros sobre el nivel del Río Malacatos, de clastos de diámetros que comprenden entre los 1 a 10 cm sostenidos en una matriz limo arenosa. los clastos tienen una orientación donde los planos se ubican de acuerdo a la dirección de flujo del río.	

Afloramiento N° 9		FOTO:
Ubicación:	X= 699675 Y=9532351 Z=1460 Datum: PSAD-56	
Tipo de Afloramiento:	Artificial por carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía Malacatos- Uchima Baja	
Estado de alteración:		
Dimensiones (a x h):	40 m x 10 m	
Datos estructurales:	30°/10°	
Descripción litológica:	<p>Se observan esquistos sericíticos fuertemente plegados en capas de 10 cm de espesor, están en contacto con tobas volcánicas de color rojiza, un fuerte pliegue anticlinal simétrico se observa donde esta fracturado en su eje axial.</p> <p>Contacto entre la Unidad Chigüinda y la Formación Loma Blanca</p>	

Afloramiento N° 10

FOTO:

Ubicación: X= 691994 Y=9533672 Z=1480 **Datum:** PSAD-56

Tipo de Afloramiento: Natural

Contexto geomorfológico: Pie de montaña, Sector San Agustín

Estado de alteración: Alta

Dimensiones (a x h): 15 m x 4 m

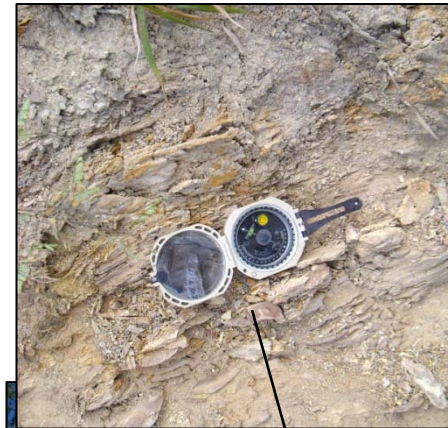
Datos estructurales: 60°/45°

Descripción litológica:

Se observan capas finas de lutitas cremas altamente fracturadas, en potencias de 1-10 cm, con intercalaciones de capas de arcillas de color gris.

Existe la presencia de finas capas de yeso con presencia de minerales de azufre.

En las lutitas se observa la presencia de fósiles de raíces, hojas, también bivalvos y gasterópodos. Este lugar lo utilizan como cantera donde extraen arcillas y lutitas.



**“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 5 de la Cuenca de
Malacatos”**

U.T.P.L.

JAIME ALEJANDRO CAMPOVERDE RÍOS
