

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de Malacatos - Vilcabamba”

**U.T.P.L.
RIVAS**

JIMMY VICENTE SUING

Ing. José Arturo Guartán M. Docente Investigador de la Unidad Civil, Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja.

CERTIFICA:

Que la presente investigación: **“ESTUDIO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA SEIS DE LA CUENCA DE MALACATOS – VILCABAMBA”** elaborada por el señor Jimmy Vicente Suing Rivas, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología y Minas, ha sido desarrollada bajo mi dirección; por lo que autorizo su presentación ante el respectivo Tribunal de Grado.

Loja, Octubre del 2010.

Ing. José Arturo Guartán M.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

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

.....

Jimmy Vicente Suing Rivas

AUTOR

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jimmy Vicente Suing Rivas, 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”

Jimmy Vicente Suing Rivas

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento muy cordial y afectuoso primeramente a todos los Docentes Investigadores de la Escuela de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja, por inculcar en mí, todos sus conocimientos de una manera muy ecuánime y ser guías en el diario vivir estudiantil para cada día incrementar nuestro saber, además de fortalecer nuestras debilidades e inquietudes con sus acertados consejos profesionales. Así mismo, quiero agradecer de forma muy especial al Ingeniero José Arturo Guartán, Director de Tesis, por su apoyo incondicional en la dirección del presente trabajo, recibiendo sus consejos para llevar de una mejor manera la elaboración del proyecto y la culminación del mismo.

DEDICATORIA

Este trabajo hecho con todo el mejor empeño posible va dedicado para cada una de las personas que me apoyaron durante toda mi carrera universitaria, de manera especial a mis padres y hermanas, que supieron ser el soporte para que cumpla un logro más en mi vida, así mismo no quiero dejar de lado a mi familia apreciada, compañeros y amigos que supieron aconsejarme y respetar mis decisiones a lo largo de mi trayecto como estudiante, los cuales fueron parte en diferentes formas, de esta meta anhelada y hoy digo finalmente culminada.

EL AUTOR

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS	8
CAPITULO I	9
1. Características físico – geográficas de la zona	10
1.1. Ubicación	10
1.2. Acceso	11
1.3. Relieve Orográfico e Hidrografía	13
1.4. Clima	14
1.5. Flora y Fauna	15
CAPITULO II	17
2. Metodología y trabajo de campo	18
2.1. Documentación y recopilación de información	18
2.2. Fotointerpretación de la zona de estudio	19
2.3. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos	19
2.4. Trabajo de gabinete final	22
CAPITULO III	23
3. Geología	24
3.1. Geología Regional	24

**“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de
Malacatos - Vilcabamba”**

**U.T.P.L.
RIVAS**

JIMMY VICENTE SUING

3.1.1 Estructura	30
3.2. Geología Local	31
3.2.1 Descripción Geológica	31
a) Rocas metamórficas	33
b) Rocas sedimentarias	37
c) Depósitos coluviales	42
d) Depósitos aluviales	43
3.2.2 Geología estructural del sector	45
3.3. Geomorfología	49
CAPITULO IV	53
4. Interpretación de resultados y análisis de deslizamientos	54
4.1. Cortes de secciones geológicas locales	58
4.2. Inventario de deslizamientos	61
4.2.1 Factores que influyen en la inestabilidad	63
4.1. Relación geología-pendientes	67
CAPITULO V	68
5. Conclusiones y recomendaciones	69
5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones	74
BIBLIOGRAFÍA	76

ANEXOS	78
Anexo 1: Descripción de los principales afloramientos	79
Anexo 2: Mapa Geológico - Estructural del sector	92
Anexo 3: Mapa de pendientes del sector	93
Anexo 4: Fotointerpretación del sector	94

INTRODUCCIÓN

En el “ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA SEIS DE LA CUENCA DE MALACATOS - VILCABAMBA” se realizó investigación sobre parámetros geológicos, petrológicos, tectónico - estructurales, con su respectiva definición y delimitación de estructuras como fallas, plegamientos. La información abarca una extensión de superficie de 2600 has, cartografiadas en una mapa topográfico a escala 1:10.000. Además se analizó los procesos antrópicos y naturales que intervienen en la iniciación o activación de los deslizamientos que se encuentran en esta zona. Con toda esta información se elaboró un Mapa Geológico a detalle actualizado de la zona de investigación.

La zona de estudio está constituida por rocas metamórficas como cuarcitas, filitas pertenecientes a la Unidad Chigüinda; en la parte oriental, con dirección de foliación N 150° inclinación 33° NE. Cerca al contacto con la formación Cerro Mandango la dirección de los estratos de cuarcitas va de N 275° con una inclinación 45° SW; mientras que en la parte occidental existen esquistos muscovíticos y sericíticos que presentan una dirección de foliación N 145° y una inclinación de 40° NE. En el área también se encuentran rocas sedimentarias como areniscas, limolitas, depósitos aluviales y conglomerados con matriz arenosa y arcillosa.

En el sector occidental del polígono de estudio cerca al contacto con la Unidad Chigüinda los estratos de conglomerados de la formación Cerro Mandango tienen un ángulo de buzamiento 25° NE en promedio. En la parte oriental en las proximidades del contacto con la formación Santo Domingo, presentan los estratos de areniscas y conglomerados un buzamiento de 16° SW. En la parte central del área investigada los estratos de arcillas, limolitas y areniscas están depositados en forma horizontal, los cuales son característicos de la formación Santo Domingo.

Para el inventario de deslizamientos se empleó 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 rotacional, que lo identificamos como uno sólo de gran magnitud, el cual fue necesario interpretarlo por partes debido a su gran volumen, se puede decir que este tipo de deslizamientos es producido por movimientos tectónicos, flujos de agua natural y en algunos casos mal canalizada, y por procesos de meteorización y erosión, que son muy evidentes en la zona de estudio. 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, logrando obtener un mapa geológico a escala 1:10.000, lo que permite disponer de una base

temática georeferenciada, cuyos datos pueden ser utilizados en la edición de diferentes mapas temáticos.

ANTECEDENTES

La geología de la cuenca de Malacatos - Vilcabamba, 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). Este último autor subdividió los estratos en las siguientes formaciones: **Unidad Chigüinda, Loma Blanca, San José, Santo Domingo y Cerro Mandango.**

La Escuela de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja esta desarrollando información geológica detallada de zonas de interés investigativo, de esta forma se esta realizando un levantamiento geológico - estructural detallado a escala 1:10.000 que abarque la Hoya de Malacatos - Vilcabamba, 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 desde el centro de la parroquia Vilcabamba desplazándose hacia el Sureste y Suroeste de la misma.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó un mapa geológico a escala 1:100.000 de la hoja geológica de Gonzanamá, recopilación e información sobre la geología regional, obtención de fotografías aéreas de la zona a escala 1: 60.000, proporcionados por el Instituto Geológico Militar (IGM).

Analizado y seleccionado el material fotográfico, cartográfico y utilizando un estereoscopio de espejos, se procedió a la interpretación fotogeológica preliminar, es decir a la identificación de las diferentes unidades litológicas y principales rasgos tectónicos, con esta información se procedió a la verificación de campo.

El proceso de levantamiento geológico del polígono que consta de un área de 2600 has se lo realizó con salidas de campo en la zona de estudio, haciendo un análisis geológico lo más detalladamente de cada uno de los afloramientos naturales y artificiales, y a la vez deslizamientos presentes en la zona. En los lugares 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.

El resultado de este análisis será la base y referencia para los diferentes proyectos de investigación que se realizará en la UCG; proyectos como:

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de Malacatos - Vilcabamba”

**U.T.P.L.
RIVAS**

JIMMY VICENTE SUING

estudios de zonificación de riesgos geológicos, estudios geotécnicos, usos y tipos de suelos, ordenamiento territorial,entre otros.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Realizar un mapa Geológico - Estructural e inventario de deslizamientos con detalle a escala 1:10.000 de la zona seis (6) de la cuenca sedimentaria de Malacatos - Vilcabamba.

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.
- ✓ Realizar un mapa de pendientes de la cuenca de Malacatos - Vilcabamba.

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES FÍSICO – GEOGRÁFICAS

1.1. Ubicación

La cuenca Malacatos - Vilcabamba está ubicada al Sur de los Andes Ecuatorianos. Es una de las regiones de relieve más irregular del país, como resultado de los procesos orogénicos que dieron lugar a la creación de una cadena de montañas, las mismas que en su conjunto forman la cordillera de los Andes.

El polígono de estudio se encuentra localizado en la región Sureste del Ecuador, a 35 km al Sur de la ciudad de Loja. Esta zona comprende desde el centro de la parroquia Vilcabamba, desplazándose al Sureste y al Suroeste de la referida población, con una extensión de 2.600 hectáreas.

El área está limitada; al Norte con los poblados de Vilcabamba y Cucanamá, al Sur con Loma Larga, Cerro Yamalacapo y Cerro Sucurcimine, al Este con Loma Cucharilla y Loma Los Helechos, al Oeste con los Cerros El Huato y Los Tigres (Grafico 1). La zona de estudio está delimitada por las siguientes coordenadas UTM: (Tabla1).

Nº	Coord. X	Coord. Y
1	692000	9529000
2	692000	9527000
3	693000	9527000
4	693000	9526000
5	701000	9526000
6	701000	9529000

Tabla 1: Coordenadas UTM (Datum PSAD-56) del Área 6 de la Cuenca de Malacatos – Vilcabamba

1.2. Acceso

El acceso a la zona de estudio se lo puede realizar desde la ciudad de Loja. En un tiempo estimado de 45 minutos en vehículo por la vía Loja – Vilcabamba. Desde Vilcabamba se ingresa al polígono de estudio por vía no asfaltada que conduce al sector Yamburara Alto y Yamburara Bajo, este trayecto nos lleva al Este del polígono. Para la parte Oeste se ingresa por la vía antigua que conduce a El Sauce. Hacia el Sureste y la parte central del polígono utilizamos la ruta sin asfaltar que conduce a los Barrios San José y Mollepamba respectivamente.

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de Malacatos - Vilcabamba”

U.T.P.L.
RIVAS

JIMMY VICENTE SUING

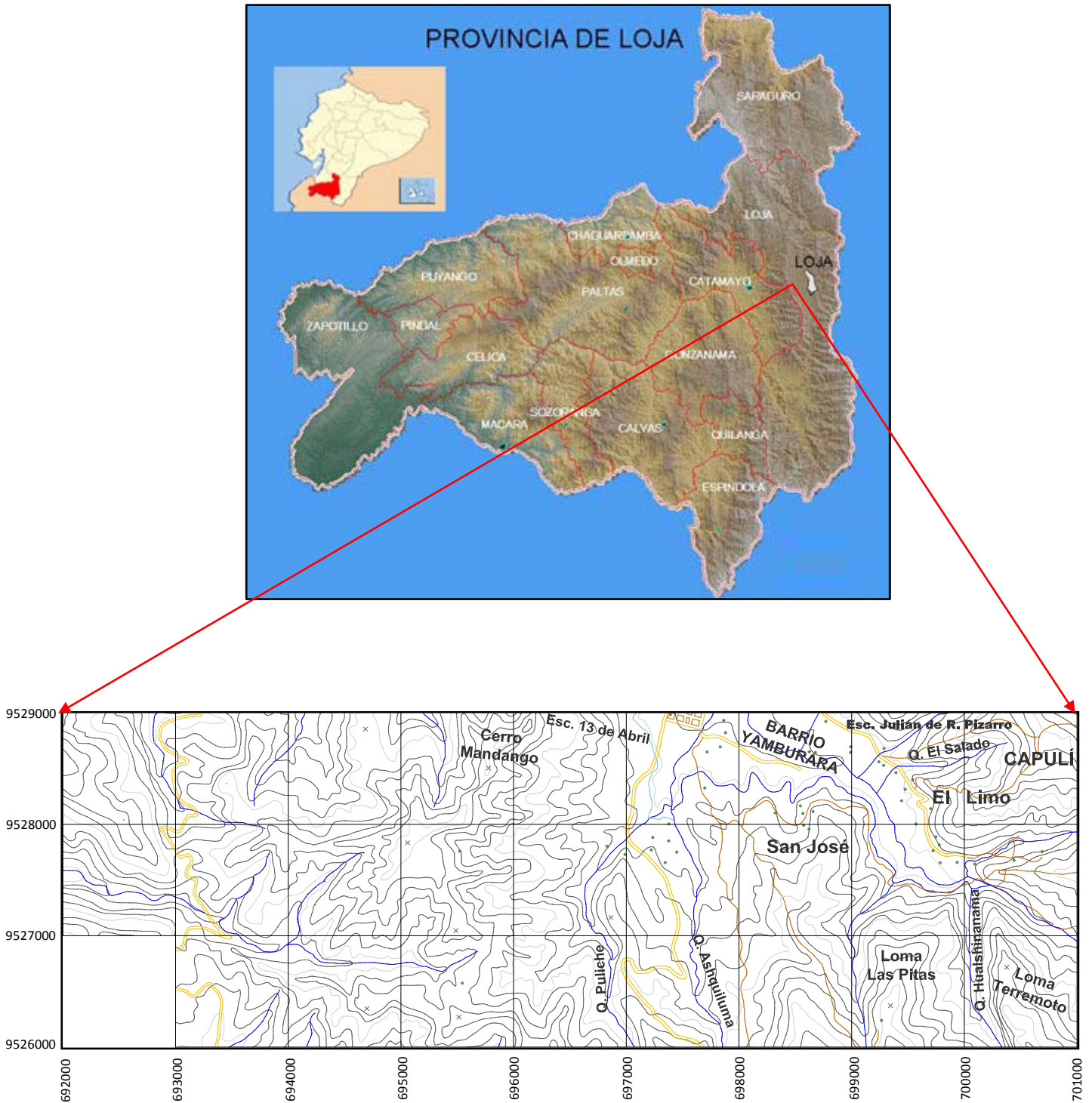


Gráfico 1: Ubicación del polígono de estudio respecto a la Provincia de Loja

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. En la zona de estudio las pendientes oscilan entre los 5° y 90°, los más bajos se atribuyen a procesos erosivos en rocas metamórficas y sedimentarias. Estos procesos geológicos tipo fluvial modifican el relieve, formando valles en forma de V, con altitudes que van desde los 1600 y 2200 m.s.n.m.

Las principales redes hidrográficas del sector se encuentran en la parte central y hacia el Sureste (*Gráfico 1*). En la parte central está representado por dos redes paralelas que vienen desde el Sur, la quebrada Puliche y la quebrada Ashquiluma, y se unen en un punto en común para desembocar en la población de Vilcabamba en el río Chambo.

Al Noreste del polígono de estudio tenemos la presencia de tres redes principales; dos en forma paralela de Este a Oeste, quebradas El Salado y Yambala, y una tercera la quebrada Hualshinanama que viene de Sur a Norte, estas tres quebradas desembocan en el río Chambo. Las quebradas de la parte central y del sector Sureste, desembocan sus cauces en el río Vilcabamba. Cabe mencionar que los ríos Chambo y el Vilcabamba no pasan por la zona del presente estudio de tesis. Finalmente en la parte Suroeste hay la presencia de algunas quebradas secas, que solo alimentan

en épocas de precipitación considerable llevan sus caudales tanto de Sur a Norte como de Este a Oeste.

1.4. Clima

El clima de Vilcabamba es subtropical templado; a veces llamado orgullosamente por la gente local "primavera eterna". A elevaciones más bajas, la temperatura varía entre 13 y 24°C, con un promedio de 20°C. Las lluvias: El contraste entre la estación lluviosa y la sequía es sorprendente. Por ejemplo, la borrasca total en el mes de febrero está normalmente alrededor de 140 mm, mientras la lluvia en agosto llega a sólo 15 mm. La estación lluviosa empieza en octubre o noviembre, pero durante estos meses, todavía hay muchos días sin lluvia. La mayor parte de la precipitación anual de 800 mm en el valle, cae en los meses desde diciembre hasta abril.

Microclimas dentro del valle se crean también por diferencias en la topografía y el tipo de vegetación. Dentro de áreas bastante pequeñas, la temperatura, el viento y la humedad pueden estar muy distintos de los de las inclinaciones circundantes. Por ejemplo los barrancos de las laderas están muchas veces más fríos y más húmedos que las inclinaciones a su alrededor.

1.5. Flora y fauna

La vegetación original que cubría la parte más grande del fondo del valle y de las inclinaciones más bajas, era bosque seco tropical. El bosque seco tropical existía en Vilcabamba a causa de la aridez en todos lados del valle y de una sequía muy marcada. En este tipo de bosque, muchas especies pierden una parte o todas sus hojas durante la sequía. En elevaciones más altas, el bosque daba lugar a arbustos y aún más arriba a terreno de pasta. Muchos creen que el árbol huilco era una especie dominante antes de la deforestación, aunque existe una disputa sobre la pregunta si fuera nativo en esta área o si fuera introducido por los Incas. Mientras que no quede ningún bosque primario que no ha sido perturbado, existen áreas de árboles pequeños que incluyen huilcos. El claro de la tierra para madera, agricultura y pasto llevó lógicamente a la extinción de especies endémicas. También llevó a la introducción de especies exóticas y a cambios en composiciones de especies. Las especies exóticas no están limitadas a los que se introdujeron a propósito para la agricultura. Muchas especies fueron introducidas un "subproducto" de la actividad humana. La acacia, por ejemplo llegó a ser muy extendida con la introducción del ganado. Mientras el valle de Vilcabamba tiene una base fértil relativamente ancha, una parte grande de la tierra es de inclinaciones escarpadas.

La fauna de igual forma muy variada encontrándose los más comunes: el ganado vacuno, porcino, serpientes, especies avícolas, variedades de pájaros, etc.¹

¹ www. google.com: Clima y Fauna del la población de Vilcabamba, fuente generada por el Ministerio de Turismo y sus redes en Loja - Ecuador

CAPITULO II

METODOLOGÍA

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO

El desarrollo de este proyecto se lo siguió de una manera sistemática de acuerdo a la siguiente metodología:

2.1. Documentación y recopilación de información

El trabajo 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, para disponer de información base primordial para entender la geología y tectónica de la cuenca de Malacatos - Vilcabamba y del área de estudio.

Utilizando la base topográfica, Hoja CT - NVII - B, Gonzanamá 3781, del Instituto Geográfico Militar 1973, la información del levantamiento Geológico realizado por: J. B. Kennerley M. Sc., y L. Almeida, (1970). La información de la Estratigrafía del Mioceno Medio - Tardío y la Geodinámica del Sur del Ecuador propuesta por Hungerbühler de la zona de Malacatos - Vilcabamba en 1997, se tuvo una idea preliminar sobre la secuencia de depósitos de los sedimentos de la cuenca y se correlaciona con un perfil geológico de la disposición de los estratos en cada formación.

La base topográfica utilizada en el estudio nos permitió graficar los datos estructurales, cambios y contactos en las formaciones y los correspondientes deslizamientos, para al final obtener un mapa geológico del sector.

2.2. Fotointerpretación de la zona de estudio

Con la fotointerpretación se definió rasgos estructurales como: fallas, plegamientos, discordancias, y zonas de deslizamiento. Información que servirá para la elaboración del mapa geológico - estructural a escala uno diez mil (1:10000), lo cual será corroborado con el trabajo de campo. Para el estudio se dispondrá de libreta de campo, donde se recopilará toda la información, ayudados de columnas estratigráficas y que serán procesados en el respectivo mapa geológico (*Anexo IV*).

Adicional al levantamiento geológico, se realizó el inventario de los deslizamientos ocurridos hasta el año 1984 para lo cual se utilizaron fotos aéreas que fueron levantadas hasta esos años.

2.3. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos

La primera fase de trabajo de campo consistió en el análisis del mapa topográfico para ver las rutas geológicas a seguirse por carreteras, ríos, y senderos. Luego se efectuó el levantamiento geológico en salidas durante dos meses, donde se considero la documentación de medidas

estructurales, potencia de los estratos en los afloramientos, la columna estratigráfica, descripción detallada de los tipos de rocas existentes en el sector, mineralogía presente en estas, etc. Ésta documentación consistió en 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, con el fin de saber a qué tipo de roca pertenecen. (Foto1).



Foto 1: Descripción geológica de un afloramiento con coordenadas (X=693112, Y=9527758)

El equipo utilizado durante el mapeo consistió básicamente en: brújula, GPS, martillo geológico, lupa, distanciómetro; libreta de campo,

carta geológica, mapa geológico preliminar; utensilios 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. (Foto 2).



Foto 2: Deslizamiento activo afectando la vía principal que conduce a Quinara (X=6971478, Y=9526630)

2.4. Trabajo de gabinete final

Terminada la recolección de datos en el campo y con la ayuda de la información previa, se procedió al análisis de los datos y la elaboración del mapa geológico - estructural a escala 1:10.000 mediante la correlación de cortes geológicos y análisis petrográfico. El mapa geológico se lo realizó utilizando las técnicas GIS y AutoCad, la misma que permitirá disponer de una base temática georeferenciada, sumándose a ello el inventario de deslizamientos y su ubicación dentro de la base geológica.

CAPITULO III

GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

CAPÍTULO III

3. GEOLOGÍA

3.1. Geología regional

La cuenca de Malacatos – Vilcabamba ubicada en los Andes meridionales del Ecuador, ha sido estudiada geológicamente 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 (2002).

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 Noroeste y el centro (bloque La Granja). Este último se separa del resto de la cuenca Oeste por una falla normal (Hungerbühler en 2002).

Hungerbühler subdividió los estratos en las siguientes formaciones: **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, tiene un ancho de 30 km. 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. Hacia el Norte ocupan el ancho total de la cuenca. 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. 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 2002), según la tabla internacional estratigráfica del 2008, 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 un 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 2002). Su edad es Miocénica media a tardía. (13.5±1.2 Ma. and 13.1±1.9)

Formación Santo Domingo.- Esta formación aflora todo el flanco central. Descrita por Hungerbühler (2002), 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 capas estratificadas bituminosas, 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 kg/ton (Hinterland 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, 2002). 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, 2002). La potencia de esta formación es variable, alcanzando el máximo de 700 m³.

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, 2002) 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, 2002).³

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

3.1.1. Estructura

En la cuenca de Malacatos - Vilcabamba, los conglomerados de la formación Mandango se encuentran estratificados con buzamientos de 15° a 35° Este. Localmente, para toda la formación Santo Domingo, los buzamientos son especialmente más horizontales. 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 2)

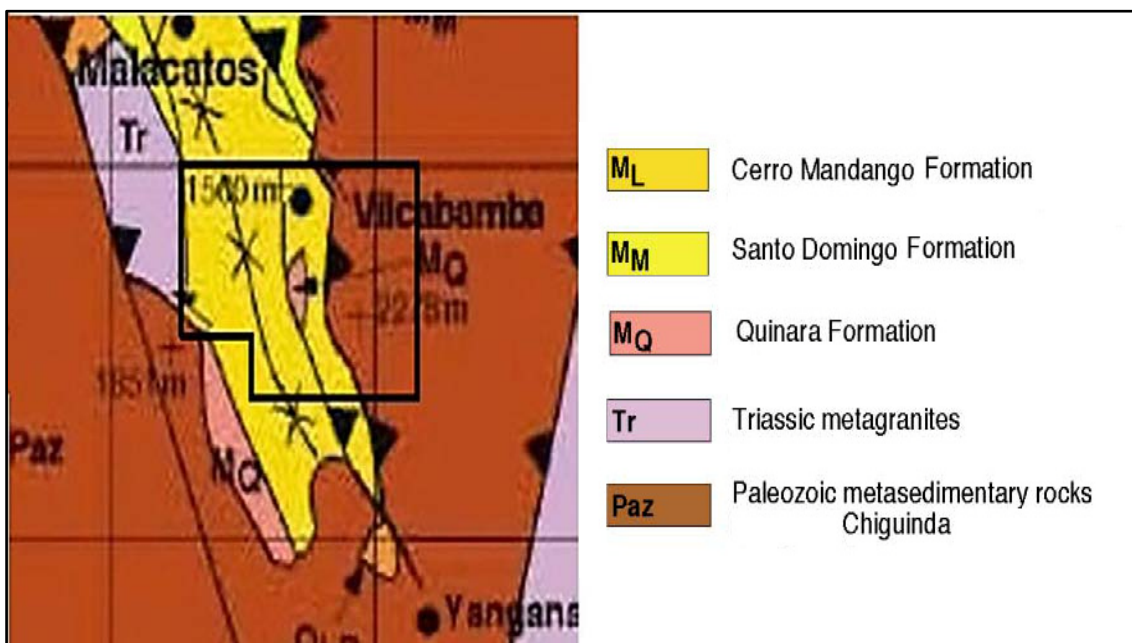


Gráfico 2: Mapa geológico zona de Malacatos - Vilcabamba. Hungerbühler (2002)

3.2. Geología local

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 extensa vegetación en el área, dificultan la observación en el campo 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

3.2.1 Descripción Geológica

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

La secuencia estratigráfica en la zona está conformada por rocas metamórficas como esquistos grafiticos, sericíticos, muscovíticos, cuarcitas y pocas filitas en la parte Occidental del área de estudio. En la parte Oriental predominan mayor cantidad de filitas y cuarcitas de la *Unidad*

Chigüinda las que constituyen el basamento de la cuenca, y afloran a lo largo de los flancos Este y Oeste del área de estudio. Continuando la secuencia se encuentran formaciones sedimentarias de edad Terciaria Miocénica Superior (Hungerbühler 2002): *Santo Domingo*, *Cerro Mandango*, las mismas que conforman: areniscas, arcillas, limolitas y los conglomerados de matriz areno – arcillosa. La formación *Santo Domingo* se encuentra ubicada en la parte central, y la formación *Cerro Mandango* en la parte Noreste – Sureste y Noroeste – Suroeste, del polígono de estudio.

Sedimentos de edad Cuaternaria, como flujos de lodo, depósitos coluviales y aluviales, de materiales poligenéticos, afloran dentro del área y yacen indistintamente sobre formaciones más antiguas, como sucede en la formación *Santo Domingo*. En la parte Oriental de la zona sobre la *Unidad Chigüinda*, también hay la presencia de depósitos aluviales y coluviales volcánico – andesíticos, los cuales provienen de las partes más altas de la región como consecuencia del arrastre de material que ejercen las quebradas de este sector.

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

a) Rocas Metamórficas

Unidad Chigüinda (Paleozoico)

En la parte oriental estas rocas se localizan en los sectores de: Capulí, El Limo, Loma Terremoto y Loma Las Pitás. Hacia la parte occidental en los Cerros Campana y Canguro Grande. Estas rocas presenta un metamorfismo de bajo grado constituido de rocas como esquistos sericíticos, muscovíticos, y gráficas, siendo estos los más abundantes dentro del área. También hay la presencia de cuarcitas y filitas con dirección de foliación N 150°, e inclinación 33° al NE, presentan vetas de cuarzo, en el sector de unión de la quebrada Hualshinanama con otras quebradas del sector, cerca del sector conocido como Yamburara Alto.

(Foto 3)

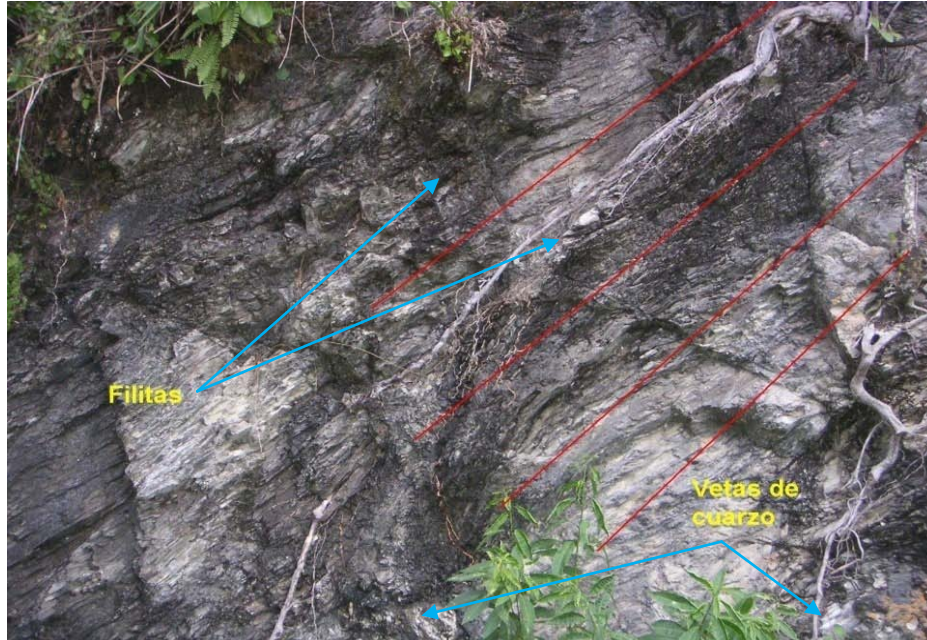


Foto 3: Filitas con vetas de cuarzo dirección de foliación $N 150^{\circ}$, e inclinación 33° al NE 20 cm. de potencia

Los esquistos de la parte occidental son muscovíticos y presentan una dirección de foliación $N 145^{\circ}$ y una inclinación de 40° NE en capas que van desde 5 a 15 centímetros. Presentan tonalidades rojizas por oxidaciones del Fe, colores grises y verdes, estos últimos formados por la recristalización de la clorita. (Foto 4)



Foto 4: Esquistos sericíticos: dirección foliación N 145° e inclinación 40° NE

Las filitas en la parte oriental se encuentran fuertemente erosionadas y otras presentan una fuerte tectonización, como en la parte oriental formando pliegues fracturados en su eje axial (X=700144; Y=9527402) (Foto 5).

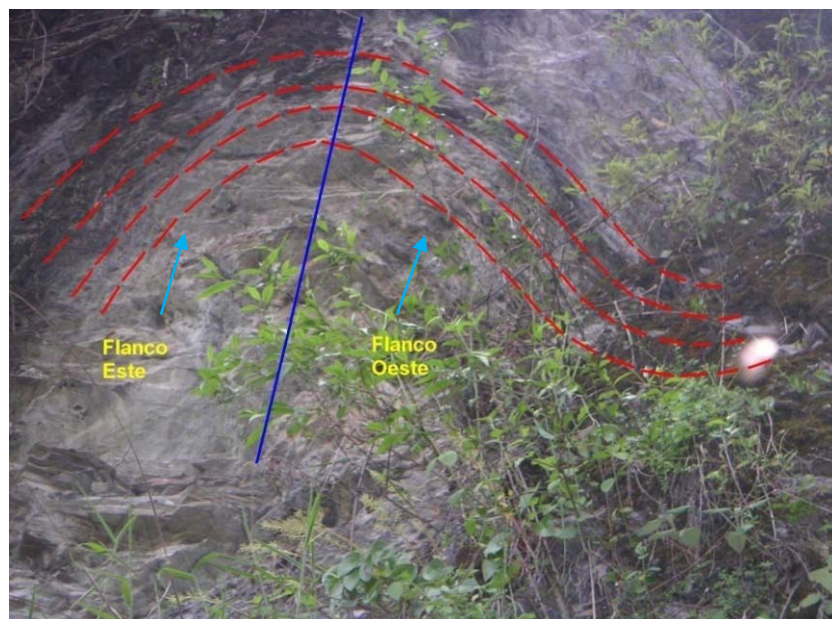


Foto 5: Esquistos pliegue N 150° - 33° NE y N 348° - 25° SW

Ademas existe la presencia de una falla inferida que va de NW a SE la misma que provoca microfallas en sentido perpendicular a la falla principal las que van en sentido NE – SW y a su vez genera estos pliegues sobre este macizo rocoso (*Foto 6*)



Foto 6: Microfallas en sentido Norte – Sur, coordenadas (X=700144, Y=9527402)

Las cuarcitas presentan tonalidades claras, aflorando en unos lugares en una matriz limo - arcillosa - arenosa en paquetes que van desde 3 a 6 metros de potencia (*Foto 7*).

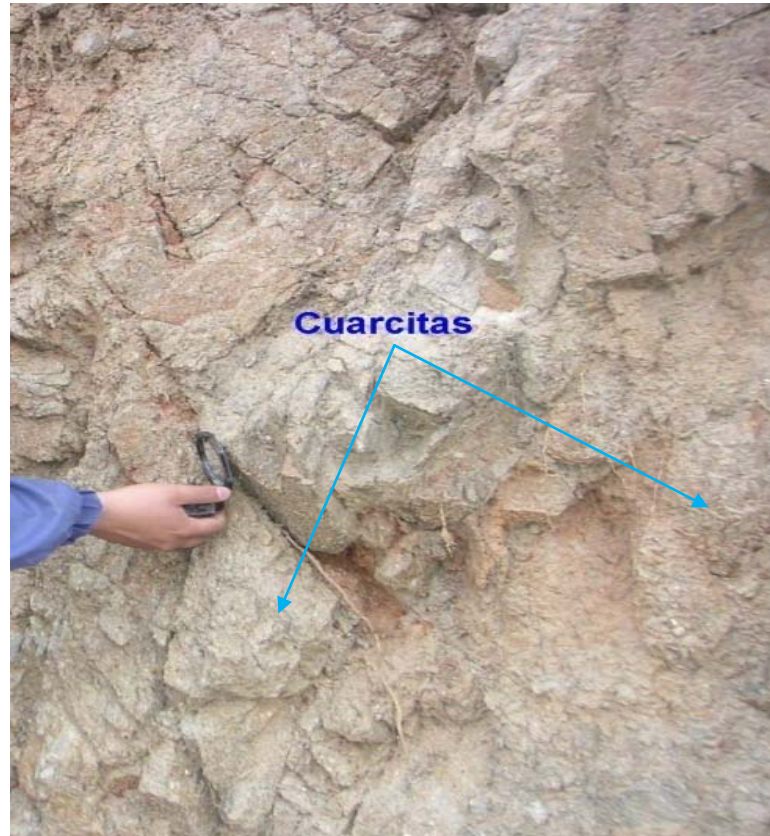


Foto 7: Cuarcitas en matriz limo - arcillosa

Hacia la parte Sureste de nuestro polígono la dirección de los estratos de cuarcitas va de N 275° con una inclinación 45° SW, además de existir la presencia de vetillas de cuarzo de 10 cm. de espesor. (Foto 8).

La litología descrita y analizada pertenece a rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda.

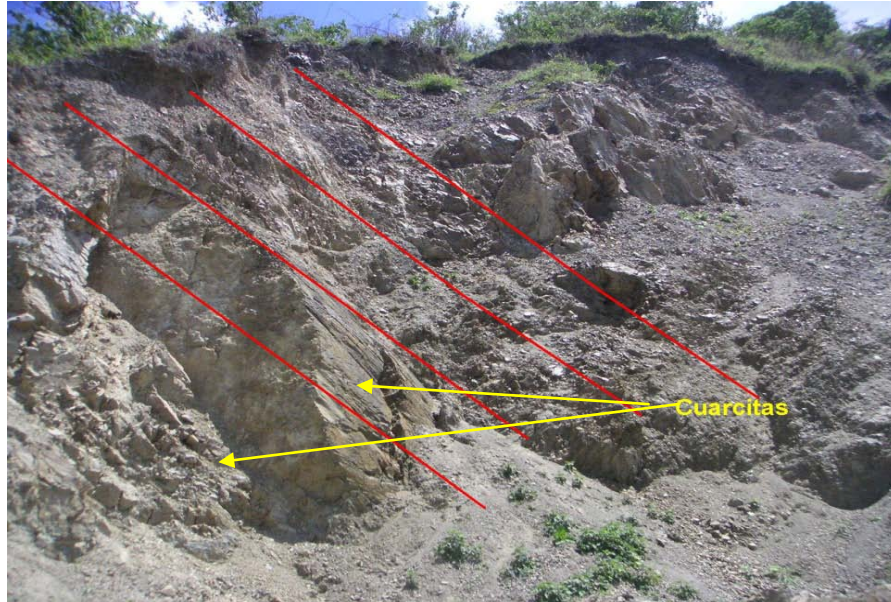


Foto 8: Inclinación de capas de cuarcitas de la Unidad Chigüinda (dirección N 275° inclinación 45° SW).

b) Rocas Sedimentarias

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

En la parte central de nuestro polígono se depositan limolitas, arcillas, conglomerados, areniscas y carbón en menor proporción, esta litología pertenece a la formación Santo Domingo.

La formación Cerro Mandango con paquetes de conglomerados de clastos de cuarcitas, esquistos, los que se encuentran en una matriz limo - arcillosa, en otros casos arenosos. En estos conglomerados hay la

presencia de capas de areniscas. A continuación se detallan las diferentes formaciones presentes en el área:

Formación Santo Domingo

Ocupa la parte central del polígono de Norte a Sur. En esta formación sedimentaria afloran intercalaciones de arcillo - limolitas de color crema y rojiza por presencia de óxidos de Fe. En la parte superior afloran lentes de areniscas y microconglomerados (tamaños menores a 0,15 m). En algunos afloramientos tienen una coloración oscura debido a presencia de material orgánico, además de existir vetillas de cuarzo de manera muy efímera. (Foto 9).

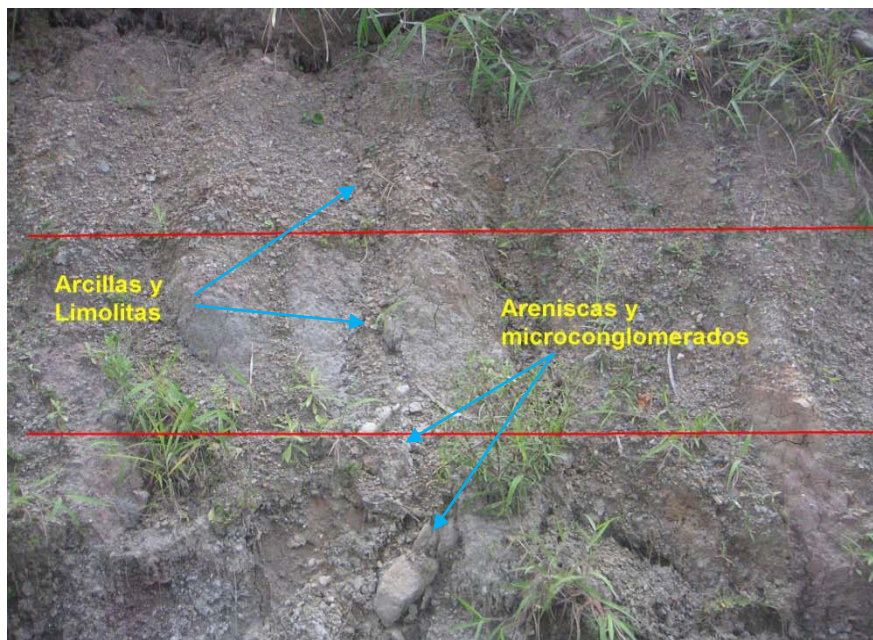


Foto 9: Fm Santo Domingo; secuencia de arcillas y limolitas, nótese en las parte inferior capas de areniscas y micro-conglomerados.

Las capas de areniscas varían de potencia desde 10 - 20 cm, en estos afloramientos debido a la ausencia de vegetación, han sufrido procesos de meteorización y erosión.

En todas estas zonas se puede observar la presencia de una estratificación horizontal característica para la formación Santo Domingo en nuestra área de estudio. (Foto 10).



Foto 10: Fm Santo Domingo; estratificación horizontal presente en dicha formación

Formación Cerro Mandango.

Está conformada por conglomerados de esquistos, cuarcitas y filitas sostenidos en una matriz limo - arcillosa de color naranja, esta formación sobreyace discordante a la formación Santo Domingo. La formación Cerro Mandango se encuentra ocupando toda la parte Sureste y Suroeste del polígono investigado, con relación a Vilcabamba.

El tamaño de los clastos en los conglomerados varía desde 1 – 15 cm de diámetro, algunos clastos son redondeados y otros con alguna angulosidad que indica poca transportación. Existe también la presencia de capas de areniscas que se intercalan con los paquetes de conglomerados dispuestos de forma clasificada, estas capas varían 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=699678; Y= 9528178). (Foto 11 y 12)

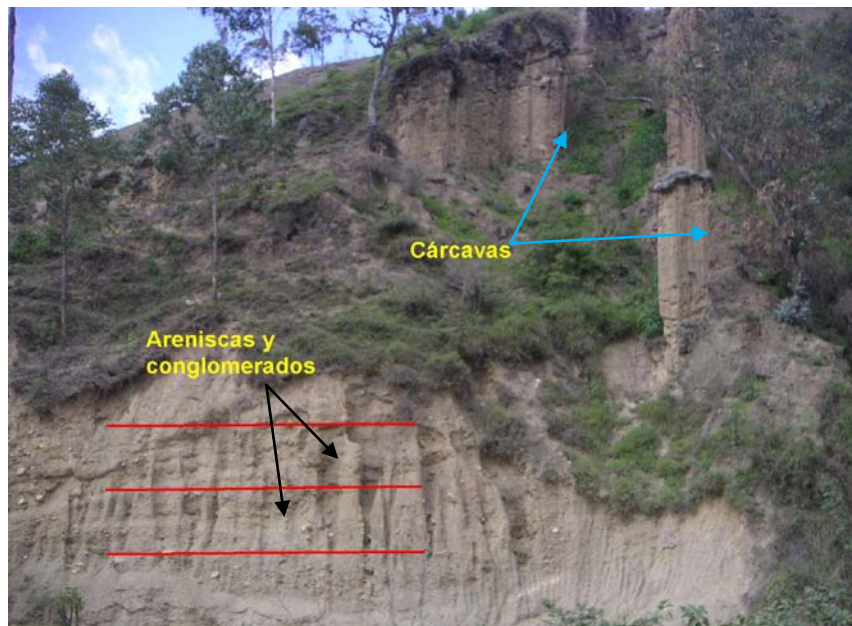


Foto 11: Fm. Cerro Mandango, capas horizontales: conglomerados y areniscas. Zona de cárcavas



Foto 12: Fm. Cerro Mandango: disposición de capas: conglomerados y areniscas

La dirección de los estratos de conglomerados es horizontal en la parte Suroeste del área; conforme avanza sobre la Unidad Chigüinda aumenta su ángulo de buzamiento llegando a ser de 25° al NE, en promedio, debido a procesos de erosión y plegamiento de la cuenca. (Foto 13). También existen cambios de buzamiento en el borde Este del polígono.



Foto 13: Inclinación de capas de conglomerados y areniscas de la Formación Cerro Mandango (dirección N 175° buzamiento 15° NE).

Esta formación se encuentra descansando discordantemente sobre la formación Santo Domingo. (Foto 14)

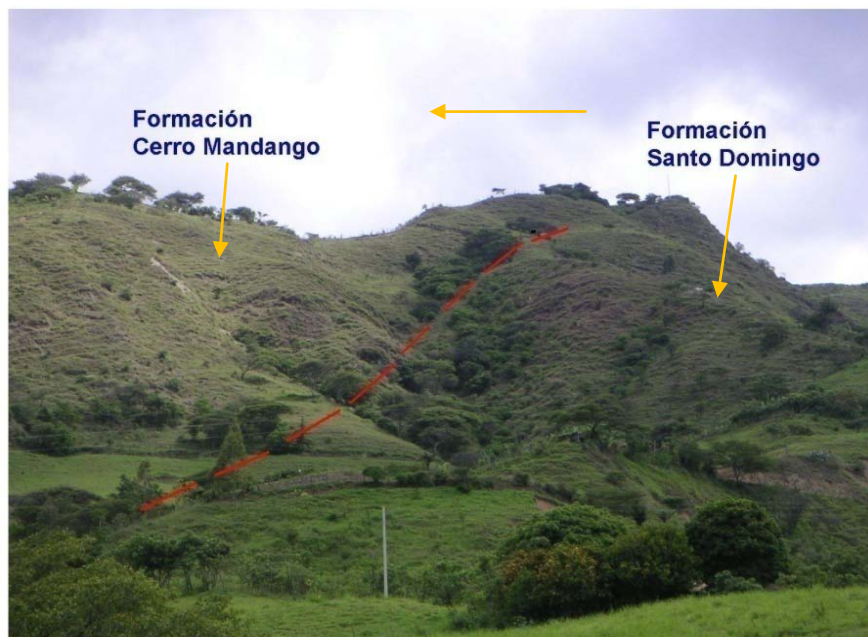


Foto 14: Contacto Discordante entre la Formación Cerro Mandango y la Formación Santo Domingo

c) 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.

Los coluviales están conformados por fragmentos y clastos angulosos de; esquistos sericíticos, cuarcitas, algunos aglomerados basales, estos depósitos llegan a alcanzar pocos metros. Los coluviales se hallan presentes en la parte Oeste del área de estudio, de la misma forma en depósitos pequeños en la vía El Sauce – Quinara, los coluviales no tienen una estratificación ordenada (*Foto 15*).



Foto 15: Depósitos Coluviales de Esquistos sericíticos y cuarcitas con algunos aglomerados sostenidos en una matriz limo-arcillosa.

d) 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 del río Chambo y quebradas como: Puliche, Ashquiluma, El Salado,

Hualshinanama, entre otras; y en quebradas secas. Estos aluviales 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 a decenas de metros, se los ha ubicado en el Holoceno (Cuaternario). (Foto 16)



Foto 16: Depósitos de terrazas aluviales, levantadas sobre el nivel de la quebrada Puliche

Existen depósitos aluviales de origen volcánico – andesítico que van desde los 70 cm hasta 1 m de espesor en la parte Oriental que fueron

“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de Malacatos - Vilcabamba”

**U.T.P.L.
RIVAS**

JIMMY VICENTE SUING

arrastrados por las quebradas existentes en el sector desde las partes más altas de esta área.

3.2.2 Geología Estructural del Sector

En la parte oriental las filitas tienen una foliación orientada N 150°, inclinación 33° al NE; en la parte occidental los esquistos tienen una foliación orientada N145° y una inclinación de N 40° E. (Foto 17 y 18).



Foto 17: Planos de foliación en la parte oriental de la Unidad Chigüinda



Foto 18: Planos de esquistosidad en la parte occidental de la Unidad Chigüinda

Al Suroeste de la zona, los estratos de la formación Cerro Mandango presenta una orientación horizontal. Cerca al contacto discordante con la Unidad Chigüinda los estratos de los conglomerados tienen una inclinación promedio de 25° NE. (Foto 19 y 20)



Foto 19: Estratificación horizontal de la Formación Cerro Mandango.

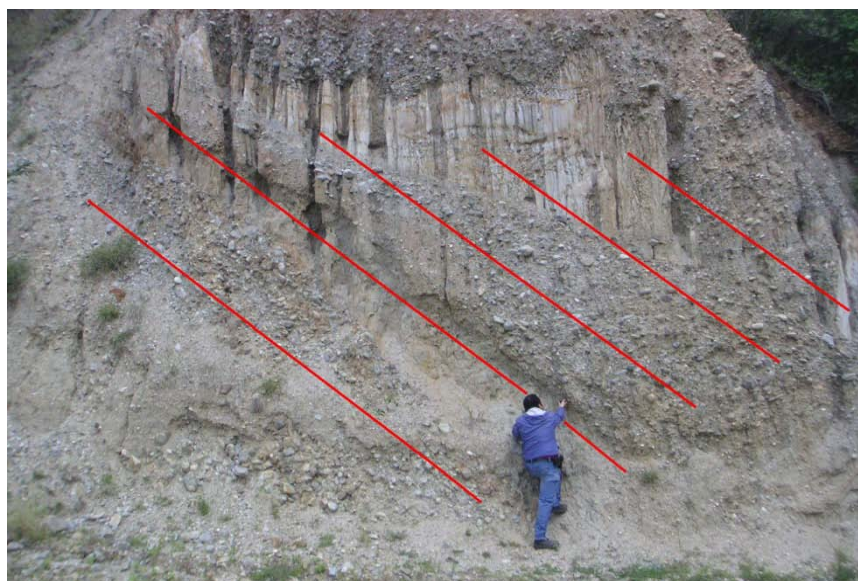


Foto 20: Cambio de orientación. Capas de la Formación Cerro Mandango.

Las capas de los estratos de la formación Santo Domingo tienen una estratificación horizontal, similar a la parte oriental de la formación Cerro Mandango. La formación Santo Domingo en la parte central del polígono de estudio tiene materiales altamente meteorizados, debido a la escasa presencia de vegetación y a la constante precipitación de agua que ocurre en el sector.

Los deslizamientos presentes en la zona de estudio se producen en la formación Santo Domingo, compuesta por materiales expansibles como arcillas que en tiempos de abundantes precipitaciones, y debido a la presencia de factores antrópicos, se producen movimientos de maza del tipo rotacional. (Foto 21)



Foto 21: Deslizamiento tipo rotacional - flujo en la formación Santo Domingo.

En las coordenadas (X=700144; Y=9527402), del sector de Yamburara Alto, se presenta en las filitas de la Unidad Chigüinda un micropliegue simétrico; donde sus medidas estructurales son: flanco Oeste N 150° inclinación 33° al NE, flanco este N 348° inclinación 55° al SW. (Foto 22). En este sector existe una falla inferida con dirección NW – SE, la que genera pequeñas fallas con dirección NE – SW en el bloque de filitas en sentido perpendicular a la falla principal. Esta falla NW – SE genera los micropliegues en estos macizos rocosos metamórficos, por esfuerzos de compresión sobre las rocas que no llegan a romperlas.



Foto 22: Las filitas de la Unidad Chigüinda. Micropliegue simétrico.

3.3. GEOMORFOLOGÍA

El área en estudio geomorfológicamente presenta un relieve en cotas comprendidas desde los 1560 a los 2120 m.s.n.m, las pendientes fuertemente inclinadas producen encajonamientos formando valles en U y V, y la presencia de zonas de escarpe (*Foto 23*), que dan a la formación de redes dendríticas de quebradas secas.

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



Foto 23: Valles en V y zonas de crestas

1. Zona de montañas con crestas abruptas, comprendida entre los 1900 y 2200 m.s.n.m. Ocupando una superficie del 30% del área total. Relacionado con rocas metamórficas del Paleozoico y zonas de escarpe de la formación Cerro Mandango, estas zonas tienen pendientes que oscilan entre los 40 y 60%, determinándose una pendiente abrupta. (Foto 24)



Foto 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 1700 y 1900 m.s.n.m., ocupan el 20% de la superficie total, relacionado con rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda y sedimentarias de la formación Cerro Mandango y Santo Domingo, las pendientes de la parte oriental y occidental de la zona van

desde los 15 a 35 % se determinan como pendiente fuertemente inclinada.

(Foto 25)



Foto 25: Zonas de colinas altas y medias con crestas angulosas y redondeadas de la Unidad Chigüinda

3. Zonas de colinas bajas alargadas, mesetas de relieve ondulado con colinas redondeadas y planicies, cuyas alturas varía entre los 1560 y 1700 m.s.n.m., relacionada con rocas sedimentarias miocénicas terciarias de las formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango, con pendientes de 10 a 20 %, ocupando una superficie del 15 % del área total, determinando sobre la morfología pendientes ligeramente inclinadas. (Foto 26)



Foto 26: Zonas de colinas bajas

4. Zona de terrazas y llanuras aluviales, formada por zonas planas que se hallan junto al cauce de los ríos principales de la parroquia Vilcabamba. Toda la población se encuentran asentada sobre un depósito aluvial considerable. (Foto 27)



Foto 27: Zonas de llanuras y terrazas aluviales

CAPITULO IV

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CAPITULO IV

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS

Con los datos del levantamiento geológico de campo, se realiza la interpretación de los principales datos estructurales cartografiados de la secuencia sedimentaria de la zona, con el fin de determinarlos eventos de depositación - deformación de las formaciones geológicas. Se verifica e interpreta los contactos y fallas existentes en cada uno de los sectores del área estudiada. Esta información se correlaciona con el mapa geológico regional a escala 1:100.000, y con informaciones obtenidas de estudios de las cuencas sedimentarias del Sur del Ecuador.

El estudio e interpretación de los afloramientos y el análisis de las respectivas muestras, se logra determinar los tipos de roca y formaciones que conforman el área de estudio, llegando a establecer las siguientes litologías:

La zona de estudio está constituida por formaciones que van desde el Paleozoico al Reciente. En la cual se encuentran rocas metamórficas como esquistos y filitas fuertemente plegadas que datan del Paleozoico pertenecientes a la Unidad Chigüinda que constituye el basamento de la cuenca; siguiendo con la secuencia se encuentran rocas sedimentarias que descansan sobre el basamento de la Unidad Chigüinda como son la formación Santo Domingo que está constituida por arcillas y limolitas, además de

paquetes de conglomerados y areniscas; continuando con 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 del río Chambo, y las quebradas existentes en el lugar como son: Puliche, Ashquiluma, El Salado, Hualshinanama, Capamaco y Yambala además de la presencia de quebradas secas. *(Gráfico 3 de la Columna Estratigráfica del Área).*

En base a la génesis se puede decir que 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 por la intrusión y ruptura que provocan las quebradas existentes en el sector, además de movimientos de origen tectónico provocaron plegamientos en las rocas del basamento dando lugar a la deformación de las capas de la formación Cerro Mandango que cambiaron su ángulo de buzamiento y que por procesos de erosión se dio ese cambio en la inclinación de sus estratos de 25°

como promedio en la parte Suroeste, y en la parte Sureste en un promedio entre 16° y 45° a sub - horizontales.

Las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda tienen una foliación promedio en la parte oriental de $N 150^{\circ}$, e inclinación 33° al NE, y en la parte occidental una foliación orientada $N 145^{\circ}$ y una inclinación de 40° NE. Las arcillas, limolitas, capas de conglomerados y areniscas de la formación Santo Domingo poseen una estratificación horizontal puesto que existe una secuencia de depositación ordenada. En la parte Suroeste la secuencia de depositación sedimentaria de conglomerados y areniscas de la formación Cerro Mandango presentan una estratificación horizontal que conforme va avanzando hacia el contacto discordante con la Unidad Chigüinda va inclinándose tomando datos promedios de un ángulo de buzamiento de 25° NE. En la parte Sureste, en el poblado de San José la formación Cerro Mandango los estratos de areniscas y conglomerados tienen una dirección promedio de $N 347^{\circ}$ buzando 16° SW, esto y conforme va avanzando hacia el Sur tenemos una dirección de $N 275^{\circ}$ buzando 45° SW.

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*)

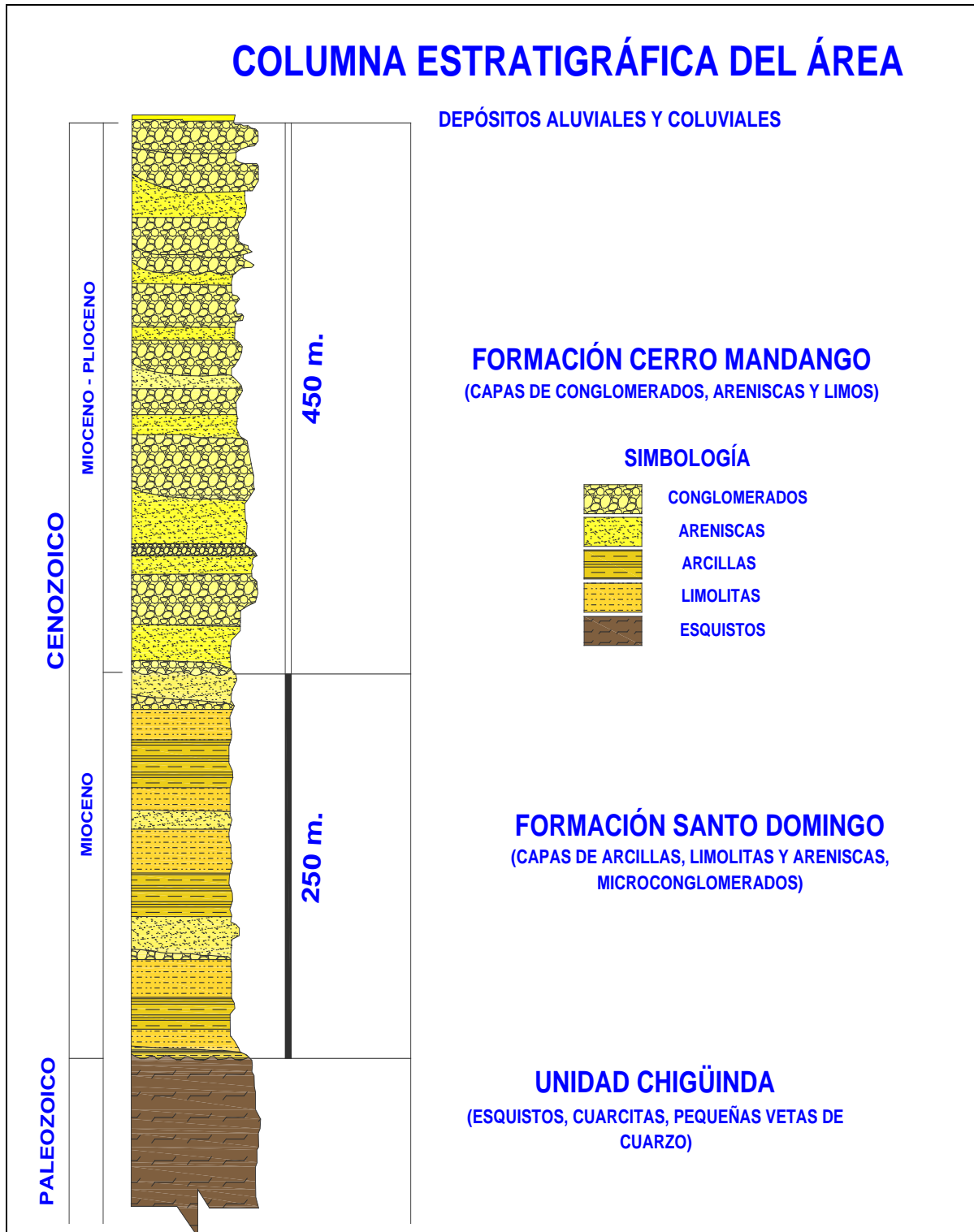


Gráfico 3: Columna Estratigráfica del Área de Investigación

4.1 Cortes de secciones geológicas locales

Los cortes geológicos nos determinan una mejor visión y perspectiva de la disposición de las rocas en profundidad. Se elaboró un corte geológico ya que la distribución del área es más ensanchada que alargada y básicamente no cambia mucho en proporción las estructuras geológicas ya sea en la parte superior como en la parte inferior del sector. El corte geológico A - A' se realizó de Oeste a Este en la parte central del polígono, este corte permite describir de mejor manera la evolución de la depositación de las formaciones geológicas y la tectónica ocurrida en la zona de estudio.

Una vez realizado el corte se determinó que:

En el corte podemos determinar que la Unidad Chigüinda, que está constituida de filitas, esquistos sericíticos y grafiticos, con presencia de cuarcitas en menor cantidad, tanto al Este como al Oeste, constituye el basamento de la cuenca en la zona de estudio; sobre ésta descansa de forma discordante la formación Santo Domingo formada de arcillas, limolitas, paquetes de areniscas y microconglomerados que presentan una estratificación horizontal, esta formación sólo se la puede ubicar en la parte central del polígono.

Finalmente la formación Santo Domingo sobreyace discordantemente a la formación Cerro Mandango constituida de conglomerados y areniscas, depositados de manera sub – horizontal. En la parte Suroeste en contacto con el metamórfico de la Unidad Chigüinda tienen una ligera inclinación promedio de 25° NE. En la parte

**“Estudio Geológico Estructural e Inventario de Deslizamientos del Área 6 de la Cuenca de
Malacatos - Vilcabamba”**

**U.T.P.L.
RIVAS**

JIMMY VICENTE SUING

Sureste entre el contacto discordante con la formación Santo Domingo hasta la parte Este en contacto discordantemente con el basamento metamórfico de la Unidad Chigüinda, presenta direcciones de buzamientos entre 16° y 45°.

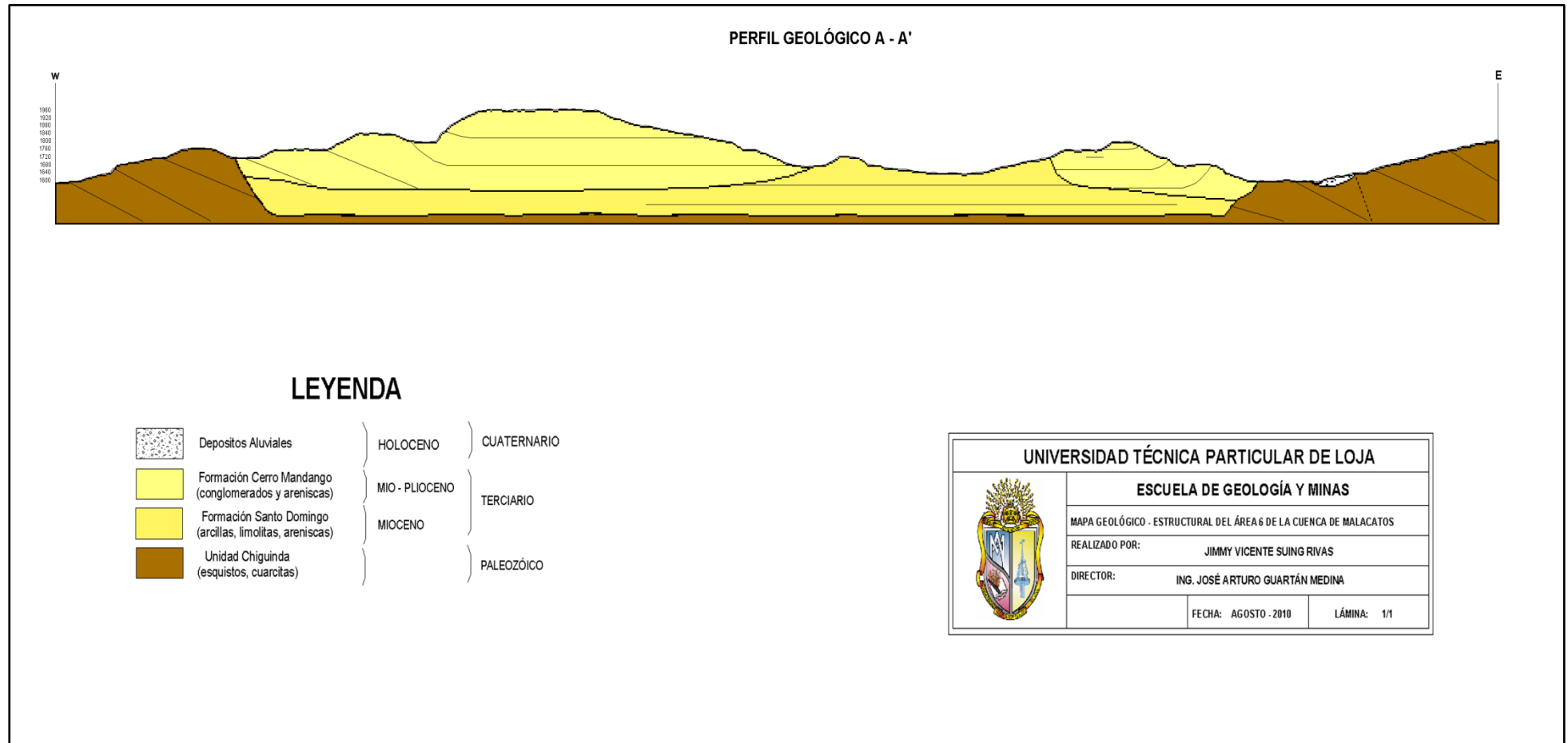


Figura 1: Corte de sección local del área investigada.

4.2 Inventario de deslizamientos

Para la clasificación de los deslizamientos se utilizó el formato propuesto por el PMA-GCA (Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las comunidades andinas) 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, definen parámetros tales como: tipo de material, humedad, estado, estilo del movimiento, secuencia de repetición o distribución, etc.

Durante el trabajo de campo se mapeó un total de 8 movimientos en masa, que conforman una zona de riesgo de deslizamiento grande, el cual por su tamaño se hizo necesario mapearlo y describirlo en 8 partes diferentes, este cubre un área de 172 ha, lo que constituye el 6,6% del área total. Las divisiones se realizaron para inventariar esta zona de riesgo de deslizamiento en las que se identificó movimientos complejos como: movimientos de tipo rotacional – reptación y rotacional - flujo, elementalmente. (*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 6 de la Cuenca de Malacatos - Vilcabamba”

U.T.P.L.

JIMMY VICENTE SUING RIVAS

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	CAUSA DEL DESLIZAMIENTO
DM 001	Rotacional - Reptación	Estabilizado	Ligeramente Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Irrigación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Carga en la corona del talud ➤ Disposición deficiente de estériles / escombros ➤ Vibración (transporte) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material colapsible ➤ Meteorización por expansión / contracción
DM 002	Rotacional - Reptación	Latente	Ligeramente Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Vibración artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Mantenimiento deficiente sistema de drenaje ➤ Carga en la corona del talud ➤ Disposición deficiente de estériles / escombros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material colapsible ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 003	Rotacional - Reptación	Estabilizado	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Irrigación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación de la pata del talud ➤ Vibración artificial 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material colapsible ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 004	Rotacional - Reptación	Latente	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga en la corona del talud ➤ Movimiento tectónico 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje ➤ Irrigación ➤ Vibración artificial 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Materia colapsible ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 005	Rotacional - Reptación	Latente	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Irrigación ➤ Carga en la corona del talud 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación de la pata del talud ➤ Vibración artificial ➤ Escapes de agua en tuberías 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material colapsible ➤ Material meteorizado ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 006	Rotacional - Flujo	Latente	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Irrigación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Carga en la corona del talud. ➤ Vibración artificial (transporte pesado) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material colapsible ➤ Material fallado por corte ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 007	Rotacional - Reptación	Latente	Húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico ➤ Irrigación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación de la pata del talud ➤ Vibración artificial (transporte pesado) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material sensible ➤ Material colapsible ➤ Material fisurado o agrietado ➤ Meteorización por expansión o contracción
DM 008	Rotacional - Flujo	Activo	Ligeramente húmedo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimiento tectónico 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lluvias ➤ Excavación de la pata del talud ➤ Irrigación ➤ Vibración (transporte pesado) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material plástico débil ➤ Material sensible ➤ Material meteorizado ➤ Material fallado por corte ➤ Meteorización por expansión o contracción

Tabla 2: Inventario de deslizamientos del área de estudio

4.2.1 Factores que influyen en la inestabilidad

En la mayoría de los casos lo que 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:

- Principalmente los movimientos tectónicos ocurridos y la irrigación en casi todos estos lugares provocan dichos movimientos, por lo tanto son los condicionantes mayoritarios para que estos ocurran.
- En mínima parte, se observó que 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 sueltos y coluviales dan a la formación de remociones en masa, consecuencia de la poca adhesión de sus partículas (Foto 28)



Foto 28: Suelos 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.

- 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. (Foto 29)



Foto 29: 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. (Foto 30)



Foto 30: Deslizamiento producido por carga en la corona

- *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

En este trabajo de tesis podemos relacionar las pendientes con la geología. En la parte Central y Occidental de la zona, en donde terrenos con pendientes que van desde los 5° a 90° se le atribuyen a las formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango en estas zonas sus estratos están horizontales, produciéndose escarpes abruptos verticales y formando aristas en la cima de cerros en las proximidades del Cerro Mandango. Hacia la parte Oriental la formación Cerro Mandango que tiene estratos con buzamientos que fluctúa entre 16° y 45° SW forman pendientes que van de distinto rango.

En la parte Occidental de la formación Santo Domingo se suscitan pendientes más suaves para arcillas, limolitas y areniscas finas en cantidades menores, con intercalaciones de vetillas de yesos y sulfuros; y pendientes abruptas para paquetes de areniscas y microconglomerados con intercalaciones de capas de lignito en pendientes 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

- Esta área se encuentra constituida por rocas metamórficas, pertenecientes a la Unidad Chigüinda constituyéndose en el basamento de la cuenca; 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 limo arcillosa y arenosa.
- La Unidad Chigüinda se encuentra constituida por rocas metamórficas como: cuarcitas, esquistos muscovíticos, esquistos sericíticos, esquistos grafiticos, filitas, hacia el Este con una foliación cuya dirección es de N 150° y una inclinación de 33° NE, esto cerca de la quebrada Hualshinama, donde encontramos unos micropliegues en los estratos, y más hacia el Sureste del polígono cerca de Loma Las Pitas presentan los esquistos una foliación con dirección N 228° y una inclinación 70° SE; en el Oeste de nuestra área los esquistos presentan una foliación cuya dirección es N 145° y una inclinación 40° NE.
- La formación Santo Domingo presenta capas intercaladas de areniscas con matriz arcillosa, arcillas con una coloración café a rojiza y limolitas con leve presencia de lignito en ciertos horizontes, ésta formación en sí presenta o existe una estratificación prácticamente horizontal por lo que se observa una

secuencia de depositación clara, todo esto conforma la parte central de nuestra área de estudio.

- La formación Cerro Mandango está representada por conglomerados de esquistos y cuarcitas con tamaños que van de 5 – 20 cm de diámetro, sostenidos en una matriz limo - arcillosa y arenosa, las capas con potencia de algunos centímetros a metros (30 cm – 3 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, en la cercanía al contacto que ocurre con la formación Santo Domingo, esto en la parte Occidental del polígono. A medida que se acerca a la Unidad Chigüinda esta formación tienden a tener una dirección promedio de N 160° y buzando con un promedio 25° NE.
- Entre la formación Cerro Mandango y la formación Santo Domingo el contacto es discordante. Hacia el sector Oriental del polígono igual existe la presencia de conglomerados y areniscas con una marcada secuencia de depositación, aquí presentan los estratos direcciones de N 347° y buzando 16° SW esto es cerca al sector San José, más hacia el Sureste en cambio tenemos que la dirección es de N 275° buzando 45° SW.
- Podríamos también concluir que 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, claro está también presentes estas capas horizontales de depositación en la formación Santo Domingo.

- En la fotointerpretación que se realizó en la zona de estudio no se pudo determinar mayormente la presencia de fallas y plegamientos, puesto que la calidad de las fotos no ayudaron a diferenciar estos rasgos estructurales. Lo que si se pudo establecer fueron los contactos y deslizamientos de esta área de investigación, que posteriormente se corroboró en el trabajo de campo.
- La configuración geomorfológica actual de la zona es consecuencia además del tipo de material, de varios procesos geológicos combinados como son los movimientos orogénicos (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 (1900 – 2200 msnm), relacionado con rocas metamórficas del Paleozoico, zonas de escarpe de la Formación Cerro Mandango, con pendientes que oscilan entre los 40 y 60%.
 - Zonas de colinas altas y medias (1700 – 1900 msnm), relacionado con rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda y sedimentarias de la Formación Cerro Mandango y Santo Domingo, tanto de la parte

oriental como occidental de la zona, con pendientes que van desde los 15 a 35 %.

- Zona de Colinas Bajas y Alargadas (1560–1700 msnm), relacionada con rocas sedimentarias miocénicas terciarias de las Formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango, con pendientes de 10 a 20 %.
- El límite de contacto entre las formaciones sedimentarias coincide en un 60 % y con respecto al basamento metamórfico coincide en un 50 % del Mapa Regional de Gonzanamá.
- En la zona de estudio se describió 8 movimientos de ladera, que al interpretar los tomamos por separados cuales cubre un área de 172 ha, lo que constituye el 6,6% del área total. Estos fueron identificados como movimientos complejos de donde 2 presentan movimientos de tipo rotacional – flujo y 6 presentan movimientos de tipo rotacional – reptacional, produciéndose la mayoría de éstos en pendientes consideradas moderadamente abruptas.
- Tomando en cuenta la estructura y su base litológica, estos 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 en algunos

de estos movimientos de ladera también son producidos por excavaciones de pie de talud.

- Los factores que influyen en la desestabilización de suelos y rocas son la litología, 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.

- Hablando sobre explotaciones económicamente rentables que existan en la zona trabajando en la explotación de canteras de material pétreo como: esquistos, cuarcitas, para la construcción de vías; o como la utilización de la arcilla en el sector para la elaboración de ladrillos y tejas; no existe, uno de los motivos principales es el acceso en general a toda esta área, el cual es muy dificultoso y no presenta las garantías ni reservas necesarias para una explotación.

5.2 Recomendaciones

- El área de estudio es propicia para que los estudiantes que se encuentran en ciclos inferiores realicen prácticas de las diferentes materias que cursan, ya que se encuentran en forma clara las secuencias de depositación sedimentarias además del basamento metamórfico aflorando en varios sectores del polígono y esto les va a ayudar a comprender más la geología de la cuenca de Malacatos - Vilcabamba, que es nuestro mayor interés por conocer dado que nos encontramos en las cercanías de dicha cuenca.
- Para ejecutar trabajos de ordenamiento territorial, este proyecto se debe mejorar, con estudios a escala mayor (1:5000), debido al crecimiento poblacional de la zona, que por ser un área turística, crece a pasos agigantados.
- Realizar un control más minucioso sobre la zona de riesgo de deslizamiento presente en el sector ya que en ciertas partes se encuentra activo el movimiento de maza y por sus dimensiones se le debería prestar mucha más atención.
- Haciendo utilización del 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.

- Elaborar análisis geotécnicos a detalle para determinar las características de los diferentes macizos rocosos presentes en el sector.

- En el sector hay la presencia de precipitaciones moderadas por lo que muchos de los problemas ocasionados en los terrenos 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 esto, la saturación de los suelos es uno de los principales motivos para que se produzcan los deslizamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Berry, E.W., 1945. Fossil floras from southern Ecuador. In: Singewald, J.T.J. Žed., The Origin of Land Plants and Four Other Papers. Studies in Geology, vol. 14. The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, pp. 93–155.
- Hungerbühler Dominik, Steinmann Michael, Winkler Wilfried, Sewaard Diane, Egüez Arturo, Peterson Dawn E., UrsHelg, 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).
- Litherland, M., Egüez, A., Zamora, A., 1993. Mapa geológico del Ecuador, escala 1:1000000. Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico - Minero – Metalúrgica ŽCODIGEM. and British Geological Survey, Quito.
- Litherland, M., Aspden, J.A., Jemielita, R.A., 1994. The metamorphic belts of Ecuador. Overseas Memoir of the British Geological Survey 11, 147 pp.
- Luis I. González de Vallejo. Mercedes Ferrer. Luis Ortuño. Carlos Ote. "INGENIERÍA GEOLÓGICA". Madrid (2002), Pearson Educación S.A.
- Pedraza Gilsanz, Javier. "GEOMORFOLOGÍA. PRINCIPIO MÉTODOS Y APLICACIONES". Madrid (1996), Editorial Rueda.

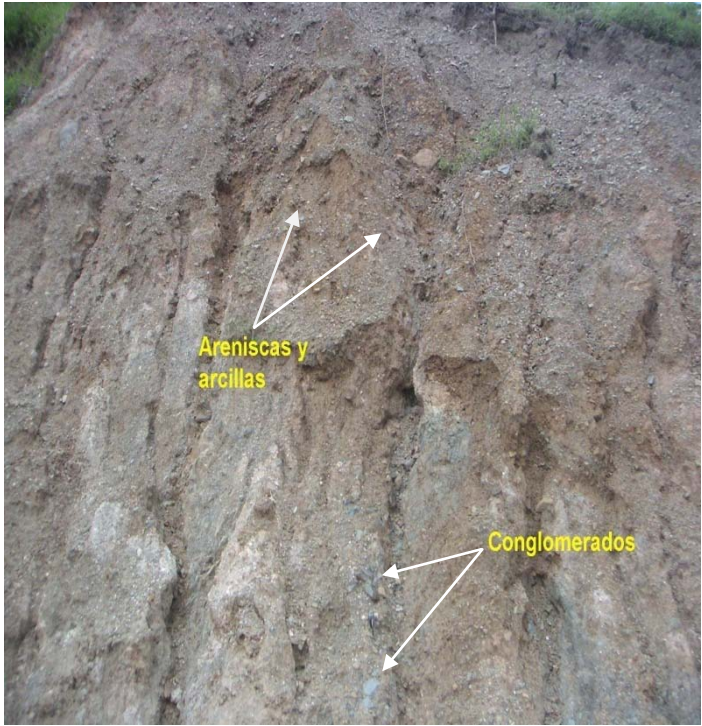
- Pozo Rodríguez, Manuel. González Yélamos, Javier. Giner Robles, Jorge. “GEOLOGÍA PRÁCTICA”. Madrid (2004), Pearson Educación S.A.
- Proyecto Multinacional Andino. “MAPA GEOLÓGICO BINACIONAL REGIÓN NORTE DE PERÚ Y SUR DEL ECUADOR”, escala 1:500000. (2005).
- Putzer, H., 1968. Tertiäre Lignite im interandinen Graben von Ecuador als Beispielfürsyn orogene Kohlen bildung in intermontanen Becken. Geologisches Jahrbuch Hannover 85, 461– 488.
- Styan, W.B., Bustin, R.M., 1984. Sedimentology of Fraser River delta peat deposits: a modern analogue for some deltaic coals. In: Rahmani, R.A., Flores, R.M. Žeds., Sedimentology of Coal and Coal-Bearing Sequences. Special Publication International Association of Sedimentologists, vol. 7, pp. 241–271.

ANEXOS

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES AFLORAMIENTOS

Afloramiento N°.	1	FOTO
Ubicación:	X=698656 Y=9528198 Z=1692 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Vía que conduce hacia San José	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	4 m x 5 m	
Datos estructurales:	257°/16° (areniscas compactas)	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
<p>Descripción litológica:</p> <p>En la parte superior se observa presencia de vegetación. Se observa un afloramiento compuesto básicamente por areniscas compactas, la potencia de los estratos son de 40 cm, estas areniscas están fracturadas, los bloques están en una matriz limo – arcillosa, en la parte superior de las areniscas hay la presencia de conglomerados en pocas cantidades.</p>		

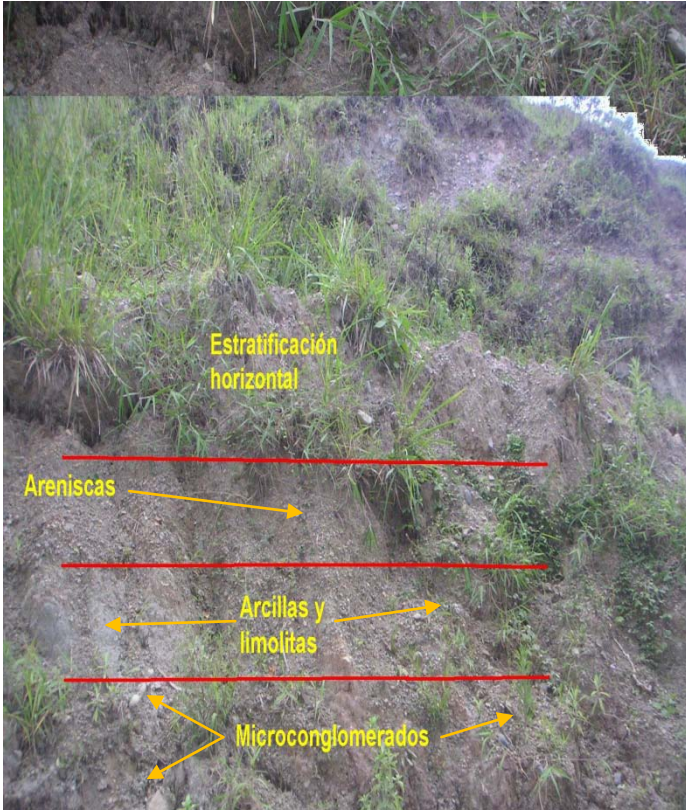
Afloramiento N°.	2	FOTO
Ubicación:	X=699153 Y=9527994 Z=1644 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de vía	
Contexto geomorfológico:	Vía Vilcabamba – San José	
Estado de alteración:	Alta	
Dimensiones (a x h):	12 m x 20 m	
Datos estructurales:	Deposición sub - horizontal	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación escasa. En la parte superior del afloramiento afloran capas finas de areniscas de potencias de 2 m, con intercalaciones de finas capas de arcillas color café a marrón.</p> <p>Bajo estas se encuentran capas de conglomerados de diámetro 1 – 10 cm.</p> <p>La presencia de arcillas saturadas de agua es notoria en este afloramiento.</p>	


Afloramiento N°.	3	FOTO
Ubicación:	X=700144 Y=9527402 Z=1612 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Cerca de la quebrada Hualshinanama, vía Vilcabamba – Yamburara Alto	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	3 m x 8 m	
Datos estructurales:	Micropliegue: 60°/33° (foliación) flanco Oeste y 258°/25° (foliación) flanco Este.	
Formación Geológica:	Unidad Chigüinda	
Descripción litológica: Presencia de vegetación abundante, además de existir un canal de riego junto al afloramiento. Litológicamente consta de cuarcitas y filitas altamente diaclasadas con una foliación bien marcada. Se puede ver la presencia de micropliegues simétricos en las filitas y la presencia de microfallas generadas por una falla inferida que existe en el lugar.		

Afloramiento N°.	4	FOTO
Ubicación:	X=700325 Y=9527426 Z=1638 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Orilla Quebrada Capamaco, Vía Vilcabamba - Yambala	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	8 m x 10 m	
Datos estructurales:	138°/70° (foliación)	
Formación Geológica:	Unidad Chigüinda	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación moderada. Este afloramiento se encuentra sobre coluviales de la quebrada Capamaco. Litológicamente existe la presencia de esquistos sercíticos. Existe la presencia de una meteorización moderada debido a que se encuentra expuesta al contacto de agua y viento. Los planos de esquistosidad se encuentran bien marcados.</p>	

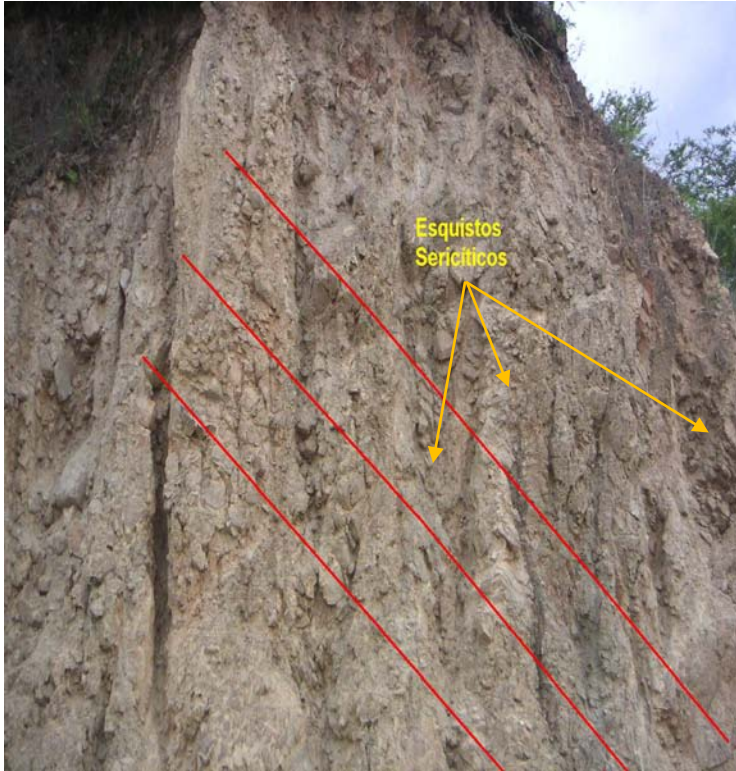
Afloramiento N°. 5		FOTO
Ubicación:	X=699821 Y=9527770 Z=1637 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía Vilcabamba - Yambala	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	15 m x 25 m	
Datos estructurales:	-----	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación moderada. Aflora la formación Cerro Mandango en la parte superior existe la presencia de capas potentes de areniscas de 3 m aproximadamente y en la parte central – inferior hay la presencia de conglomerados con diámetros promedios de 20 cm y una matriz limo - arenosa. Esta formación se caracteriza por tener estratos sub - horizontales.</p>	

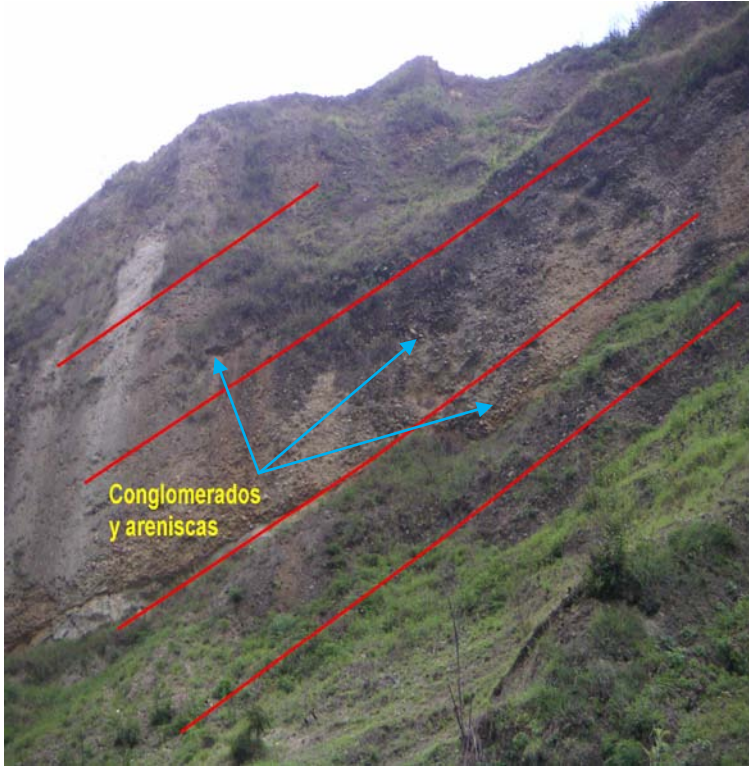
Afloramiento N°.	6	FOTO
Ubicación:	X=699678 Y=9528178 Z=1642 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía Vilcabamba–Yamburara Alto	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	25 m x 35 m	
Datos estructurales:	-----	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación moderada. Este afloramiento queda al pie de la carretera que conduce a Yamburara Alto igualmente notamos la presencia de la formación Cerro Mandango la secuencia de depositación es alternada entre areniscas y conglomerados, los mismos que poseen diámetros que van de 20 a 30 cm y una matriz limo - arenosa. Existe la presencia de cárcavas producidas por la erosión del agua y el viento en este sector. Esta formación se caracteriza por tener estratos sub - horizontales.</p>	

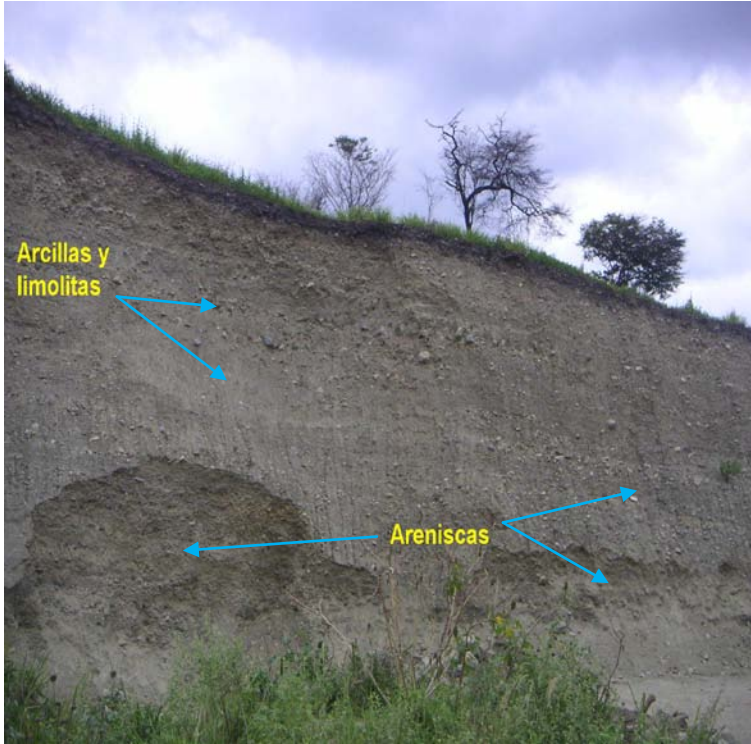
Afloramiento N°.	7	FOTO
Ubicación:	X=697991 Y=9527238 Z=1716 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía Vilcabamba – Mollepamba Alto	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	10 m x 8 m	
Datos estructurales:	-----	
Formación Geológica:	Santo Domingo	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación moderada. Este afloramiento queda al pie de la carretera que conduce a Mollepamba Alto notamos la presencia de la formación Santo Domingo en la parte superior existe la presencia areniscas y en la parte central – inferior hay la presencia de arcillas de color gris característicos de esta formación y limolitas, con presencia mínima de microconglomerados. Esta formación se caracteriza por tener estratos sub - horizontales.</p>	

Afloramiento N°.	8	FOTO
Ubicación:	X=696584 Y=9527160 Z=1675 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Cerca de la quebrada Puliche	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	20 m x 30 m	
Datos estructurales:	-----	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
<p>Descripción litológica:</p> <p>Presencia de vegetación moderada. Aflora la formación Cerro Mandango aquí se puede observar la estratificación horizontal presente en esta formación en la parte Suroeste del polígono, las capas de areniscas y conglomerados se encuentran depositados secuencialmente. Las potencias de las capas varían de 3 – 4 m., respectivamente.</p>		

Afloramiento N°.	9	FOTO
Ubicación:	X=696584 Y=9527160 Z=1675 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Pie de montaña	
Contexto geomorfológico:	Vía que conduce de Linderos a El Sauce	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	12 m x 15 m	
Datos estructurales:	70°/20°	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
<p>Descripción litológica:</p> <p>Presencia de vegetación alta. Este afloramiento se encuentra en la vía antigua que conduce del sector Linderos hacia El Sauce aquí aflora la formación Cerro Mandango se puede observar la inclinación de los estratos de areniscas y conglomerados, estos últimos con una matriz limo - arcillosa. Las potencias de las capas varía de 2 – 3 m., respectivamente</p>		

Afloramiento N°.	10	FOTO
Ubicación:	X=693112 Y=9527758 Z=1765 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía que conduce de Linderos a El Sauce	
Estado de alteración:	Alta	
Dimensiones (a x h):	10 m x 25 m	
Datos estructurales:	55°/40°	
Formación Geológica:	Unidad Chigüinda	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación escasa. Este afloramiento se encuentra en la vía antigua que conduce del sector Linderos hacia El Sauce aquí aflora la Unidad Chigüinda se puede observar la foliación muy clara en las capas, litológicamente compuesta por esquistos sericíticos altamente diaclasados y cuarcitas. Existe la presencia de una capa rojiza que puede ser por alteración de minerales de Fe. Igualmente se puede observar que se encuentra bastante meteorizado dicho afloramiento.</p>	

Afloramiento N°.	11	FOTO
Ubicación:	X=693491 Y=9527012 Z=1722 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Natural	
Contexto geomorfológico:	Vía que conduce de Linderos a El Sauce	
Estado de alteración:	Baja	
Dimensiones (a x h):	30 m x 90 m	
Datos estructurales:	85°/15°	
Formación Geológica:	Cerro Mandango	
Descripción litológica:	<p>Presencia de vegetación escasa. Este afloramiento se encuentra en la vía antigua que conduce del sector Linderos hacia El Sauce aquí aflora la formación Cerro Mandango se puede observar la inclinación de los estratos de areniscas y conglomerados, estos últimos con una matriz limo – arcillosa, se encuentran intercalados en una secuencia depositacional clara. Las potencias de las capas son de 25 m en los conglomerados y 5 m en las areniscas.</p>	

Afloramiento N°.	12	FOTO
Ubicación:	X=697024 Y=9528024 Z=1650 Datum: PSAD56	
Tipo de afloramiento:	Artificial por corte de carretera	
Contexto geomorfológico:	Vía Vilcabamba - Quinara	
Estado de alteración:	Media	
Dimensiones (a x h):	25m x 120 m	
Datos estructurales:	-----	
Formación Geológica:	Santo Domingo	
<p>Descripción litológica:</p> <p>Presencia de vegetación escasa. Este afloramiento se encuentra en la vía principal que conduce de Vilcabamba a Quinara aquí aflora la formación Santo Domingo se encuentran depositadas de manera intercaladas las capas de arcillas de color gris característicos de esta formación y limolitas, con las capas de areniscas y una presencia mínima de microconglomerados. Esta formación se caracteriza por tener estratos horizontales.</p>		

ANEXO II

MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SECTOR

ANEXO III

MAPA DE PENDIENTES DEL SECTOR

ANEXO IV

FOTOINTERPRETACIÓN DEL SECTOR

FOTO:	2873 – 2874
LÍNEA:	14
ROLLO:	14
SOBRE:	20
ESCALA:	1 : 60000
FECHA:	09 – 10 - 76
LÍNEA DE VUELO:	Norte de Loja, Malacatos, Vilcabamba, Río Blanco al Sur