



**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 SIETE  
DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MALACATOS-  
VILCABAMBA”**

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

**AUTOR**

**Washington Efrén Samaniego Sánchez**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Ing. José V. Tamay G.**

**LOJA – ECUADOR**

**2010**

## CERTIFICACIÓN

Ing. José V. Tamay G.

### CERTIFICA:

Que la presente investigación “Estudio Geológico – Estructural en Inventario de deslizamientos del Polígono 7 de la Cuenca Malacatos–Vilcabamba”, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Geología y Minas, realizado por el profesional en formación Washington Efrén Samaniego Sánchez, ha sido orientado y minuciosamente revisado durante su ejecución; por lo tanto, autorizo su presentación.

Loja, mayo del 2010.

.....

Ing. José V. Tamay G.

**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Las ideas, conceptos, opiniones, procedimientos, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidas en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....

Washington Efrén Samaniego Sánchez

## CESIÓN DE DERECHOS

Washington Efrén Samaniego Sánchez, declare 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 en 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”.

.....

Washington Efrén Samaniego Sánchez

## DEDICATORIA

Al Todopoderoso que en su divina misericordia acogió a Ángel Belisario y Rosa Elena.

A Lidia María.

A Cristopher Israel y Sophia Marayira.

A mis hermanos y sobrinos.

## AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Ing. John Soto Luzuriaga, Director de la Escuela, al Dr. Agustín Paladines y a todos los profesores quienes me brindaron su amistad e impartieron sus conocimientos a lo largo de mis estudios universitarios.

De igual manera al Ing. José Vidal Tamay Granda, quien me brindó desinteresadamente su apoyo y colaboración y supo guiarme de la mejor manera en la realización del presente trabajo investigativo.

A mis amigos y compañeros.

Washington

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	7
ANTECEDENTES .....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
OBJETIVOS .....	13

### CAPÍTULO I

#### 1. GENERALIDADES

1.1. Ubicación geográfica y acceso .....	15
1.2. Relieve e Hidrografía .....	18
1.3. Clima y vegetación .....	20

### CAPÍTULO II

#### 2. METODOLOGÍA

2.1. Recopilación de información y análisis de datos .....	22
2.1.1. Fotointerpretación de la zona de estudio .....	23
2.2. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos .....	23
2.3. Trabajo final .....	24

### CAPÍTULO III

#### 3. LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE CAMPO

3.1. Geología regional .....	26
3.2. Geología local .....	32

3.2.1. Descripción geológica .....	32
3.3. Geomorfología .....	48
3.4. Tectónica .....	50

#### CAPÍTULO IV

#### 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Cortes de secciones geológicas locales .....	57
4.2. Inventario de deslizamientos .....	59
4.2.1. Factores que influyen en la inestabilidad .....	61
4.3. Relación geología-pendientes .....	62

#### CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones .....	65
5.2. Recomendaciones .....	68
6. Bibliografía .....	69

#### ANEXOS

- Descripción de los principales afloramientos.
- Fichas de los deslizamientos
- Mapa geológico-estructural del polígono siete a escala 1:10.000 y cortes geológicos.



## ANTECEDENTES

Son pocos los trabajos sobre geología realizados en la provincia de Loja, estudios que han servido de base y que van siendo rectificadas en estudios posteriores.

Entre 1879 y 1892 Teodoro Wolf realizó las primeras observaciones científicas en la provincia de Loja.

Entre los años de 1896 a 1950, período en el cual fueron explotadas las minas de Portovelo, los geólogos de la South América Development Company (SADCO), realizaron trabajos muy detallados, culminando con la presentación de un informe en el año 1926 realizado por Billingsley P.

En el año 1950, Sauer realiza estudios geológicos en extensas zonas de la sierra ecuatoriana incluyendo el área de Loja, registrándolos en su "Mapa geológico del Ecuador". Luego en 1965 presenta su primer estudio geológico detallado en su obra "Geología del Ecuador".

La misión Franco-Ecuatoriana, en el año 1959, realiza numerosas investigaciones específicamente en yacimientos de carbones.

En 1964, el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas da inicio al proyecto de prospección mineral, realizando exploraciones de reconocimiento geoquímico en Loja. En 1966 y 1967, Villemur realizó un

estudio geológico y mineralógico de la provincia de Loja, esto con la cooperación técnica francesa.

A fines de la década del setenta, el “Institut Francais du Petrole” realizó estudios micro paleontológicos en el occidente del Ecuador, estudios que abarcaron la provincia de Loja. En 1967, Alvarado también publica estudios geológicos realizados en la provincia de Loja.

Estudios geológicos de mayor envergadura sobre la provincia de Loja, fue el realizado por J.B. Kennerley “Geología de la Provincia de Loja”, cuyos resultados fueron presentados en 1973. Y la última publicación realizada por Hungerbuhler en el 2001 “Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador”.

Todos estos trabajos, y/o algún otro que haya omitido; describen, de manera algo generalizada la Cuenca Malacatos.

Con estos antecedentes se hace necesario ampliar esta información con estudios más detallados sobre la Cuenca Sedimentaria Malacatos-Vilcabamba, permitiéndonos conocer todos los rasgos geológico-estructurales y su influencia en el cantón Loja.

## INTRODUCCIÓN

A la Cuenca sedimentaria Malacatos-Vilcabamba se la ha dividido en polígonos, para poder hacer el estudio más detallado y con varios equipos de trabajo.

El presente estudio se realizó en la zona sur oriental de la cuenca, que exactamente abarca el sector de Masanamaca. El polígono tiene una superficie de 2.000 has, en el cual se analizaron parámetros geológicos, petrológicos, tectónico-estructurales, tectónico-faciales, con su respectiva definición y delimitación de estructuras como fallas, diaclasas, plegamientos; así como, los procesos antrópicos y naturales que intervienen en la iniciación o activación de los deslizamientos que se encontraren en esta zona.

Se determinó la presencia de la Unidad Chigüinda, la misma que ocupa un 65,4% del área total del polígono. También está presente la Formación Cerro Mandango en un 32,4%; y, la Formación Loma Blanca ocupando el 2% de superficie. El 0,2% lo conforman pequeñas terrazas aluviales y depósitos coluviales, que son utilizados para fines agrícolas.

Se evidencia la presencia de una falla normal entre el contacto de la Unidad Chigüinda y la Formación Cerro Mandango.

Considerando la inclinación de los estratos, tanto por el Este como por el Oeste de la Formación Cerro Mandango, se deduce que fue un anticlinal, cuyo núcleo fue erosionado por la quebrada Mashcarrón.

En el área analizada se pudo determinar un total de cuatro movimientos en masa ocurridos dentro de la Formación Cerro Mandango; los que han sido caracterizados como deslizamientos de tipo traslacional.

El resultado de este estudio será un mapa geológico a escala 1:10.000, el cual servirá de base para los diferentes proyectos tales como: zonificación de riesgos geológicos, estudios geotécnicos, tipos y usos de suelos, ordenamiento territorial, implementación de redes sísmicas, entre otros.

La información geológica obtenida durante el levantamiento de campo fue analizada y procesada utilizando las herramientas GIS, lo que permitió disponer de una base de datos georeferenciados.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Realizar un mapa geológico-estructural e inventario de deslizamientos a escala 1:10.000 del polígono siete de la Cuenca Sedimentaria Malacatos-Vilcabamba.

### **Objetivos específicos**

- Identificar y definir los contactos de las formaciones geológicas presentes en esta zona.
- Realizar el inventario de los deslizamientos presentes que han ocurrido hasta la actualidad.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Ubicación geográfica y acceso

El polígono siete, tema de este estudio, es parte de la Cuenca Sedimentaria Malacatos-Vilcabamba, la misma que se ubica al sur-este del cantón y provincia de Loja, limitando con la provincia de Zamora Chinchipe, abarca una superficie de 2.000 has. (Figura No. 1)

Como punto exacto referencial tenemos la población de Masanamaca, la misma que está a 10 Km al sur de Vilcabamba y a 52 Km desde la ciudad de Loja.

El polígono está enmarcado dentro de las siguientes coordenadas UTM:

PUNTO	X	Y
1	702000	9526000
2	702000	9521000
3	698000	9521000
4	698000	9526000

*Tabla N° 1. Coordenadas UTM.PSAD 56 del polígono siete*

El acceso al área de estudio no presenta ninguna dificultad; por la parte occidental atraviesa la vía de primer orden que conduce a Yangana. En sentido Este Oeste y a la altura de Masanamaca, tenemos tramos de una vía de acceso de tercer orden que fue hecha para la construcción del canal de riego cuya bocatoma está en las coordenadas 700446-9522854 en el río Masa.

Para el resto de recorrido es necesario hacerlo por las quebradas, que la mayor parte de ellas son accesibles y por senderos abiertos por los moradores del sector para trasladarse a sus propiedades.



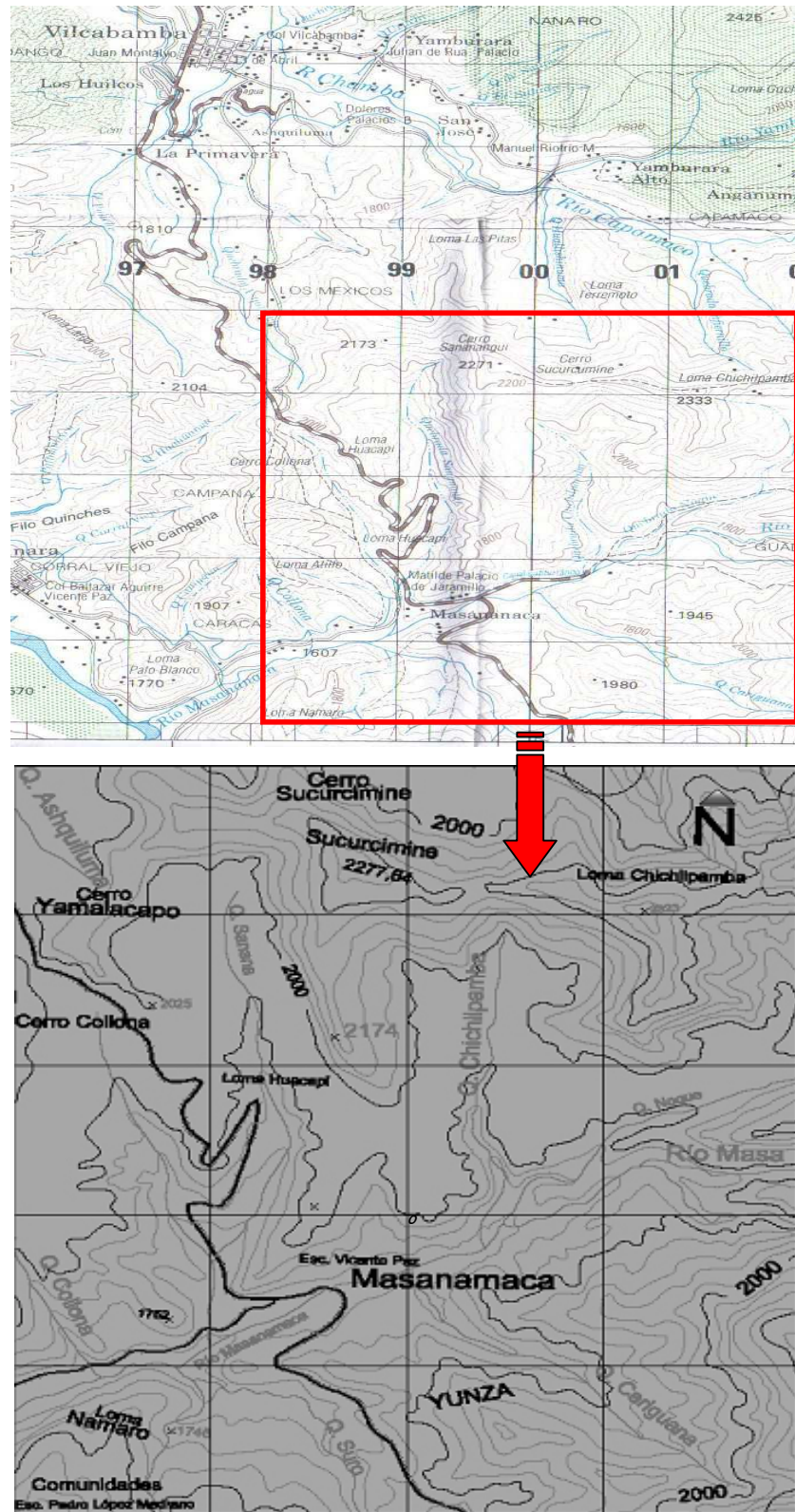


Figura 1. Ubicación de la Zona de Estudio con respecto a Vilcabamba en el cantón Loja.

## 1.2. Relieve e Hidrografía

Se pueden diferenciar dos tipos de relieve. Uno, característico de la cordillera de Los Andes es decir, bastante accidentado y pendientes abruptas que forman valles en V, y se lo observa en la parte donde afloran rocas metamórficas, especialmente al Norte y Este de la zona de estudio y que abarca la mayor cantidad de superficie; similar característica presentan la roca sedimentaria. Dos, valles en forma de U, característicos en la parte Sur del polígono, con pendientes muy moderadas, cimas redondeadas y poca altura, que se presentan en la formación Loma Blanca. Las cotas referenciales mínima y máxima del área son: 1640msnm a 2323 msnm.



*Fotografía 1. Formas clásicas de relieve en la zona de estudio.*

El sistema hidrográfico está representado por una red de tipo dendrítico y subparalelo, tanto en sentido E-W y N-S (Ver figura No.2), no permitiendo la formación de valles de grandes dimensiones.

El único río es el Masa, que al pasar por la población de Masanamaca toma el nombre de esta localidad, cuyas aguas fluyen en sentido Este Oeste. Este río recibe las aguas del resto de quebradas, siendo de carácter permanente las siguientes: Suro, Cariguana, Santa Cruz, Noque y Chichilpamba; y en invierno las aguas de las quebradas: Namaro, Gualataco, Sananangui, Mashcarrón y Collona. El río Masanamaca deposita sus aguas en el río Piscobamba que luego toma el nombre de Solanda, el mismo que fluye en sentido Sureste- Noroeste.



*Figura 2. Esquema hidrográfico tipo dendrítico del polígono de estudio.*

### **1.3. Clima y vegetación**

El clima en el sector de Masanamaca corresponde a templado, con una temperatura media de 22°C. Se pueden diferenciar dos estaciones; el invierno de enero a junio, y verano entre los meses de julio a noviembre.

Prácticamente los bosque primarios han desaparecido; permaneciendo únicamente vegetación primaria baja, tipo matorral. Especies autóctonas del lugar que aún se conservan son: Cactus, faiques, aguacoyas, alisos, guayabo, entre otros.

En gran porcentaje, los terrenos han sido sembrados de hierba para alimentar el ganado bovino que es la principal actividad económica de los moradores.

La caña de azúcar, dada su última tendencia tecnológica, se está incrementando en las terrazas aluviales del río Masanamaca; cultivándose además para consumo familiar, guineo, plátano y café.

Cultivos de ciclo corto se los realiza aprovechando la temporada invernal, entre estos están: tomate riñón, maíz, fréjol, zarandaja.

Los cultivos de frutales característicos, aunque en pequeña escala, son: naranja dulce, mandarina, maracuyá, papaya.

# CAPÍTULO II

## **2. METODOLOGÍA**

Comprende el desarrollo de tres etapas: recopilación de información y análisis de datos; investigación de campo; y, los trabajos de gabinete en los que se incluye la presentación de resultados.

### **2.1. Recopilación de información y análisis de datos**

En este capítulo incluimos la planificación del proyecto sabiendo de su alcance y las futuras aplicaciones técnicas que se le dará. Se recopila la mayor cantidad posible, toda aquella información que hayan generado trabajos anteriores sobre el tema. La existencia de mapas topográficos y geológicos nos permitirá tener una clara idea de cómo encaminar el trabajo de campo; sumado a estos el uso de las fotografías aéreas que nos darán una vista panorámica del sector, ayudándonos a diferenciar, desde ya ciertos rasgos geológico-estructurales.

El tener claro los conceptos sobre los movimientos en masa, permitirán la identificación y clasificación correctas de los deslizamientos que posiblemente se encuentren, y que también son motivo de esta tesis.

La digitalización de la topografía, es base fundamental, trabajo realizado en base a la cartografía 1:50.000 del Proyecto Carta Nacional del Instituto Geográfico Militar, para lo cual se utilizó el programa AutoCAD. Esta base

topográfica se utilizó, para el levantamiento geológico de campo, en donde fueron ubicados datos estructurales, cambios litológicos y deslizamientos, que posteriormente fueron procesados mediante la utilización de herramientas SIG.

### **2.1.1. Fotointerpretación de la zona de estudio**

En la actualidad se dispone de fotografías aéreas de la zona a escala 1:60.000, lo que impide tener buenas interpretaciones de las características geológico-estructurales del área; permitiéndonos únicamente diferenciar las crestas montañosas y redes hidrográficas.

### **2.2. Investigación de campo y mapeo de deslizamientos**

Trabajo de campo que consistió en lo siguiente: Reconocimiento y estudio de los afloramientos y la determinación de los cambios litológicos y posibles contactos; potencia de los afloramientos; toma de datos estructurales (rumbo y ángulo de buzamiento); descripción de los tipos de rocas; y la toma de muestras en sitios estratégicos.

El mapeo de deslizamientos se lo realizó a escala 1:5.000 con la utilización del formato propuesto por el Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA) modificado para este proyecto.

El equipo y material que se utilizó para la realización del trabajo de campo fue: Cámara fotográfica profesional, GPS para tomar las coordenadas en UTM (Datum PSAD 56). Brújula, lupa, martillo geológico, ácido clorhídrico diluido al 10%, escalímetro, lápiz magnético, mapa topográfico, transportador, libreta de campo, lápiz de grafito y lápices de colores.

### **2.3. Trabajo final**

En esta etapa se procedió con la edición del mapa geológico a escala 1:10.000 mediante las herramientas de AutoCAD y ArcGIS, previo análisis de los datos obtenidos en el campo. En este mapa también se ubicaron los deslizamientos.



# CAPÍTULO III

### **3. LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE CAMPO**

#### **3.1. Geología regional**

Como la cuenca Malacatos-Vilcabamba se encuentra dentro de la provincia del mismo nombre, se conforma por una secuencia sedimentaria muy variada, la cual presenta facies que van desde poco profundas de origen “delta” a facies profundas, todas estas con sucesivos eventos transgresivos y regresivos.

Según el mapa geológico regional de Kennerley, encontramos al Sur de la cuenca de Vilcabamba como roca basamento a la Serie Zamora, formada por rocas de bajo metamorfismo como filitas, pizarras, esquistos cericíticos, esquistos cuarcíticos y cuarcitas; es decir, el grado de metamorfismo varía considerablemente desde filitas hasta granitos metasomáticos. La Formación Loma Blanca que está compuesta por rocas tobáceas de grano grueso y finas láminas de conglomerado; y, la Formación Quillollaco, que a su vez se dispone discordantemente sobre la Serie Zamora.

Posteriormente, en 1997 Hungerbuhler realizó un estudio a esta cuenca en el cual dio una nueva descripción a las formaciones propuestas por Kennerley, clasificándolo al basamento metamórfico en Unidad Chigüinda,

la Formación Loma Blanca que lleva el mismo nombre y a la Formación Quillollaco que la denominó Formación Cerro Mandango. (Ver figura 3)

Regionalmente, las formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio, tienen su origen en rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias; las mismas que se describen a continuación:

LA UNIDAD CHIGÜINDA (Paleozoico).- Compuesta por filitas, cuarcitas, micaesquistos, esquistos grafiticos y pizarras. Su edad corresponde a unos 168 millones de años. Forma un cinturón que promedia los 30 Km de ancho, teniendo metagranitos hacia el Oeste y hacia el Este migmatitas y esquistos. El espesor no es conocido, pero se asume que es de varios kilómetros. (Hungerbühler, 1997)<sup>5</sup>.

FORMACIÓN LOMA BLANCA (Eoceno-Oligoceno).- Aflora a lo largo de las Cuencas de Malacatos y Catamayo, también al Norte y Este de Catacocha. Consiste en un aglomerado basal cubierto por tobas aglomeráticas, tobas, brechas volcánicas. Diques y sills de piroclastos de acidez intermedia son indicativos de la proximidad a centros eruptivos. Las tobas que son dominantes al Sur, son generalmente amarillas y de composición andesítica, contienen abundantes cristales de cuarzo y fragmentos de filita. (Hungerbühler, 1997)<sup>5</sup>.

FORMACIÓN SANTO DOMINGO (Mioceno Medio).- Esta formación la describió Hungerbühler en 1.977, y sustituye a la parte superior de la Formación Algarrobillo y a la Formación Cabalera que las describiera Kennerley en 1.973.

Esta Formación, que tiene un espesor variable con un máximo de 700 m está dividida en dos miembros.

El Miembro Carbón, compuesto de secuencias repetidas 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. Los depósitos calcáreos y diques clásticos están presentes en todas partes y varias capas de carbón continúan lateralmente, las mismas que alcanzan una potencia de 2 m.

El Miembro Yeso, de color verdoso, grano medio, areniscas bien ordenadas con laminaciones tipo ripple y láminas de limonita. El yeso primario se presenta en las areniscas como agujas prismáticas verticales y recristaliza los planos en embudos formando lentes de brecha.

El Yeso secundario es muy abundante mostrándose en capas de hasta 20 cm de espesor. En la quebrada Santo Domingo y cerca de la mina La Merced, el yeso se presenta en grandes estructuras tipo pliegues. Se

observan, de manera escasa y mal conservados gasterópodos y camarones; también se han encontrado ostrácodos y dientes de peces, no pudiéndose precisar su edad. Las edades antiguas que se sobreponen a las edades obtenidas en la Formación San José, confirman una interferencia entre las dos formaciones. Las facies y la mineralogía de la Formación Santo Domingo, implica ajuste de depósitos deltaicos costeros con predominio de las mareas y entornos pantanosos; por lo tanto, guardan similitud con la Formación San José. Esto se corrobora con 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. El alto contenido de azufre de los carbones sugiere su formación en un medio costero. Además, la alternancia con intervalos de yeso y carbón (que contienen fósiles, hojas que indican un clima tropical bajo) sugiere que la depositación se produjo en diversas condiciones de sequedad y humedad a lo largo del borde de la llanura costera. (Hungerbühler, 1997)<sup>5</sup>.

**FORMACIÓN CERRO MANDANGO (Mioceno Superior).**- Los principales afloramientos de esta formación aparecen dentro de un sinclinal entre Vilcabamba y Malacatos con orientación SSE-NNW (el dominio tectónico-estratigráfico es al sur y al centro, donde el espesor es de hasta 1.000 m), y en el bloque La Granja. Esta sobreyace a 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 Inferior de arenisca y del Miembro Superior de conglomerado refleja la alta tendencia al alza de la formación. El Miembro Superior es más grueso en la parte meridional de la cuenca, donde progresivas discordancias espectaculares están presentes. El Miembro arenisca consiste de estratificación ondulada y cruzada, areniscas de grano grueso y medio, capas y láminas de gravas con cantos metamórficos, en menor cantidad limonitas.

El Miembro arenisca hacia arriba y dentro del Miembro conglomerado, se caracteriza por canales anchos, clastos (metamórficos) sosteniendo los conglomerados, areniscas gruesas y en poca cantidad limonitas. En ciertos lugares posee cristales blancos y líticos (clastos metamórficos), tobas, areniscas tobáceas y brechas de pómez que están intercaladas con suficientes capas de zircón, marcador para análisis ZFT. 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 fuente de la recristalización del material fue exclusivamente situada en las rocas metamórficas de la Cordillera Real. (Hungerbühler, 1997)<sup>5</sup>.

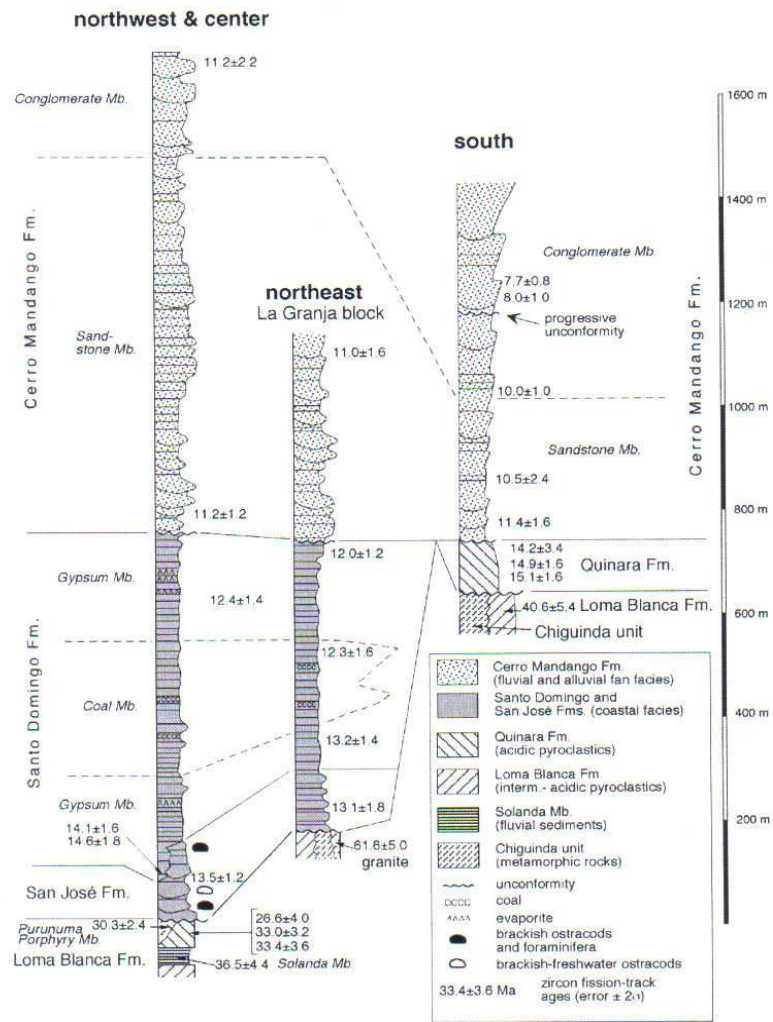


Figura 3. Columna estratigráfica de las formaciones del Mioceno medio y tardío del área Malacatos-Vilcabamba. Hungerbühler 1997.

## **3.2. Geología local**

Para la realización de la geología local, es necesario e imprescindible hacer el levantamiento geológico o trabajo de campo; el mismo que consistió en recorrer el terreno, y buscar todos los elementos que proporcionen información acerca del mismo; estos elementos fueron encontrados en quebradas o ríos, afloramientos, rocas sueltas, cantos rodados. Una vez encontrados obtenemos datos reales, los argumentamos y los vamos ubicando en el mapa. De esta manera complementamos toda la información para al final correlacionarla.

Merecieron especial atención los afloramientos; determinando en ellos los factores que interactúan y haciendo una descripción de su comportamiento.

### **3.2.1. Descripción geológica**

Ayudado con el GPS se tomaron los puntos de afloramiento de las rocas, que luego de ser colocados en el mapa se hizo una correlación.

Hecha la correlación, el estudio de afloramientos, el análisis de muestras de rocas, las litologías, se determinó que dentro del área de estudio se encuentran tres tipos de rocas: volcánicas, metamórficas y sedimentarias; encontrándose también aluviales y pequeños coluviales.

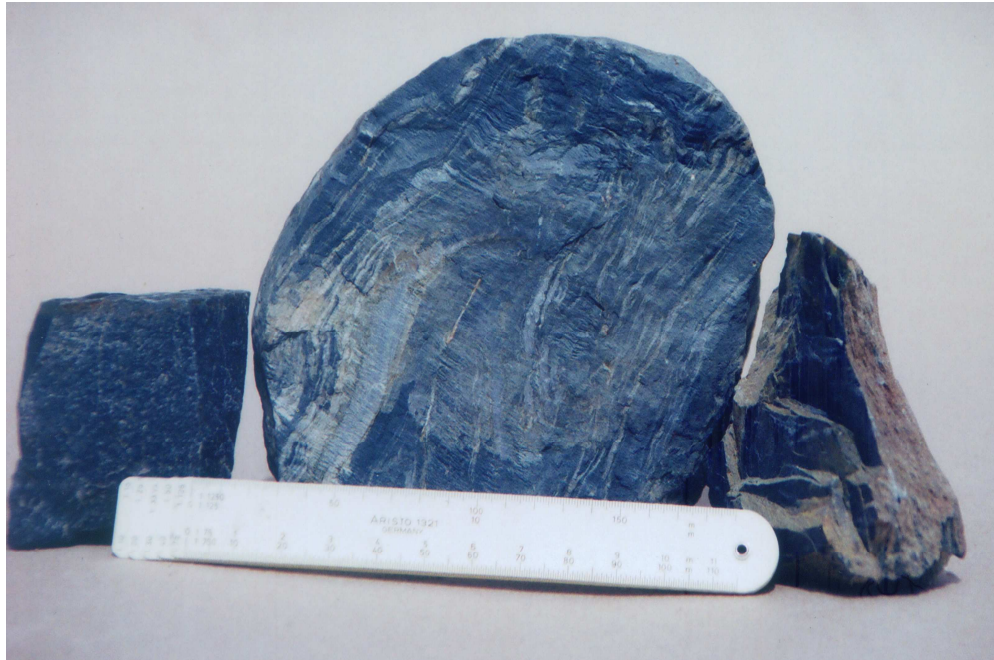


### **a) Rocas Metamórficas (Paleozoico)**

Determinado el contacto entre las rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias se nota que la roca metamórfica está presente a lo largo de todo el sector Este y parte Sur-Oeste del polígono, ocupando un área aproximada de 1.310 hectáreas, equivalente a un 65,5% del área total. Constituye el basamento de esta cuenca sedimentaria.

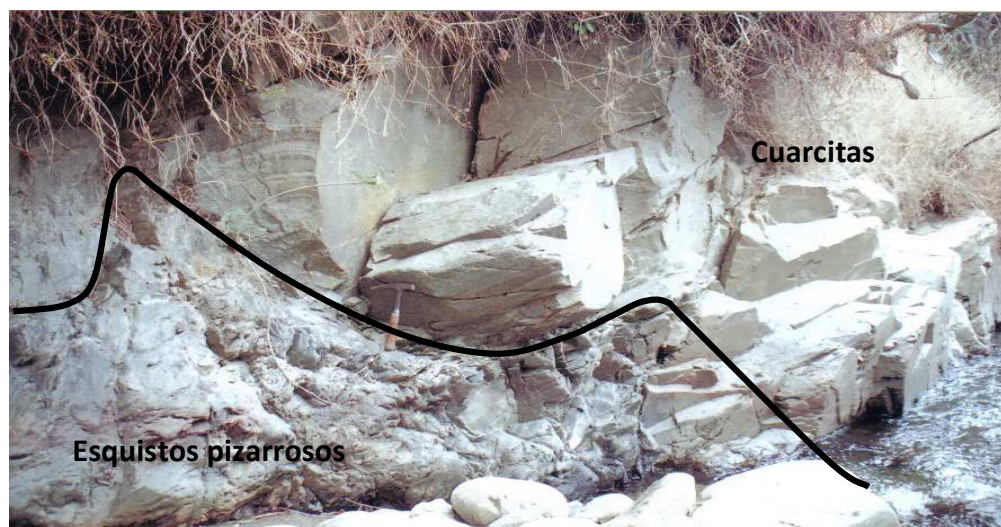
Este basamento muestra una secuencia de bajo grado de metamorfismo y está constituido principalmente por filitas, pizarras, esquistos verdes, esquistos grafiticos, cuarcitas. (Ver fotografía No.2)

Las pizarras de color negro, muestran una textura de grano fino con excelente foliación y muy buena laminación. De manera general, se encuentran vetillas de cuarzo blanco y rocas carbonatadas, que se evidencia en su contextura.

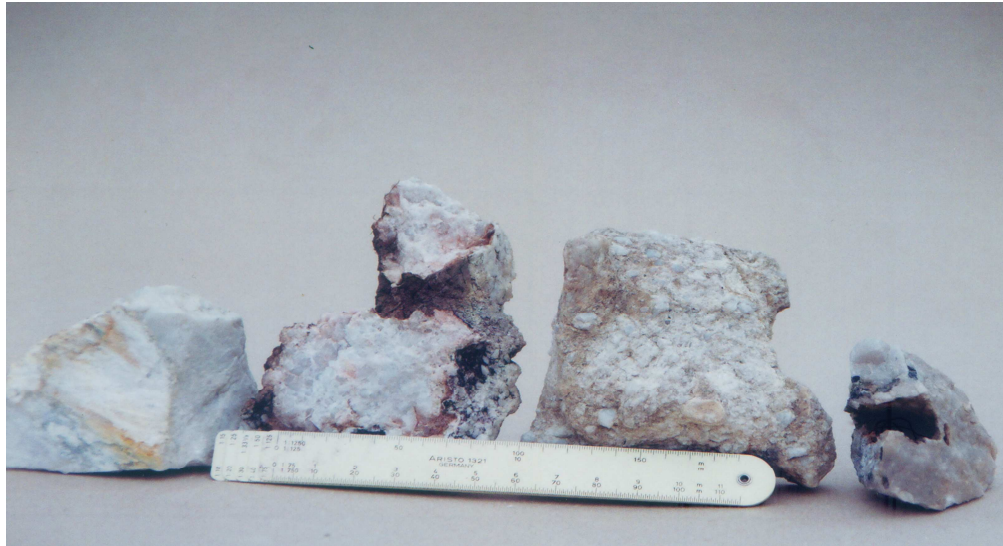


*Fotografía 2. Muestras de rocas Metamórficas (cuarcitas, esquistos pizarrosos, cuarzo).*

En la mayoría de los afloramientos se determinó que las pizarras se encuentran en la parte baja y sobre estas están las filitas y cuarcita. (Ver fotografías No. 3 y 4)



*Fotografía 3. Forma de depositación de rocas metamórficas. Coord. 698747-9521964*



*Fotografía 4. Muestras de cuarzo de diferente textura.*

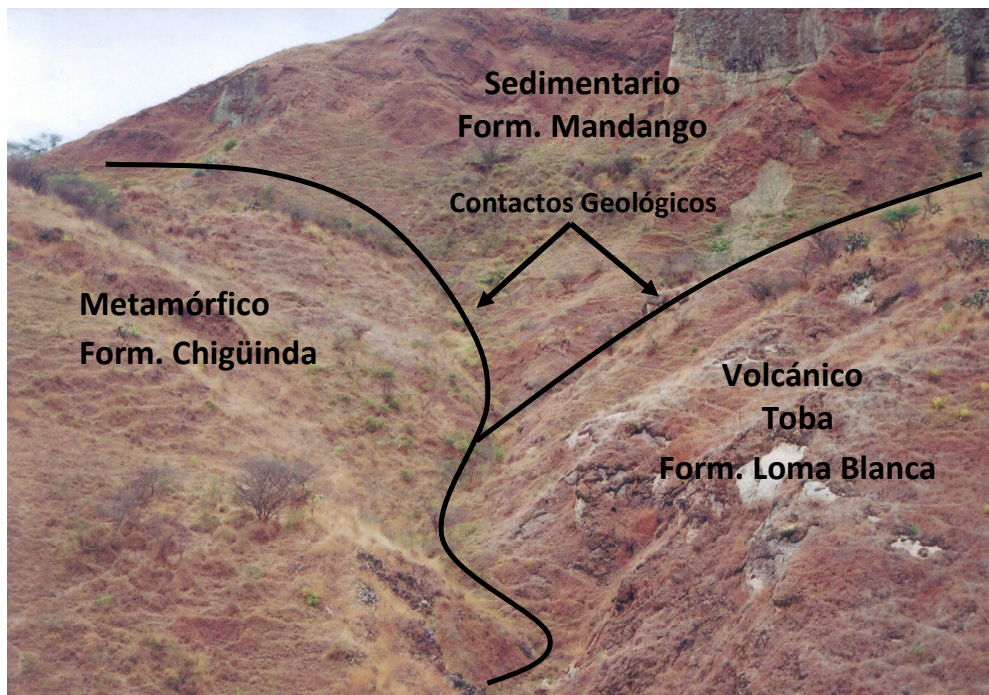
Es de anotar que se encontró un paquete de filitas con una potencia total de 15 cms. descansando sobre cuarcitas, la misma que presenta color café claro en capas uniformes de unos 3 centímetros de espesor y de fácil foliación, como consecuencia del interperismo a la cual está sometida.

(Ver fotografía No. 5)



*Fotografía 5. Paquete de filitas, potencia 15 cms. Coord. 699964 – 9523816*

La roca metamórfica ocupa la mayor parte del polígono y es la llamada Unidad Chigüinda, está en contacto con la roca volcánica y la sedimentaria en las coordenadas 698066-9522260. (Ver fotografía No. 6).

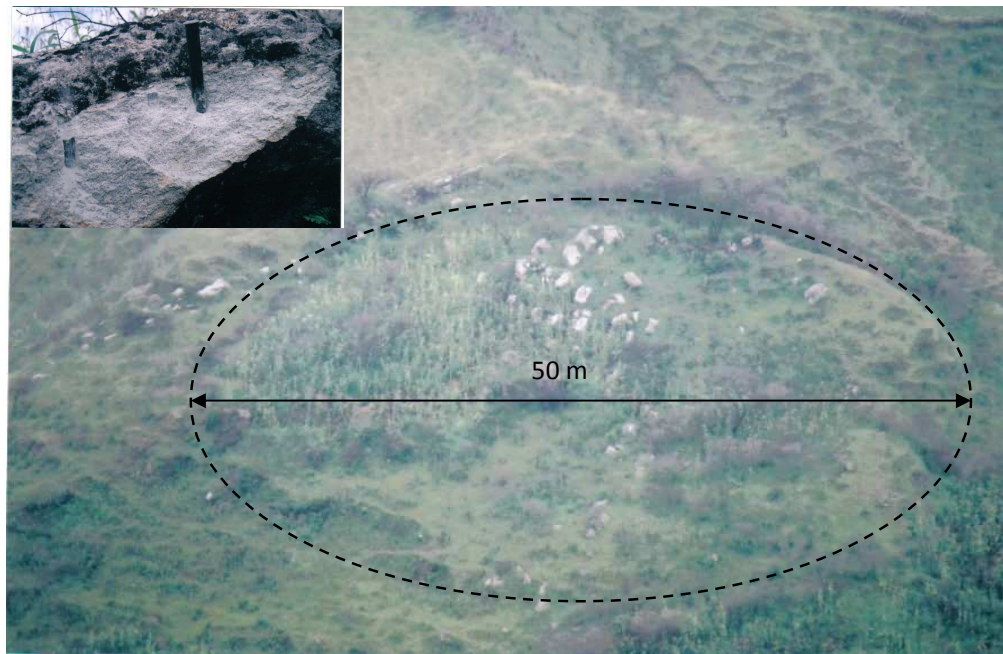


*Fotografía 6. Contacto de formaciones. Coord. 698066 - 9522260*

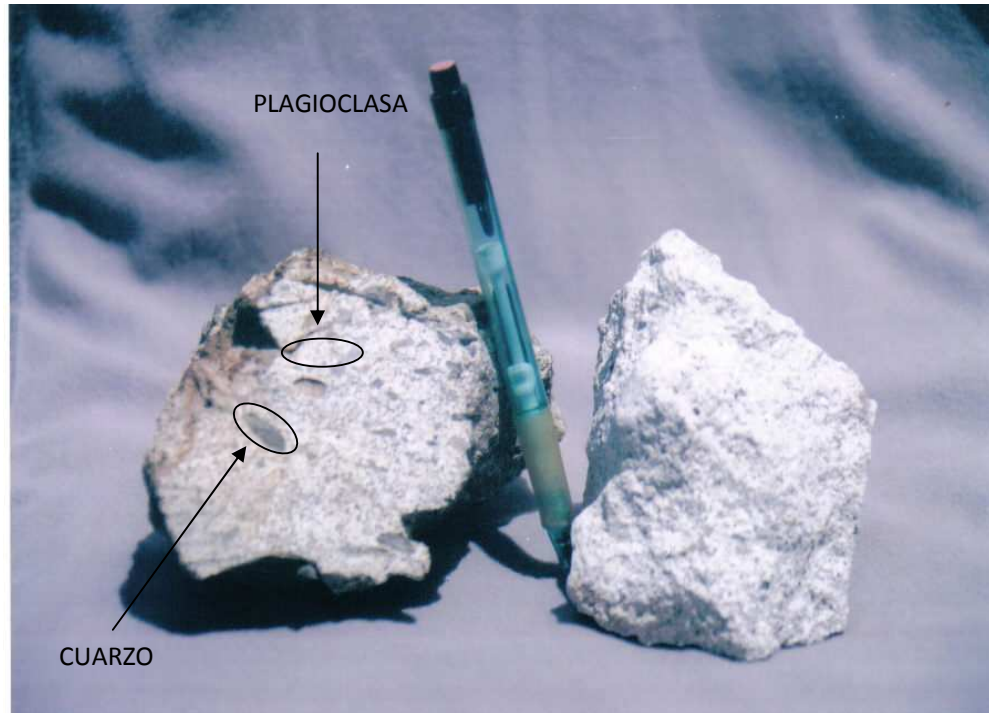
La Unidad Chigüinda, según como se muestra en la fotografía número seis, al entrar en contacto con las otras formaciones, éstos, en partes son de tipo mecánico o fallado deducible por el cambio evidente de la litología analizada en el propio terreno.

En otros afloramientos se deduce que son de tipo discordante, ya que el cambio paulatino de la roca, evidencia este tipo de contacto.

Se encontró un intrusivo riolítico que aflora formando una estructura circular de unos 50 metros de diámetro aproximadamente. (Ver fotografías No. 7 y 8); que luego de un análisis ocular se determinó que contenía mineralización de plagioclasas sódicas, magnéticos, hornblendas, anfíboles, micas tanto biotita como muscovita y cristales transparentes de cuarzo muy pequeños. Se trata posiblemente de una riolita. Este se lo localiza en las coordenadas 699520-9522973 en el borde Este del polígono de estudio.



*Fotografía 7. Bloques aflorantes de riolita, Coordenadas 699520-9522973*



*Fotografía 8. Muestra del Intrusivo Riolítico con minerales de plagioclasa y cuarzo.*

## **b) Rocas Sedimentarias**

De manera comparativa, las rocas sedimentarias ocupan aproximadamente 651 hectáreas que representan un 32,6% del área total, y yace discordantemente sobre la Unidad Chigüinda o basamento.

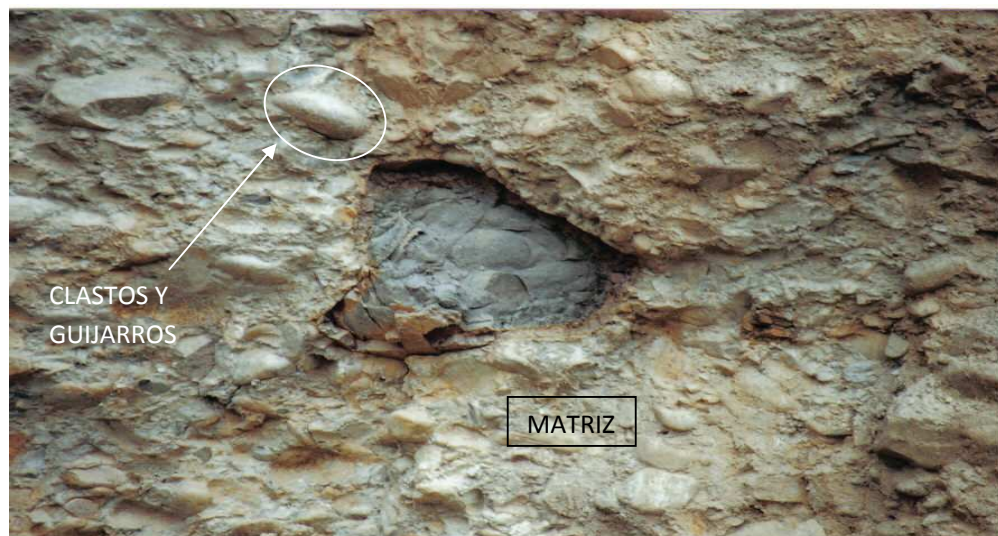
### **Conglomerados (Eoceno-Mioceno)**

Estos conglomerados conforman la Formación Cerro Mandango, a la cual no se puede precisar la potencia, afloran aproximadamente en la cota 1600 msnm hasta la 2000 msnm en el área de estudio. (Foto No.9).



*Fotografía 9. Form. Cerro Mandango. Roca sedimentaria. Coord. 698050-9522370*

El conglomerado es una mezcla de clastos y guijarros de cuarzo de veta, cuarcitas, filitas, pizarras, meta areniscas, cuyas dimensiones van desde pocos centímetros a varios decímetros de diámetro, sostenidos en una matriz arenosa limosa color naranja. (Ver foto No. 10)



*Fotografía 10. Conglomerado de la Formación Cerro Mandango en matriz arenosa limosa. Coord. 698050-9522370.*

Cabe recalcar la presencia de clastos rojizos bien redondeados recubiertos por una capa de arenisca, muy resistentes al corte. (Foto 11)



*Fotografía 11. Clasto y guijarros de la Formación Cerro Mandango.*

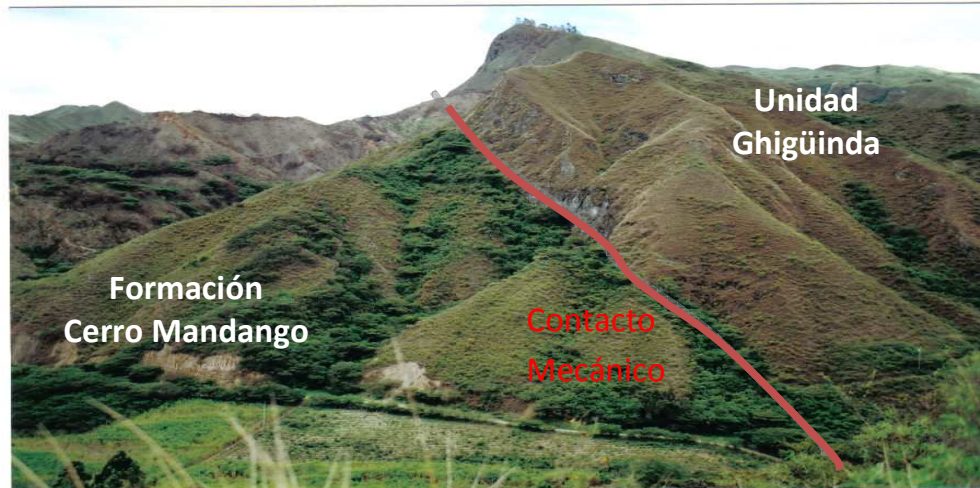
La Formación Mandango al estar en contacto con rocas metamórficas y volcánicas, sus contactos son de tipo discordante, lo que apreciamos en la fotografía 12.



*Foto 12. Contacto discordante. Coord. 698623-9525251.*



Mientras que al Sureste, la formación Cerro Mandango tiene un contacto rectilíneo que se puede presumir de una falla local, dentro del metamórfico. (Fotografía No.13).



*Fotografía 13. Contacto mecánico (fallado) entre la roca metamórfica (Unidad Chigüinda) y la roca sedimentaria (Form. Cerro Mandango).*

Es característico en esta formación, encontrar intercalaciones de capas de arenisca con granulometría fina y bien consolidada y capas de arenas gruesas y conglomerados lo que evidencia una estratificación gradada. (Ver foto 14).



*Fotografía 14. Roca sedimentaria con capa de arenisca. Coord. 698195–9523838. 10/10*

En la Formación Cerro Mandango son evidentes, en la totalidad de los afloramientos, los planos de estratificación (Ver foto No. 15).



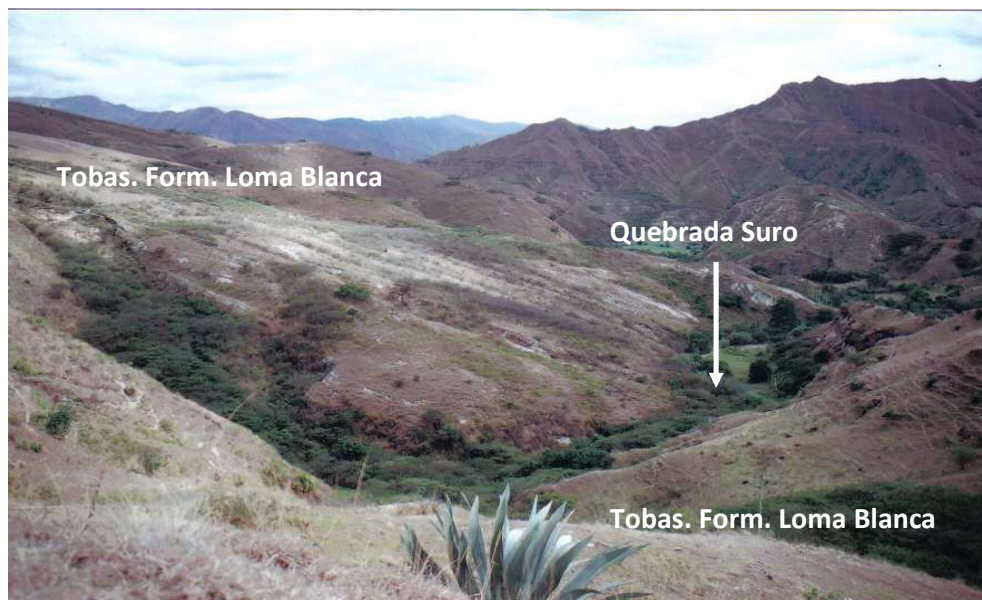
*Fotografía 15. Planos de estratificación en la Formación Mandango*

### **c) Roca Volcánica (Eoceno-Oligoceno)**

En la zona de estudio aflora en la parte suroccidental, con una superficie aproximada de 38 hectáreas, que equivalen a un 2% del área total; y está rodeada por la Unidad Chigüinda y la Formación Cerro Mandango descansando discordantemente sobre la primera.

Consta de rocas volcánicas como tobas, tobas andesíticas, producto de un ciclo eruptivo dado en el Eoceno-Oligoceno inferior. Se presenta de color blanco grisáceo, y contiene cristales de cuarzo y esquistos.

Esta roca volcánica se la conoce con el nombre de Formación Loma Blanca. (Ver fotografía No. 16)



*Fotografía 16. Panorámica de la Form. Loma Blanca.*

Es evidente que se puede hablar de ciclos eruptivos, (Ver foto No. 17), la depositación se intercala con capas subhorizontales de arenisca, evidenciando un movimiento post depositacional.



*Fotografía 17. Coord. 699095 – 9521820. Long. 20 m. - Rumbo 120° Roca volcánica*

#### **d) Terrazas Aluviales**

Estos depósitos se forman debido al arrastre de todo tipo de materiales por donde atraviesan los cauces de ríos y quebradas, y donde la topografía del terreno es propicia se produce la acumulación, dando origen a la formación de las terrazas aluviales. Se complementa este proceso cuando existen inundaciones que es cuando se decantan los sedimentos más finos.

En el área de estudio este evento está presente en poca extensión, debido a que la geomorfología no es tan propicia.

En el río Masanamaca se han formado terrazas de pequeña extensión, poca potencia y uniformidad, las mismas que son utilizadas para labores agrícolas.

### **e) Depósitos coluviales**

Es el resultado de la acción de la meteorización de las rocas en las partes altas, para luego, por acción gravitacional y la lluvia ser arrastrados, y habiendo un sitio adecuado se van depositando. Estos depósitos no tienen estratificación y es más común ver los materiales con cierta angulosidad, ya que no son transportados a grandes distancias para producir ese efecto.

Los materiales que los conforman son más específicos en relación con los aluviales debido al lugar de origen y la distancia que han recorrido.

En la figura 5 se muestra la columna estratigráfica de la formaciones geológicas, del polígono de estudio que han sido mapeadas y definidos sus contactos.

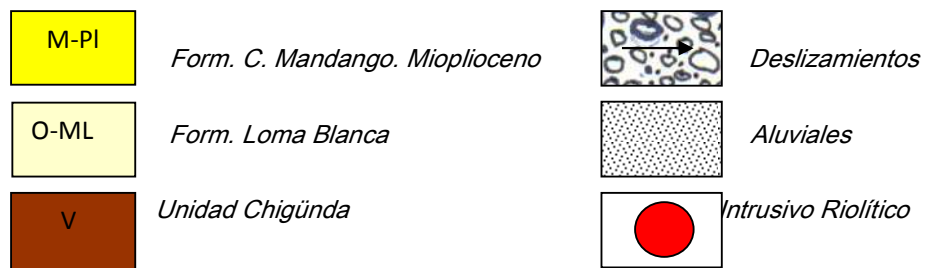
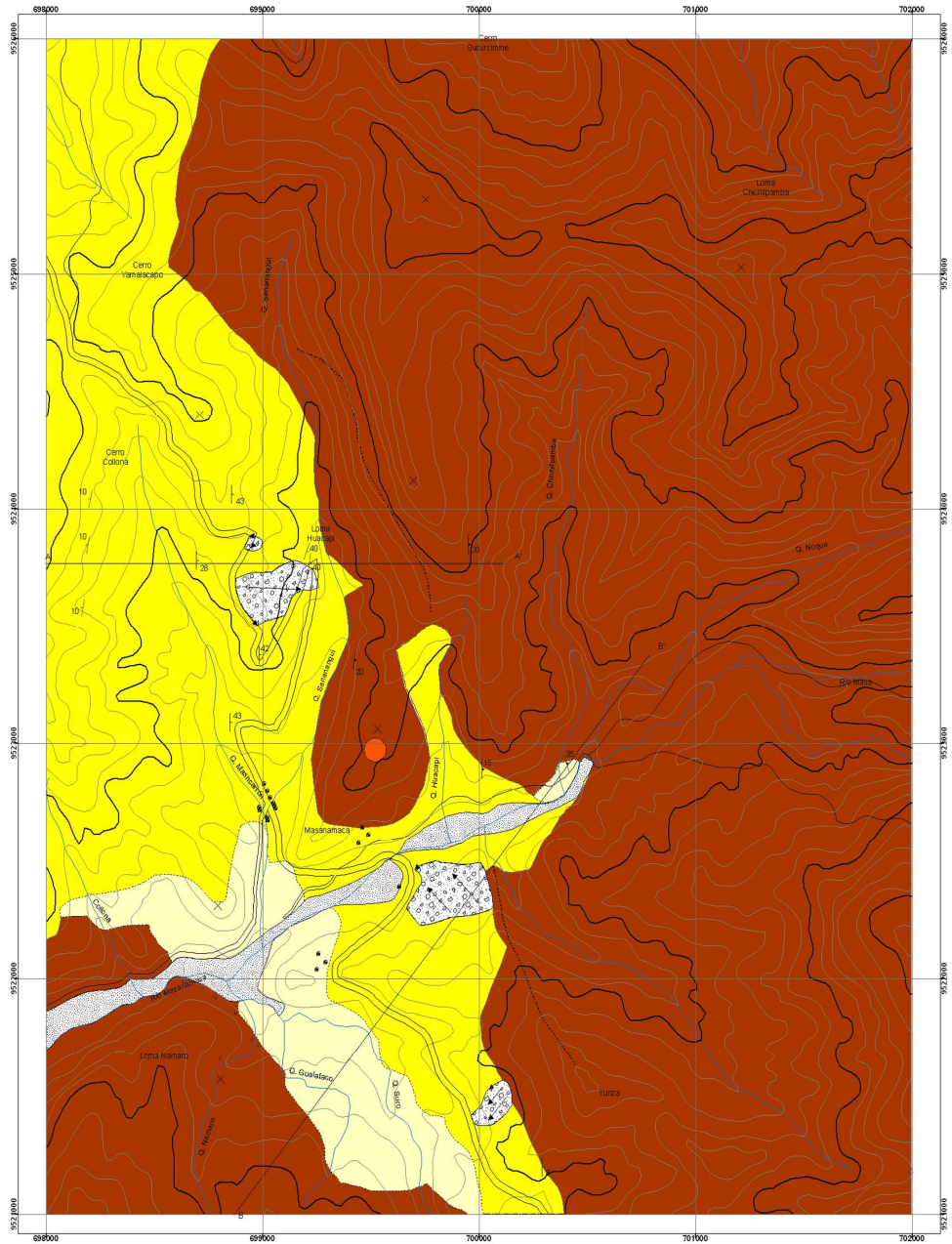


Figura 4. Mapa geológico correspondiente al área de estudio. Escala 1:10.000

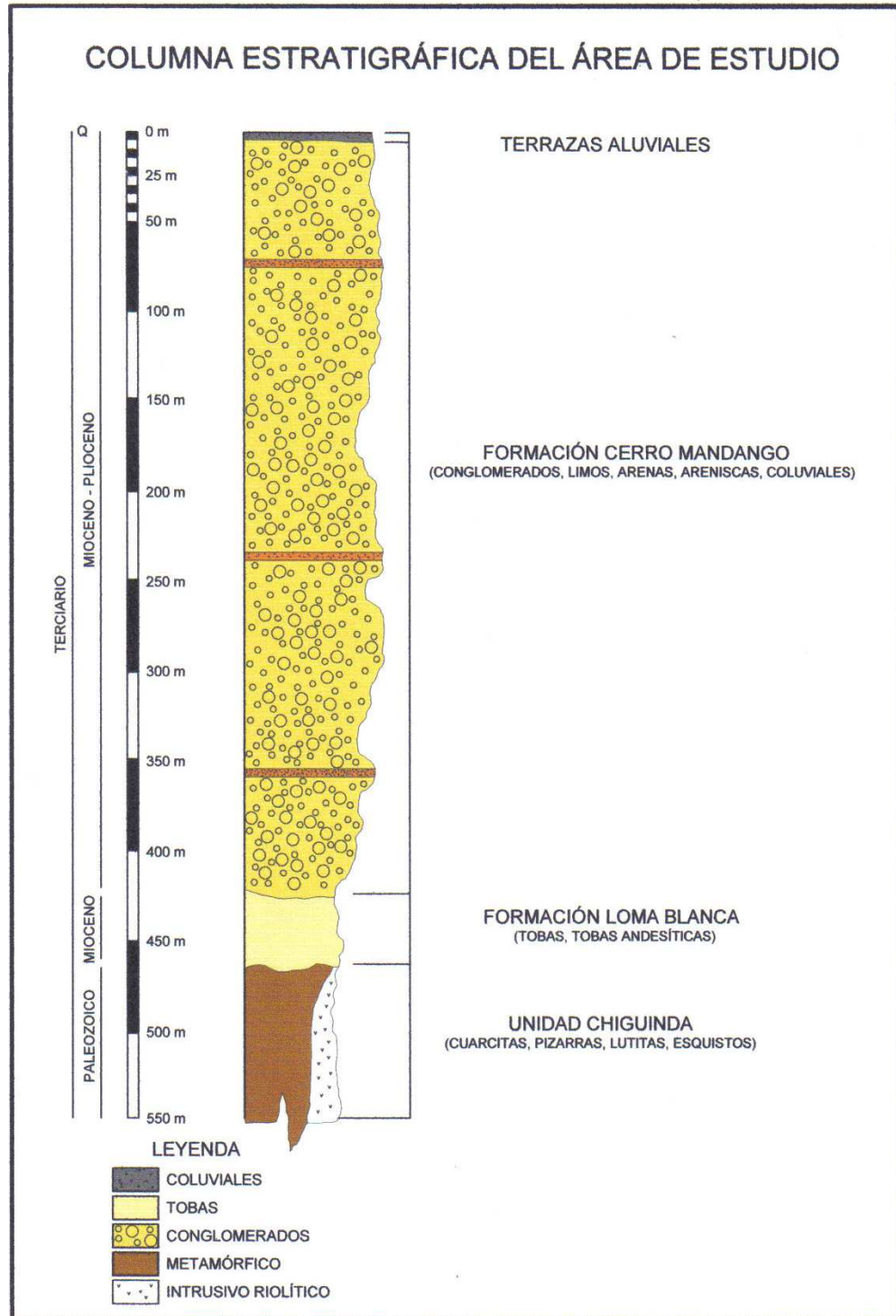


Figura 5. Columna Estratigráfica de la Zona de Estudio.

### 3.3. Geomorfología

El contexto geomorfológico comprende un relieve que va desde los 1600 msnm hasta los 2300 msnm. La roca metamórfica ocupa mayor superficie dando pendientes pronunciadas con crestas empinadas, donde se forman valles cerrados tipo V; mientras que en el sedimentario son característicos los valles tipo U. (Ver fotografías No. 18 y 19)



*Fotografía 18. Vista panorámica de los valle en forma de V en la roca metamórfica.*





*Fotografía 19. Vista panorámica de los valles en forma de U. Formación Loma Blanca.*

En la Formación Cerro Mandango los relieves varían desde muy inclinados en las partes más bajas a verticales en las partes altas, con la formación de escarpes con finos surcos debido a que la matriz es arenosa y aristas muy pronunciadas. (Ver fotografía No.20); no así en la Formación Loma Blanca en donde, y por lo general, las formas son redondeadas especialmente por donde atraviesan corrientes fluviales.



*Fotografía No. 20. Vista panorámica de la erosión columnar con sus escarpes y aristas en la Formación Cerro Mandango*

### **3.4. Tectónica**

El área está influenciada por la presencia de una falla en la roca metamórfica, la misma que tiene una dirección aproximado Norte-Sur de 170°. Esta falla aparece en dos tramos.

El primer tramo es visible desde las coordenadas 700450-9521600 hasta 700080-9522400, desapareciendo en una entrante de la Formación Mandango por donde atraviesa el río Masa. (Ver fotografía No. 21).



*Fotografía 21. Escarpe de falla, parte sur*

El segundo tramo visible de esta falla está desde el lado norte de la mencionada entrante de la Formación Mandango, coordenadas 698770-9523550, con un rumbo aproximado de 350°. para perderse nuevamente en las coordenadas 699160-9524670, en los nacimientos de la quebrada Sananangui. (Ver fotografía No. 22)



*Fotografía 22. Escarpe de falla parte norte en relación al río Masanamaca.*

Esta falla se la pudo determinar mediante el recorrido de campo y fotografías tomadas desde las partes más altas. Es notorio el lineamiento y el escarpe de falla, no se pudo evidenciar superficies de estrías o indicios del plano de falla.

En la parte Oeste del polígono de trabajo, la roca sedimentaria nos da un rumbo norte sur y un buzamiento promedio de  $12^{\circ}$  W; y, por la parte Este similar rumbo y un buzamiento promedio de  $30^{\circ}$  E; lo que nos lleva a deducir que se trató de un anticlinal, cuyo eje fue erosionado por la quebraba Mashcarrón. (Ver fotografías 23 y 24)



*Fotografía 23. Estratos de la Formación Cerro Mandango con buzamiento 0/12 Oeste.*



*Fotografía 24. Estratos de la Formación Cerro Mandango con buzamiento 0/43 E.*

*Coord. 698850-9524055*

Se determinó la existencia de puntos de flexión, en donde se nota claramente que la roca metamórfica fue sometida a un esfuerzo de levantamiento y compresión, provocando de esta manera la fractura de la misma y el aparecimiento de micropliegues tanto simétricos como tumbados, es única evidencia para definir a esta como zona fallada. La posición inclinada de los conglomerados en el borde Este del polígono de estudio es otra evidencia que se pudo originar por el levantamiento tectónico de la zona. (Ver foto 25).



*Fotografía 25. Pliegues en la roca metamórfica 698754-9521536. Qda. Namaro.*

# CAPÍTULO IV

#### 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Obtenidos los datos una vez culminado el levantamiento geológico, se realizó el respectivo análisis, interpretación y secuencia de las formaciones y estructuras geológicas de la zona, permitiendo de esta manera hacer una correlación de resultados con estudios anteriores, específicamente con el mapa geológico regional 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 correspondiente a la Unidad Chigüinda, la formación sedimentaria Mandango que en la hoya de Loja se denomina Quillollaco y, la formación Loma Blanca que corresponde a rocas volcánicas; además de pequeñas terrazas aluviales y depósitos coluviales.

En el aspecto estructural, en el área objeto de este estudio, la actividad tectónica, es decir, al producirse la falla en la parte del metamórfico, esta originó fuerzas de compresión en sentido Este-Oeste provocando de esta manera la formación del anticlinal en la Formación Mandango.

Se realizó un inventario de deslizamientos para correlacionarlos con las formaciones geológicas existentes y poder determinar los factores condicionantes y detonantes de ocurrencia.



El resultado de este trabajo es el mapa geológico-estructural e inventario de deslizamientos. (ver anexo 3).

#### **4.1. Cortes de secciones geológicas locales**

Para interpretar de mejor manera la disposición de las rocas en profundidad, se realizaron dos perfiles geológicos, (ver figura 7 y anexo), distribuidos estratégicamente en el polígono de estudio, permitiendo definir de mejor manera la evolución de las formaciones geológicas.

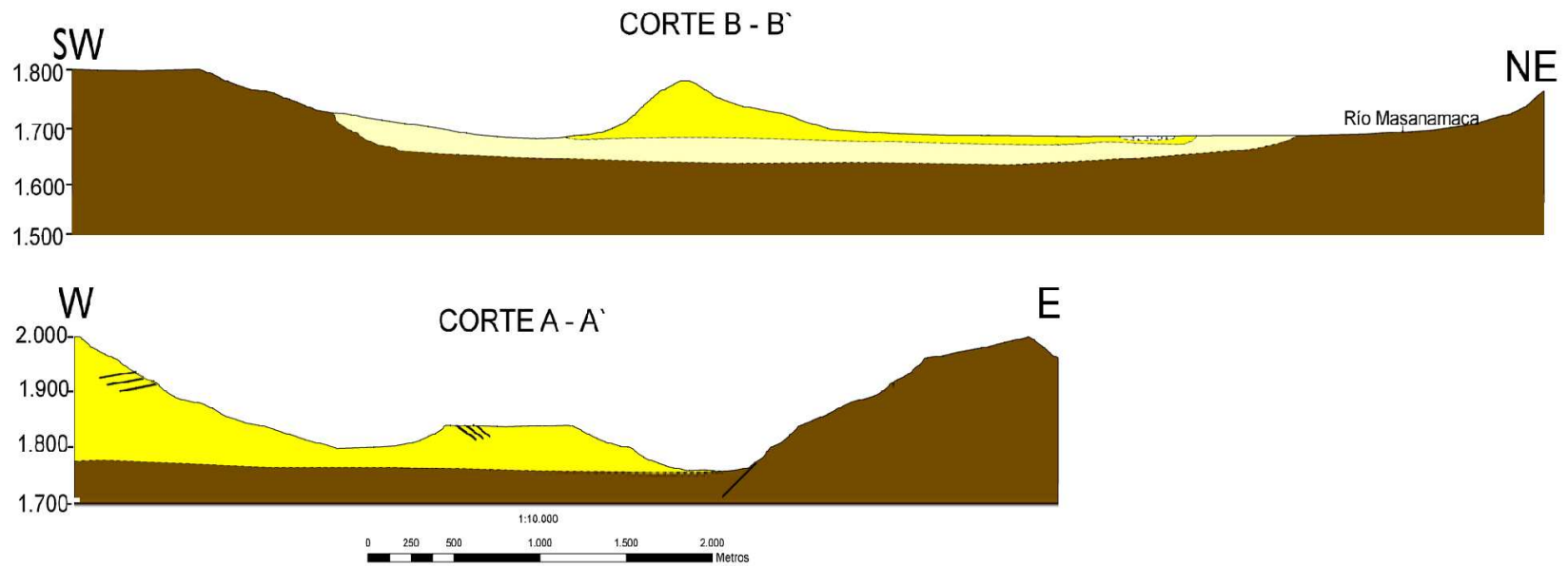
##### **CORTE A – A'**

En este corte se observa a los conglomerados de la Formación Quillollaco, notándose los ángulos de buzamiento opuestos en los dos bordes de la zona de estudio, lo que nos permite deducir la existencia de un anticlinal, cuyo núcleo ha sido erosionado formando un valle tipo U.

##### **CORTE B – B'**

Este corte atraviesa las tres formaciones inmersas en el área de estudio, mostrándonos la discordancia yacente entre ellas; se correlaciona en profundidad la formación Loma Blanca con los dos bordes Este y Oeste por los afloramientos encontrados y que no podemos definir una profundidad exacta en esta zona.

## CORTES GEOLÓGICOS DEL ÁREA SIETE DE LA CUENCA MALACATOS-VILCABAMBA



Leyenda Geológica	
	<b>Aluviales</b> Compuesto por depósitos de limo, arcilla, arenas, piedras y dioritas en sucesión de eventos de inundación.
	<b>Formación Cerro Mandango</b> Formada por lavas y lavas de cascadas por capas sucesivas de lavas y lavas de cascadas, con filos de lavas de lavas de lavas.
	<b>Formación Loma Blanca</b> Se encuentra sobre lavas.
	<b>Formación Chigiúnda</b> Compuesta por filiz, arcillas, arenas, cuarzo, cuarzo blanco, granito metamórfico y gneis.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	
	REALIZADO POR: WASHINGTON EFRÉN SAMANIEGO SÁNCHEZ
	REVISADO POR: ING. JOSÉ VIDAL TAMAY GRANDA
	MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL E INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS DEL ÁREA SIETE DE LA CUENCA MALACATOS - VILCABAMBA
Escala: 1:10.000	Fecha: Marzo 2010

(Fig. 7) Cortes de secciones geológicas locales

## 4.2. Inventario de deslizamientos

Únicamente con el recorrido de campo se pudo hacer este inventario, el cual nos dio como resultado la evaluación de cuatro deslizamientos, todos actuales. Para la clasificación de los deslizamientos durante el trabajo de campo se utilizó el formato propuesto por el PMA-GCA (Proyecto Multinacional Andino) 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 Cruden y Varnes (1996) en el "Special Report 247" del Transportation Research Board de los Estados Unidos, en la cual definen parámetros tales como: tipo de material, humedad, estado y estilo del movimiento, secuencia de repetición o distribución, etc.

Tres de estos movimientos son de tipo traslacional múltiple en estado latente; y el cuarto de tipo traslacional único latente.

A continuación se anexa un cuadro en el que se resumen las características de estos movimientos en masa.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

CÓDIGO	COORDENADAS	TIPO DE DESLIZAMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	ÁREA AFECTADA m <sup>2</sup>	SECTOR	CAUSAS
D1	698934-9523873	ÚNICO TRASLACIONAL	LATENTE	SECO	300	MASANAMACA	Material fallado por corte de carretera, mal drenaje en la vía, paso vehicular continuo, pendiente pronunciada
D2	699105-9523556	MÚLTIPLE TRASLACIONAL	LATENTE	HÚMEDO	1680	MASANAMACA	Material fallado por corte de vía, suelo agrietado, acumulación temporal de cuerpo de agua, lluvias, riego incontrolado
D3	699705-9522460	MÚLTIPLE TRASLACIONAL	LATENTE	LIGERAMENTE HÚMEDO	200	MASANAMACA	Material meteorizado y sensible, riego incontrolado, apertura de vías de acceso, lluvias.
D4	699964-9521417	MÚLTIPLE TRASLACIONAL	LATENTE	HÚMEDO	22638	MASANAMACA	Material meteorizado y sensible, material agrietado, lluvias, riego incontrolado

#### 4.2.1. Factores que influyen en la inestabilidad

Según los datos obtenidos de acuerdo al inventario establecido, se pudo apreciar que los factores que influyeron en la inestabilidad de los deslizamientos son los siguientes:

##### Condicionantes

Dentro de los factores condicionantes que han interactuado en la formación de fenómenos de remoción en masa están:

- **Ausencia de vegetación.**- Es un factor que juega un papel importante en los fenómenos de remoción en masa, observándose su incidencia en la mayoría de los movimientos.
- **Material sensible.**- El material más sensible para que se produzcan los movimientos en masa en esta zona, es la roca sedimentaria tipo conglomerado.
- **Material fallado por corte.**- Tres de los cuatro deslizamientos reconocidos se han iniciado por la realización de los cortes de la carretera, situación que ha debilitado la resistencia de la roca.

## Detonantes

- **Lluvia.-** El factor detonante en todos estos deslizamientos es, definitivamente la lluvia. En la época invernal se sobresaturan de agua y se reactivan.
- **Riego.-** Los sistemas de riego que poseen no son técnicamente controlados, la sobresaturación del suelo es permanente. Cuando el suelo se ha sobresaturado, cesa el riego, viene una etapa de sol y se produce un agrietamiento, elemento que incide para un nuevo ciclo del deslizamiento.
- **Cuerpos de agua.-** En el deslizamiento D-02 se presenta la particularidad que en la época invernal acumulan agua formando una laguna, la misma que dadas las características del terreno provoca una filtración, induciendo de esta manera al futuro deslizamiento.

### 4.3. Relación geología pendientes

Existe una estrecha relación geología-pendientes dentro de esta zona, habiendo terrenos con pendientes que van desde los 5° a 90°.

Característico para la Formación Cerro Mandango son las pendientes escarpadas a verticales con aristas agudas en las cimas, pendientes que van desde los 35° de acuerdo al ángulo de buzamiento de los estratos.

Según los esquemas realizados de los deslizamientos, estos tienen una pendiente con un rango entre los 15° y 20° es decir débilmente escarpado (*Pedraza Gilsanz, Javier. "GEOMORFOLOGÍA. PRINCIPIOS, MÉTODOS Y APLICACIONES". Madrid 1.996, Editorial Rueda*), y están influenciados tanto por la litología y escasa cobertura vegetal.

# CAPÍTULO V



## 5.1. Conclusiones

- El área de estudio se encuentra constituida por rocas pertenecientes a la Unidad Chiguinda la cual constituye el basamento de rocas metamórficas; la Formación Loma Blanca constituida por rocas volcánicas; y, por último la Formación Cerro Mandango o roca sedimentaria compuesta por conglomerados clasto sostenido de matriz arenosa.
- A la Unidad Chigüinda la constituye rocas metamórficas tales como cuarcitas, esquistos cericíticos, esquistos grafiticos, esquistos cuarcíticos, vetas de cuarzo. De manera general el rumbo de las foliaciones es de 0° y un buzamiento de 25 a 35° hacia el Este.
- La Formación Loma Blanca constituida por rocas volcánicas como son tobas, tobas andesíticas, tobas brechificadas. Se encuentra en las cotas más bajas del polígono 1640 a 1720 msnm. siendo esta formación la más erosionada por las vertientes de agua.
- La Formación Cerro Mandango es un conglomerado de clastos de cuarcitas, esquistos, filitas con tamaños muy variables y están sostenidos en una matriz arenosa. Estos conglomerados están dispuestos en capas inclinadas con una dirección de 340° y un buzamiento de 12°NW. por el lado oeste y, por el lado este las capas

tienen aproximadamente el mismo rumbo y un ángulo de buzamiento de 35°NE. Analizando estos datos estructurales, se concluye que esto ha sido un anticlinal, cuyo eje fue erosionado.

- Existe una falla normal en la roca metamórfica de dirección norte sur, la misma que se la observa en el terreno, y se interrumpe en una depresión de la Unidad Chigüinda sobre la que yace discordantemente una entrante de la formación Mandango que a su vez la corta el río Masa cuyas aguas corren en sentido este oeste.
- La forma del afloramiento, la cota en la cual afloran, y la particularidad de que a su alrededor son fácilmente diferenciables las rocas metamórficas, nos lleva a predecir la existencia de un intrusivo riolítico (Coordenadas 699520-9522973 y 1800 msnm), cuyo contenido mineralógico es plagioclasas sódicas, hornblendas, anfíboles, minerales magnéticos, muscovita y biotita y cristales transparentes de cuarzo en un 2% aproximadamente, siendo clasificado como riolita. Este intrusivo se lo puede correlacionar con el afloramiento en las coordenadas 699240-9524270.
- Los deslizamientos se producen en la roca sedimentaria, y son de carácter latente, o sea que se reactivan especialmente en la época invernal. Los deslizamientos D-01, D-02 y D-04 producen daños en la

carretera principal; en tanto que el D-03 ocasiona contratiempos especialmente a los moradores del barrio Masanamaca por cuanto, tapa una pequeña vía de acceso a sus propiedades.

- Relacionando los resultados de campo con el mapa geológico de Gonzanamá, efectivamente aparecen las tres formaciones: Chigüinda, Loma Blanca y Cerro Mandango; aunque los puntos y líneas de contacto no coinciden, dando un margen de error apreciable en la escala en la que se trabajó.

En la hoja geológica de Gonzanamá, el contacto fallado entre la Unidad Chigüinda y la Formación Mandango aparece en la línea de la coordenada 702000, mientras que en campo esta se encuentra entre las coordenadas 700000 y 701000. Mientras que este mismo contacto en el límite Norte del polígono de estudio está en las coordenadas 698800-9526000, mientras que en la hoja geológica aparece en las coordenadas 701000-9526000.

En lo referente a la Formación Loma Blanca es similar el afloramiento; pero en la hoja geológica no consta un afloramiento de esta formación en las coordenadas 700250-9522800.

Los contactos de las tres formaciones en el límite Sur del polígono y de la hoja geológica consideramos que si concuerdan en las coordenadas 700000-9521000.

## **5.2. Recomendaciones**

- El área objeto de este estudio no está sujeta a un gran crecimiento poblacional estable o eventual; pero no es razón para dejar pasar por alto aquellos eventos geológicos que podrían causar inconvenientes, por lo que se recomienda mejorar el estudio a mayor detalle, paralelamente con un estudio geotécnico de áreas específicas, especialmente las involucradas en los fenómenos de remoción en masa.
- Mejorar los sistemas de drenaje en las áreas más propensas a producirse fenómenos de remoción en masa, ya que el agua y la escasa vegetación son uno de los factores más desestabilizantes.
- Involucrar a la población y concienciarla en el manejo técnico de los sistemas de riego y almacenamiento natural del agua, evitando de esta manera que sea este un factor detonante en los fenómenos de remoción en masa.
- Al hacer el estudio a mayor detalle, llevaría a conocer con exactitud la existencia del intrusivo riolítico y sus magnitudes, como también la

existencia de otros eventos que puedan estar ocultos al haber estudiado el área con la escala prevista.

- Desde mi punto de vista, el área se muestra muy didáctica, por lo que podría ser utilizada para prácticas estudiantiles de nuestra carrera.

## 6. Bibliografía

- Bruce E. Hobbs; Winthrop D. Means; Paul F. Williams. "GEOLOGÍA ESTRUCTURAL". España (1981). Ediciones Omega.
- F.G.H. Blyth, M.H. de Freitas. "GEOLOGÍA PARA INGENIEROS". México (2001). Octava Reimpresión.
- F.J. Pettijohn. "ROCAS SEDIMENTARIAS". Argentina (1980). Editorial Eudeba Manuales.
- G.W. Tyrrell. "PRINCIPIOS DE PETROLOGÍA INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA CIENCIA DE LAS ROCAS". México (1984). Octava impresión. Editorial CECSA.
- Hungerbühler Dominik. "NEOGENE STRATIGRAPHY AND GEODYNAMICS OF SOUTHERN ECUADOR". Earth Science. Julio de 2000.
- Kennerley J.B. "GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE LOJA". Londres 1.973.
- Luis I. González de Vallejo. Mercedes Ferrer. Luis Ortuño. Carlos Oteo. "INGENIERÍA GEOLÓGICA". Madrid (2002), Pearson Educación.
- Manuel P. Rodríguez. Javier G. Yélamos. Jorge G. Robles. "GEOLOGÍA PRÁCTICA". Madrid (2004), Pearson Educación.

- Oscar Palacios. Luis Pilatasig. “TRANSICIÓN DE LOS ANDES CENTRALES A LOS ANDES DEL NORTE: NUEVA COMPRENSIÓN EN EL RECONOCIMIENTO DE CAMPO Y NUEVOS DATOS GEOQUÍMICOS – GEOCRONOLÓGICOS”.
- Pedraza Gilsanz, Javier. “GEOMORFOLOGÍA. PRINCIPIOS, MÉTODOS Y APLICACIONES”. Madrid (1996), Editorial Rueda.
- Ramón Lluch. Martínez Torres. Apraiz A. “INTRODUCCIÓN A LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA”. 4ª. Edición. Editorial Universidad del País Vasco.

## **7. ANEXOS**

- Descripción de los principales afloramientos.
- Fichas de los deslizamientos.
- Mapa geológico-estructural del Polígono siete a escala 1:10.000 con deslizamientos actuales y cortes geológicos.

# ANEXO 1

## Descripción de los Principales Afloramientos

## Afloramiento Uno

**Coordenadas UTM:** 698747-9521964

**Ubicación Geográfica:** Este afloramiento se localiza en la orilla izquierda del río Masanamaca aguas abajo. Aproximadamente a 200 m de la desembocadura de la quebrada Suro en el río hacia el Oeste.

**Descripción Geológica:** En la parte inferior afloran esquistos pizarrosos con buena foliación  $0^{\circ}/25^{\circ}$ . Sobre estos descansa discordantemente la cuarcita, que está diaclasada verticalmente con rumbo Norte-Sur, y luego se fisuran en forma irregular. Conforman la Loma Namaro.





## **Afloramiento Dos**

**Coordenadas UTM:** 698760-9521578

**Ubicación Geográfica:** Afloramiento ubicado en el lecho de la quebrada Namaro a 1720 msnm.

**Descripción Geológica:** En la parte baja se encuentran los esquistos pizarrosos foliados en sentido vertical de 90° con rumbo Norte-Sur; Sobre estos, cuarcitas con vetillas de cuarzo. Se correlacionan con el afloramiento uno.



### **Afloramiento Tres**

**Coordenadas UTM:** 699105-9521660

**Ubicación Geográfica:** Afloramiento ubicado en la quebrada Gualataco.

**Descripción Geológica:** Este afloramiento nos muestra un punto de deflexión de la roca, donde se deduce que actuaron fuerzas en sentido vertical, de abajo hacia arriba, para luego producirse un plegamiento. En la base esquistos y sobre estos la cuarcita. Igual relación con los dos afloramientos anteriores.



### **Afloramiento Cuatro**

**Coordenadas UTM:** 699105-9521660

**Ubicación Geográfica:** Afloramiento ubicado en la quebrada Gualataco.

**Descripción Geológica:** Corresponde a la parte baja del afloramiento tres, nos muestra los plegamientos tumbados en los esquistos.



## **Afloramiento Cinco**

**Coordenadas UTM:** 698000-9522200

**Ubicación Geográfica:** La referida a las coordenadas.

**Descripción Geológica:** Nos muestra la roca sedimentaria de la Formación Cerro Mandango y su estratificación inclinada con dirección al Norte y buzamiento de 12°NW; y la erosión a la que es muy propensa. Está compuesta por clastos y guijarros de cuarcitas, filitas, esquistos pizarrosos, estratos de arenisca.

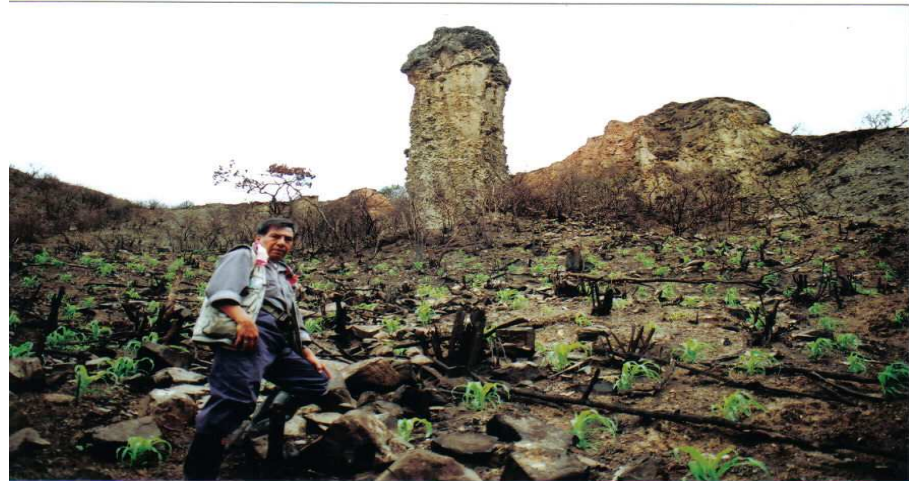


## Afloramiento Seis

**Coordenadas UTM:** 699813-9523368

**Ubicación Geográfica:** Al margen izquierdo aguas arriba de la quebrada Huacapi, cerca de su nacimiento.

**Descripción Geológica:** La Formación Mandango, al estar conformada por conglomerado y matriz arenosa es muy susceptible a la erosión eólica e hídrica, cuyos resultados son estas particulares formas, entre otras.



## **Afloramiento Siete**

**Coordenadas UTM:** 699964-9521417

**Ubicación Geográfica:** En la carretera margen izquierdo con dirección de Masanamaca a Suro.

**Descripción Geológica:** Afloramiento natural. Farallones en la Formación Mandango con sus espectaculares formas. Se puede ver sus capas de depositación 0°/32°E.



## **Afloramiento Ocho**

**Coordenadas UTM:** 699028-9522345

**Ubicación Geográfica:** Entrando por la vía del canal de riego desde Masanamaca en sentido de la corriente a unos 250m.

**Descripción Geológica:** Afloramiento natural de roca volcánica de la Formación Loma Blanca (Tobas andesíticas). Nos muestra la depositación en la que se intercala una capa de arenisca de 30cm de espesor. 0°/35°E.

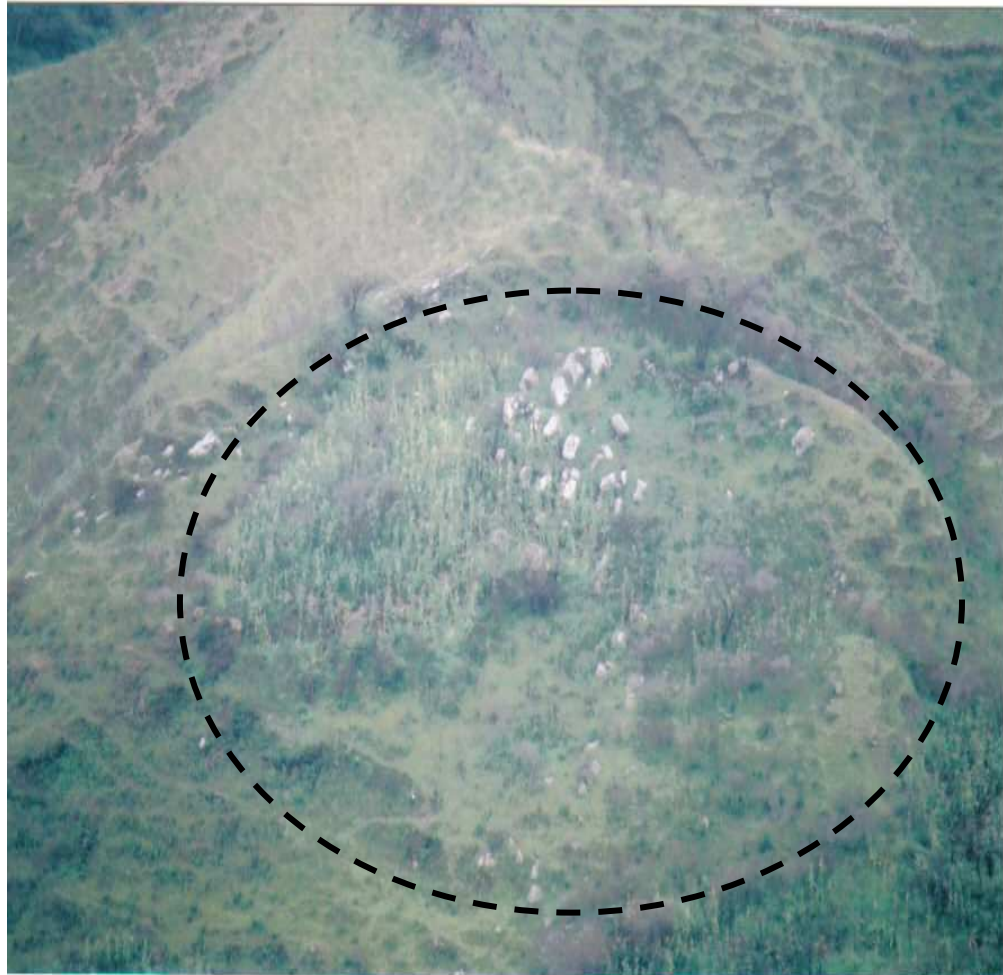


### **Afloramiento Nueve**

**Coordenadas UTM:** 699520-9522973

**Ubicación Geográfica:** A unos 500m hacia el norte de Masanamaca, entre las quebradas Huacapi y Sananangui.

**Descripción Geológica:** En la cota de los 1800msnm se observa el afloramiento de grandes bloques de color blanco haciendo una forma redondeada de aproximadamente 50m de diámetro. Probable intrusivo riolítico.





### **Afloramiento Diez**

**Coordenadas UTM:** 699725-9521100

**Ubicación Geográfica:** En el margen izquierdo aguas arriba de la quebrada Suro.

**Descripción Geológica:** En el lecho de la quebrada aflora la roca metamórfica, cuarcitas, filitas, y sobre estas el coluvio que yace discordantemente.

