

# **INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES IAEN**

## **PRIMER DIPLOMADO EN “GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO Y DESASTRES”**

***PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA  
SECTOR YUQUÍN, CANTÓN PIMAMPIRO,  
PROVINCIA DE IMBABURA.***

**SENPLADES**

**REALIZADO POR: HENDRY NÚÑEZ MONTERO**

**REVISADO POR: ING. SUSANA ARCINIEGAS**

**SEPTIEMBRE DE 2008**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>2</u></b>
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	3
1.4 GENERALIDADES	3
1.4.1 UBICACIÓN Y ACCESO	3
1.4.2 MORFOLOGÍA.	5
1.4.3 HIDROGRAFÍA.	6
1.4.4 CLIMA Y VEGETACIÓN	6
1.4.5 USO DE SUELO (ACTIVIDAD ANTRÓPICA)	7
<b><u>2. MARCO GEOLÓGICO</u></b>	<b><u>7</u></b>
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL	7
2.2 GEOLOGÍA LOCAL	8
2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	19
<b><u>3. MAPA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA (MM)</u></b>	<b><u>21</u></b>
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO	21
3.2 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA	22
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MM EN LA ZONA DE ESTUDIO	24
<b><u>4. MAPA DE PENDIENTES</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b><u>5. MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD</u></b>	<b><u>35</u></b>
5.1 DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARCIAL SP	36
5.2 DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ABSOLUTA O TOTAL	38
<b><u>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>40</u></b>
6.1 CONCLUSIONES	40
6.2 RECOMENDACIONES	41
<b><u>7. BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>8. ANEXOS</u></b>	<b><u>45</u></b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El Servicio Geológico Nacional SEGENA del Ministerio de Minas y Petróleos, institución especializada en estudios geológicos especialmente de movimientos en masa, luego de visitar algunos lugares (Chugá, La Carolina, Yuquín, entre otros), recomendados por la Dirección Nacional de Defensa Civil y por el Gobierno Provincial de Imbabura GPI, decidió realizar los estudios de procesos de movimientos en masa en la zona de Yuquín, que involucra a las comunidades de Yuquín Bajo, Yuquín Alto, Quinta Yuquín, Pueblo Nuevo y Ramos Danta.

En la comunidad de Ramos Danta, según versiones de los moradores, hace unos 30 años, en tiempos de lluvias, se produjo un deslizamiento, cubriendo dos casas y enterrando a sus ocupantes. Según observaciones de pobladores, en esta zona, ocurren varios deslizamientos, afectando los campos y carreteros, sin producir pérdida de vida humana.

### **1.2 OBJETIVOS**

- 1 Mejorar la calidad de vida de los pobladores; en forma de reducir el impacto negativo de las amenazas naturales;
- 2 Proporcionar información, de amenazas geológicas y uso de suelo como herramienta necesaria para la planificación del uso del territorio,
- 3 Identificar y mitigar las amenazas por procesos de movimientos en masa que afectan a la población, sus bienes y obras de infraestructura,
- 4 Mejorar las condiciones de seguridad de las zonas inestables para reducir o evitar el impacto negativo social y ambiental que causan los procesos de movimientos en masa (deslizamiento de tierra, erosión, flujos de lodo etc.),
- 5 Generar pautas en un enfoque hacia una Gestión Integral de Riesgos.

### 1.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En la parte técnica, para alcanzar los objetivos propuestos, se aplicó la siguiente metodología:

- 1 Geología.- Mapeo litológico-estructural de la zona de estudio, localización y descripción de las unidades litológicas, localización y descripción de depósitos superficiales y uso del suelo.
- 2 Amenazas geológicas.- Inventario de procesos de movimientos en masa, categorización de áreas susceptibles a procesos de movimientos en masa.
- 3 Mapa de susceptibilidad a los procesos de movimientos en masa.

**Trabajo de Gabinete.-** La primera etapa se basó en: definición del área del proyecto, escala de estudio y de elaboración de mapas (1:10.000); revisión de información cartográfica y geológica e interpretación de fotografías aéreas relacionada a la zona de estudio.

Las fotografías aéreas con las que cuenta el Servicio Geológico Nacional (escala 1:60.000) sirvieron de base para la ubicación de drenajes, morfología, estructuras geológicas, identificación de procesos de movimientos en masa antiguos, especialmente de gran tamaño, (los más pequeños que se pudo observar en las fotografías corresponden a un área aproximada de  $300 * 300 \text{ m}^2$ )

**Trabajo de Campo.-** Durante esta etapa, se recolectó información de: geología (litología, estructuras), uso del suelo (procesos de deforestación, expansión urbana, etc.), inventario de procesos de movimiento en masa (deslizamientos, flujos, caída de rocas, etc.).

### 1.4 GENERALIDADES

#### 1.4.1 UBICACIÓN Y ACCESO

El área de estudio se encuentra ubicada en el norte del territorio ecuatoriano, en la

provincia de Imbabura, cantón Pimampiro, parroquia Pimampiro, comunidades de Yuquín Bajo, Yuquín Alto, Quinta Yuquín, Ramos Danta y Pueblo Nuevo (Figura 1.1), con un área de influencia de 16 Km<sup>2</sup> aproximadamente.

El acceso principal a la zona de estudio se lo realiza por vía de primer orden Quito – Ibarra – El Juncal – Pimampiro, luego por una vía de segundo orden Pimampiro - Pueblo Nuevo y por carreteros de tercer orden a Yuquín Bajo, Yuquín Alto, Quinta Yuquín y Ramos Danta, comunidades que se encuentran incluidos en la zona del Proyecto (Foto 1.1)

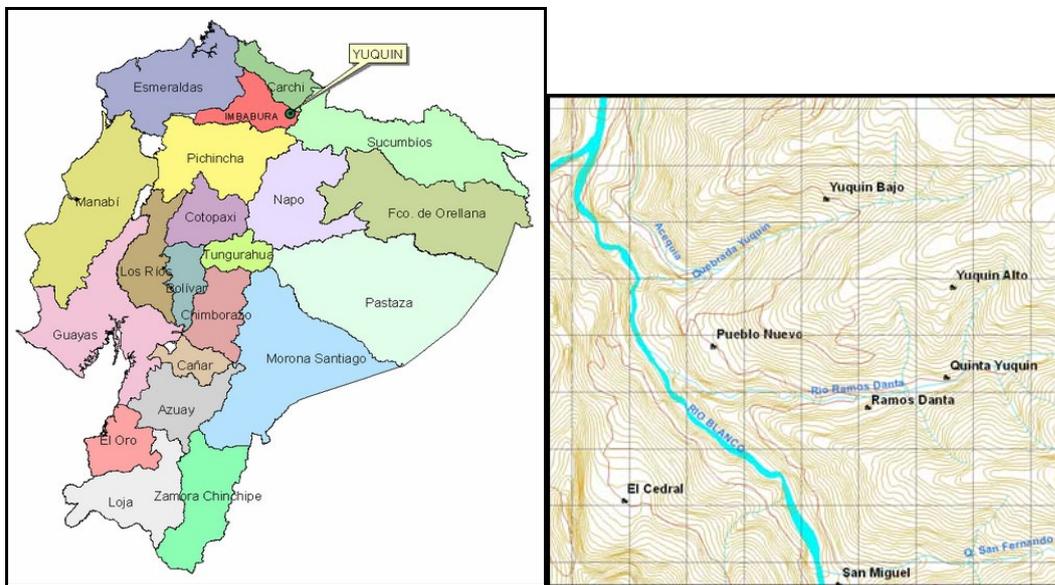


Figura 1.1: Ubicación del área de estudio y topografía de la zona.



Foto 1.1: Vista panorámica de las comunidades, objeto de estudio.

## 1.4.2 MORFOLOGÍA.

El área se encuentra en la estribación occidental de la Cordillera Real, presenta relieves que van desde zonas semiplanas a zonas con pendientes de hasta 70°, las elevaciones varían desde los 1800 msnm en las playas del río Blanco hasta los 3040 msnm en las colinas más altas (Figura 1.2)

Las geoformas son alargadas principalmente en sentido NEE, separadas por quebradas y limitadas por el río principal que atraviesa la zona en sentido preferencial N-O. Cerca de la desembocadura de las quebradas Ramos Danta y Yuquín en el río Blanco, se observa escarpes de erosión.

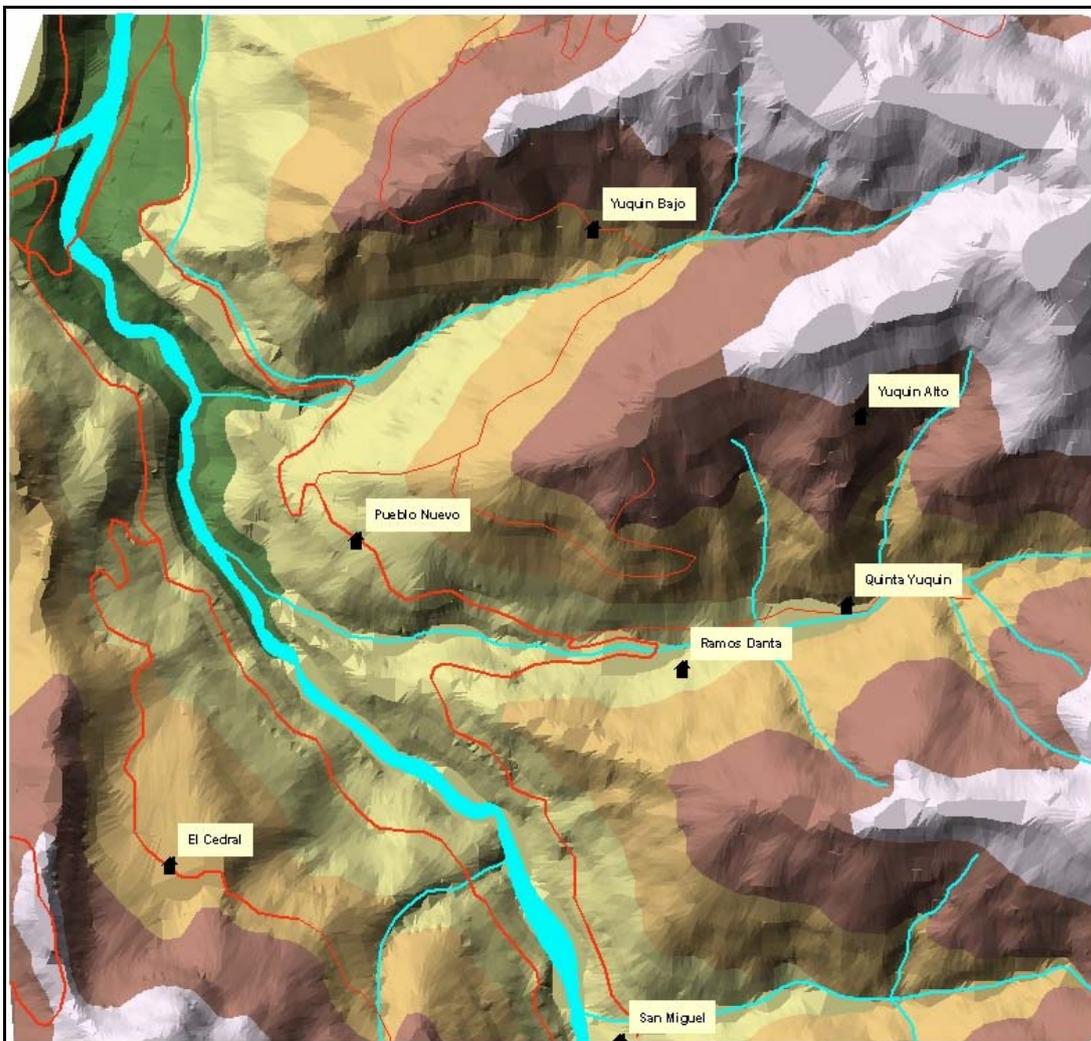


Figura 1.2: Morfología de la zona de estudio Yuquín.

### **1.4.3 HIDROGRAFÍA.**

El drenaje principal del sector está representado por el río Blanco, que aguas abajo confluye con el río Pisque, formando el río Mataquí.

La dirección predominante del río Blanco es N-O, a este río, confluyen drenajes secundarios, como el río Yuquín (nombre del drenaje en el mapa topográfico IGM, la gente del lugar lo conocen como río Ramos Danta), con una orientación E-O y que limita a las comunidades de Ramos Danta y Quinta Yuquín; más hacia el norte, aguas abajo del río Blanco, desemboca una quebrada sin nombre (en el mapa IGM, los moradores la conocen como quebrada Yuquín), que baja por la comunidad de Yuquín Bajo, con una orientación que tiende a ser E-O.

Estos drenajes, en tiempos de lluvia, llevan un buen caudal de agua, producto de la escorrentía superficial de las laderas, como de los aportes de las pequeñas quebradas de las partes altas, extremo Este del área de estudio. Además existen canales de riego necesarios para el desarrollo de la agricultura.

La quebrada Yuquín en estaciones lluviosas, aumenta notablemente el caudal del agua, que dificulta el paso de los pobladores hacia el sector de Pueblo Nuevo. Factor que se debe considerar para la evacuación de la gente.

### **1.4.4 CLIMA Y VEGETACIÓN**

El clima varía de subtropical lluvioso a subtropical seco, con una temperatura promedio de 20° C en las partes bajas, mientras que en las partes altas se tiene un clima de páramo con una temperatura de 9° C.

Los meses de mayor precipitación son de abril a agosto y los de menor precipitación son de octubre a febrero. La vegetación es característica de clima subtropical en las partes bajas y de páramo en las partes altas.

### 1.4.5 USO DE SUELO (ACTIVIDAD ANTRÓPICA)

Las principales actividades económicas de la zona corresponden a la agricultura y ganadería, donde las fuertes pendientes características de la zona no representan un limitante para el desarrollo de estas actividades.

Los principales productos que se producen son: maíz, papas, cebada, granadilla, tomate de árbol, frutilla, mora, etc. Además realizan una rotación de cultivos con la siembra de pastos para desarrollar la ganadería vacuna.

La arqueología de la zona es bastante desconocida, a excepción de un sitio arqueológico de escasos vestigios culturales, que fue descubierto cerca de Pueblo Nuevo. Los moradores del lugar indicaron algunas piezas de culturas primitivas (Foto 1.2).

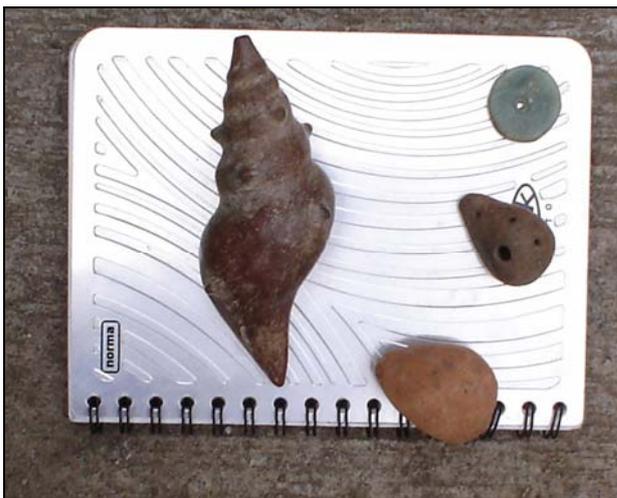


Foto 1.2: Restos arqueológicos de culturas primitivas.

## 2. MARCO GEOLÓGICO

### 2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Para el análisis del Marco Geológico Regional es importante considerar la división de los terrenos metamórficos con sus respectivas unidades (Figura 2.1), considerando los eventos geológicos que se han suscitado en la Cordillera Real, tal como se describe en el estudio realizado por M. Litherland, J. A. Aspden y R. A. Jemielita "The Metamorphic

Belts of Ecuador", British Geological Survey, (1994).

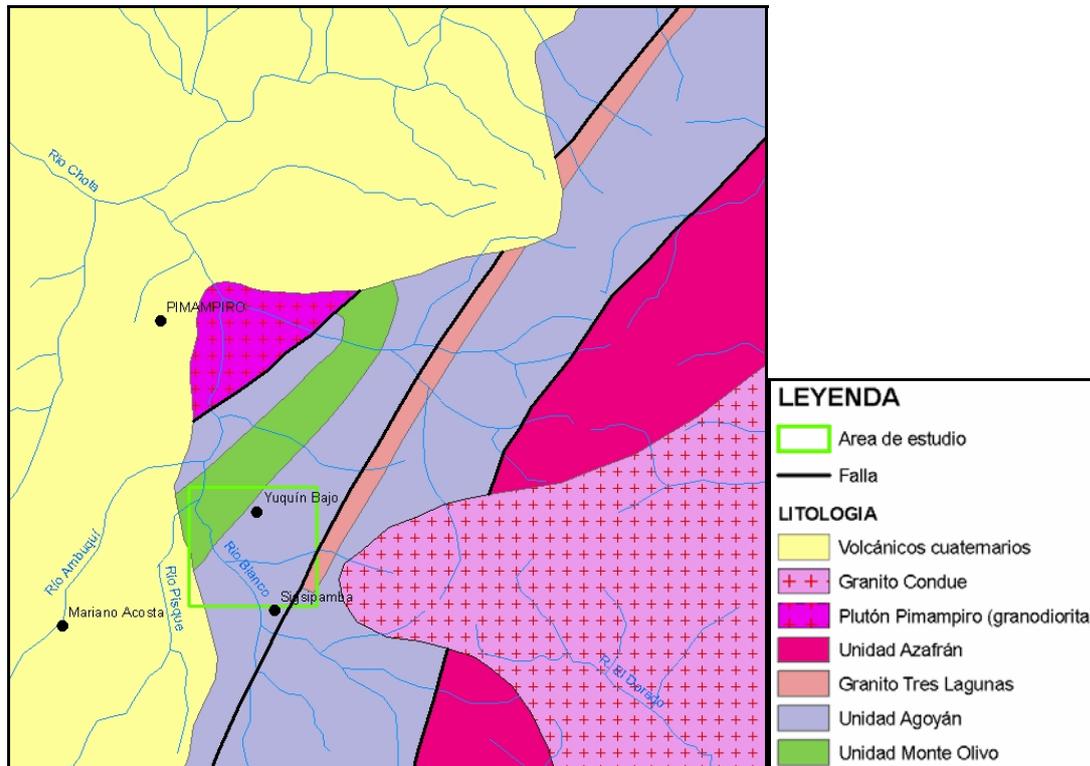


Figura 2.1: Terrenos metamórficos, que afloran por el sector de Yuquín.

El área está constituida por un basamento cristalino posiblemente precámbrico, representado por anfibolitas y gneises; rocas metamórficas paleozoicas, compuestas por esquistos verdes, esquistos grafiticos y otros depósitos volcano sedimentarios del jurásico, formados por lavas y brechas; volcánicos Pliocénicos-Pleistocénicos y depósitos superficiales (glaciares, lahares, terrazas, lagunales, coluviales y aluviales).

## 2.2 GEOLOGÍA LOCAL

La zona se encuentra constituida por rocas metamórficas, las cuales están sobreyacidas por lavas, depósitos volcánicos y conglomerados. Además hacia el este del río Blanco, ocurren depósitos de coluviales, avalancha de rocas, aluviales, depósito lacustre y terrazas. (Figura 2.2).

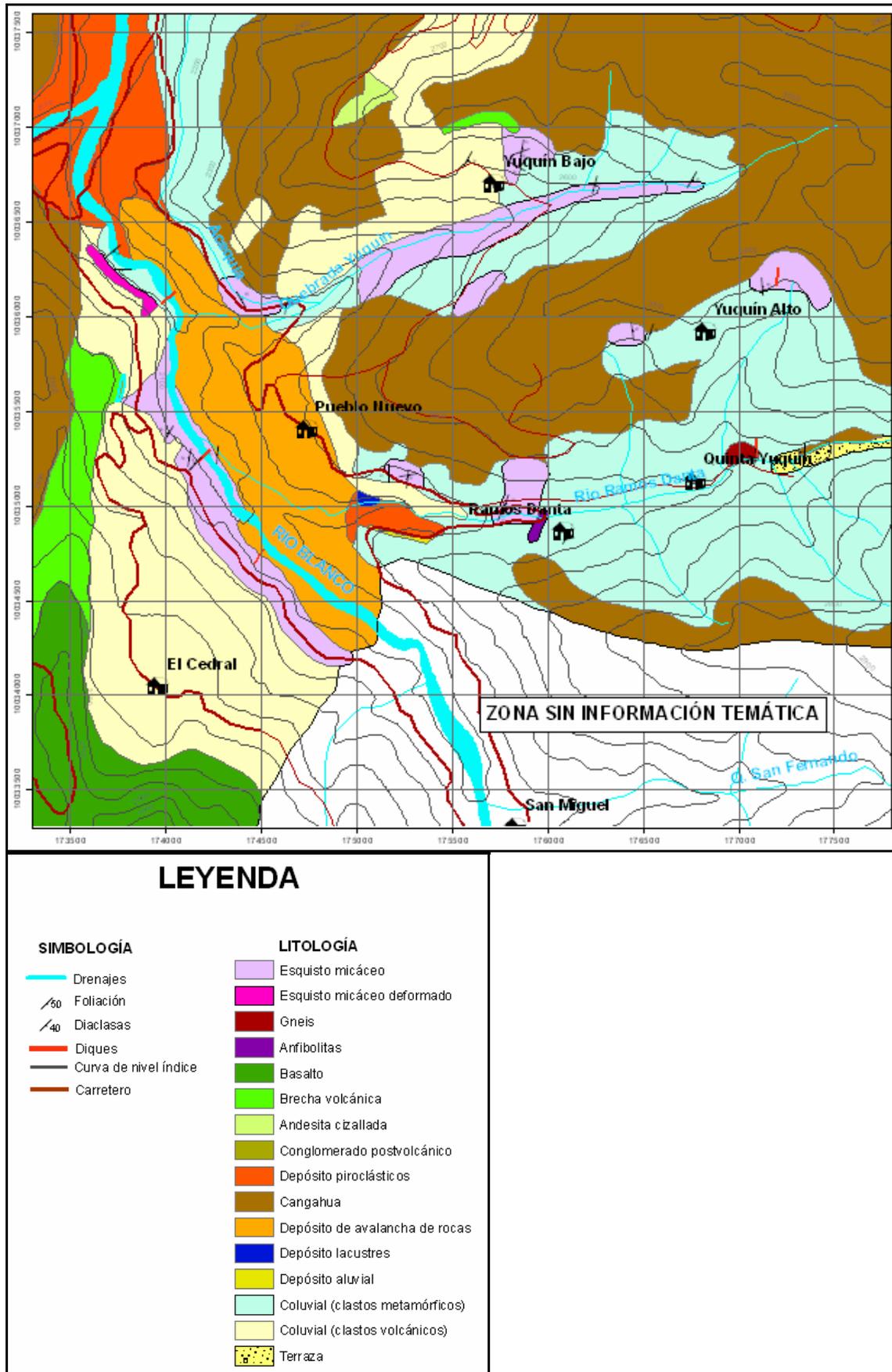


Figura N° 2.2: Mapa Litológico del área de estudio del Proyecto Piloto de Yuquín.

**Rocas metamórficas.-** Las rocas metamórficas afloran en los cauces de los ríos Blanco, Ramos Danta y quebrada Yuquín, al este de Yuquín Bajo, en algunos tramos de las carreteras a Yuquín Alto, Quinta Yuquín y Ramos Danta y a lo largo del carretero a San Francisco de Sigsipamba, margen izquierdo del río Blanco.

Las litologías que afloran en este sector corresponden a: esquistos micáceos, gneis y anfíbolitas.

**a). Esquisto micáceo.-** Las rocas son de color verde claro a verde grisáceo, la textura es porfidoblástica, macroscópicamente la mineralogía consta de: cuarzo, feldespato, micas como sericita y biotita.

Hacia la parte este de Yuquín Bajo, se encuentran aflorando esquistos sericíticos con una dirección predominante N 9° E y un ángulo de buzamiento de 51° hacia el E, este afloramiento tiene una potencia aproximada de 6m.

En el margen izquierdo de la quebrada Yuquín, cerca al caserío de Yuquín Bajo, afloran esquistos micáceos con una foliación N 15° E y un ángulo de buzamiento de 76° hacia el SE; también afloran a lo largo de la carretera que se dirige a la comunidad de Yuquín Alto, presentan una foliación con una dirección predominante N 8° O, con un ángulo de buzamiento de 45° hacia el este.

En el margen izquierdo del río Ramos Danta cerca de la desembocadura con el río Blanco, afloran esquistos micáceos (Foto 2.1), cuya foliación tiene una dirección de N 5° E, buzando con 73° hacia el O. En el carretero que conduce a San Francisco de Sigsipamba, afloran estos esquistos que presentan una deformación comprensiva, debido a que en ciertos sectores los esquistos se encuentran plegados (Foto 2.2).

**b). Gneis.** Las rocas son bandeadas con segregación de minerales félsicos y máficos; la composición mineralógica, macroscópicamente consta de: cuarzo, feldespato, muscovita, biotita y granate.

Los gneis afloran en el Río Ramos Danta, aguas arriba del poblado de Quinta Yuquín. Las rocas presentan un color verde claro a gris, la textura es porfidoblástica, la dirección preferencial de la foliación es de N 5° E, buzando con 76° al oeste. Paralelamente a la foliación existe un dique de composición riolítica, de ancho 40 cm. (Foto 2.3)



Foto 2.1: Afloramiento de esquistos micáceos, río Blanco, abajo de la confluencia con el río Ramos Danta. UTM: 174260, 35277.



Foto 2.2: Afloramiento de esquistos micáceos deformados. UTM: 173700, 36334.

El contacto entre los esquistos micáceos y los gneis, no se observa en el campo, aunque parece que el grado de metamorfismo aumenta de oeste a este. Posiblemente el protolito de esta roca es pelítico, por lo que tiende a ser un paragneis.



Foto 2.3: Afloramiento de gneis, en la margen derecho del río Ramos Danta, Sector Quinta Yuquín. UTM: 177310, 35626.

**c). Anfibolita.-** Las anfibolitas afloran en el río Ramos Danta, bajo el puente de la carretera que comunica Pueblo Nuevo con San Miguel de Sigsipamba, cerca del desvío hacia la comunidad de Ramos Danta (Foto 2.4). La roca es de color gris oscuro y textura pórfido – nematoblástica; macroscópicamente su composición mineralógica consta de anfíboles, cuarzo, feldspatos, biotita y granate; la dirección preferencial de la foliación en la anfibolita es de N 15° E, buzando con 82° al este.

En lámina delgada, la roca presenta una textura pórfido – nematoblástica; mineralógicamente esta compuesta por hornblenda en un 34%, cuarzo 22%, ortoclasa 20%, granate 15%, biotita 5%, epidota 3,5% y clorita 0,5 %. El cuarzo presenta extinción ondulada (proceso de alteración). El granate está rotado, con inclusiones de hornblenda y cuarzo; la clorita se encuentra rodeando al granate.

La disposición de los minerales de granate, indica que la roca ha sido expuesta a procesos de cizallamiento; por lo cual puede estar distribuida posiblemente como escamas tectónicas dentro de esta zona.



Foto 2.4: Afloramiento anfibolita, sector Ramos Danta.  
UTM: 175752, 34943

**Rocas Volcánicas.-** Las rocas volcánicas afloran principalmente en el sector de El Cedral (Foto 2.5). Las facies de la secuencia volcánica están representadas por: andesitas, basaltos, brechas y tobas.; donde las andesitas se encuentran suprayaciendo a las brechas.

Las andesitas y basaltos de color gris a gris oscuro son rocas compactas de grano fino a medio, textura hialopilitica y fluidal, constituidas por fenocristales de plagioclasas, clinopiroxenos y ortopiroxenos. La brecha es compacta constituida de clastos de basalto y andesita de color gris al color rojo carne, subredondeados a angulosos,  $\leq 50$  cm. de diámetro, en una matriz limoarcillosa en un 40%. Las tobas son de color crema, están constituidas por fragmentos de andesita y pómez.



Foto 2.5: Afloramiento de andesita basáltica, UTM:  
173903, 33650, sector El Cedral.

En la foto 2.6, ocurre un afloramiento de brecha volcánica bastante consolidada, con líticos angulosos (80%), de color gris, textura afanítica, de composición andesítica y matriz (20%) de similar composición.



Foto 2.6: Afloramiento de brecha sector Yuquín Bajo.  
UTM: 175699, 36937.

Aproximadamente a 1 Km. al nor-oeste de Yuquín Bajo afloran andesitas cizalladas (Foto 2.7). Según la descripción macroscópica de la roca presenta una textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa, piroxenos y clorita. La dirección preferencial de las

diaclasas es N 10° 0, buzando 50° al NE. La roca se encuentra muy tectonizada en un sector, lo que evidencia un evento tectónico posterior a la depositación de esta andesita.



Foto 2.7: Afloramiento de andesita cizallada, sector Yuquín Bajo. UTM: 174861, 37011.

**Conglomerados.-** Afloran aproximadamente a un kilómetro y medio al norte de El Cedral. El conglomerado está constituido de clastos subredondeados de rocas basálticas de hasta 50 cm. de diámetro y rocas metamórficas de hasta 30 cm. de diámetro, soportados por una matriz areno-arcillosa muy litificada que constituye un 35% de la roca. El conglomerado se encuentra en contacto concordante con la brecha y en contacto discordante con el metamórfico (Foto 2.8).



Foto 2.8: Contacto discordante entre el conglomerado y las rocas metamórficas. UTM: (173759, 35554)

**Depósitos Piroclásticos.-** Estos depósitos se encuentran rellenando un pequeño valle

en la parte nor-oeste del área, específicamente en la unión de los ríos Pisque y Blanco.

Los piroclastos están constituidos por material volcánico fragmentado y cenizas de color marrón claro; clastos angulosos y subangulosos de hasta decímetros de diámetro, en matriz de ceniza volcánica, alcanzando potencias de hasta 30 metros aproximadamente (Foto 2.9).



Foto 2.9: Depósito piroclástico, carretero Pimampiro – San Francisco de Sigsipamba, puente cruce del río Blanco. UTM: 173579, 36640

**Cangahua.-** Se encuentra ocupando la mayor parte del área de estudio en especial hacia el este, aflorando principalmente en las partes altas de las lomas de Yuquín Bajo (Foto 2.10). Yuquín Alto y Ramos Danta.

La cangahua, se considera como un depósito constituido por toba volcánica y ceniza; de color café pardusco y grano fino, En la base de estos depósitos se encuentra piroclastos formados principalmente de piedra pómez, generalmente el espesor alcanza los 6 m.

**Depósitos de avalancha de roca.-** El principal depósito de la avalancha está en la margen derecha del Río Blanco en el sector de Pueblo Nuevo. La avalancha de roca esta constituida por boulders de hasta 20 m. de diámetro de andesitas, basaltos y brechas. Estos depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, debido a la gran energía con que se moviliza y se deposita (Foto 2.11).



Foto 2.10: Afloramiento de cangahua, UTM: 176281, 37253, sector Yuquín Bajo.

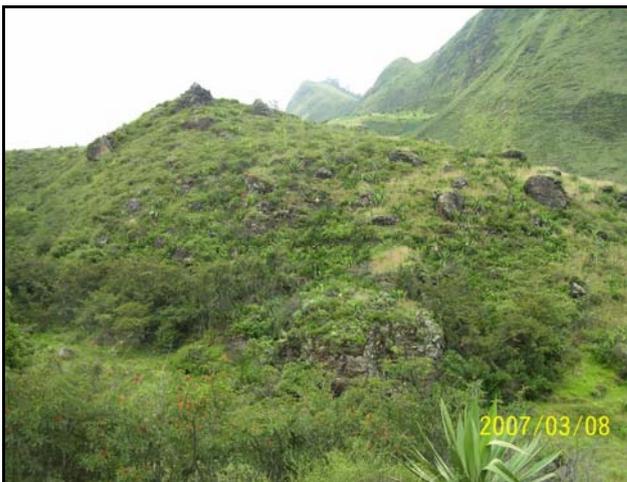


Foto 2.11: Depósito de avalancha de roca, al norte del Pueblo Nuevo. UTM: 73850, 36600.

**Depósito lacustre.-** Este depósito se encuentra en una área muy pequeña, en la margen derecha del río Ramos Danta, al sur de Pueblo Nuevo, corresponde a un afloramiento de material lacustre muy fino de color blanco de unos 2m de potencia (Foto 2.12); que se formó por el represamiento del río, posiblemente por la avalancha de roca que llegó hasta esta zona.

**Depósitos Aluviales.-** Son muy escasos, el más importante se encuentra en la margen izquierda del río Ramos Danta; esta constituido por bloques de granito y basalto de

forma subredondeada con diámetros de hasta 50 cm. (Foto 2.13).



Foto 2.12: Depósito de material lacustre, sector Pueblo Nuevo.  
UTM: (175034, 35070)



Foto 2.13: Depósito aluvial, sector Ramos Danta.  
UTM: (175770, 34943)

**Depósito coluvial.-** Se ha diferenciado dos tipos de coluviales, el uno con la mayoría de clastos volcánicos y el segundo con clastos metamórficos.

Coluvial con clastos volcánicos (Foto 2.14) se encuentra principalmente en la zona suroeste y norte del área de estudio, los clastos están constituidos por basaltos, andesitas y brechas con matriz de cangahua y arcilla.

Coluvial con clastos metamórficos se encuentra principalmente en la zona nor-noroeste, centro y sur-este del área de estudio, los clastos están constituidos por esquistos y

gneises con matriz de cangahua y arcilla.



Foto 2.14: Coluvial con clastos angulosos de rocas volcánicas andesitas basálticas. Caserío Yuquín Bajo.

**Terrazas.-** Las principales terrazas están a lo largo de las márgenes del Río Blanco, en donde se puede diferenciar la profundización del cauce en varios metros; debido a que el cauce se encuentra sobre rocas esquistosas de poca resistencia. El lecho del Río Blanco y sus terrazas están constituidos principalmente por clastos subredondeados a angulosos de esquistos, basaltos, brechas y granitos. También aparecen depósitos de coluvios y boulders.

En el río Ramos Danta existe una pequeña terraza, el lecho del río presenta un gran porcentaje de rocas intrusivas, de tipo granito - granodiorita en un 80%, estas rocas presentan un cierto lineamiento de los minerales, los rodados son subangulosos de poco arrastre, lo cual indicaría la proximidad del intrusivo.

### 2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Cerca del puente que cruza al Río Blanco aguas arriba de la confluencia con el río Pisque, en la vía que comunica a Pimampiro con San Francisco de Sigsipamba, existe una falla con dirección preferencial N20W y buzamiento vertical (Foto 2.15). Esta falla sigue el rumbo del río Blanco.

Los diques de cuarzo paralelos a la foliación son muy característicos en la quebrada

Ramos Danta. Estos diques tienen espesores  $\leq 50$  centímetros, ocasionalmente están mineralizados con pirita y calcopirita.



Foto 2.15.- Falla inversa, sector río Blanco, carretera Pimampiro – El Cedral. UTM: 173812, 37017

La carretera que va desde el puente del Río Blanco hacia San Francisco de Sigsipamba, presenta afloramientos en donde existen diques de cuarzo con espesores de hasta 1m. y con dirección paralela a la foliación de los esquistos. En este mismo tramo de la carretera, se encuentra un dique de composición dacítica con dirección nor-este y ancho aproximado de 8 m (Foto 2.16).



Foto 2.16.- Dique dacítico, con rumbo N30E. UTM: 174687, 35062

### **3. MAPA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA (MM)**

El término de movimientos en masa, se atribuye a aquellos movimientos ladera abajo de una masa rocosa, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Un movimiento en masa ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo o roca. Esto se produce al aumentar el esfuerzo cortante (sismos, variaciones morfológicas desfavorables, etc.) o al disminuir la resistencia al corte del suelo (saturación, meteorización, etc.)

Los parámetros que influyen en los movimientos en masa son:

- 1 El tipo de material (clase de rocas, capa alterada y tipo de cobertura),
- 2 Orientación de las fracturas o grietas en la tierra,
- 3 Pendiente (gradiente, forma y longitud de las laderas),
- 4 Condiciones hidrológicas (infiltración, permeabilidad, profundidad del agua subterránea y cantidad de agua),
- 5 Procesos morfológicos (erosión fluvial e hídrica) y
- 6 Parámetros externos (como la distribución de la pluviosidad, es decir, relación intensidad-período, la sismicidad y el vulcanismo),
- 7 Actividades antrópicas.

Los factores externos también influyen en el tipo de movimientos, por ejemplo, una ladera puede fallar como un deslizamiento traslacional en condiciones de humedad moderada, pero el mismo deslizamiento puede transformarse en una avalancha o flujo de detritos, en condiciones de mayor humedad, aumentando la distancia de transporte (Crozier y Galde, 2005).

#### **3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El inventario de movimientos en masa multitemporal es una herramienta principal al momento de analizar el comportamiento de estos fenómenos. Para el efecto se debe

realizar trabajos de: inventario en fotografías aéreas y comprobación de campo.

Las fotografías aéreas deben tener un intervalo largo en el tiempo, debido que, en largos períodos se diferencian cambios más notables y así se puede conseguir mayor información acerca del comportamiento y actividad de estas manifestaciones. Las fotografías disponibles del área de estudio, corresponden a los años de 1993 y 1999, donde el intervalo de tiempo es solamente 6 años, en el cual, el comportamiento de los movimientos en masa, identificados en las fotografías es estable.

La escala de las fotografías aéreas (1:60.000), no permite identificar el detalle necesario para el inventario de los movimientos en masa, considerados en la escala establecida para este estudio (1:10.000), por lo tanto, el inventario se realizó en el campo.

Un primer criterio importante en la elaboración de un mapa de inventario, es determinar el área mínima de los movimientos en masa, que van a ser cartografiados y representados en dicho mapa (que sea fácilmente observable), esto dependerá exclusivamente de la escala de trabajo.

La tabulación de los movimientos en masa, se realizó en el esquema presentado por el Proyecto Multinacional Andino, en la publicación Movimientos en Masa en la Región Andina, (PMA:GCA, 2005).

En el anexo 1, se indica una clasificación de acuerdo a la actividad, magnitud y velocidad de los movimientos en masa.

### **3.2 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA**

Se identificaron los movimientos en masa evidentes, su tipología y grado de actividad, así como, los depósitos y escarpes relictos relacionados, a antiguos procesos. En el anexo 2 se indica el inventario de los MM, por actividad, tipo de movimiento, material, medidas morfométricas de los MM, como: ancho, largo, área, etc.

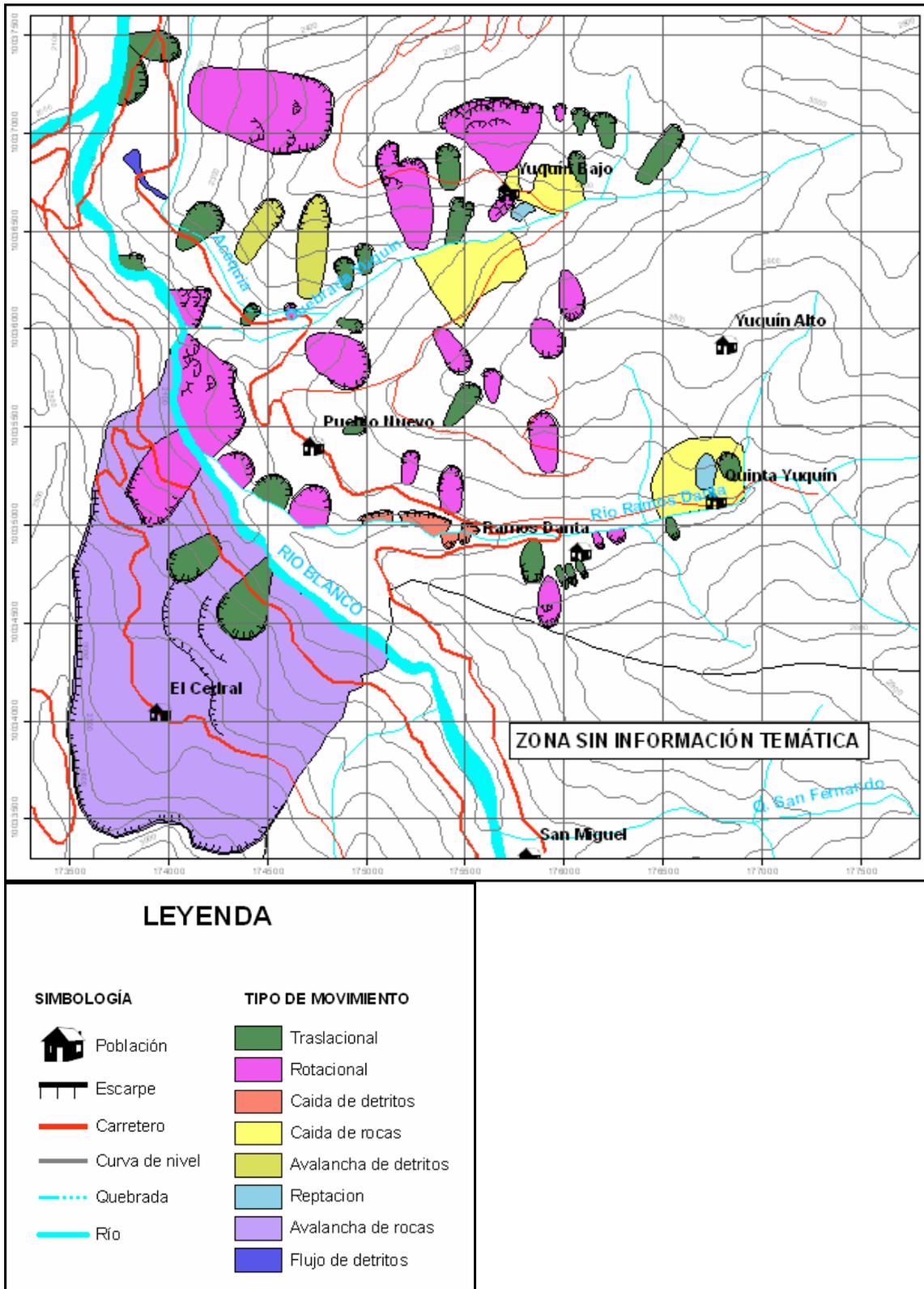


Figura 3.1.- Mapa de Movimientos en Masa del área de estudio.

De acuerdo al inventario y al mapa de MM (Mapa 2), se resume que existen 25 MM de tipo traslacional, 22 rotacional, 5 como caída de detritos, 3 caída de rocas, 2 avalanchas de detritos, 2 catalogados como movimientos de reptación y 1 flujo de detritos (Figura 3.1). Cabe mencionar que los movimientos en masa tipo caídas de rocas es muy común en los sectores de Yuquín Bajo y Quinta Yuquín.

De acuerdo al inventario de movimientos en masa, existen 24 MM cuyo escarpe se encuentra en Cangagua; 14 en el coluvio con mayor porcentaje de clastos de rocas metamórficas, 11 en coluvio con clastos de rocas volcánicas; 6 representan reactivaciones de la avalancha de rocas, 4 en rocas piroclásticas, 1 en esquistos y es necesario indicar un importante movimiento en masa de avalancha de rocas, que se encuentra en el sector de El Cedral (fuera de la zona de estudio).

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MM EN LA ZONA DE ESTUDIO

La terminología de un movimiento en masa tipo, se ilustra en la figura 3.2

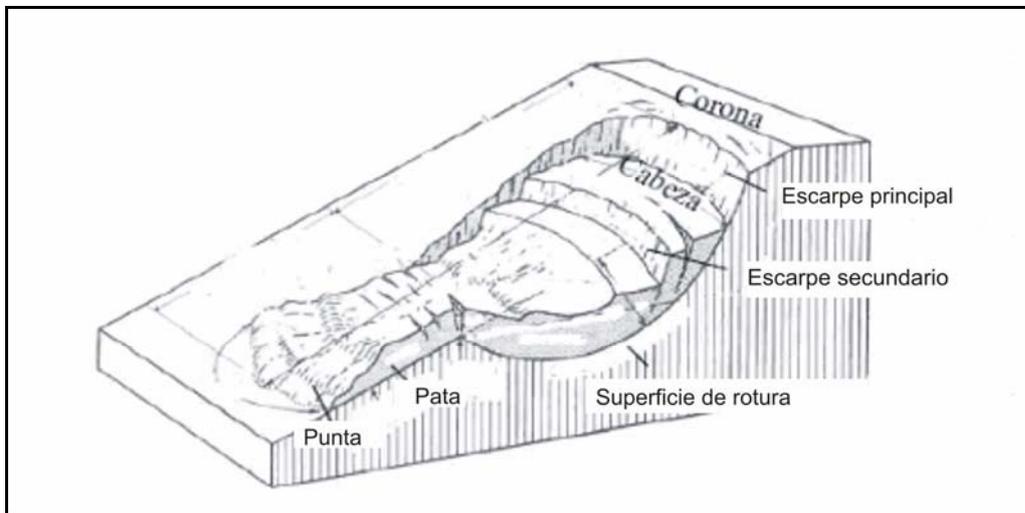


Figura 3.2.- Esquema de un movimiento en masa rotacional, con los principales términos.

Los movimientos en masa cartografiados en el área incluyen: Deslizamiento traslacional, deslizamiento rotacional, caída de rocas, avalancha de detritos, caída de detritos, flujo de detritos y reptación.

## DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL

**Definición.-** Es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca, el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno) plana u ondulada. El desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o plano de contacto entre la roca subyacente y el suelo residual o transportado (Cruden & Varnes, 1996). La velocidad de los movimientos traslacionales varía desde rápida a extremadamente rápida.

En la zona de estudio, este tipo de deslizamiento existe al noreste de la comunidad de Pueblo Nuevo (Foto 3.1). Morfométricamente presenta un ancho de 50 m y largo de 120 m, altura del escarpe igual a 3 m, con una pendiente de ladera post falla de  $20^\circ$  y dirección de movimiento de  $280^\circ$ , el área del polígono del MM (calculada en el software de SIG) es igual a  $5887 \text{ m}^2$ , correspondiendo a un volumen desplazado de aproximadamente  $8830 \text{ m}^3$ , lo que indica que fue de una magnitud pequeña. Las pendientes que predominan están en el rango entre  $10$  y  $30^\circ$ .

La ausencia de indicadores de MM, como grietas de tensión ó erosión del escarpe, prueba que el deslizamiento se encuentra estabilizado. En esta parte del movimiento en masas el suelo está cubierto por matorrales.



Foto 3.1: (HN65).Deslizamiento traslacional, sector Pueblo Nuevo. UTM: 174939, 35500

## DESLIZAMIENTO ROTACIONAL

**Definición.-** Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe pronunciado y una contra pendiente del cuerpo del deslizamiento entre el escarpe principal y secundario. Estos movimientos ocurren frecuentemente en materiales homogéneos, sin embargo y debido a que los materiales naturales rara vez son uniformes, el desplazamiento suele ocurrir a lo largo de discontinuidades pre-existentes (Cruden & Varnes, 1996). Un deslizamiento rotacional puede ocurrir lenta a rápidamente con velocidades menores a 1 m/s.

En la Fotografía 3.2, se indica un deslizamiento tipo rotacional, al NE del sector de Yuquín Bajo, la morfometría del MM, presenta un escarpe principal casi vertical, de aproximadamente 40 m de altura, un ancho igual a  $\square$  440 y largo de  $\square$  370 m, pendiente de ladera post falla de  $40^\circ$ ; azimuth del movimiento de la masa hacia el sur ( $180^\circ$ ); el área estimada del deslizamiento es de  $162800 \text{ m}^2$  y un volumen calculado de masa movida de  $3256000 \text{ m}^3$ , que indica una magnitud muy larga. En general este MM se encuentra en un rango de pendientes entre  $15$  y  $45^\circ$ .

Por la ausencia de indicadores de MM, a este deslizamiento se ha clasificado como estabilizado. Existen algunas viviendas habitadas y los moradores del sector realizan actividades de agricultura y ganadería aún en altas pendientes.

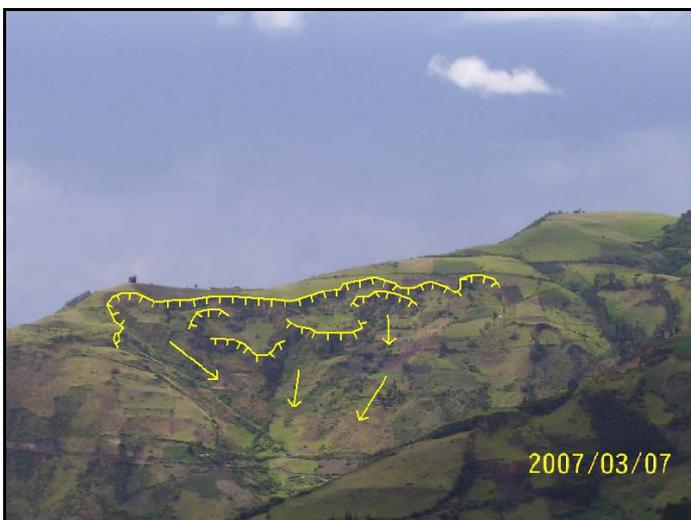


Foto 3.2: (HN26). Deslizamiento rotacional, sector Yuquín Bajo. UTM; 175632, 36989

## CAÍDA DE ROCAS

**Definición.-** Una caída se inicia con el desprendimiento de roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido.

Caída de rocas se observa al este de la comunidad de Yuquín Bajo, (Foto 3.3, HN178), las mismas que pendiente abajo han rodados hasta depositarse en la zona de acumulación (Foto 3.4), es decir donde la pendiente es más suave, ocupando un área aproximada de 65388 m<sup>2</sup>. Las pendientes en este sector varían entre 10 y 45°.

La zona de acumulación, se encuentra cubierta por coluviales con clastos de esquistos micáceos, angulosos a subangulosos, con diámetro  $\leq 2$  m. Los clastos que se encuentran sueltos en la superficie, pueden desprenderse debido a la erosión ocasionada por fuertes lluvias y por la misma actividad agrícola y ganadera que se practica en el sector.



Foto 3.3.- (HN178). Coordenadas UTM: 175867,36868, Fuente de caída de rocas.



Foto 3.4: Zona de acumulación, sector Yuquín Bajo. Iglesia del lugar.

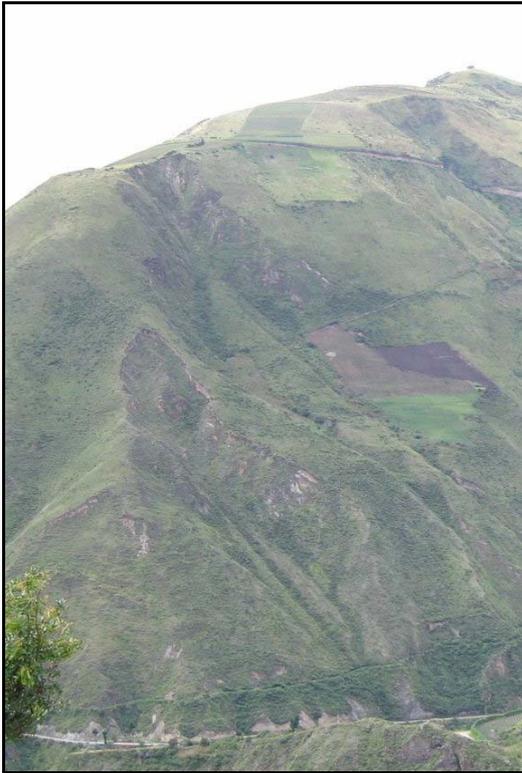
## **AVALANCHA DE DETRITOS**

**Definición.-** Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma el carácter tipo flujo. Las avalanchas de detritos pueden ocurrir en cualquier parte de laderas de alta pendiente, por lo que son muy rápidos a extremadamente rápidos (Hungry et al., 2001).

Avalancha de detritos existe al N del caserío de Pueblo Nuevo y al margen derecho de la quebrada "Yuquín" (Fotos 3.5). Morfológicamente, tiene un ancho de 120 m y 350 m de largo, que corresponde a un área de 42000 m<sup>2</sup>. La altura del escarpe se estima en unos 10 m, calculando una masa desplazada de aproximadamente 210000 m<sup>3</sup>. El azimut del movimiento es hacia el SO. Movimientos en masa de este tipo se producen generalmente en pendientes medias a altas.

La corona del movimiento en masa está constituida por cangahua, mientras que ladera abajo, se evidencia coluvial con clastos mayormente de rocas volcánicas. La actividad de este MM, se lo ha considerado como latente, debido a que puede reactivarse en períodos de lluvias muy fuertes y prolongadas.

Las actividades de agricultura y ganadería se vuelven más difíciles de llevar a cabo por la misma pendiente, pero en algunos casos aprovechan ciertas partes del MM donde la pendiente lo permite.



Fotos 3.5: (HN59). Avalancha de detritos no canalizado, sector Pueblo Nuevo.  
UTM: 174453, 36496

## **CAÍDA DE DETRITOS**

**Definición.-** Restringido a separación, caída, y fragmentación de partes de depósitos o suelos. Puede tratarse de un solo fragmento o un grupo de ellos, pero en este último caso existe poca interacción dinámica entre las partículas individuales. Generalmente es de volumen muy pequeño y velocidad extremadamente rápida. Caída de detritos es restringido a zonas con rápida erosión o cortes de laderas artificiales (PMA:GCA).

Caída de detritos, existe en los márgenes del río Ramos Danta, provocados especialmente por la erosión que hace el río a los taludes (socavamiento). Recientemente (marzo de 2007) ha ocurrido un movimiento de este tipo, originando una pequeña laguna en el río (Foto 3.6), con esto se evidencia la actividad que existe especialmente en tiempos de lluvias, y donde las pendientes son muy altas y el suelo no es consistente (coluvial).

Como se observa en la fotografía, la agricultura es la actividad que más se desarrolla en

esta zona; los sembríos se lo hacen hasta el filo del escarpe. Uno de los moradores comenta, que la mala práctica de riego en los terrenos hace que se desprendan pequeños volúmenes de suelo.



Foto 3.6: (HN155). Caída de detritos, sector Pueblo Nuevo.  
UTM: 175496, 34935.

## FLUJO DE DETRITOS

**Definición.-** Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Los flujos se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales empinados. Un flujo puede ser rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996).

Al norte de la quebrada Yuquín, carretero que comunica Pimampiro y Pueblo Nuevo, existe un flujo canalizado de detritos (Foto 3.7), provocado posiblemente por el desbordamiento del canal de riego, existente en la parte alta del carretero, este flujo atravesó el carretero y depositando el material en la zona de acumulación, localizado en la zona plana. La dirección del flujo es de  $320^\circ$ , con longitud de 240 m, área de  $11330 \text{ m}^2$  y un volumen de  $17000 \text{ m}^3$  aproximadamente, lo que significa una magnitud pequeña.

En el segmento superior del flujo se encuentra coluvial, mientras que en la parte baja existe material piroclástico. La pendiente en la zona se encuentra en el rango de

pendientes medias. En la parte plana, se acumuló el material del flujo, este es utilizado en agricultura.



Foto 3.7: (HN111). Flujo de detritos, sector Pueblo Nuevo.  
UTM: 173870, 36800.

## REPTACIÓN

**Definición.-** La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (PMA:GCA).

En el caserío de Yuquín Bajo, al margen derecho de la quebrada Yuquín, existe un MM de tipo reptacional (Foto 3.8). Se ha definido una forma poligonal de este MM, cuyas medidas aproximadas son: ancho = 70 m, largo 115 m, área calculada en el software SIG de 6808 m<sup>2</sup>.

Este movimiento se encuentra en material coluvial, donde la pendiente oscila entre los 30°. Se evidencia la deformación del árbol, característica que indica un movimiento lento del terreno. El suelo es utilizado para la agricultura y ganadería.



Foto 3.8: (HN180). Movimiento de reptación, sector Yuquín Bajo.  
UTM: 175792, 36600.

## **AVALANCHAS DE ROCAS**

**Definición.-** Las avalanchas de rocas son flujos largos, extremadamente rápidos de roca fracturada que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungry et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que incrementa con el volumen. Sus depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito material no derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria. Algunos depósitos de avalanchas pueden ser del orden de kilómetros cúbicos y pueden desplazarse por muchos kilómetros. Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s, y las velocidades medias pueden estar en el rango de 30-40 m/s (PMA:GCA).

El movimiento de avalancha de rocas, no existe dentro del sector estudiado, lo que existe y como ya se mencionó en el capítulo 2, en geología local, son los depósitos de avalancha de rocas.

La avalancha de rocas, se produjo desde el sector de El Cedral, morfológicamente se observa que falta una porción de la masa rocosa (Foto 3.9), del macizo rocoso identificado como andesitas y brecha; recorriendo una distancia aproximada de 2 kilómetros hasta depositarse en el sector de Pueblo Nuevo. Ocupa un área aproximada de 1101214 m<sup>2</sup> y una potencia desde el río Blanco hasta Pueblo Nuevo, de unos 240

metros, calculando un volumen aproximado de 264 millones de metros cúbicos, lo que equivale a una magnitud de extremadamente larga (anexo 1).



Foto 3.9: Movimiento en masa tipo avalancha de roca, sector, El Cedral.  
UTM: 173903, 33650.

#### 4. MAPA DE PENDIENTES

Para la realización del mapa de pendientes se utilizó el mapa topográfico digital a escala 1:25000, elaborado por el Instituto Geográfico Militar IGM. A partir de este mapa se generó un Modelo de Elevación Digital (DEM) (Figura 1.2) con ayuda de un software especializado, el mismo que muestra la morfología de la zona y los rangos de elevación.

Con el DEM, se creó un mapa Raster o Grid, en grados, con un tamaño de celdas de 40 x 40 m. Para escoger este tamaño de celda se utilizó el criterio del menor tamaño de deslizamiento, cartografiado en el mapa inventario de movimiento en masa; el mismo que corresponde aproximadamente a 40 m en su longitud máxima. A este Grid se realizó una clasificación (método Natural Breaks, en ArcMap), en tres rangos de pendientes ( $< 15^\circ$ ,  $15 - 35^\circ$  y  $> 35^\circ$ ), la frecuencia de píxeles de cada rango se muestra en la figura 4.1, y el mapa de pendientes se indica en la figura 4.2.

De acuerdo a los rangos, las pendientes menores a  $15^\circ$ , corresponden a pendientes bajas (color amarillo); entre  $15$  y  $35^\circ$  a pendientes medias (color naranja); mientras que, mayores  $35^\circ$  son consideradas como pendientes altas (color rojo).

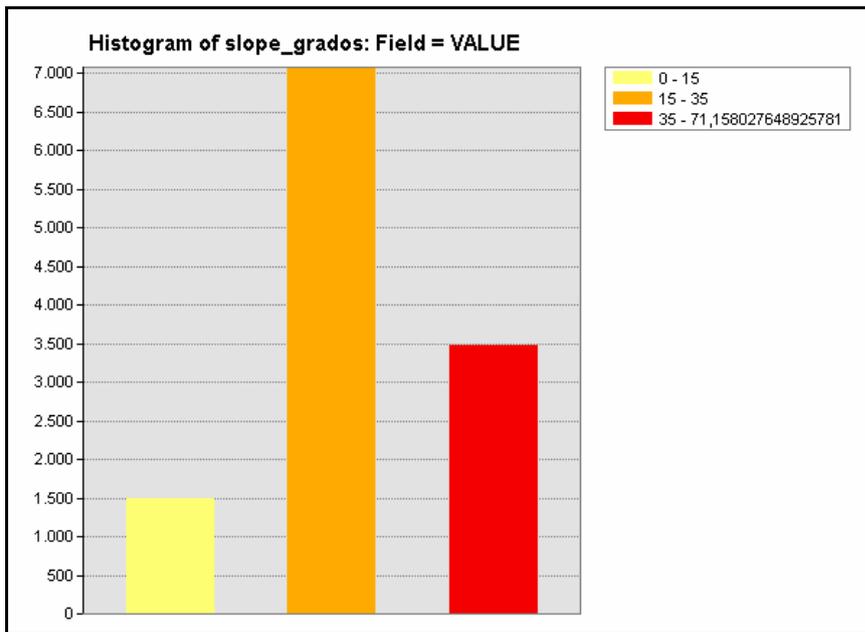


Figura 4.1.- Histograma de pendientes, donde predominan las pendientes medias.

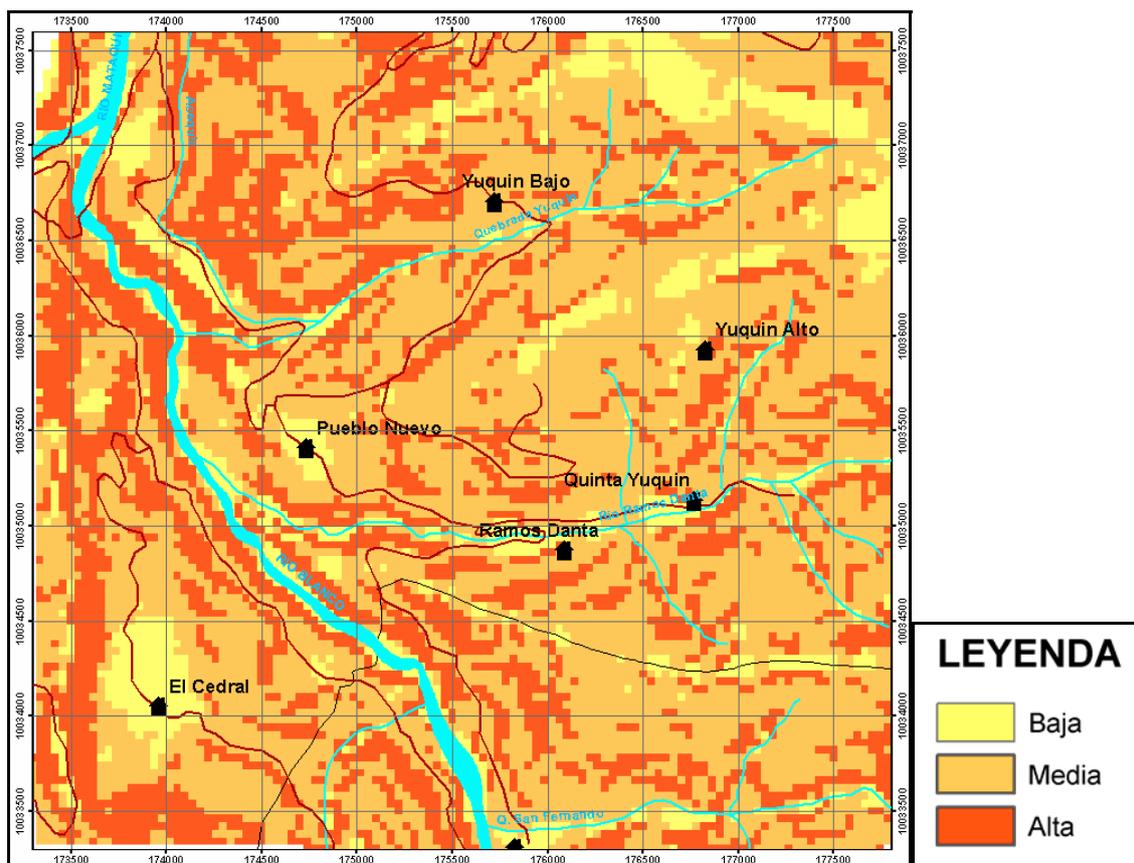


Figura 4.2.- Mapa de pendientes, clasificado en tres rangos.

## **5. MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD**

Para la zonificación de la susceptibilidad a las amenazas por movimientos en masa, utiliza el método de Brabb (1972). Este método considera tres factores para evaluar la susceptibilidad: El mapa de inventario de movimientos en masa, mapa de unidades litológicas, descrito en el acápite 2.2 de geología local y el mapa de pendientes.

El procedimiento se expone a continuación:

**A.-** Primero, se determina el área de cada una de las unidades y subunidades litológicas de la zona.

**B.-** El Mapa Inventario de Movimientos en Masa se sobrepone al Mapa de Unidades Litológicas para identificar las unidades en las cuales ocurren MM; y, se calculan las áreas deslizadas en cada una de las unidades litológicas.

**C.-** Las unidades litológicas del mapa son luego listadas en orden creciente considerando el porcentaje determinado por la relación entre las áreas deslizadas en cada unidad litológica y las áreas determinadas para cada unidad litológica. De esta manera se determina una susceptibilidad relativa o parcial, según el porcentaje de masa deslizada en cada litología.

**D.-** Las otras clases de susceptibilidad parcial se determinan en función de intervalos convenientes de los porcentajes de masa deslizada, identificados para cada unidad litológica.

**E.-** El mapa de pendientes se sobrepone al Mapa Litológico y al Mapa Inventario de MM combinados; y, se examinan sistemáticamente para determinar los intervalos de pendiente que muestran la máxima frecuencia de MM para cada unidad litológica. Los intervalos de pendiente que presentan los valores máximos, son etiquetados con las clases de susceptibilidad más alta.

## 5.1 DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARCIAL SP

a.-) Se elabora la matriz de susceptibilidad parcial SP considerando el área aflorante de cada unidad litológica y el área deslizada en cada una de ellas, para obtener el porcentaje deslizado por unidad litológica.

Se determina los rangos de SP mediante un análisis netamente aritmético considerando 3 clases entre 0 y 22.52%, de manera que la amplitud de cada rango es igual a 7.51%. En la tabla 5.1 se muestran las susceptibilidades parciales según los rangos determinados y en la tabla 5.2 se presenta la matriz de SP.

$21,75 - 0 = 21,75$
$21,75 / 3 = 7,25$

RANGOS DE SUSCEPTIBILIDAD PARCIAL	
RANGOS	SP
0 - 7,25	I
7,25 - 14,5	II
14,5 - 21,75	III

Tabla 5.1.- Rangos de SP en porcentajes

b.-) Se elabora una matriz de susceptibilidad parcial considerando el Mapa de Pendientes (3 rangos en porcentaje), y la frecuencia de MM en los diferentes rangos. Como un mismo MM se encuentra en dos o más rangos de pendientes, se realizó un conteo de áreas (píxeles) del MM en cada rango, como se muestra en la tabla 5.3. Además en la tabla de inventario de MM, se ha designado pesos a la actividad del movimiento en masa (Tabla 5.4).

Litología	Área Litología	Área PMM	Total deslizado por litología (%)	Grado de SP
Anfibolitas	8.710,00	2,90	0,03	1
Basalto	680.013,00	0,00	0,00	1
Brecha volcánica	357.357,00	23.644,11	6,62	1
Conglomerado aluvial	6.284,00	0,00	0,00	1
Conglomerado postvolcánico	2.233,00	0,00	0,00	1
Esquistos sericítico deformado	25.302,00	0,00	0,00	1
Gneis	16.492,00	0,00	0,00	1
Andesita cizallada	38.589,00	0,00	0,00	1
Depósito lacustre	894,00	0,00	0,00	1
Cangahua	5.464.128,00	517.733,63	9,48	2
Coluvial (metamórfico)	3.881.744,00	511.782,20	13,18	2
Depósito piroclastos	639.666,00	67.913,42	10,62	2
Avalancha de roca	1.101.214,00	248.043,44	22,52	3
Coluvial (volcánico)	2.676.457,00	514.973,00	19,24	3
Esquistos sericítico	882.573,00	170.310,40	19,30	3
<b>TOTAL ÁREA</b>	<b>15.781.656,00</b>	<b>2.054.403,10</b>	100,99	

Tabla 5.2.- Determinación de la SP (considerando 0 y 22.52 como menor y mayor porcentaje de áreas deslizadas)

Pendiente (°)	MM en el rango de pendiente (%)	Grado de SP
< 15	22,4	1
15 - 35	30,8	2
> 35	46,8	3

Tabla 5.3.- Determinación de la SP (considerando el mapa de pendientes y el inventario de MM)

Actividad	Nº de ocurrencias	Grado de SP
Estabilizado	26,0	1
Latente	26,0	2
Activo	8,0	3

Tabla 5.4.- Determinación del grado de susceptibilidad en la actividad de los MM.

## 5.2 DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ABSOLUTA O TOTAL

Para la determinación de la susceptibilidad absoluta o total, se utilizó las matrices anteriormente indicadas y con ayuda del software ARCGIS, se sumó las tres matrices o sus correspondientes rasters (grid) de susceptibilidad parcial como resultado tenemos el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Figura 5.1).

Los rangos que se han determinado, para diferenciar la susceptibilidad se indica a continuación.

**Susceptibilidad Baja.-** Con pendientes que varía entre 5 y 15°, en litologías como andesitas, cangagua, avalancha de rocas, coluvial, esquistos sericíticos. Las andesita que existen en El Cedral, se encuentran bastante consolidadas y aunque presenta pendientes altas, la susceptibilidad es baja. La población de Pueblo Nuevo se encuentra en esta susceptibilidad.

**Susceptibilidad Media.-** La mayor parte de la zona se encuentra en pendientes entre 15 y 30° y constituidas por: cangagua, coluviales con clastos metamórficos, piroclastos, brecha volcánica y esquistos. Poblaciones como Yuquín Alto, Quinta Yuquín y Ramos Danta, están ubicadas en susceptibilidad media.

**Susceptibilidad Alta.-** Este tipo de susceptibilidad, se encuentra mayoritariamente en pendientes medias y altas es decir entre 15 y 45°, que presentan litologías como coluviales con clastos volcánicos y depósitos de avalanchas de rocas, principalmente. Yuquín Bajo se encuentra asentada en una susceptibilidad media a alta.

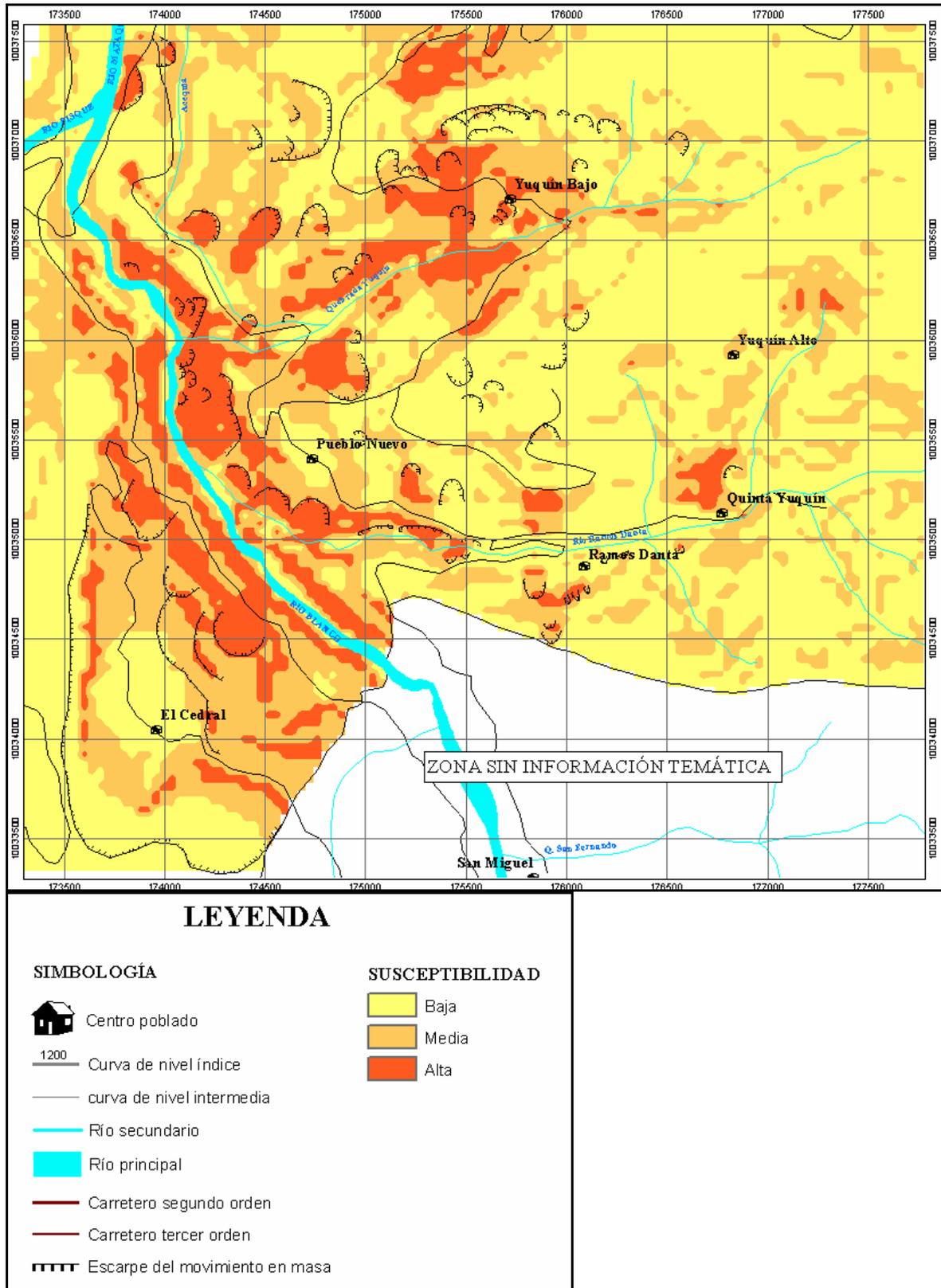


Figura 5.1: Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masas, clasificado en tres rangos.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- 2 Se realizó el inventario de 60 MM, de los cuales, 25 son de tipo traslacional, 22 rotacional, 5 caídas de detritos, 3 caídas de rocas, 2 avalanchas de detritos, 2 reptaciones y 1 flujo de detritos y a pesar que se encuentra fuera del área de estudio, es importante considerar la avalancha de roca. También se debe considerar como un canal de flujo los drenajes, que cuando llueve acarrea sedimentos de la erosión de las laderas por escorrentía.
- 4 Del inventario realizado, existen 8 MM, catalogados como activos, donde las pendientes varían entre media y alta. La mayoría de los movimientos activos, se encuentran en litología catalogada como coluvial.
- 5 Los movimientos en masa se han producido con mayor frecuencia en pendientes medias y altas, como es el caso de las márgenes derecha del río Ramos Danta y del río Blanco.
- 6 Al norte del caserío de Yuquín Bajo, en las coordenadas UTM: 175419, 36753, existe un MM activo, producto del debilitamiento del talud al abrir el carretero, esta ruta se vuelve bastante insegura, ya que siempre existe desprendimiento de rocas o deslizamiento especialmente en tiempos de lluvia.
- 7 La planicie donde se ubica Pueblo Nuevo, es un depósito de avalancha de roca. Aunque en la planicie no hay amenaza por MM, los bordes están siendo rápidamente erosionados, especialmente por el socavamiento de las paredes en la base del río Blanco.
- 8 Las actividades económicas que desarrollan son: la agricultura y ganadería, utilizando para esto la mayor cantidad del suelo, sin que la pendiente de la morfología sea un impedimento, para tales actividades.

- 9 Se elaboró el mapa de susceptibilidad, mediante el método de Brabb, que analiza de una forma estadística, la frecuencia de ocurrencia de MM por unidad litológica, y por rango de pendiente. Obteniendo de esta manera 3 clases de susceptibilidad, como se indica en el mapa 4 (Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa).
- 10 La comunidad de Yuquín Bajo, se encuentra en una zona de media y alta susceptibilidad a los MM. En caso de evacuación de la población, el carretero que se dirige hacia el norte, muestra una alta amenaza, por la presencia de deslizamientos activos, provocados por el corte del carretero; hacia el sur, en tiempos de lluvias fuertes la quebrada Yuquín lleva suficiente agua, por donde las personas del lugar no pueden pasar.
- 11 Es necesario mencionar, comentarios de la gente del lugar, que existe precipitaciones excepcionales cada 10 años aproximadamente, que han causado movimientos en masa catastróficos. Ramos Danta, hace aprox. 30 años, Yuquín Bajo hace 8 años. Eventos de este tipo podrían nuevamente causar daños trágicos.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- 1 Desarrollar planes de alerta y capacitación a las comunidades para concienciar a la gente del problema que existe en el sector y en conjunto entre todas las partes buscar soluciones que mitiguen al máximo desastres debidos a los fenómenos de movimientos en masa.
- 2 Instalar estaciones metereológicas en el sector, toma de datos diarios y continuidad de décadas, por que la recurrencia de los desastres está alrededor de los 10 años, periodo de intermitencia de fuertes lluvias.
- 3 En función al mapa de susceptibilidad, se debe realizar la planificación y zonificación de Yuquín, tomando en cuenta la ubicación de los asentamientos poblacionales, carreteras y futuros proyectos de construcción de obras civiles que se quieran realizar en la zona.

- 4 No se debe construir casas u obras civiles, en zonas determinadas como de alta susceptibilidad a movimientos en masa. De igual manera, si se quiere construir casas, estas deben estar lo suficientemente retiradas de los taludes o pendientes de las quebradas o ríos.
- 5 Mejorar el sistema de riego en pendientes medias a altas. No realizar por gravedad o inundación, sino por aspersión.
- 6 El uso del suelo en las zonas de susceptibilidad media en el área de estudio, puede ser utilizada para actividades de agricultura y ganadería.
- 7 Si se llega a concretar la reubicación del caserío de Yuquín Bajo a la parte alta (UTM: 175000, 36800), se recomienda construir en la parte plana, evitando cortar la pendiente de la ladera existente al este, garantizando la estabilidad de la ladera. De igual manera, realizar una buena infraestructura de alcantarillado y de agua potable y concienciar a la comunidad sobre el buen manejo de las aguas.
- 8 En caso de existir un evento adverso en la comunidad de Yuquín Bajo, es recomendable que sus pobladores evacuen hacia zonas estables de Pueblo Nuevo. Para facilitar la movilidad de las personas en tiempos de lluvias, se recomienda al GPI la construcción de un puente sobre la quebrada Yuquín.
- 9 Por el peligro que representa la evacuación de los pobladores de Ramos Danta, hacia Pueblo Nuevo, se recomienda que se haga hacia la escuela de Quinta Yuquín, que muestra un lugar seguro para la concentración de la gente. Para esto es necesario la construcción de un puente peatonal sobre el río Ramos Danta, en una ubicación aguas arriba de la escuela Ramos Danta.
- 10 En zonas de pendientes altas, es recomendable reforestar, esto ayudará a la estabilidad de sus laderas y evitar que las lluvias se alejen definitivamente. Las fuentes de abastecimiento de agua para las comunidades, nacen en las partes altas de las cuencas.

- 11 En general Pueblo Nuevo representa una buena estabilidad según se evidencia en el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa, especialmente por ser de pendiente baja y por situarse relativamente cerca de las comunidades motivo de este estudio, puede ser utilizado para concentrar la población, en caso de un evento adverso.
- 12 Este estudio debe constituir en una base para el manejo adecuado del suelo y de los recursos naturales, para lo cual, los organismos seccionales, locales y la sociedad en general debe estar comprometida en conocer y desarrollar la gestión integral del riesgo.
- 13 Realizar un monitoreo con GPS diferencial ó con estación total, antes y después de la estación invernal, es decir por lo menos dos veces al año. Para esto es recomendable, capacitar a funcionarios del GPI, y que sean los encargados de realizar el monitoreo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, Francisco. 2006. TESIS DE GRADO "Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, Cuenca de Loja".
- CRUDEN David, and VARNES David. 1996. LANDSLIDES: INVESTIGATIÓN AND MITIGATION. Landslide Types and Processes, Chapter 3.
- DGGM, 1982. Mapa Geológico de Mariano Acosta, escala 1:100000
- DUQUE, Pablo, UCP PRODEMINCA. 2000. BREVE LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DEL ECUADOR.
- INEMIN, 1987. Mapa Geológico de San Gabriel, escala 1:100000
- INGEOMINAS, 2001, EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA. Guía metodológica.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1986. MANUAL DE INGENIERÍA DE TALUDES.
- PORTER, Michael. LANDSLIDE CLASSIFICATION FOR RISK MANAGEMENT, Presentation to DINAGE – Ecuador.
- PMA:GCA. MANEJO DE PROYECTOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, Curso intensivo.
- PMA:GCA, 2006, MOVIMIENTOS EN MASA EN LA REGIÓN ANDINA. Una Guía para la Evaluación de Amenazas.
- PNUD, 2004. VIVIR CON EL RIESGO – Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.
- HERMANNNS, Reginald et al. 2004. LANDSLIDES, Rock avalanching into a landslide-dammed lake causing multiple dam failure in las conchas valley (nw argentina) – evidence fron surface exposure dating and stratigraphic analyses.

## **8. ANEXOS**

ANEXO 1: CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.

ANEXO 2: INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA.

ANEXO 3: GLOSARIO DE TÉRMINOS RELATIVOS A MOVIMIENTOS EN  
MASA.

ANEXO 4: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA.

## ANEXO 1: CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

### *Clasificación de acuerdo a la actividad*

ACTIVIDAD	MODIFICADOR	DESCRIPCIÓN
ACTIVO	En movimiento	El movimiento en masa se esta moviendo actualmente
	Suspendido	El movimiento en masa se ha movido en el último ciclo estacional
REACTIVADO	En movimiento	El movimiento en masa está activo pero ha sido inactivo o estabilizado anteriormente.
LATENTE	Desestabilizado	El movimiento en masa no se ha movido por más de un año, pero su efecto sobre la vegetación es evidente y la causa de la inestabilidad aún está presente.
ESTABILIZADO	Estabilizado o Abandonado	Como el anterior, pero la causa de inestabilidad no está presente, o el talud ha sido estabilizado.
RELICTO	Ninguno	La vegetación sobre el talud parece no estar afectado por el movimiento del talud. Los deslizamientos podrían haber ocurrido hace cientos o miles de años.

Estado de actividad de los movimientos en masa (PMA:GCA)

### *Clasificación de acuerdo a la magnitud*

MAGNITUD	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
Extremadamente largo	> 5,000,000
Muy largo	> 1,000,000
Medianamente largo	> 250,000
Mediano	> 50,000
Pequeño	> 5,000
Muy pequeño	> 500
Extremadamente pequeño	< 500

Tabla de magnitud (Michael Porter)

### *Clasificación de acuerdo a la velocidad*

INDICE DE MOVIMIENTO	VELOCIDAD
Extremadamente rápido	> 5 m/s
Muy rápido	> 3 m/min
Rápido	> 1.8 m/hr
Moderado	> 13 m/año
Lento	> 1.6 m/año
Muy lento	> 16 mm/año
Extremadamente lento	< 16 mm/año

Escala de velocidad (Cruden and Varnes, 1996)

## ANEXO 2: INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

C_DIGO	UTM_X	UTM_Y	UTM_Z	FECHA	TIPO_MOV	ACTIVIDAD	MATERIAL	DIP_LADERA	DIR_MOV	ANCHO	LARGO	F_AREA	USO_SUELO
HN12	175840	10034814	2335,00	13/09/2006	Traslacional	Latente	Roca	22	360	120	220	21891,51	Agricultura
HN20	175216	10036663	2525,00	14/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detritos	38	180	220	500	94508,32	Matorrales
HN26	175633	10036990	2730,00	14/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Roca, detritos	40	180	440	370	122424,65	Ganadería
HN33	175982	10037104	2820,00	15/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Roca	33	170	50	80	3498,47	Agricultura
HN38	176482	10036891	2760,00	15/09/2006	Traslacional	Relicto	Detrito	30	225	100	300	30931,19	Matorrales
HN41	176074	10036822	2680,00	15/09/2006	Traslacional	Estabilizado	Roca	40	165	70	160	9564,10	Matorrales
HN48	175687	10036632	2510,00	16/09/2006	Rotacional	Latente	Detrito	30	210	70	120	9906,32	Ganadería
HN55	175220	10035291	2380,00	17/09/2006	Rotacional	Latente	Detrito	39	190	80	170	11731,18	Matorrales
HN58	175426	10035139	2320,00	17/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito, roca	35	180	120	300	23530,08	Matorrales
HN59	174726	10036418	2415,00	18/09/2006	Avalancha detritos	Estabilizado	Detrito, roca	33	190	150	500	67839,29	Matorrales
HN62	174618	10036089	2191,00	18/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito	35	180	50	70	3116,46	Matorrales
HN63	174407	10036071	2170,00	18/09/2006	Traslacional	Latente	Detrito	37	215	60	120	6396,22	Matorrales
HN64	174454	10036496	2395,00	19/09/2006	Avalancha detritos	Latente	Detrito, roca	40	210	120	350	39033,23	Matorrales
HN65	174939	10035500	2370,00	19/09/2006	Traslacional	Estabilizado	Roca	34	260	65	120	6329,19	Matorrales
HN66	174849	10035844	2295,00	19/09/2006	Rotacional	Latente	Roca	34	300	230	350	66589,48	Matorrales
HN67	174910	10036022	2255,00	19/09/2006	Traslacional	Estabilizado	Tierra	39	280	50	120	5887,06	Agricultura
HN69	175483	10035611	2590,00	20/09/2006	Traslacional	Estabilizado	Roca	21	220	100	260	21084,19	Agricultura
HN72	175883	10036011	2740,00	20/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito, tierra	10	310	150	330	24801,99	Ganadería
HN73	175635	10035708	2680,00	20/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito	20	180	80	160	11099,53	Agricultura
HN74	175431	10035897	2570,00	20/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito, tierra	28	320	100	260	24493,03	Matorrales
HN75	175897	10035421	2580,00	20/09/2006	Rotacional	Estabilizado	Detrito, tierra	30	180	130	300	34972,41	Agricultura
HN82	175409	10036821	2660,00	21/09/2006	Traslacional	Activo	Detrito, tierra	36	190	120	220	21928,41	Matorrales
HN94	176549	10034984	2400,00	16/11/2006	Traslacional	Latente	Tierra	18	340	50	120	5878,00	Ganadería
HN97	175917	10034609	2492,00	16/11/2006	Rotacional	Latente	Detrito, tierra	33	360	120	260	24442,79	Matorrales
HN100	176174	10034923	2355,00	19/11/2006	Rotacional	Latente	Roca	21	340	40	100	3639,51	Matorrales
HN149	176020	10036200	2730,00	20/11/2006	Rotacional	Latente	Roca	21	340	150	300	26148,67	Ganadería
HN107	173816	10036340	1980,00	22/11/2006	Traslacional	Activo	Detritos	26	220	150	80	9322,07	Matorrales
HN109	173813	10037298	1960,00	22/11/2006	Traslacional	Activo	Detritos	31	270	300	130	29739,26	Ganadería
HN110	173924	10037446	1980,00	22/11/2006	Traslacional	Latente	Detritos	28	270	150	260	32990,53	Agricultura
HN111	173854	10036806	2080,00	23/11/2006	Flujo de detritos	Activo	Tierra	28	320	65	240	11330,52	Matorrales
HN151	173975	10035240	2160,00	22/04/2007	Rotacional	Estabilizado	Detrito, tierra	35	50	280	400	110063,24	Matorrales
HN152	174126	10034832	2300,00	22/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Detritos	36	55	160	300	43888,42	Matorrales
HN153	174392	10034626	2260,00	22/04/2007	Traslacional	Activo	Roca	34	30	220	410	75966,32	Matorrales
HN154	175522	10034973	2280,00	22/04/2007	Caida de detritos	Latente	Detritos	14	190	80	40	3049,03	Ninguno
HN155	175496	10034935	2270,00	22/04/2007	Caida de detritos	Activo	Detritos	9	360	50	60	3042,02	Ninguno
HN156	175421	10034922	2250,00	22/04/2007	Caida de detritos	Latente	Detritos	24	360	80	90	5785,86	Ninguno
HN157	175296	10035004	2220,00	22/04/2007	Caida de detritos	Latente	Detritos	37	180	240	80	17504,65	Ninguno
HN158	175048	10035035	2200,00	22/04/2007	Caida de detritos	Latente	Detritos	45	180	160	40	6387,76	Ninguno
HN159	176089	10034773	2400,00	22/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Tierra	38	325	40	100	3519,22	Agricultura

C_DIGO	UTM_X	UTM_Y	UTM_Z	FECHA	TIPO_MOV	ACTIVIDAD	MATERIAL	DIP_LADERA	DIR_MOV	ANCHO	LARGO	F_AREA	USO_SUELO
HN160	176034	10034747	2400,00	23/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Tierra	33	325	45	120	4641,00	Agricultura
HN161	175989	10034736	2400,00	23/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Tierra	33	325	40	120	4004,24	Agricultura
HN162	176263	10034945	2360,00	23/04/2007	Rotacional	Estabilizado	Tierra	23	360	90	70	5548,99	Agricultura
HN163	176721	10035273	2540,00	23/04/2007	Reptacion	Activo	Detritos	29	190	100	180	15127,43	Ganadería
HN164	176842	10035296	2520,00	23/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Detritos	33	145	100	150	11658,36	Ganadería
HN165	176805	10035366	2620,00	23/04/2007	Caida de rocas	Latente	Detritos	28	0	700	400	130137,41	Ganadería
HN166	174708	10035097	2260,00	23/04/2007	Rotacional	Latente	Detritos	32	185	180	220	34252,57	Matorrales
HN167	174513	10035166	2220,00	23/04/2007	Traslacional	Latente	Detritos	35	220	180	140	21908,14	Matorrales
HN168	174336	10035281	2120,00	23/04/2007	Rotacional	Latente	Detritos	16	240	170	140	21958,40	Matorrales
HN169	174208	10035661	2180,00	23/04/2007	Rotacional	Latente	Detritos	26	270	550	280	138456,88	Matorrales
HN170	174152	10036523	2320,00	24/04/2007	Traslacional	Latente	Detritos	30	240	150	270	36250,20	Matorrales
HN171	174393	10037144	2600,00	24/04/2007	Rotacional	Estabilizado	Detritos	32	280	360	740	247975,74	Matorrales
HN172	174891	10036284	2360,00	24/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Roca	41	180	80	160	10975,04	Matorrales
HN173	174991	10036353	2400,00	24/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Roca	43	180	70	150	9920,93	Matorrales
HN174	175465	10036549	2540,00	24/04/2007	Traslacional	Latente	Detritos	35	200	100	230	20955,16	Matorrales
HN175	176085	10037058	2800,00	24/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Roca	24	180	90	180	7253,41	Agricultura
HN176	176207	10037013	2820,00	24/04/2007	Traslacional	Estabilizado	Roca	22	180	90	170	14508,98	Agricultura
HN177	175747	10036177	2740,00	24/04/2007	Caida de rocas	Latente	Detritos	27	0	650	500	147553,23	Ganadería
HN178	175898	10036715	2660,00	24/04/2007	Caida de rocas	Latente	Detritos	32	0	380	220	65388,83	Ganadería
HN179	174099	10036108	2140,00	24/04/2007	Rotacional	Latente	Detritos	39	250	170	180	25381,66	Matorrales
HN180	175792	10036600	2540,00	24/04/2007	Reptacion	Activo	Tierra	27	240	70	115	6808,33	Agricultura

#### **ANEXO 4: GLOSARIO DE TERMINOS RELATIVOS A MOVIMIENTOS EN MASA**

**Amenaza.-** Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen o áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia. También es importante describir las velocidades y las velocidades diferenciales de los deslizamientos. Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

**Cabeza.-** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

**Cima.-** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

**Corona.-** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.

**Pie de la superficie de ruptura.-** La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

**Punta del pie.-** El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.

**Pie.-** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.

**Cuerpo principal.-** Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.

**Escarpe principal.-** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.

**Escarpe secundario.-** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.

**Flanco.-** El costado de un deslizamiento de tierras.

**Fenómenos de Remoción en Masa.-** Todo movimiento ladera abajo del material geológico debido a la fuerza de la gravedad. Suele emplearse de manera errónea el término “deslizamiento” en lugar de FRM. Este término corresponde solo a un

tipo de fenómeno de remoción, caracterizado por tener un plano de rotura y un mecanismo sea traslacional o rotacional (Varnes, 1978).

**Material desplazado.-** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.

**Peligro de deslizamientos de tierra.-** representado por la susceptibilidad, que es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.

**Probabilidad.-** La posibilidad de un resultado específico medido como la relación de los resultados específicos sobre el número total posible de resultados. La probabilidad se expresa como un número entre 0 y 1 indicando con 0 la imposibilidad de ocurrencia y con 1 la certeza.

**Riesgo.-** Es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades en riesgo. El riesgo generalmente se le estima como el producto de peligro X vulnerabilidad.

**Riesgo (específico).-** El monto de las pérdidas esperadas por causa de un fenómeno particular de deslizamiento.

**Superficie de separación.-** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.  
Susceptibilidad: La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La lluvia y sismos pueden ser considerados como factores detonantes para la ocurrencia de un deslizamiento.

**Deslizamiento traslacional.-** Es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca, el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno) plana u ondulada. La velocidad de los movimientos traslacionales varía desde rápida a extremadamente rápida.

**Deslizamiento rotacional.-** Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe pronunciado y una contra pendiente del cuerpo del deslizamiento entre el escarpe principal y secundario. Un deslizamiento rotacional puede ocurrir lenta a rápidamente con velocidades menores a 1 m/s.

**Caída de rocas.-** Una caída se inicia con el desprendimiento de roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido.

**Avalancha de detritos.-** Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable

distorsión interna y toma el carácter tipo flujo. Las avalanchas de detritos pueden ocurrir en cualquier parte de laderas de alta pendiente, por lo que son muy rápidos a extremadamente rápidos.

**Caída de detritos.-** Restringido a separación, caída, y fragmentación de partes de depósitos o suelos. Generalmente es de volumen muy pequeño y velocidad extremadamente rápida.

**Flujo de detritos.-** Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Un flujo puede ser rápido a extremadamente rápido.

**Reptación.-** La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

**Avalanchas de rocas.-** Las avalanchas de rocas son flujos largos, extremadamente rápidos de roca fracturada que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable. Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que incrementa con el volumen.

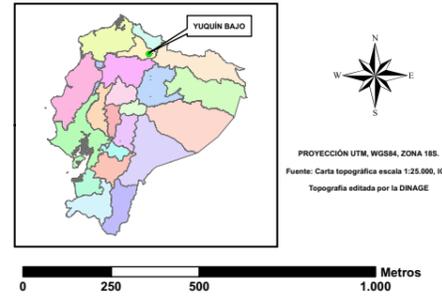
**PROYECTO PILOTO "YUQUÍN"**  
**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD**  
**A LOS MOVIMIENTOS EN MASA**



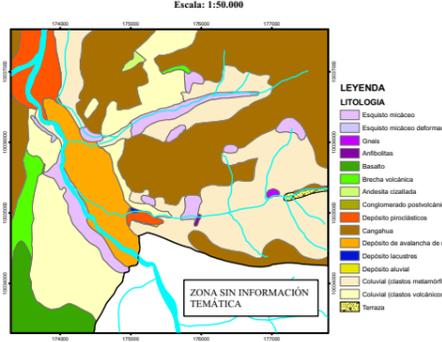
Ministerio de Minas y Petróleos, Subsecretaría de Minas,  
 Dirección Nacional de Geología, Unidad de Geología Aplicada  
 Proyecto Multinacional Andino : Geociencias para las Comunidades Andinas

Elaborado por: Ing. Hendry Núñez Montero

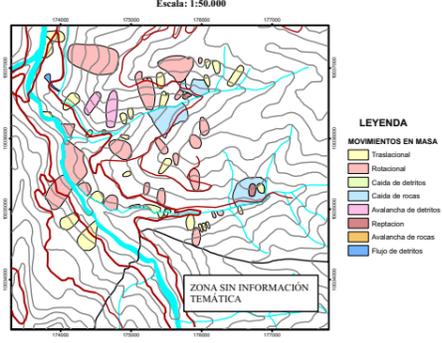
**UBICACIÓN DEL AREA ESTUDIO**



**ESQUEMA LITOLÓGICO**

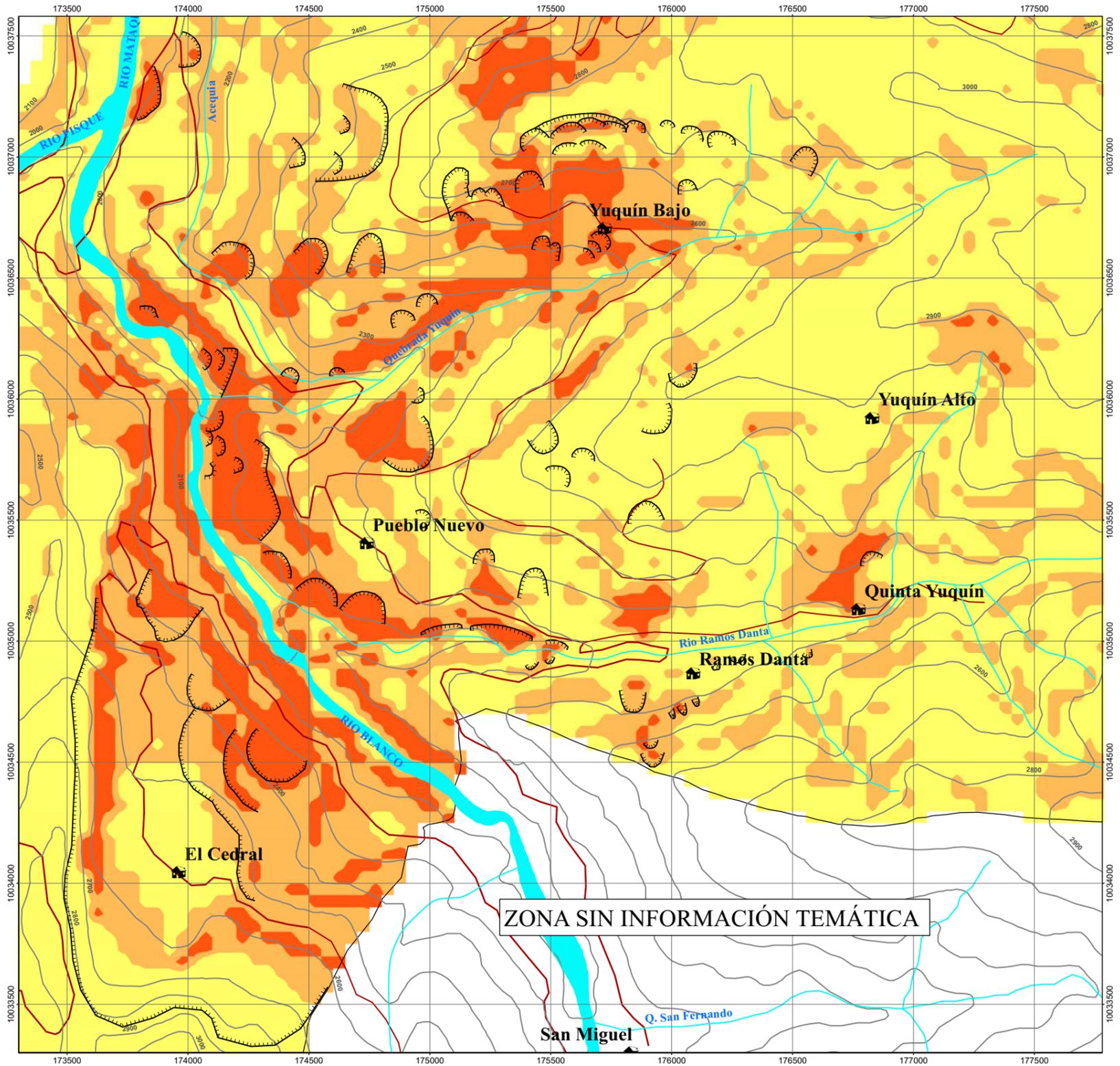


**ESQUEMA MOVIMIENTOS EN MASA**



**SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA**

ESCALA: 1:10.000



**LEYENDA**

**SIMBOLOGÍA**

- Centro poblado
- Curva de nivel índice
- Río secundario
- Río principal
- Carretero segundo orden
- Carretero tercer orden
- Escarpe del movimiento en masa

**SUSCEPTIBILIDAD**

- Baja
- Media
- Alta

**GLOSARIO DE TÉRMINOS RELATIVOS A MOVIMIENTOS EN MASA**

**Amenaza.** Es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.  
**Avalancha de detritos.** Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma el carácter tipo flujo. Las avalanchas de detritos pueden ocurrir en cualquier parte de laderas de alta pendiente, por lo que son muy rápidas a extremadamente rápidas.  
**Avalanchas de rocas.** Las avalanchas de rocas son flujos largos, extremadamente rápidos de roca fracturada que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable. Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que incrementa con el volumen.  
**Cabeza.** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.  
**Caída de detritos.** Restringido a separación, caída, y fragmentación de partes de depósitos o sucos. Generalmente es de volumen muy pequeño y velocidad extremadamente rápida.  
**Caída de rocas.** Una caída se inicia con el desprendimiento de roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido.  
**Cima.** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.  
**Cuerpo.** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas del escarpe principal.  
**Cuerpo principal.** Aquella parte del material desplazado superpuesta a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.  
**Deslizamiento rotacional.** Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe pronunciado y una contra pendiente del cuerpo del deslizamiento entre el escarpe principal y secundario. Un deslizamiento rotacional puede ocurrir lenta o rápidamente con velocidades menores a 1 m/s.  
**Deslizamiento traslacional.** Es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca, el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno) plana y ondulada. La velocidad de los movimientos traslacionales varía desde rápida a extremadamente rápida.  
**Escarpe principal.** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.  
**Escarpe secundario.** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.  
**Fenómenos de Remoción en Masa.** Todo movimiento sobre la base de las condiciones locales del terreno. La ladera abajo del material geológico debido a la fuerza de la gravedad. Suele emplearse de manera errónea el término "deslizamiento" en lugar de FRM. Este término corresponde solo a un tipo de fenómeno de remoción, caracterizado por tener un plano de rotura y un mecanismo sea traslacional o rotacional (Varnes, 1978).  
**Flanco.** El costado de un deslizamiento de tierras.  
**Flujo de detritos.** Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Un flujo puede ser rápido a extremadamente rápido.  
**Material desplazado.** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.  
**Pie.** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.  
**Punto de superficie de ruptura.** La intersección (a veces concentrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.  
**Peligro de deslizamientos de tierra.** Representado por la susceptibilidad, que es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.  
**Probabilidad.** La posibilidad de un resultado específico sobre el número total posible de resultados.  
**Ruptura.** La ruptura se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La ruptura puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.  
**Riesgo.** Es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades en riesgo. El riesgo generalmente se le estima como el producto de peligro X vulnerabilidad.  
**Riesgo (específico).** El monto de las pérdidas esperadas por causa de un fenómeno particular de deslizamiento.  
**Susceptibilidad Alta.** Este tipo de susceptibilidad, se encuentra mayoritariamente en pendientes medias y altas es decir entre 15 y 45°, que presentan litologías donde se ubican el mayor número de movimientos en masa.  
**Susceptibilidad Baja.** Con pendientes que varía entre 5 y 15° y en litologías con menor área afectada por movimientos en masa.  
**Susceptibilidad Media.** En pendientes entre 15 y 30° y litologías con áreas afectadas por pocos movimientos en masa.  
**Superficie de separación.** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.  
**Susceptibilidad.** La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La lluvia y sismos pueden ser considerados como factores detonantes para la ocurrencia de un deslizamiento.



Sector de Yuquín Bajo, en fondo se observa el deslizamiento rotacional.