



Bustillos Jorge, Arciniega Frank, Freire Alejandro,
Gómez Paola, Iles Maricela, Masapanta Edwin,
Quinto Valeria, Toro Eva.
Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y
Ambiental, Carrera de Ingeniería en Geología. Universidad
Central del Ecuador - Casilla 872 A, Quito, Ecuador.

e-mail: jebustillos@uce.edu.ec

UNA BREVE CARACTERIZACIÓN DE LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM): SIGCHOS-ECUADOR

RESUMEN:

La caracterización de fenómenos de remoción en masa (FRM) desempeña un rol muy importante en el estudio de amenazas geológicas potenciales, debido a que generan daños económicos y sociales. Por tal motivo el presente trabajo muestra un análisis e inventario de los FRM del cantón Sigchos a una escala 1:50000. En la primera fase se realizó una interpretación fotogeológica preliminar para cada parroquia, definiendo así zonas susceptibles a FRM. En la segunda fase mediante fichas técnicas de verificación de campo se caracterizó físicamente cada tipo de FRM. Además, se analizó las posibles afectaciones a zonas pobladas e infraestructura de interés público.

El procesamiento de datos permitió determinar que el área de afectación por FRM, del total en el cantón, representa el 7%. Las parroquias más afectadas son: Las Pampas e Isinlivi con un 14% de las áreas correspondientes a cada una; seguido de Palo Quemado, Chugchilán y Sigchos. Entre los tipos de FRM caracterizados se encuentran: los deslizamientos, caídas de rocas y detritos y flujos. Los procesos de remoción más frecuentes son los deslizamientos, tanto rotacionales como traslacionales entre 99% y 82% del total de los procesos identificados. Los materiales más comunes que han sido susceptibles a removerse son areniscas, lutitas, andesitas y volcansedimentos.

Palabras clave: deslizamientos, sigchos, fenómenos de remoción en masa, amenaza por deslizamientos

ABSTRACT:

The characterization of landslides phenomena (FRM) play a very important role in the study of potential geological hazards, because its generates a very important economic and social damage. Therefore this paper presents an analysis and landslide inventory of the canton Sigchos, scale of 1: 50000. The photogeology was a first phase of the preliminary interpretation, defining susceptible areas to FRM. In the second phase of the he analysis was performed by verification data sheets, landslides phenomena were physically characterized; in addition, the possible effects on populated areas and infrastructure of public interest was analyzed.

Data processing determines that the area affected by FRM, represents 7% in the área of the canton Sigchos. The towns most affected are: Las Pampas in Isinliví with 14% of the areas; followed by Palo Quemado, Chugchilán and Sigchos. the types of FRM characterized are landslides, rockfalls and debris flows. The processes most frequently are translational and rotational slides, this tipe of slides represent between 99% to 82% of the identified processes. The most common materials that have been removed are susceptible to sandstones, shales, andesites and volcano sediments.

KEY WORDS: landslides, sigchos, landslides phenomena. landslide hazard

1. INTRODUCCIÓN:

El cantón Sigchos (Fig. 1) al estar expuesto a fuertes precipitaciones asociadas al Fenómeno del Niño y otras características como el abrupto relieve, tectónica activa y actividad antrópica, hacen que sea susceptible a los fenómenos de remoción en masa (FRM), afectando a las principales vías de acceso (Latacunga-Sigchos, Sigchos-Las Pampas-Palo Quemado, Sigchos-Chugchilán), obras civiles, viviendas y agricultura. Los constantes cierres de vía, provocados por los FRM, han dejado incomunicados a poblaciones enteras impidiendo el comercio, transporte y causando problemas económicos en las familias.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo 2015, “el cantón de Sigchos muestra una susceptibilidad alta de deslizamiento abarcando 120 080 ha, lo que representa el 88,4% de la totalidad del cantón; una susceptibilidad mediana de 12892 ha, siendo el 14,6%; la susceptibilidad moderada comprende 1057 ha, siendo el 0,77% la representatividad por extensión y finalmente una susceptibilidad baja de 1755 ha, 1,29%”. Además, la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) emitió un informe al GAD de Sigchos en febrero 2016,

sobre la amenaza por FRM existente en el cantón, donde se destaca la alta incidencia de estos procesos, tal como sucedió en el deslizamiento Sipetrol, el martes 26 de enero del 2016, en el cual hubo 5 víctimas mortales producto de un deslizamiento de tierra.

Conforme con lo anterior y, dentro del acuerdo de cooperación entre la Universidad Central del Ecuador (UCE-FIGEMPA) y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Sigchos se ha realizado una breve caracterización de los FRM, para definir las principales características, con el fin de que la población y las autoridades competentes tengan un mayor conocimiento del fenómeno.

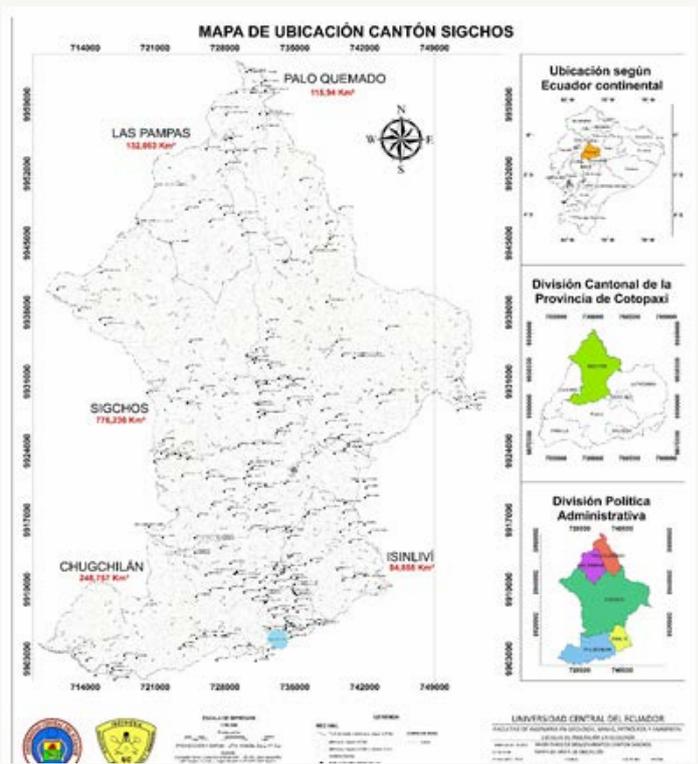


Fig. 1: Mapa de ubicación geográfica del cantón Sigchos.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO:

El cantón Sigchos se encuentra en la Cordillera Occidental que está compuesta de bloques alóctonos, los cuales fueron acrecionados al margen Sudamericano durante el Cretácico tardío y el Terciario temprano [1] (Fig. 2). Al borde occidental aflora la Unidad Macuchi, geoquímicamente el basamento basáltico– andesítico que tiene una afinidad de arco volcánico con composición química calco alcalina y toleítica [2], [3]. Comprende areniscas de grano grueso con aporte volcánico, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, diabasas, basaltos sub-porfíricos y pillow-lavas.

Según [4], Macuchi se encuentra en contacto fallado (Falla Pilaló-Sigchos) con el Grupo Angamarca, donde aflora la Unidad Apagua que consiste en capas finas a medias de lodolitas y argilitas estratificadas con areniscas de grano grueso con contenido mínimo de moscovita y biotita. Al este de Sigchos la Unidad Apagua esta sobreyacida en contacto discordante por el Grupo Zumbahua de edad Miocénica, litológicamente

3.1.2 Estado

Presenta un diagnóstico de la situación actual donde se ha producido el FRM.

Activos: son movimientos en el tiempo presente o movimientos que han ocurrido en el último ciclo estacional. Son generalmente frescos; sus rasgos morfológicos tales como escarpe y colinas, son fácilmente reconocibles debido a su movimiento gravitacional.

Relictos: no hay evidencia de movimiento dentro del último ciclo estacional, en ellos las huellas de sus últimos movimientos no son fácilmente reconocibles debido a la cobertura vegetal. Estos movimientos pueden ser reactivados (latente) si se dan las condiciones necesarias para ello.

3.1.3 Magnitud

El análisis se lo realizó en base a la siguiente tabla, donde se establecieron 3 rangos relacionados a la magnitud que propone [8] (Tabla 3):

Extremadamente largo, Muy largo - Grande

Medianamente largo, Mediano - Mediano

Pequeño, Muy pequeño, Extremadamente pequeño – Pequeño

Magnitud	Volumen (m ³)
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 3. Magnitud de los FRM según [8]

3.1.4 Presencia de agua

La presencia de agua es de gran importancia en el desarrollo del estudio, normalmente indica la ruta que toma el flujo de escorrentía sobre la superficie del terreno y exhibe zonas de debilidad o canales para facilitar el movimiento de material deslizado.

3.2 Características del depósito

3.2.1 Material

El material es un de los parámetros más importantes en la evaluación de FRM, debido a que se deben tener en cuenta las características texturales y mineralógicas de los materiales, el grado de alteración, meteorización, fracturamiento. Los tipos de suelos y rocas juegan un papel preponderante en el comportamiento dinámico de las laderas [9]. En este caso la evaluación del tipo de material establece dos categorías: roca y matriz (Fig. 3).

3.2.2 Composición

La composición y granulometría adquiere relevancia al ser determinante de las propiedades del depósito y estabilidad en laderas, en este parámetro se tomó en cuenta el tamaño de grano del material que varía de bloques a arcillas (Tabla 4).



Fig. 3: Tipo de material asociado a los FRM, sector Isinlivi:

A) Roca; B) Roca y Matriz;

C) Matriz

3.2.3 Deformación del terreno

Este aspecto aplicaría únicamente para movimientos tipo deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, propagación lateral, reptación y deformaciones gravitacionales profundas. Para estos casos, la deformación se refiere a los cambios de forma del terreno afectado por el movimiento que se puede apreciar en superficie.

En la ficha propuesta se sugieren dos parámetros que son modo y severidad.

Modo

Ondulación y Escalonamiento

Severidad

La calificación del grado de severidad de cualquiera de los casos que se escoja tiene tres niveles:

Leve: Cuando la deformación es apenas perceptible a simple vista o al caminar.

Media: Cuando la deformación es evidente con ondulaciones o escalonamientos apreciables al caminar. Árboles, cercas y postes inclinados, estructuras afectadas por agrietamientos o inclinaciones.

Severa: Cuando el terreno se encuentra fuertemente afectado por múltiples desniveles, formando en ocasiones grandes bloques separados por grietas y escarpes secundarios. Cualquier estructura sobre este terreno está severamente afectada o destruida.

Wentworth/Doeglas		DIN 4022	
[mm]	Bloques		[mm]
63	muy grueso	Gravas	63
32	grueso		20
16	medio		6,3
8	fino		2
4	muy fino	Arena	0,63
2	muy grueso		0,2
1	grueso		0,063
0,5	medio		0,02
0,25	fino	Silt o Limo	0,0063
0,125	muy fino		0,002
0,063	muy grueso		
0,032	grueso		
0,016	medio	Arcilla	
0,008	fino		
0,004	muy fino		

Tabla 4. Clasificación del tamaño de grano (Modificado de [10] y [11])

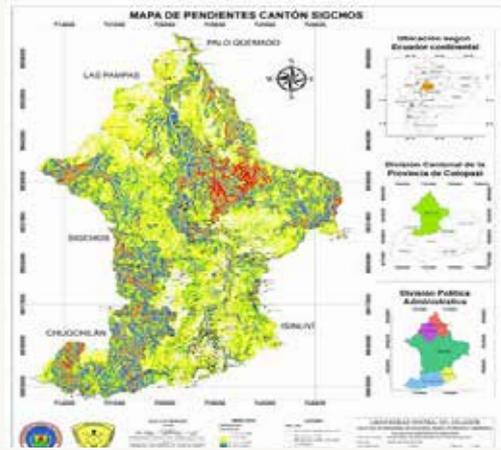


Fig. 4: Mapa de pendientes del cantón Sigchos.

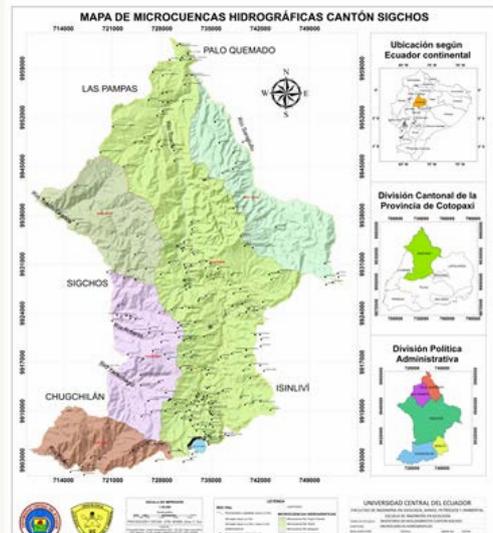


Fig. 5: Mapa de microcuencas hidrográficas del cantón Sigchos.

4. LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN DE MASA EN EL CANTÓN SIGCHOS

El levantamiento de información realizado en inspecciones de campo (Tabla 1), dentro del cantón Sigchos, ha permitido elaborar una breve caracterización de los FRM. Los resultados se han distribuido de acuerdo a la división política del cantón (Fig. 1), que corresponde de Norte a Sur a las parroquias: Palo Quemado, Las Pampas, Sigchos, Isinlivi y Chugchilán.

4.1 Palo Quemado

La parroquia Palo Quemado se encuentra ubicada en el noreste del cantón, tiene una extensión de alrededor de 115.94 Km² (Fig. 1), y alberga una población de 1.030 habitantes [12]. La topografía de la zona es de pendientes entre muy suaves a muy abruptas (Fig. 4) y está asentada en las microcuencas de los ríos Toachi y Sarapullu (Fig. 5).

Los principales FRM en esta zona son: deslizamientos, flujos, reptaciones, caída de rocas y detritos, los cuales representan alrededor del 7% del área total de la parroquia (Fig. 6); dichos movimientos corresponden: a) 99% deslizamientos rotacionales y traslacionales, en donde el material deslizado es limo-arcilloso con fragmentos de areniscas verdes y lutitas meteorizadas. Frecuentemente el estado de los deslizamientos es activo; con magnitudes entre muy largo a medianamente largo según la Tabla 3. Presenta una estabilidad muy mala a mala con pendientes de 45° a 70°; la severidad varía de alta a leve, con afectación a las vías: Sigchos-Las Pampas, San Pablo-Las Pampas y zonas de cultivo.

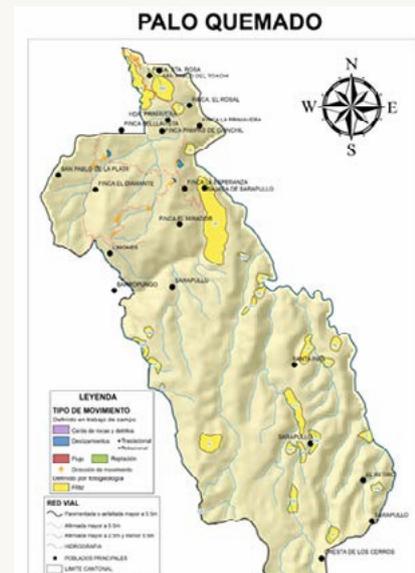


Fig. 6: Mapa que muestra el tipo de FRM en la parroquia Palo Quemado del cantón Sigchos.

b) 1% de flujos, que están caracterizados por presentar una matriz limo-arcillosa; en estado activo; con presencia de agua que canaliza el material pendiente abajo. La estabilidad general es mala a muy mala; la severidad es alta. c) 0.2% de reptaciones, que está caracterizada por material limo-arcilloso; en estado activo; la estabilidad general es mala a muy mala; la severidad es alta. d) 0.001% caída de rocas y detritos, consiste en material con fragmentos de areniscas verdes meteorizadas y rocas volcánicas, con tamaños que varían de bloques a gravas; el movimiento presenta un estado activo; la estabilidad mala a media con pendientes mayores a 60°; severidad mala con afectación a las vías.

4.2 Las Pampas

La parroquia Las Pampas se encuentra ubicada en el extremo noroeste del cantón, tiene una extensión de alrededor de 132.053 Km² (Fig. 1), y alberga una población de 1.943 habitantes [12]. La topografía es de pendientes entre muy suave a abrupta (Fig. 4) asentada en las microcuencas de los ríos Toachi y Río Toachi Grande (Fig.5).

Los deslizamientos, flujos y caída de rocas, representan alrededor del 14% del área total de la parroquia (Fig. 7); dichos movimientos corresponden: **a)** 97% deslizamientos rotacionales y traslacionales, cuyos materiales deslizados son fragmentos de areniscas verdes con aporte volcánico y lutitas meteorizadas, inmersas en matriz limo-arcillosa. En general el estado de los deslizamientos es activo; con magnitudes medianas según la Tabla 3; estabilidad muy mala a mala con pendientes de 45° a 70°; la severidad varía de alta a leve, con afectación a las vías: Sigchos-Las Pampas, San Pablo-Las Pampas y zonas de cultivo, además hay presencia de agua en el talud. **b)** 2% de flujos, están caracterizados por matriz limo-arcillosa; en estado activo; con presencia de agua que canaliza el material pendiente abajo; la estabilidad general es mala a muy mala; la severidad es alta, con afectación a las vías: Sigchos-Las Pampas, San Pablo-Las Pampas. **c)** 1% caída de rocas y detritos, presentan fragmentos de areniscas verdes meteorizadas y rocas volcánicas, con tamaños que varían de bloques a gravas; el movimiento presenta un estado activo. La estabilidad es mala a media con pendientes mayores a 60°, en donde la severidad mala afecta a las vías: Sigchos-Las Pampas, San Pablo-Las Pampas.

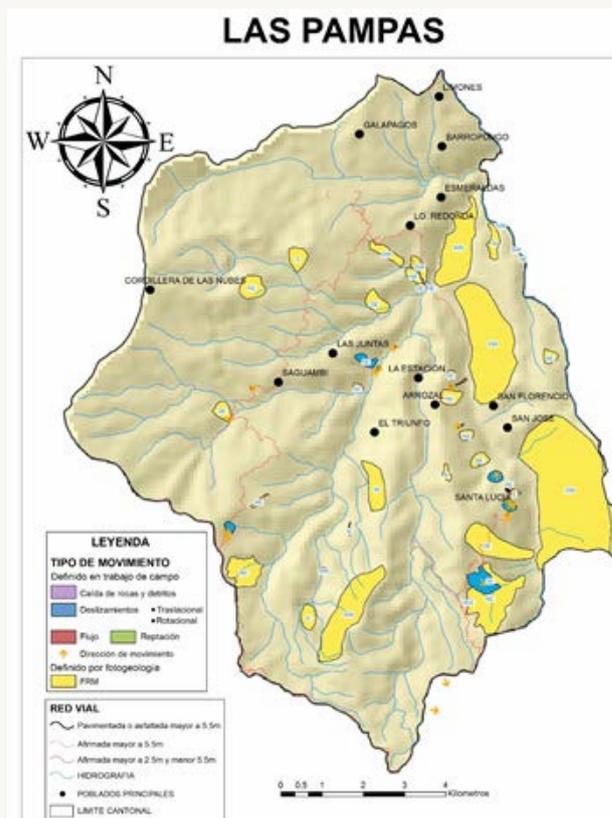


Fig. 7: Mapa que muestra el tipo de FRM en la parroquia Las Pampas del cantón Sigchos.

4.3 Sigchos

Sigchos es la parroquia de mayor extensión. Está ubicada en el centro del cantón con una extensión de 776,236 Km². Se encuentra dominada por depósitos volcánicos cuaternarios no consolidados del Quilotoa y Los Illinizas (Fig. 2) y su morfología presenta pendientes abruptas y amplias terrazas producto de la tectónica activa que ha moldeado el paisaje [4], [5], [6].

Los FRM son: deslizamientos, reptación, flujos y caída de rocas, los cuales representan alrededor del 4,81% del área total de la parroquia (Fig. 8). Los movimientos corresponden: **a)** 98% deslizamientos (rotacionales y traslacionales), asociados principalmente a depósitos volcánicos como rocas andesitas, brechas y volcano-sedimentos altamente meteorizados y fracturados. La mayor parte de los deslizamientos son antiguos y actualmente están vegetados; debido a que las pendientes varían entre 45-75°, la estabilidad es mala. Los principales problemas asociados a estos deslizamientos la afectación a las vías de acceso del cantón: Sigchos-Las Pampas y San Pablo-Las Pampas. Uno de los factores detonantes para que existan estos deslizamientos es la constante presencia de agua en los taludes. **b)** 0.9% reptación de los suelos principalmente limo-arcillosos. **c)** 0.8% de flujos, y 0.5% caída de rocas y detritos se presenta en areniscas verdes y brechas de la formación Zumbahua (Fig. 2). Los flujos de suelo están

asociados a volcano-sedimentos poco consolidados, con mala estabilidad y que debido al alto contenido de agua forman estos fenómenos de magnitudes medias a pequeñas que constantemente afectan a las vías del poblado.



Fig. 8: Mapa que muestra el tipo de FRM en la parroquia Matriz Sigchos

4.4 Isinliví

La parroquia Isinliví se encuentra ubicada en el extremo sureste del cantón, tiene una extensión aproximada de 84,8551 Km² (Fig. 1), alberga una población de 2434 habitantes [12]. La topografía es de pendientes entre moderada a suave (Fig. 4) asentada en la microcuenca del río Toachi (Fig.5).

Los deslizamientos, flujos y caída de rocas, representan alrededor del 14% del área total de la parroquia (Fig. 9); y corresponden: **a)** 82% deslizamientos rotacionales y traslacionales, los componentes del depósito son roca y matriz. La roca es de composición andesítica cubierta por capas de depósitos volcánicos en una matriz limo-arcillosa. En general el estado de los deslizamientos es latente y relictos, con magnitudes que varían de pequeños a grandes, según la Tabla 3 y con una estabilidad media a buena. La severidad varía de media a leve, sin afectación a las vías. **b)** 3% de flujos, que presentan una matriz de grava y arena, en estado latente, de magnitudes muy pequeños, según la Tabla 3, con una escasa presencia de agua, la estabilidad general es media. La severidad es media a alta, afectando a las vías: Sigchos-Isinliví. **c)** 15% caída de rocas, estos depósitos consisten de un material que está caracterizado por fragmentos de rocas volcánicas de composición andesítica meteorizadas y depósitos volcánicos, con tamaños de bloques a gravas, en estado relictos, de magnitud pequeña, la presencia de agua es mínima, la estabilidad es media. Severidad media afecta a zonas de pastoreo.

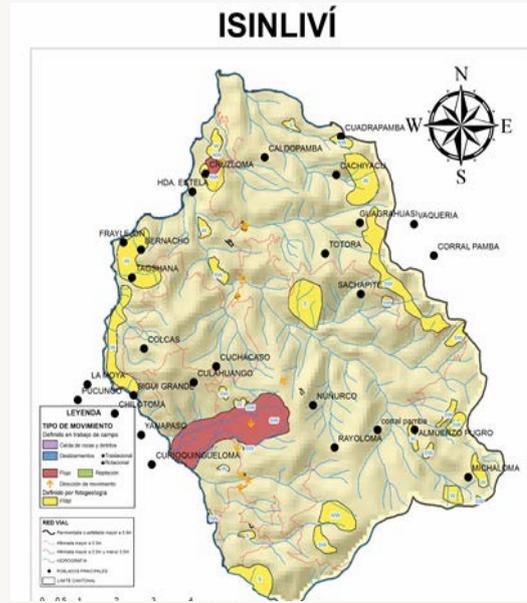


Fig. 9: Mapa que muestra el tipo de FRM en la parroquia Isinliví, en el cantón Sigchos

4.5 Chugchilán

La parroquia Chugchilán se encuentra ubicada en el extremo Suroeste del cantón, cubre una extensión aproximada de 248,757 km² (Fig. 1), y alberga una población de 5220 habitantes [12], es la segunda parroquia con mayor cantidad de habitantes y de importancia en el ámbito turístico. La topografía es de pendiente fuerte a moderado (Fig. 4), además está atravesada por el cañón del río Toachi y en el extremo sur se ubica el volcán Quilotoa, su territorio se ubica entre las microcuencas hidrográficas de los ríos Toachi, Quindigua y Pilaló (Fig. 5).

En Chugchilán se han registrado alrededor de 74 FRM que corresponden a deslizamientos, flujos y caída de rocas, los cuales representan alrededor del 6% del área total de la parroquia (Fig. 10).

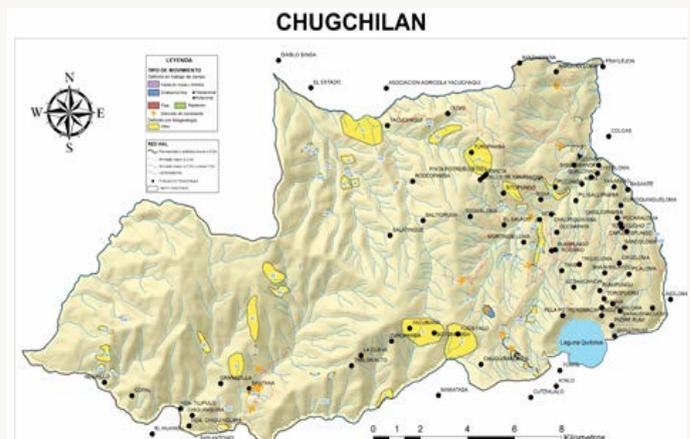


Fig. 10: Mapa que muestra el tipo de FRM en la parroquia Chugchilán, en el cantón Sigchos

Estos movimientos corresponden: **a)** 97% deslizamientos, son de tipo rotacional y traslacional, los materiales que conforman los depósitos son fragmentos de lutitas, microbrechas y areniscas con aporte volcánico en la zona del norte, y hacia el sur predomina material volcanoclástico. En general el estado de los deslizamientos es activo; con magnitudes entre pequeño a mediano, según la Tabla 3. Debido a pendientes de 60° a 70°, la estabilidad es muy mala a media con una severidad que varía entre media a leve. Este tipo de deslizamientos afecta a los caminos secundarios de la Moya, Salache, Chugchilán-Quilotoa y zonas de cultivo; sin embargo, no hay presencia de agua en los taludes. **b)** 2% de flujos están caracterizados por estratos de ceniza y lapilli; en estado activo. Según la Tabla 3, muestran una magnitud pequeña a muy pequeña; con presencia de agua que canaliza el material pendiente abajo y erosionándolos por su naturaleza poco compactada. La estabilidad general es mala a muy mala con una severidad en el rango de media a alta. La afectación de este tipo de fenómeno es directamente a la comunidad de Chasualó y posiblemente a infraestructura pública. **c)** 1% caída de roca y detritos, está caracterizado por depósitos coluviales, roca intrusiva (altamente diaclasada) y material de caída, con tamaños que varían de bloques a arena. El movimiento presenta un estado activo; y según la Tabla 3, la magnitud del material caído varía entre grande y mediano. La estabilidad estimada se encuentra en un rango que varía de mala a media como resultado de pendientes mayores a 60°. La severidad mala genera una afectación a la vía: Chugchilán-Sigchos, no se evidenció presencia de agua.

5. CONCLUSIONES

Los FRM dominantes en el cantón Sigchos son los deslizamientos de tipo rotacional y traslacional; sin embargo se han valorado fenómenos como reptaciones, flujo de detritos y caída de rocas. Estos movimientos en masa son recurrentes en la zona que cubre el cantón Sigchos y están asociados a factores condicionantes y detonantes identificados por las características geológicas, geomorfológicas y meteorológicas, como el material poco consolidado de depósitos volcánicos jóvenes (cuaternario Qv.), las elevadas precipitaciones, la morfología abrupta y actividades antrópicas.

Las parroquias Las Pampas e Isinlivi son las más afectadas por FRM con un 14% del área total en cada una, mientras Palo Quemado y Chugchilán presentan una afectación por FRM en área de 7% y 6% respectivamente. Por otro lado, la parroquia Sigchos presenta una afectación de alrededor del 5% por FRM en relación al territorio, aparentemente no implicaría una gran afectación, aunque al ser la parroquia de

mayor extensión e importancia del cantón y, por tener el eje vial que conecta con otras parroquias y cantones aledaños la vulnerabilidad se podría incrementar notablemente.

Los materiales más comunes que han sido susceptibles a removerse son areniscas, lutitas, andesitas y volcano sedimentos.

6. REFERENCIAS:

- [1] Vallejo C., Winkler W., Spikings R., Luzieux L. (2007); Evolución Geodinámica de la cordillera Occidental (Cretácico tardío-Paleógeno).
- [2] Egüez A., 1986. Evolution Cenozoique de la Cordillere Occidentale Septentrionale d' Equateur. Les mineralisations associées. Unpublished Ph.D thesis. Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- [3] Hughes, R & Pilatasig, L., (2002), Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. Tectonophysics.
- [4] Bermudez R.; Hughes R. (1997); Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 0°00' and 1° 00'S; CODIGEM; British Geological Survey.
- [5] McCourt w, Duque P. & Pilatagsi B. (1997) Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 1°00 S and 2° 00'S; CODIGEM; British Geological Survey.
- [6] Egüez A., Alvarado A. & Yépez H. (2003). Database and Map of Quaternary Faults and Folds of Ecuador and Its Offshore Regions, USGS
- [7] Proaño G., 2009. Informe Geológico y Geomorfológico para el Diseño del Puente Angosto, Ubicado sobre el Río Peripa y Localizado en la Vía Los Ángeles - El Paraíso, en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos.
- [8] Varnes, D.J., 1978. Slope Movement: Types and Processes. In Scuster & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- [9] Mora, R., Mora, S. & Vahrson, W., 1992: Macrozonificación de la amenaza de deslizamientos y resultados obtenidos en el área del valle central de Costa Rica.- Escala 1:286 000, CEPREDENAC, San José de Costa Rica.
- [10] Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30: 377-392.
- [12] INEC (2010). Censo de Población y Vivienda. Recuperado de www.inec.gov.ec, acceso: 15 de abril del 2016.