

# Caracterización y tipología de movimientos en masa en los Andes Peruanos: Los mapas de peligros geológicos

Ing. Bilberto Zavala<sup>1</sup>, L. Fidel<sup>1</sup>, M. Vilchez<sup>1</sup>, S. Nuñez<sup>1</sup>, S. Villacorta<sup>1</sup>, P. Valderrama<sup>1</sup>, G. Luque<sup>1</sup>, L. Medina<sup>1</sup> & M. Rosado<sup>1</sup>. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico/Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú. E-mail: [bzavala@ingemmet.gob.pe](mailto:bzavala@ingemmet.gob.pe).

Ing. Lionel Fidel<sup>2</sup>, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico/Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú. E-mail: [lfidel@ingemmet.gob.pe](mailto:lfidel@ingemmet.gob.pe).

Msc. Manuel Vilchez<sup>3</sup>, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico/Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú. E-mail: [mvilchez@ingemmet.gob.pe](mailto:mvilchez@ingemmet.gob.pe).

## RESUMEN

Los movimientos en masa son uno de los mayores peligros naturales en la sociedad. Eventos históricos en los Andes peruanos han causado la muerte de miles de personas. La investigación de estos procesos geológicos se convirtió en una disciplina ampliamente difundida en los países andinos durante la década pasada con la elaboración de mapas de peligros geológicos, herramienta temática tanto del saber científico como del encargado de la planificación del territorio. La cartografía e inventario nacional de movimientos en masa en Perú a escala regional desarrollada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), ha permitido en una primera etapa (2000-2010) obtener una base de datos con más de 30 000 ocurrencias de peligros geológicos (caídas, deslizamientos, flujos, avalanchas y movimientos complejos). Su estudio se basa en el análisis e interpretación de fotos aéreas, imágenes satelitales y trabajo de campo, tipificados en clasificaciones internacionales. La forma de mostrar su cartografía y el grado de peligro en una región es mediante los mapas de inventario y susceptibilidad.

Los condicionantes y detonantes relacionadas la ocurrencia de movimientos en masa está relacionada a factores: 1) Geológicos (litológica-estructural, hidrogeológica): complejos metamórficos, rocas sedimentarias silicoclásticas y carbonatadas (marinas y continentales), rocas volcánicas (lávicas y piroclásticas), intrusivos y cobertura superficial cuaternaria (aluvial, fluvio-glaciar, lacustre, fluvial, etc.); 2) Relieve (topografía, pendiente, morfología); 3) Clima (precipitaciones estacionales y excepcionales; anomalías); 4) Sismotectónica (subducción y fallas activas); 5) Vulcanismo (estratovolcanes plio-cuaternarios en el sur del país).

**PALABRAS CLAVES:** Movimientos en masa, Andes peruanos, Mapas de peligro geológico.

## ABSTRACT

Mass movements are one the major natural hazard in society. Historical events in the Peruvian Andes have killed thousands. The research of these geological processes became a widespread discipline in the Andean countries over the past decade with the development of geological hazard maps, which is a thematic tool for scientific knowledge and the responsible of the territory planning. The national mapping and inventory landslide in Peru (regional scale) developed by the Mining Geological and Metallurgical Institute (INGEMMET) has allowed in the first stage (2000-2010) to obtain a database with more than 27 000 occurrences of hazards geological (rock falls, landslides, flows, avalanches and complex movements). The study is based on analysis and interpretation of aerial photos, satellite images and field work, as defined in international rankings. The way to show the mapping results and the hazard degree of one region is through inventory and susceptibility maps. The constraints and triggers related the occurrence of mass movements in our country are: 1) Geological (lithological-structural, hydrogeological) metamorphic complexes, siliciclastic and carbonate sedimentary sequences (marine and inland), volcanic rocks (lava and pyroclastic) intrusive and quaternary surface coverage (alluvial fluvio-glaciar, lake, river, etc..) 2) Relief (topography, slope, morphology) 3) Climate (seasonal and exceptional rainfall; weather anomalies), 4) Seismotectonics (subduction and active faults); 5) Volcanism (Plio-quaternary stratovolcanoes in the south of the country).

**Key Words:** Mass Movements, Peruvian Andes, Geological Hazard Maps

## IDEAS CLAVES

Los movimientos en masa en nuestro país están relacionados a características geológicas, geomorfológicas, climáticas y sísmicas particulares de nuestro territorio.

El uso de mapas de peligro (susceptibilidad) es importante en la planificación del territorio.

Las franjas principales más propensas a los movimientos en masa están relacionadas a una morfoestructura regional y características litológicas particulares.

## INTRODUCCIÓN

El territorio peruano debido a su ubicación geográfica es una de las zonas más inestables del continente. Sus características geológicas, geomorfológicas, climatológicas y sísmicas facilitan el desarrollo de movimientos en masa (MM) que se constituyen en peligros naturales. Evidencias de ocurrencias históricas y no históricas, revelan que nuestro territorio ha sido afectado por MM de gran magnitud, que condicionaron el desarrollo de culturas prehispánicas como la de Chavín (800 a 200 a.C), arrasado repetidamente por flujos de detritos de origen glaciar siendo el último el de 1946; el Tambo pre-inca Huarautambo (Pasco), devastación de las localidades de Yungay y Ranrahirca (1970), con más de 4000 víctimas (Evans *et. al.*, 2009).

La cartografía e investigación de estos procesos geológicos se convirtió en una disciplina ampliamente difundida en los países andinos durante la década pasada con la elaboración de mapas de peligros geológicos, herramienta temática tanto del quehacer científico como del profesional encargado de la planificación del territorio (PMA:GCA, 2007). El 2009, INGEMMET a concluyó el primer inventario nacional de peligros geológicos iniciado con estudios por franjas (2000-2004), y luego por regiones (2005-2009). El trabajo sistemático realizada mediante una cartografía geodinámica a escala 1: 100 000 y 1: 50,000, para ambos períodos indicados tiene como productos cartográficos mapas a escalas 1: 750,000 a 1: 500,000 de franjas al sur del paralelo 10° Sur (INGEMMET, 2000; INGEMMET, 2002; INGEMMET, 2003; Fidel *et.al.*, 2006), mapas a escalas 1: 250,000 a 1: 500,000 por regiones al norte del paralelo 10° Sur (Zavala y Vilchez, 2006; Nuñez y Medina, 2008; Medina *et.al.*, 2009; Zavala *et.al.*, 2009; Zavala y Rosado, 2011; ) y productos a escala nacional a escala 1:1'000,000 (Villacorta *et.al.*, 2012).

Dos de los objetivos de los mapas temáticos son conocer: 1) Áreas donde han ocurrido MM en el pasado: mapas de inventario multitemporal y Base de Datos (BD); 2) La geodinámica externa y propensión del territorio a los MM como herramienta en la planificación territorial: mapas de susceptibilidad (SS) a MM (regionales y nacional).

La tipología de los MM se basa en la clasificación estandarizada de Movimientos en Masa en la Región Andina, elaborada durante el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA, 2007). La cartografía considera los MM existentes y los que por sus características se consideran potenciales. El estudio parte de una recopilación de información sobre MM, de instituciones de Defensa Civil, tesis, ONGs, fotografías aéreas a escalas 1: 60,000 o 1: 25,000, imágenes satelitales cada vez con mayor resolución y hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Este inventario tiene un importante trabajo de fotointerpretación y campo. El registro de cada ocurrencia, tipología, causas que lo originaron (naturales o antrópicas), evidencias visuales, aspectos geomorfológicos e hidrológicos, aspectos geológicos-estructurales y geotécnicos, los daños causados o probables (potenciales) y una calificación del riesgo son resumidas en un formato estandarizado de inventario que luego es ingresado a una base de datos, que permite realizar consultas y estadísticas.

El mapa de inventario (figura 1) nacional muestra la distribución de ocurrencias de cada tipo de MM identificado, utilizando símbolos convencionales para mapas a escala regional. Para mayores escalas se diferencian polígonos y emplean colores y leyendas estandarizadas para cada tipo de MM. El mapa de SS (figura 2). utiliza como insumos las siguientes variables: 1) Características geológico-estructurales: mapas de la Carta Geológica Nacional a escala 1: 100,000 de INGEMMET; 2) Características geomorfológicas definidos en cada estudio; 3) Características hidrogeológicas del Perú a escala 1:1.000.000: mapa de lito-permeabilidades de

las unidades geológicas; 4) Mapa de pendientes: modelo de elevación digital a partir de la base topográfica a 1: 100000; 5) Mapa de Cobertura vegetal: INRENA (1995) a escala 1:250.000.

La evaluación de la SS se basa en el modelo heurístico multivariado de superposición de capas de variables (Carrara *et al.* 1995; Laín *et al.* 2005) e implica el análisis cruzado de mapas y geoprocésamiento. El análisis SIG se realizó con el software ArcGIS de ESRI, versión 9.2. Como cada factor influye de diferente forma sobre la estabilidad de las laderas, cada capa ha sido evaluada teniendo en cuenta diferentes parámetros para analizar la relación de cada unidad o clase diferenciada en esa cobertura, en relación con la ocurrencia de MM.

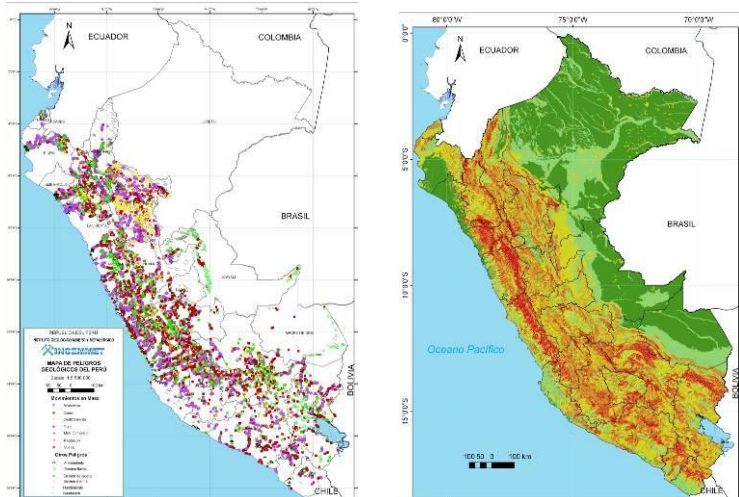


Fig. 1 y 2. Mapa de inventario (izq.) y mapa de susceptibilidad a MM (der.).

La combinación de factores se ha efectuado en formato raster, empleando una sumatoria simple de los porcentajes asignados a cada variable dividido entre el número de variables. El mapa resultante presenta cinco rangos de SS: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La BD sobre peligros geológicos cuenta con 23,700 ocurrencias de MM (cuadro 1). Son más frecuentes los flujos, seguido de las caídas (caída de rocas y derrumbes) y los deslizamientos.

**Cuadro 1. Estadística de movimientos en masa en Perú**

| Departamento  | Caída       | Deslizamiento | Flujo       | Movimiento Complejo | Erosión de laderas* | Reptación  | Hundimiento | Vuelco    |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------------|---------------------|------------|-------------|-----------|
| <b>Total</b>  | <b>7125</b> | <b>4646</b>   | <b>6762</b> | <b>1048</b>         | <b>3359</b>         | <b>643</b> | <b>71</b>   | <b>46</b> |
| Amazonas      | 270         | 455           | 402         | 114                 | 48                  | 28         | 22          | -         |
| Ancash        | 528         | 450           | 506         | 162                 | 486                 | 57         | -           | 5         |
| Apurímac      | 219         | 93            | 89          | 9                   | 51                  | 15         | 1           | -         |
| Arequipa      | 666         | 274           | 771         | 71                  | 290                 | 66         | 5           | 11        |
| Ayacucho      | 237         | 175           | 349         | 37                  | 208                 | 32         | 2           | 1         |
| Cajamarca     | 446         | 755           | 363         | 173                 | 221                 | 33         | 4           | 2         |
| Callao        | 11          | -             | 2           | -                   | 1                   | -          | 7           | -         |
| Cusco         | 299         | 276           | 132         | 30                  | 187                 | 56         | 7           | 1         |
| Huancavelica  | 654         | 239           | 332         | 67                  | 211                 | 80         | 5           | 5         |
| Huánuco       | 246         | 300           | 214         | 43                  | 180                 | 18         | -           | 2         |
| Ica           | 34          | 1             | 183         | -                   | 12                  | -          | 2           | -         |
| Junín         | 510         | 177           | 218         | 20                  | 193                 | 44         | 2           | 8         |
| La Libertad   | 164         | 110           | 389         | 54                  | 66                  | 43         | 1           | -         |
| Lambayeque    | 145         | 106           | 348         | 43                  | 120                 | 7          | -           | -         |
| Lima          | 1477        | 346           | 996         | 108                 | 498                 | 25         | 9           | 9         |
| Loreto        | 7           | 2             | -           | -                   | -                   | -          | -           | -         |
| Madre de Dios | 22          | 1             | 22          | 1                   | 6                   | -          | -           | -         |
| Moquegua      | 165         | 67            | 301         | 16                  | 104                 | 7          | -           | -         |
| Pasco         | 300         | 87            | 189         | 8                   | 60                  | 62         | 1           | -         |
| Piura         | 226         | 218           | 488         | 37                  | 204                 | 14         | -           | -         |
| Puno          | 244         | 68            | 185         | 9                   | 69                  | 43         | 2           | 2         |
| San Martín*   | 115         | 349           | 69          | 20                  | 63                  | 11         | 1           | -         |
| Tacna         | 29          | 10            | 18          | 10                  | 7                   | 2          | -           | -         |
| Tumbes        | 42          | 31            | 180         | 12                  | 61                  | -          | -           | -         |
| Ucayali       | 69          | 56            | 16          | 4                   | 13                  | -          | -           | -         |

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2012).

\* Se incluye la erosión de laderas por su influencia en la generación de varios procesos de MM.

Los grandes MM que ocurrieron en nuestro país están relacionados a características particulares de nuestro territorio: 1) variedad de unidades geológicas: rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas, intrusivas y volcánico-sedimentarias) con edades del Precámbrico al Cuaternario; 2), características morfoestructurales de los Andes peruanos: Cordillera de la costa, Llanura Pre-andina, Cordillera occidental y faja volcánica del sur, Depresiones y valles interandinos, cuenca del Titicaca, Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llanura Amazónica; 3) Permeabilidad en la rocas que permiten el paso o retención de agua subterránea (acuíferos, acuitardos, acuícludos y acuífugos); 4) Pendiente de los terrenos; 5) Tipo y densidad de cobertura vegetal (pajonales; herbáceas, arbustivas y semiarbustivas; gramíneas y bosques residuales; sin vegetación o deforestadas). Estos factores condicionantes están latentes y definen a la SS intrínseca, que es detonada por factores extrínsecos como lluvias, sismos, actividad volcánica y antrópica (ver cuadros 2 y 3).

**Cuadro 2. Factores condicionantes en la ocurrencia de movimientos en masa**

| Características                       |   | Movimientos en masa inducidos  |
|---------------------------------------|---|--|
| <b>Litología del substrato rocoso</b> | Susceptibles a erosión hídrica; meteorizadas, fuertemente fracturadas de mala calidad; con perfiles de meteorización altos (suelo residual);  | Erosión de laderas, deslizamientos, derrumbes, reptación de suelos, hundimientos (Carst).  |
| <b>Tipo de suelo</b>                  | Suelo superficial de poco espesor cohesivo y no cohesivo, sujeto a cambios de volumen por saturación de agua, cambios de temperatura;   | Reptación de suelos; deslizamientos y derrumbes. Flujos de detritos; flujos de tierra.   |
| <b>Pendiente del terreno</b>          | Grado de pendiente favorable al movimiento de masas (laderas, acantilado, terraza); Pendiente del cauce o valles fluviales.   | Deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, en valles de moderada a fuerte pendiente. Avalanchas de rocas  |
| <b>Discontinuidades en las rocas</b>  | Estratos con buzamiento favorable o desfavorable al talud; tipos de fracturamiento (planar, cuña, vuelco y globales en macizos muy diaclasados). Pizarrosidad, esquistosidad en rocas metamórficas; fracturamiento y diaclasamiento columnar en rocas volcánicas  | Caídas de rocas, vuelcos y deslizamientos planares (de bloques o estratos); deslizamiento o derrumbes en cuñas y Movimientos Complejos. Inicio de grandes avalanchas de rocas. |
| <b>Geomorfología</b>                  | Valles encañonados, mesetas volcánicas con frentes escarpados; frentes glaciares abruptos; acantilados; Cuestas o laderas estructurales; Estrato-volcanes; Vertiente coluviales y coluvio-deluviales; Depósitos de MM antiguos.   | Deslizamientos y Caídas (Aludes o avalanchas; derrumbes); Grandes avalanchas volcánicas y lahares. Flujos y avalanchas de detritos no canalizadas; reptaciones.                |
| <b>Presencia de vegetación</b>        | Presencia/ausencia de vegetación mantiene la estabilidad de laderas; absorben parte del agua contenida en el suelo, evitan erosión pluvial.   | Derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos iniciados por erosión en cárcavas y bad lands.  |
| <b>Presencia de agua subterránea</b>  | Disolución y cambios físico-químicos en rocas calcáreas. Expansión y contracción de suelos, en períodos alternantes de lluvia y sequía. Aumento de la presión de poros de suelos por cambios bruscos en el nivel freático (saturación). Rocas con baja permeabilidad que retienen agua (acuitardos; acuífugos). | Deslizamientos y/o Movimientos Complejos, Derrumbes, Hundimientos de Tierras (dolinás), en laderas de valles.  |

**Cuadro 3. Factores detonantes en la ocurrencia de movimientos en masa**

| Características  |   | Movimientos en masa inducidos   |
|--|---|---|
| <b>Climáticos e hidrológicos</b>                                     |   |   |
| <b>Precipitaciones pluviales</b>                                     | Lluvias cortas e intensas o lluvias prolongadas; lluvias excepcionales (El Niño). Saturan suelos o rocas; aumentan presiones del terreno al infiltrarse (por fracturas y grietas) y la sobrecarga. Absorción de agua por minerales arcillosos, en suelos cohesivos, produciendo hinchamiento de los mismos. | Flujos a lo largo de cauces definidos violentos a extremadamente rápidos (Flujos de lodo, huaycos; aluviones), Deslizamientos y Movimientos Complejos, Caídas (derrumbes); erosión de laderas. Inundaciones lagunares e inundaciones pluviales. |
| <b>Dinámica fluvial y marina</b>                                     | Socavamiento al pie de taludes y laderas, disminuyen o eliminan soporte e incrementan a la vez el esfuerzo de corte en los materiales. Acción fluvial durante máximas avenidas; oleaje en los acantilados costeros  | Erosión de terrazas fluviales y costas (acantilados); derrumbes en las márgenes fluviales; caídas de rocas y suelo en los acantilados costeros. Deslizamientos posteriores.   |
| <b>Hielo y nieve</b>   | Acción hielo-deshielo de terrenos saturados. Los glaciares modelan valles con paredes rocosas escarpadas. Disgregación mecánica por repetida y rápida fusión del hielo en agua, contenida en las discontinuidades. Saturación de morrenas, depósitos fluvio-glaciares y zonas periglaciares.                | Flujos y movimientos complejos desde lentos hasta extremadamente violentos (reptación, soliflucción; aluviones); caídas de rocas, aludes o avalanchas de nieve y roca; generación de avalanchas de detritos y flujos de detritos.               |
| <b>Sismicidad, fallas activas, vulcanismo y subsidencia regional</b> |   |   |
| <b>Sismos</b>  | Deformaciones, agrietamientos y movimientos de tierra asociados a lo largo de fallas (fallas activas y neotectónicas), durante la ocurrencia de grandes sismos. Licuefacción de suelos (valles fluviales, playas y áreas urbanas, con arenas saturadas).  | Desencadenan grandes deslizamientos, derrumbes, desprendimientos, flujos y movimientos complejos; avalanchas de rocas o de escombros. Desplazamientos laterales.  |
| <b>Actividad volcánica</b>   | Modifica laderas del volcán y en los materiales depositados sobre ellos (coluvios, nieve/hielo).  | Grandes avalanchas de rocas; lahares.   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Subsidencia regional</b>                  | Fenómenos sismotectónicos que producen cambios en los niveles del mar y la tierra, en grandes sectores de la corteza terrestre. Reajustes locales asociados a grandes accidentes tectónicos.  | Procesos lentos de reptación o deslizamiento de tierras. Inundaciones costeras.  |
| <b>Factores humanos (antrópicos)</b>         |   |  |
| <b>Excavaciones / Voladuras</b>              | Modificación de laderas naturales que influyen en su estabilidad (cortes artificiales carreteras, canales, etc.). Vibraciones amplían el fracturamiento preexistente en las rocas; generan áreas potenciales de deslizamientos (Obras civiles, actividad minera). | Caídas (Caída de rocas y derrumbes); deslizamientos en taludes de redes viales (carreteras, vías férreas), canales. Vuelcos.   |
| <b>Sobrecargas</b>                           | Incremento de peso sobre terrenos naturales (construcción de rellenos y terraplenes) inestables.  | Hundimientos de Tierras; deslizamientos.   |
| <b>Actividad minera</b>                      | Explotación de canteras no metálicas, minería a tajo abierto y minería subterránea (mediana y gran minería). Hundimiento de galerías de explotación abandonadas (pequeña, mediana y gran minería).  | Caídas (Caída de rocas y derrumbes) en labores mineras activas o abandonadas; Vuelcos o toppling en canteras o tajos abiertos; deslizamientos y movimientos complejos. |
| <b>Aprovechamiento de recursos hídricos</b>  | Irrigación de grandes áreas de cultivo en terrenos sumamente permeables. Explotación de aguas subterráneas.   | Deslizamientos, Derrumbes, Hundimientos y Movimientos Complejos, en laderas de valles.   |
| <b>Colapso de infra-estructura existente</b> | Ruptura de una presa o embalse artificial, presa de relaves, por inducción sísmica y/o volcánica.   | Huaicos o aluviones; contaminación ambiental   |

El mapa de SS por MM, nos muestra cuatro sectores con mayor SS en el territorio peruano:

- 1) **Franja montañosa central y norte de Los Andes (Cordillera Occidental), entre Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima y noroeste de Huancavelica:** Predominan rocas del Batolito Andino, sedimentarias marinas, Capas Rojas y rocas volcánicas antiguas. En la zona de Lima, la más alta susceptibilidad se localiza en las vertientes medias y altas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín; valles del Llaucano y Súcota con deslizamientos recientes en La Púcara y Rodeopampa (2000 y 2010) y los valles de Huancabamba/Chamaya y Magdalena (Cajamarca); Cordillera Blanca y Huayhuash con recurrentes aluviones caso Huaráz (1725, 1941), Chavín (1945), Ranrahirca (1962) y Yungay (1970); grandes avalanchas de rocas asociados al sismo de Quiches (1946) en el cerro Buenavista, Suytucocha, Mayas, Condorcerro quebrada Pelagatos entre otros. Deslizamientos en la zona de Conchucos (Chavín- Huari, San Luis-Pomabamba.
- 2) **Sector central de la Cordillera Oriental, regiones Huancavelica, Junín, Pasco y Huánuco y límite entre La Libertad y San Martín:** Predominio de rocas sedimentarias y metamórficas y menor porcentaje intrusivas y volcánicas. Grandes deslizamientos históricos como: Condorsenja (1945), Mayunmarca (1975) y Uralla (2000) y; derrumbes y deslizamientos en el valle Tarma/Palca/Perené, carretera Tarma-La Merced-Satipo y el valle del Huallaga (Pasco-Huánuco-Tingo María). Aluvión en la laguna Lazo Huntay (Huancayo).
- 3) **Región suroccidental de Perú entre el sur de Huancavelica, Arequipa, Moquegua y Tacna:** Franja volcánica, volcánico-sedimentaria con menor porcentaje de rocas sedimentarias e intrusivas. Destacan los deslizamientos en Tomasiri, Aricota, Pallata y Camilaca (Tacna), Lari, Madrigal y Maca (Colca); deslizamientos en los valles de Sihuas y Vítor (reactivados por las filtraciones de irrigaciones en las pampas adyacentes); grandes avalanchas volcánicas (Cotahuasi, Chuquibamba, Pichu Pichu, Ticsani).
- 4) **Cordillera suroriental entre el noreste de Ayacucho, Apurímac, región central de Cusco y norte de Puno:** Capas sedimentarias y metamórficas. Ejemplos de procesos relacionados a este sector son deslizamientos y aluviones históricos en el valle de Vilcanota-Cusco y valle de Apurímac como Yahuarmaqui (1678), Aobamba (1998), Ampay (1951), Ccocha y Pumaranra (1997), Winchumayo (Puno, 2009); huaycos en la zona de ceja de selva de Sandia y Cuyo Cuyo (Puno); huaicos y deslizamientos periódicos en la carretera Cusco-Puerto Maldonado.

En la llanura amazónica los MM son escasos, sin embargo hay sectores donde estos procesos son detonados por la erosión fluvial, caso Loreto y Pucallpa. En zonas de la planicie costera también se producen flujos de detritos y de lodo con lluvias excepcionales en la vertiente occidental; los deslizamientos son escasos pero se asocian a rocas fuertemente erosionadas.

## **ALCANCE DEL TRABAJO, RELEVANCIA DEL RESULTADO PRODUCIDO Y SU APORTE A LA REALIDAD NACIONAL, REGIONAL O LOCAL.**

La experiencia de la sistemática empleada permite proyectar nuestro trabajo de lo regional a lo local, con perspectivas a trabajar a mayor detalle las zonas potenciales de MM. La importancia de este tipo de investigación como insumo temático a escala regional revierte en la información básica para la determinación de limitaciones del territorio en la Zonificación Ecológica

Económica y Ordenamiento territorial del país (ZEE-OT). El uso de los mapas de SS es importante para la planificación de proyectos lineales como carreteras, gaseoductos, canales, expansión de áreas urbanas, para la realización de estudios específicos y la elección de zonas a monitorear.

## CONCLUSIONES

1. Las zonas más propensas a los peligros por MM, se localizan en cuatro sectores del país las cuales están relacionadas a una morfoestructura regional y características litológicas particulares: 1) : Franja montañosa central y norte de Los Andes (Cordillera Occidental), entre Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima y noroeste de Huancavelica; 2) Sector central de la Cordillera Oriental, regiones Huancavelica, Junín, Pasco y Huánuco y límite entre La Libertad y San Martín; 3) Región suroccidental de Perú entre el sur de Huancavelica, Arequipa, Moquegua y Tacna; 4) Cordillera suroriental entre el noreste de Ayacucho, Apurímac, región central de Cusco y norte de Puno.
2. El análisis de susceptibilidad por MM en Perú, se basa en la experiencia de más de diez años de investigación sistemática en este tipo de procesos. Debe ser utilizado y servir de base para la ZEE-OT, plan nacional de gestión de riesgo de desastres, futuros planes de redistribución urbana y estudios detallados posteriores (gobiernos locales, regionales, etc.).

## BIBLIOGRAFÍA

Evans, s; Bishop, N.; Fidel, L.; Valderrama, P.; Delaney, K.; Oliver-Smith, A. (2009) - A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970. *Engineering Geology*, 108, 96–118.

Fidel, L., Zavala, B., Nuñez, S., y Valenzuela, G. (2006) – Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 4. INGEMMET, Boletín, Serie C: geodinámica e Ingeniería geológica, 29, 383 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).2003. Estudio de Riesgos Geológicos el Perú Franja N°3, INGEMMET, Boletín, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, 28, 373 p. Lima.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). 2000. Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, 23. 330 p. Lima.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). 2002. Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 2. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, 27, 368 p. Lima.

Medina, L., Vilchez, M. y Dueñas, S. (2009). Riesgo geológico en la región Amazonas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 39, 205 p.

Medina, L., Luque, G. y Pari, W. (2012). Riesgo geológico en la región La Libertad. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 50, 238 p.

Nuñez, S. y Medina, L. (2008). Riesgos geológicos en la región Ucayali. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería geológica, 29, 161 p.

PMA:GCA, (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, Grupo de Estándares para movimientos en masa (GEMMA), Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p.

Villacorta, S., Fidel, L. y Zavala, B. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 3 (69). pp. 393-399. Argentina

Zavala, B., Valderrama, P., Luque, G., Pari, W. (2009). Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería geológica, 38, 265 p.

Zavala, B. y Rosado, M. (2011). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p.

Zavala, B. y Vilchez, M. (2006). Riesgos geológicos en la región Huánuco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería geológica, 34, 147 p.