

## CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

Vargas Cuervo, G.<sup>1</sup>

### RESUMEN

Un *movimiento en masa* (MM) puede ser definido como todo desplazamiento de material litológico y o de escombros hacia abajo (vertical o en dirección del pie de una ladera) debido a la gravedad. En el lenguaje común son conocidos bajo varios términos sinónimos como deslizamientos, derrumbes y movimientos de terreno entre otros.

La ocurrencia de un movimiento en masa desarrolla varios rasgos geomorfológicos y morfométricos característicos. Los elementos morfológicos pueden asociarse a la masa desplazada o al terreno intacto circundante. Entre estos elementos morfológicos se destacan: la corona, el escarpe principal, la superficie de ruptura, el cuerpo, los flancos, el frente y la pata entre otros.

Los MM han sido clasificados internacionalmente en ocho tipos básicos: Caídas, flujos, deslizamientos, volcamientos, propagación lateral, hundimientos, reptación, movimientos complejos, avenidas torrenciales y avalanchas. Sin embargo, pueden ser descritos o clasificados desde varios puntos de vista como: desplazamiento relativo, velocidad o tasa de movimiento, tipo y tamaño de material involucrado, actividad relativa, dimensión relativa, grado de desarrollo, mecanismo de transporte, forma del depósito, procesos geomorfológicos, avance, forma de ocurrencia, forma y mecanismo de ruptura, génesis, y agente detonante.

Los movimientos en masa pueden ser cuantificados por su magnitud en relación con el volumen, actividad y velocidad e intensidad en los daños que ocasiona.

**Palabras claves:** *Movimiento en masa, Deslizamiento, Geomorfología, Intensidad, Magnitud*

### ABSTRACT

A mass movement may be defined as any lithologic or debris material displacement downwards (vertical or in the direction of a slope foot), caused by gravity. In common language, there are other synonymous words such as: landslide, collapse and terrain movement.

The occurrence of a mass movement develops some characteristic geomorphologic and morphometric features. The morphologic elements may be associated to displaced mass or surrounding intact terrain. Among these morphologic elements are the crown, the main scarp, the rupture surface, the body, the flanks, the front and the foot.

Mass movements have been internationally classified in eight basic types: fallings, flows, landslides, lateral propagation, collapses, reptation, torrential floods, avalanches and complex mass movements. Nevertheless, they may be described or classified under many points of view, including: relative displacement, velocity or movement rate, type and size of involved material, relative activity, relative dimension, grade of development, transport mechanism, genesis and detonate agent.

Mass movements may be quantified for their magnitude in relation to the volume, activity, velocity and intensity according to damages occasioned.

**Key words:** *mass Movements, landslide, Geomorphology, Intensity, Magnitude.*

## INTRODUCCIÓN

La terminología para la clasificación de los movimientos en masa es vasta y compleja. Establecer una terminología estándar es un ideal utópico y de cierta forma, inadecuado. Sin embargo, es indispensable tener claros varios criterios que permitan caracterizarlos. Este artículo pretende aportar la información básica para el estudio de los movimientos en masa.

## TERMINOLOGÍA

Los términos más utilizados para denominar globalmente los movimientos en masa son: *remoción en masa*, *movimientos de terreno*, *deslizamientos de terreno*, *movimientos de ladera* y *deslizamientos de vertiente*. Flageollet (1988) en su obra «*Les Mouvements de terrain et leur prevention*» presenta una discusión y un análisis sobre las diferentes significaciones de estos términos y los problemas que se presentan en la traducción de términos de un idioma a otro. Ver tabla 1.

Crozier (1986) considera que un *movimiento en masa* es un movimiento externo que tiene por agente de transporte el agua que impregna y dirige el material litológico pendiente abajo. Foucault y Raoult (1992) definen el deslizamiento de terreno como un término global que designa todo movimiento más o menos rápido, de material sobre una pendiente. Mougin (1973) define un *movimiento de terreno* como el desplazamiento de terreno bajo la acción de la gravedad, la cual constituye el motor principal y excluye a los otros agentes que intervienen (agua, viento, glaciares). Filliat (1981) define *movimiento de terreno* como "todo movimiento de terreno en el cual el motor principal es la gravedad, excluyendo los fenómenos de erosión".

Flageollet (1988) considera que los términos *movimientos de terreno* y *landslides* hacen parte de los movimientos en masa. *Remoción en masa* es un término más latino, que concierne a todo aquel movimiento de terreno en el cuál ha ocurrido

transporte de material, sin incluir los procesos erosivos. Las formas más castizas de denominar estos fenómenos, son: "volcán, derrumbe, deslizamiento, desprendimientos, etc." El técnico debe familiarizarse con esta terminología en el campo, con el fin de evitar confusiones.

En conclusión, un *movimiento en masa* puede ser definido como: «cualquier desplazamiento hacia abajo, (vertical o en dirección del pie de una ladera) debido a la gravedad, de un volumen de material litológico importante. En general, todos estos términos son utilizados como sinónimos. Sin embargo, se considera importante utilizar el término «*movimiento en masa*» en obras y trabajos de carácter científico y movimientos o deslizamientos de terreno en trabajos dirigidos a comunidades no técnicas.

## GEOMORFOLOGÍA DE UN MOVIMIENTO EN MASA

Un movimiento en masa puede ser descrito por las características geomorfológicas de la masa desplazada y del terreno alrededor del movimiento. Estas características definen un cierto número de elementos morfológicos que han sido descritos por Varnes (1978) y Millies-Lacroix (1981). Ver Figura 1.

Los elementos morfológicos de un movimiento en masa pueden ser asociados al terreno intacto en torno al movimiento o a la masa deslizada o desplazada. Los elementos morfológicos de un movimiento en masa que están relacionados con el terreno intacto, son: la corona, el escarpe principal, la superficie de ruptura principal y los flancos.

**Corona.** Representa la parte superior del movimiento. Ella forma una línea límite entre la parte superior del terreno fallado (escarpe principal) y el terreno intacto. Comúnmente, presenta una forma o contorno semicircular o semi-rectangular. Hacia la parte posterior de la corona, se pueden presentar las fisuras o grietas que son definidas por Varnes (1978) como *fisuras de corona* y por Millies-Lacroix (1981) como *fisuras de tensión*.

**Escarpe principal.** Es también llamado grada principal o cicatriz de arranque principal. Representa la superficie inclinada o vertical visible que contornea la parte superior del movimiento. El escarpe principal indica el desplazamiento vertical del movimiento.

**Superficie de ruptura principal.** También llamada superficie de falla. Se desarrolla siguiendo la componente horizontal del movimiento. En los materiales arcillosos se presenta como una superficie pulida (espejo), con desarrollo de estrías paralelas a la dirección del movimiento.

**Los flancos.** Forman los límites laterales del movimiento. Ellos pueden ser definidos como derecho o izquierdo mirando hacia abajo desde la corona. En algunos casos, los flancos están conformados por escarpes que contienen otros movimientos satélites menores.

La masa desplazada o de deslizamiento, comprende cuatro zonas morfológicas principales: El cuerpo principal, el pie, el frente y la pata.

**Cuerpo principal.** Representa la masa de deslizamiento que se localiza por encima de la superficie de falla o de ruptura. La parte superior se denomina cabeza, la cual generalmente desarrolla una depresión con pequeñas terrazas escalonadas limitadas por escarpes y contraescarpes secundarios. La parte inferior del cuerpo principal se denomina *cuerpo*. El cuerpo presenta una morfología deprimida de superficie más homogénea (ondulada) y con zonas pantanosas (lagunas, charcos).

**Pie.** El pie representa la zona de material deslizado localizado en el límite inferior de la superficie de falla y la superficie inicial del terreno intacto. Generalmente, esta zona es la más estrecha del movimiento y desarrolla una morfología levantada y abombada con fisuras o grietas dispuestas radial y transversalmente al sentido del movimiento. La línea de intersección entre la superficie de falla y el terreno intacto es comúnmente llamada *pie de la superficie de falla*. Frecuentemente, esta zona se presenta cubierta de material deslizado.

**Frente.** Representa la zona inferior de la masa deslizada que reposa sobre el terreno intacto o in situ. Esta zona es por lo general la más viscosa y explanada. La forma de este depósito de material permite caracterizar el movimiento por su forma (abanico, lengua, etc.).

**Pata.** Es la parte más baja del frente del movimiento.

## MORFOMETRÍA DE UN MOVIMIENTO EN MASA

Los elementos morfométricos de movimiento en masa, han sido bien analizados por Varnes (1958), Crozier (1973), Blong (1973) y por Crudent y Lugt (1989). En conclusión, los principales elementos morfométricos de un movimiento en masa, son: la forma de la superficie afectada, la longitud de ruptura, la longitud de desplazamiento, el ancho máximo, la profundidad máxima, la pendiente inicial, la pendiente después del movimiento, la altitud relativa, el perímetro del movimiento, el área afectada, el volumen desplazado, el ángulo de ruptura, el ángulo de reposo.

En la Figura 2 se presentan los índices morfométricos de un movimiento en masa propuestos por Crozier (1973) y los elementos morfométricos propuestos por Brunson (1973) y Varnes (1978).

## PRINCIPALES TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa han sido clasificados por una gran variedad de características. Los diversos sistemas de clasificación de los movimientos en masa, han sido propuestos por varios autores como Sharpe (1938); Terzaghi (1950); Varnes (1958-1978a); Crozier (1973); Carrara et al. (1977); Coates (1977); Hoek y Bray (1977); Maltrait (1977); Millies-Lacroix (1981); Crozier (1986); Romana (1988); Cooke y Doorkamp (1990); Yagi (1993), Rijtema (1969), Ritchie (1958) y Vargas (1999). Los sistemas de clasificación más corrientemente utilizados, tablas 2 y 3, son los de Coates (1977) y Varnes (1978).

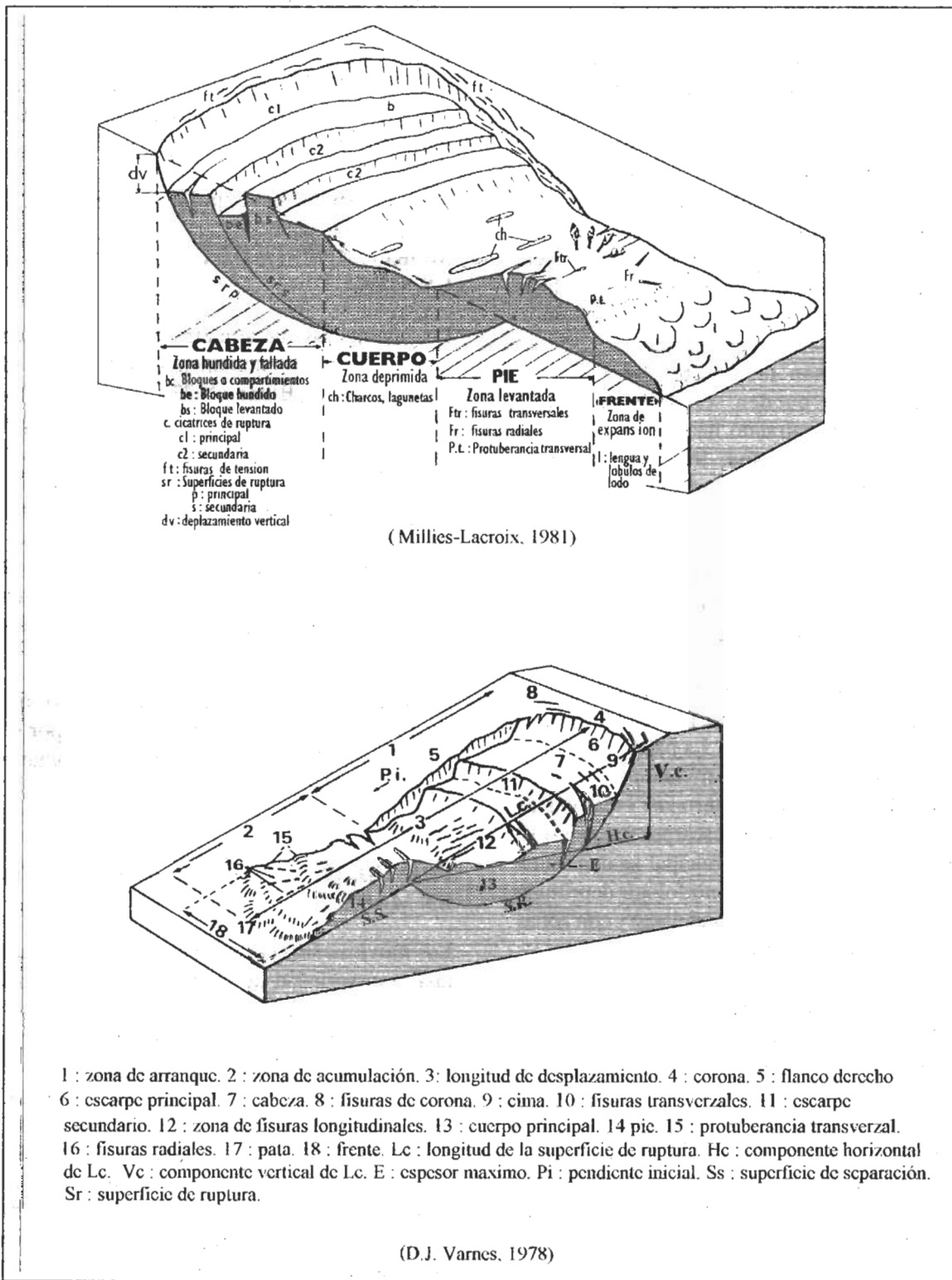
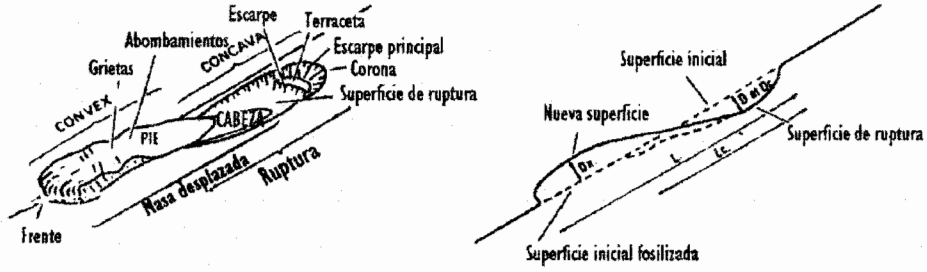
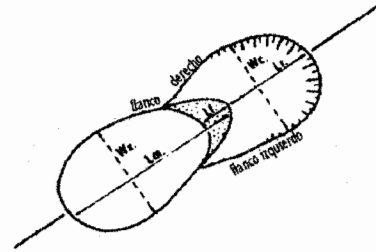


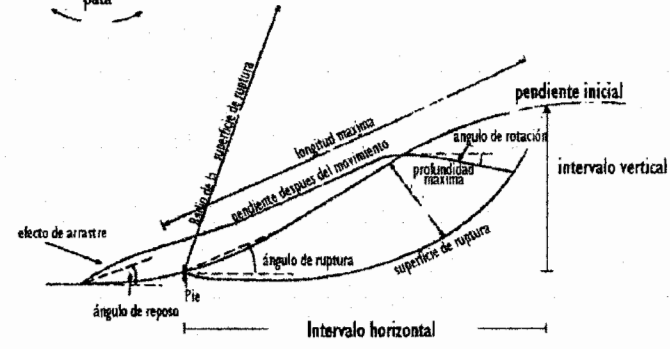
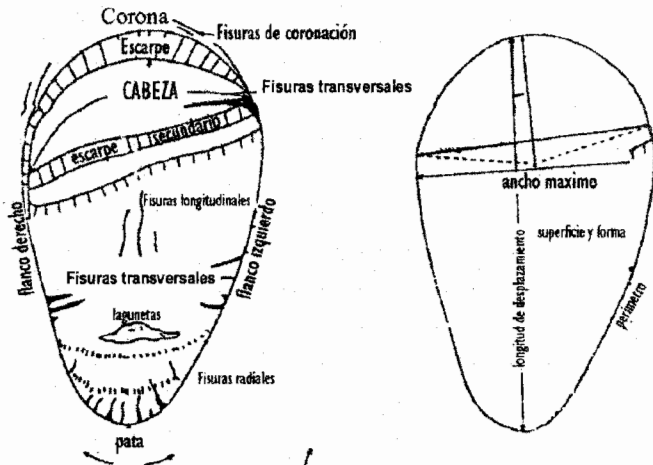
FIGURA 1. Elementos morfológicos de un movimiento en masa.



- |   |                            |             |   |   |                |
|---|----------------------------|-------------|---|---|----------------|
| 1 | $\frac{D}{L} \times 100\%$ | Profundidad | 4 | $\left  \frac{W_x}{W_c} - 1 \right  \frac{L_m}{L_c} \times 100\%$ | Plasticidad    |
| 2 | $\frac{W_x}{W_c}$          | Dilatación  | 5 | $\frac{L_f}{D_c}$   | Viscosidad     |
| 3 | $\frac{L_m}{L_c}$          | (Ténuité)   | 6 | $\frac{L_r}{L_c}$   | Desplazamiento |



(M.J. Crozier, 1973)



(Brunsden, 1973 et Varnes, 1978)

FIGURA 2. Elementos morfométricos de un movimiento en masa.

**Criterios para la clasificación y Descripción de Movimientos en Masa**

**TABLA 1.** Correspondencia de términos de movimientos en masa relacionados en varios idiomas.

<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>	<b>FRANCÉS</b>
Movimiento en masa	Mass movement	Mouvement de masse
Movimiento de terreno	Ground failure, Landslide	Mouvement de terrain
<b>CAÍDAS</b>	<b>FALL</b>	<b>CHUTES</b>
Caída de rocas	Rock fall	Chute de roches
Caída de detritos	Debris fall	Chute de débris
<b>HUNDIMIENTOS</b>	<b>SLUMP, SUBSIDENCE</b>	<b>AFFAISSEMENT</b>
Colapsos	Collapse	Effondrement
Desplomes	Fall, Collapse	Eroulement
Abombamientos	Bulging, expansive soils	Gonflement, Bombement
<b>DESLIZAMIENTOS</b>	<b>SLIDE, SLIP, LANDSLIDE</b>	<b>GLISSEMENTS, ÉBOULEMENT</b>
Deslizamiento rotacional	Rotational slide	Glissement rotationnel
Deslizamiento translacional	Translational slide	Glissement par translation
	Rock block slide	Glissement banc sur banc
<b>FLUJOS</b>	<b>FLOW</b>	<b>COULEES - ECOULEMENTS</b>
Flujo de lodos	Mudflow	Coulées de boue
Flujo de detritos	Debris flow	Coulées de débris
Flujo de tierra	Earth flow	Coulées de terre
<b>VOLCAMIENTO</b>	<b>TOPPLES, TOPPLING</b>	<b>RUPTURE EN TETE</b>
Basculamiento		Basculement
<b>RUPTURA - FALLA</b>	<b>FAILURE</b>	<b>RUPTURE</b>
Falla o ruptura circular	Circular failure	Rupture circulaire
Falla o ruptura plana	Plane failure	Rupture plane
Falla o ruptura en cuña	Wedge failure	Rupture en coin
<b>PROPAGACIÓN LATERAL</b>	<b>LATERAL SPREADS</b>	<b>DÉPLACEMENT LATÉRAL</b>
<b>MOVIMIENTOS LENTOS</b>	<b>CREEP, REPTATION</b>	<b>LENT GLISSEMENT</b>
Reptación	Creep	Reptation
Solifluxion	Solifluction	Solifluxion
Patas de vaca	Reptation, creep	Pieds de vache
<b>MOVIMIENTO COMPLEJO</b>	<b>COMPLEX MOVEMET</b>	<b>MOUVEMENTS COMPLEXES</b>
<b>AVALANCHA</b>	<b>AVALANCHE</b>	<b>AVALANCHE</b>
Avenida Torrencial	Debris avalanche	Avalanche de débris
<b>DEPÓSITOS</b>	<b>DEPOSIT</b>	<b>DÉPOTS</b>
Depósito torrencial	Torrent deposit	Dépôt torrentiel
Derrubios	Debris deposit	Éboulis
Talus	Talus	Talus
Coluviones	Colluvial deposits	Colluvions

TABLA 2. Clasificación de movimientos en masa según Coates (1977).

TIPO DE MATERIAL	TIPO DE MOVIMIENTO (Incrementando la Velocidad)					
	DESPLAZAMIENTOS			FLUJOS	CAIDAS	
	ROTACIONAL	PLANAR				
ROCAS	Hundimiento de rocas ( <i>Rock slump</i> )	Deslizamiento de rocas ( <i>Rock slide</i> )	Incremento de la coherencia de las rocas	Avalancha de rocas ( <i>Rock avalanche</i> )		Caída de rocas ( <i>Rock fall</i> )
		Deslizamiento de bloques ( <i>Block slide</i> )		Avalancha de detritos ( <i>Debris Avalanche</i> )	Flujo de detritos ( <i>Debris flow</i> )	
REGOLITO	Hundimiento de tierra ( <i>Earth slump</i> )	Deslizamiento de detritos ( <i>Debris slide</i> )	Avalancha de detritos ( <i>Debris avalanche</i> )	Flujos por licuación ( <i>Liquefaction flow</i> )		Caída de suelos ( <i>Soil fall</i> )
SEDIMENTOS	Hundimiento de sedimentos ( <i>Sediment slump</i> )	Deslizamiento de losas ( <i>Slab slide</i> )	Tierra	Incremento del tamaño	Flujos de loes ( <i>Loess flow</i> )	Caída de sedimentos ( <i>Sediment Fall</i> )
			Flujo		Flujos de arena ( <i>Sand flow</i> )	

TABLA 3. Clasificación de movimientos en masa según Varnes (1978)

TIPO DE MOVIMIENTO			ROCAS	SUELOS INGENIERILES	
				GRUESOS	FINOS
Caídas			Caída de rocas	Caída de detritos	Caídas de tierra
Volcamientos			Volcamiento de rocas	Volcamiento de detritos	Volcamiento de tierra
Deslizamiento	Rotacional	Roca homogénea	Hundimiento de rocas	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierra
	Translacional	Heterogeneidad litológica	Deslizamiento de bloques de rocas	Desliz. de bloques Desliz. de detritos	Desliz. de bloques de tierra Desliz. de tierra
Propagación Lateral			de rocas	De detritos	de tierras
Flujos			Flujo de rocas (deep creep)	Flujos de detritos	Flujos de tierras
Movimientos complejos			Reptación		
			Combinación de dos o más tipos de movimientos		

Independientemente de los sistemas de clasificación propuestos, a continuación se presenta una breve descripción de nueve tipos o grupos de movimientos que desarrollan un conjunto de características morfodinámicas y morfológicas particulares. Estos movimientos son: Caídas, flujos, deslizamientos, volcamientos, propagación lateral, hundimientos, reptación, movimientos complejos, avenidas torrenciales y avalanchas.

**Caídas, desprendimientos, desplomes.** Representa la disgregación rápida de un volumen de material litológico a lo largo de una superficie sobre la cual ocurre muy poco desplazamiento cortante. Este movimiento ocurre generalmente en zonas de alta pendiente y la gravedad constituye el principal agente motor del movimiento. Las caídas, desprendimientos o desplomes, son generados por procesos similares; se distinguen solamente por la magnitud del

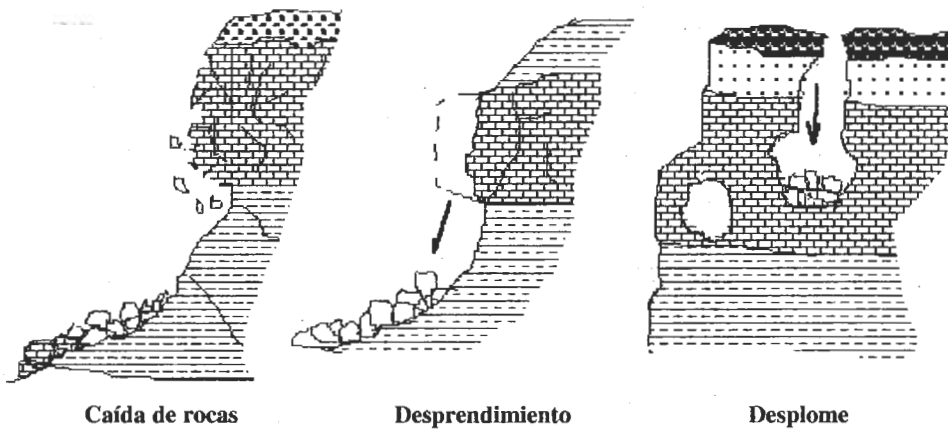


FIGURA 3. Ejemplos de caídas, desprendimientos y desplomes de rocas o masas rocosas.

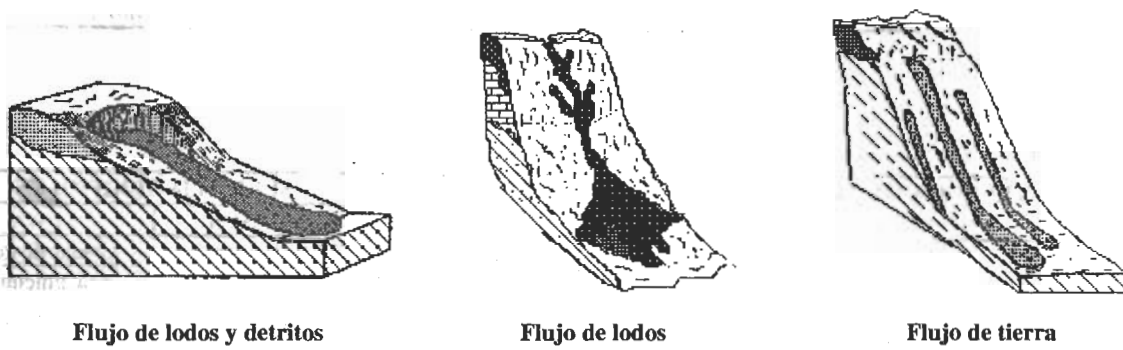


FIGURA 4. Ejemplos de flujos.

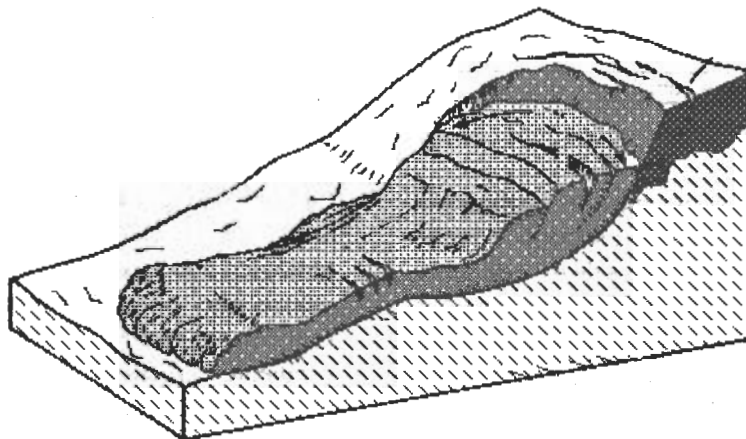


FIGURA 5. Deslizamiento rotacional .



fenómeno. Las *caídas* son generalmente movimientos intermitentes en caída libre, asociados a escarpes de rocas duras y fracturadas; el volumen de material afectado generalmente es bajo y representa fragmentos independientes (cantos a bloques). En los *desprendimientos* se produce una disgregación de masa litológica, ya sea de suelo, roca fracturada o descompuesta y existe un descenso súbito con fragmentación de material a lo largo de una ladera de fuerte pendiente. En los *desplomes*, hay un colapso de una masa litológica de volumen considerable sobre la base o pie y forma en ella un depósito caótico de material grueso. En la Figura 3, se presentan ejemplos gráficos de estos movimientos.

**Flujos.** Son movimientos relativos de material litológico de textura fina y gruesa que se desplazan a lo largo de una superficie de falla bien definida, generalmente de orden planar, la cual sigue una discontinuidad formada por un cambio litológico (contacto suelo - roca), una estructura geológica (plano de estratificación), una característica geotécnica (contacto roca fresca - roca meteorizada), etc. Aunque comúnmente los flujos están caracterizados como movimientos rápidos y compuestos por lodos, también pueden ser lentos y compuestos por rocas y suelos no saturados. En general, estos movimientos se caracterizan por la forma alargada y estrecha del contorno del mismo. Se diferencian de los deslizamientos por su morfología de conjunto en lámina sobre una pendiente o por el encauzamiento sobre un drenaje o cauce. *Los flujos de lodo* se caracterizan por presentar baja cohesión; generalmente se originan en materiales de textura fina (arcilla y limo), aunque en su transporte pueden involucrar materiales rocosos de mayor tamaño (bloques) y restos vegetales (árboles, arbustos, etc.). Aquí, el principal agente motor del movimiento, es el agua que satura el material litológico y este comienza a fluir cuando supera el límite de plasticidad. *Los flujos de roca o detritos* ocurren generalmente en zonas de rocas muy fracturadas y a lo largo de drenajes de alta pendiente y de régimen temporal. Estos movimientos generalmente son de ocurrencia intermitente y con velocidades variables, según aparecen señalados en la Figura 4.

**Deslizamientos.** Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. Son los movimientos que presentan más criterios de clasificación. Ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, a diferentes velocidades y en ellos pueden operar distintamente uno o varios agentes motores de movimiento (agua, hielo, viento). Ver Figura 5.

**Volcamientos.** Son movimientos producidos sobre una ladera o talud debidos a los colapsos de material rocoso, se caracterizan por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por la acción de la gravedad y por la rotación, hacia delante, de un material rocoso (Capa litológica o paquete de rocas estratificadas o diaclasadas) alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior. Ver Figura 6.

**Propagación lateral.** Son desplazamientos de terreno (rocas, suelos, detritos) en sentido lateral o casi horizontal, en donde subyacen masas rocosas fracturadas y materiales de composición arcillosa. Estos movimientos se relacionan con los fenómenos de licuación o movimientos plásticos de los materiales por la actividad sísmica. En general estos tipos de movimientos en masa, son lentos, de características complejas y de difícil apreciación sobre el terreno. Ver Figura 7.

**Hundimientos o subsidencia.** Son movimientos de terrenos con desplazamientos subverticales, lentos y progresivos. Son causados generalmente por una ablación profunda, bajo el efecto de las estructuras tectónicas (fallas), de la disolución química de las rocas (calizas, etc.), de la diagénesis de sedimentos o por causas artificiales (extracción de recursos minerales del subsuelo, de aguas subterráneas, construcciones subterráneas como galerías, minas, etc.). Un hundimiento se manifiesta como una depresión topográfica en la superficie del terreno, sin ruptura aparente, donde algunas veces, se forman cunetas poco profundas. Ver Figura 8.

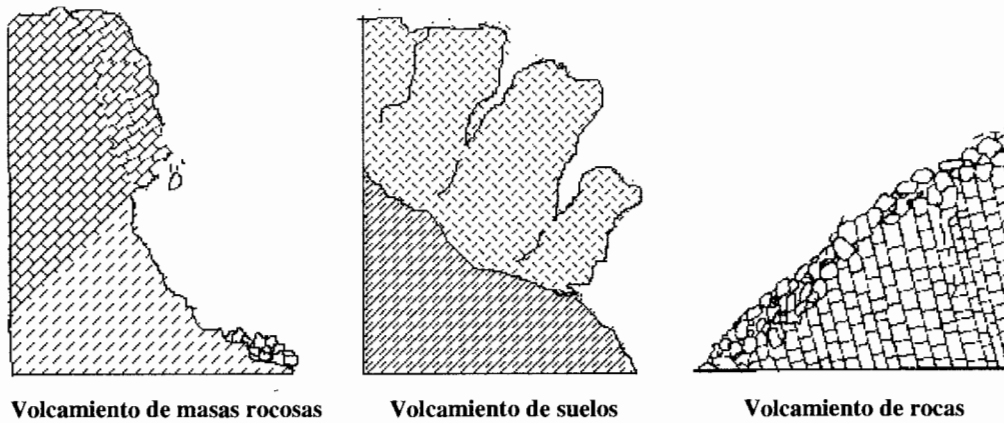


FIGURA 6. Movimientos en masa por volcamiento.

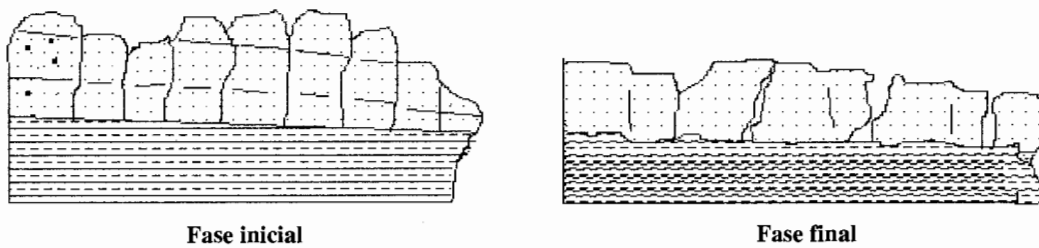


FIGURA 7. Movimiento en masa con propagación lateral por licuación de una masa de roca fracturada sobre rocas arcillosas.

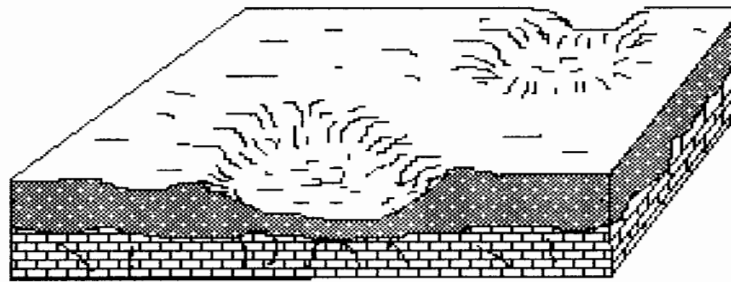


FIGURA 8. Hundimientos de terreno.

**Reptación.** Es un movimiento superficial (suelos), lento y continuo, con materiales de baja cohesión, favorecidos por el agua. Este tipo de movimiento no presenta superficie de ruptura pero sobre el terreno, se desarrollan varias geoformas o características que permiten su detección (Rugosidades del suelo, efectos de geotropismo en los árboles, desplazamiento de cercas, morfología suavemente ondulada con abombamientos locales, etc.), Una

variedad de este movimiento llamada *solifluxión*, se desarrolla en las zonas de alta humedad y de baja temperatura (paramos, áreas periglaciares glaciares, etc.). Allí el movimiento es provocado por una diferencia de comportamiento entre los horizontes más superficiales y los niveles más profundos. Los horizontes superficiales muestran un mayor estado de alteración debido al continuo congelamiento y descongelamiento de los materiales. Ver Figura 9.

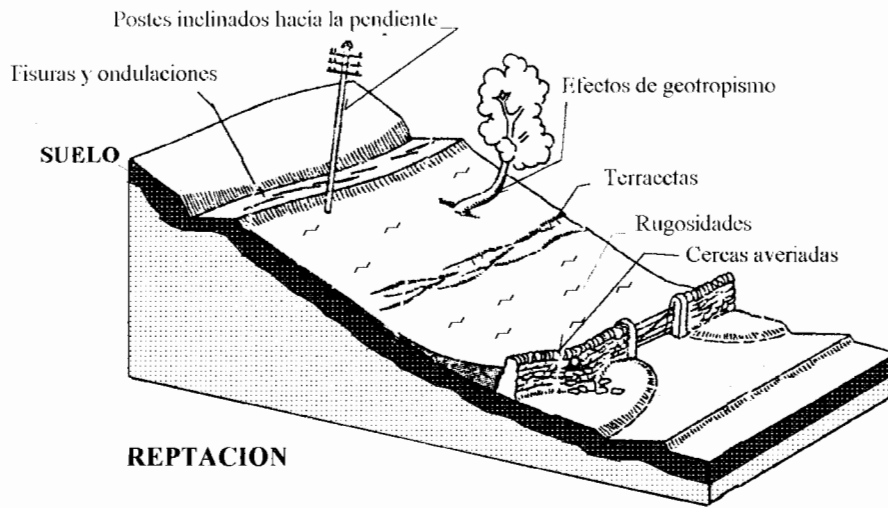


FIGURA 9. Reptación de un terreno.

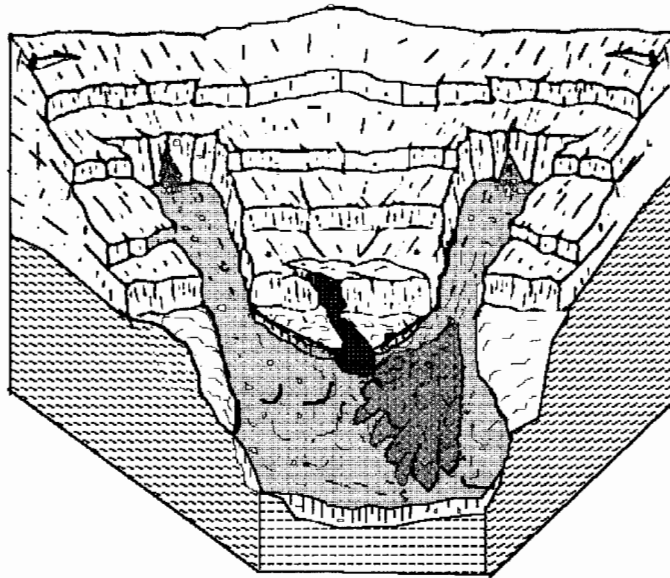


FIGURA 10. Ejemplo de un movimiento en masa complejo

**Movimientos complejos.** Cuando se presentan diferentes tipos de mecanismos de ruptura o de falla y la combinación de dos o más movimientos en masa, estamos ante un movimiento complejo en masa. Ver Figura 10.

**Avenidas torrenciales.** Este tipo de movimiento complejo se forma por la ocurrencia súbita de uno o varios movimientos en masa, de una magnitud considerable, que vierten sus materiales litológicos

sobre un cauce generalmente estrecho, profundo, de régimen hidrológico temporal o permanente y de alto gradiente, formando una masa semilíquida de bloques y lodo que se precipita pendiente abajo, con gran velocidad y poder de arrastre.

**Avalanchas.** Son movimientos de una masa de nieve o hielo sobre una ladera asociada a zonas glaciares de alta montaña. Las avalanchas de nieve se producen por desprendimientos de cuerpos de nieve o hielo a

través de fracturas o superficies determinadas por cambios de densidad existentes entre estos materiales. El principal agente es la gravedad. Las avalanchas pueden variar desde un pequeño e inofensivo flujo superficial a una gigantesca masa destructiva y letal que puede alcanzar los 100 millones de metros cúbicos y una presión de impacto de 200 toneladas por metro cuadrado con velocidades de 300Km/hora (Marbouty, 1981). Las avalanchas más frecuentes (80%) y proporcionalmente más peligrosas, son de nieve fresca y ocurren después de una nevada.

### CRITERIOS DE DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Los diversos ensayos para estandarizar la terminología han sido realizados por varios autores sin éxito. Varnes (1978a), considera este objetivo ideal pero imposible de obtenerlo. Por otra parte, Hutchinson (1968) estima que sería difícil imaginar una clasificación exhaustiva y precisa, teniendo en cuenta la gran variedad existente de movimientos en masa. Yatsut (1967), afirma que una clasificación muy compleja no sería práctica.

Una de las primeras dificultades encontradas cuando se inicia un estudio que involucra los movimientos en masa, es la definición de la terminología de clasificación que se va a aplicar, pero generalmente se define la más adecuada y el sistema de clasificación más práctico para los objetivos del estudio.

El propósito de este artículo es el de aportar a los técnicos diferentes herramientas y criterios para describir un movimiento en masa, sin limitarse a un tipo de clasificación específica. Los criterios de descripción utilizados aquí, son los siguientes: desplazamiento relativo; tipo de material geotécnico; tamaño del material desplazado; actividad relativa; edad relativa; dimensión relativa; grado de desarrollo; procesos morfodinámicos; morfología de la masa deslizada; velocidad inicial; mecanismo de la superficie de ruptura y modo de desplazamiento.

### DESPLAZAMIENTO RELATIVO

La noción de desplazamiento relativo ha sido ampliamente utilizada por varios autores. En general, los movimientos en masa pueden ser diferenciados en dos categorías principales de acuerdo con la velocidad de desplazamiento relativo: *Movimientos rápidos* y *movimientos lentos*.

***Movimientos rápidos en masa.*** Presentan desplazamientos de material súbito o de alta velocidad. En general, la morfología y la estructura original del material se cambian totalmente. Se incluyen a las caídas, los desprendimientos, los desplomes y los flujos.

***Movimientos lentos en masa.*** El desplazamiento del material se realiza en forma lenta. Superficialmente, los árboles y las masas de los materiales conservan su posición o estructura original. Entre los movimientos lentos se incluyen principalmente, la reptación, la soliflucción, y los hundimientos.

Los deslizamientos figuran en una fase de desplazamiento intermedia entre estas dos categorías.

### VELOCIDAD O TASA DE MOVIMIENTO

La velocidad del material involucrado, es un criterio indispensable para la descripción de un movimiento en masa. Es importante aclarar en las descripciones o clasificaciones, si la velocidad indicada es la detonante inicial o la remanente. A continuación se muestra el sistema de clasificación propuesto por Varnes, (1978a), para los movimientos en masa por su velocidad:

- ♦ *Extremadamente rápido* >3 m/s
- ♦ *Muy rápido* 0.3 m/min. - 3 m/s
- ♦ *Rápido* 1.5 m/día - 0.3 m/min.
- ♦ *Moderado* 1.5 m/mes - 1.5 m/día
- ♦ *Lento* 1.5 m/año - 1.5 m/mes
- ♦ *Muy lento* 0.06 m/año - 1.5 m/año
- ♦ *Extremadamente lento* < 0.06 m/año

**TABLA 4.** Clasificaciones de los materiales litológicos según su comportamiento geotécnico homogéneo.

Deere y Patton, 1971		Varnes, 1978		González, 1989	
SUELO RESIDUAL	IA. <i>Horizonte A.</i>	SUELO	Tierra	SUELO. Material con más de 30% de matriz (< tamiz # 4)	Depósitos aluviales, eólicos, lacustres.
	IB. <i>Horizonte B.</i>				
ROCA METEORIZADA	IC. <i>Horizonte C (saprolito).</i>		Detritos	MATERIAL INTERMEDIO	
	II A. <i>Transición de saprolito a roca meteorizada.</i> II B. <i>Roca parcialmente meteorizada.</i>				
ROCA NO METEORIZADA	III. <i>Roca fresca.</i>	ROCA	ROCA		

**TABLA 5.** Clasificación genérica de los materiales involucrados en movimientos en masa.

CLASE Y TIPO DE MATERIAL		
LITOLÓGICO	SUELO	Orgánico
		Residual
	DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS	Aluvial
		Glaciar
		Denudacional (coluviones, derrubios, etc.)
		Eólico
		Volcánico (Cenizas, piroclastos, etc.)
		Marino
	ROCA	Fresca
		Moderadamente descompuesta
Muy descompuesta		
ARTIFICIAL	DESECHOS ORGÁNICOS	Basuras
	INDUSTRIAL	Desechos industriales

### TIPO DE MATERIAL

Un movimiento en masa comúnmente es descrito por el tipo de material litológico afectado o desplazado. Esta clasificación generalmente es muy genérica y se relaciona con las características geomecánicas o de comportamiento geotécnico homogéneo de los materiales litológicos. En la tabla 4 se presentan tres sistemas de clasificación de los materiales litológicos.

Con el impacto antrópico en las grandes regiones urbanizadas, los materiales involucrados de los movimientos en masa, dejaron de ser ya únicamente litológicos. Actualmente ocurren movimientos en masa en las zonas de desechos de basuras como es el

caso de Doña Juana en Santafé de Bogotá, Colombia, o en los desechos de las obras civiles o residuos industriales. Ver tabla 5.

### TAMAÑO DEL MATERIAL DESLIZADO

Otro aspecto importante en la descripción o clasificación de un movimiento en masa es el tamaño predominante de los materiales involucrados.

Para las caídas se han establecido varias clasificaciones de acuerdo con el tamaño principal del fragmento. Se han utilizado términos como: piedras, detritos, cascajos, y bloques y se han determinado los rangos de los diámetros o del

TABLA 6. Clasificación granulométrica de materiales litológicos.

CATEGORÍAS	RANGOS DE TAMAÑOS	SEDIMENTO	ROCA	TÉRMINO EN DESLIZAMIENTOS
Arcilla	< 1/256 mm	Lodo	Lutita	Lodo
Limo	1/256 mm - 1/16 mm			
Arena muy fina	0,062 mm - 0,125 mm	Arena	Arenita	Tierra
Arena fina	0,125 mm - 0,25 mm			
Arena media	0,25 mm - 0,5 mm			
Arena gruesa	0,5 mm - 1 mm			
Arena muy gruesa	1 mm - 2 mm			
Gravas	2 mm - 4 mm	Grava	Rudita	Detritos
Cantos	24mm - 64 mm			
Guijarros	64 mm - 256 mm			
Bloques	>256 mm			

volumen de los fragmentos no estandarizados. El criterio más adecuado para esta caracterización es la utilización de las tablas granulométricas de rocas y suelos. Ver tabla 6.

El término *escombros*, comúnmente utilizado en descripciones y clasificaciones, implica la mezcla de materiales litológicos de diferente tamaño y los restos vegetales o de obras civiles.

### ACTIVIDAD RELATIVA

Los movimientos en masa pueden ser clasificados o caracterizados, en función de su actividad. Comúnmente se utilizan los términos de activo, inactivos, durmientes y estabilizados.

**Movimientos activos en masa.** Son aquellos que presentan clara evidencia de la actividad de la masa en movimiento o zonas de desprendimiento como: grietas, formación de escarpes de desgarre, caídas de arboles, remoción de material litológico, suelo y cobertura vegetal.

**Movimientos inactivos en masa.** Son aquellos que no muestran evidencias de desplazamiento o movimientos de material por un largo periodo. La masa deslizada generalmente está cubierta de vegetación.

**Movimiento durmiente en masa.** Presenta un aparente estado de inactividad pero pueden ser reactivado por cambios en las propiedades intrínsecas de los materiales, las condiciones hidrogeológicas o la acción de un agente externo como las lluvias intensas o un sismo.

**Movimientos estabilizados en masa.** Son aquellos que han obtenido un equilibrio dinámico por las obras de ingeniería.

Desde otro punto de vista, la actividad de un movimiento en masa puede catalogarse como continua, intermitente, progresiva o decreciente.

**Movimiento de actividad continua en masa.** Cuando su actividad es continua y permanente por un periodo prolongado de observación.

**Movimientos de actividad intermitente en masa .** Son aquellos que presentan etapas de quietud y de movimiento intermitente. Algunos de ellos se asocian con las estaciones climáticas: durante los periodos de invierno se inician desplazamientos de la masa deslizada y en épocas de verano, permanece en quietud.

**Movimientos de actividad progresiva en masa.** Son movimientos que muestran un notorio incremento de su actividad con el tiempo y que presentan mayores áreas intactas o mayor velocidad de movimiento.

**Movimientos de actividad decreciente en masa.** Son aquellos que muestran con el tiempo una notoria reducción de su actividad, llegando hacia un equilibrio morfodinámico.

## EDAD RELATIVA

Bajo este criterio los movimientos en masa pueden ser clasificados en: recientes, antiguos y fósiles.

**Movimientos recientes en masa.** Presentan aún evidencias de la detonación del movimiento, como grietas abiertas, roca in situ con presencia de estrías o marcas de arrastre de material, remoción y mezcla de suelo, roca y restos vegetales u obras civiles, zonas de pozos o manaderos de agua. Por lo general, pueden ser registrados por pobladores cercanos.

**Movimientos antiguos en masa.** Son movimientos ocurridos en un lapso de tiempo considerable, en los cuales su morfología inicial ha sido modificada por procesos denudacionales. La masa deslizada ha desarrollado suelos orgánicos y está cubierta por vegetación. En algunos casos, presenta procesos erosivos o movimientos menores recientes.

**Movimientos fósiles en masa.** Son movimientos ocurridos en tiempos geológicos pasados. La masa deslizada aparece compacta, desarrolla suelos orgánicos espesos y los fragmentos se manifiestan altamente meteorizados y alterados. En las zonas escarpadas únicamente se reconoce la cicatriz de arranque y la roca in situ puede presentar superficies de líquenes.

## DIMENSIÓN RELATIVA

La dimensión del movimiento en masa puede constituir un criterio de clasificación, y utilizar términos como *mayor o menor*. Aunque no existe un valor definido entre estas dos categorías, Vargas, (1994) propone 500 m<sup>2</sup> como límite de separación.

## GRADO DE DESARROLLO

Este concepto está ligado al grado de evolución geomorfológica que presenta la masa o material litológico deslizada en comparación con el terreno original. En este contexto se pueden clasificar los movimientos en masa en tres tipos: imperceptibles, desarrollado y transformado.

**Movimiento imperceptible en masa.** Es el movimiento en el cual la zona de deslizamiento no presenta contrastes con el terreno in situ o no afectado; no existe la remoción o mezcla de material, sino un desplazamiento lento y plástico.

**Movimiento desarrollado en masa.** Se caracteriza porque sus elementos están bien definidos. (corona, escarpes, zona de acumulación, etc.). En este caso la masa deslizada preserva algunas características del terreno original.

**Movimiento transformado en masa.** En este movimiento, la masa deslizada no preserva ninguna característica del terreno original y la morfología del movimiento contrasta altamente con la del terreno original.

## MECANISMO DE TRANSPORTE

Se distinguen dos grandes categorías por el agente o mecanismo de transporte del material desprendido o en movimiento: movimiento en masa y transporte en masa.

**Movimientos en masa.** El principal agente de transporte es la gravedad. Entre estos figuran las caídas principalmente .

**Transporte en masa.** El agente motor del movimiento es el agua, el hielo o el viento. Aquí se presenta una gran diversidad de movimientos.

## FORMA DEL DEPÓSITO

La forma del depósito de los materiales removidos por un movimiento en masa constituye comúnmente un criterio de clasificación o descripción del mismo. Términos comunes de descripción de forma del depósito son: *abanico, cono, lengua, lupas, coladas, laminas, etc.* Ejemplos de nombres de depósitos son: *cono de detritos, cono de escombros, lupas de deslizamientos, coladas de detritos, etc.* Otras formas de terrenos afectados por los movimientos lentos de suelos (reptación, soliflucción, etc.) son las llamadas *terracetas o patas de vaca*. Estas formas se caracterizan por el escalonamiento de terrenos, en las laderas de pendientes moderadas o abruptas. Generalmente estas formas se relacionan con el uso intensivo del suelo a causa del sobrepastoreo.

## PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

Los procesos morfodinámicos y morfológicos dan lugar a las clasificaciones de los materiales asociados con los movimientos en masa y los fenómenos asociados dan lugar a la disgregación natural de las laderas o taludes, particularmente a las caídas; se destacan los términos de talud, derrubios y coluviones.

**Talud.** Se dice de aquellos materiales, generalmente gruesos (guijos, cantos y bloques), depositados en la base de un escarpe o ladera empinada.

**Derrubios.** Se le denomina a aquellos materiales rocosos, generalmente de gran tamaño, guijos o bloques depositados superficialmente a lo largo y ancho de las laderas de pendientes moderadas.

**Coluviones.** Depósitos de rocas entremezcladas con suelos localizados sobre las laderas moderadamente inclinadas. Su origen puede estar asociado con los procesos naturales de degradación natural de los derrubios (alteración de los bloques menos resistentes), o de antiguos movimientos en masa como los deslizamientos de tierras y los detritos.

## AVANCE

De acuerdo con el modo y la dirección de avance de los movimientos en masa, se clasifican en: gravitatorios, en graven, laterales, progresivos, retrogresivos y aleatorios.

**Movimiento gravitatorio en masa.** El movimiento se presenta verticalmente por acción de la gravedad.

**Movimiento de avance en graben en masa.** Son movimientos verticales y perpendiculares al movimiento.

**Movimiento de avance lateral en masa.** Son movimientos que presentan un avance lateral, respecto al movimiento inicial.

**Movimiento de avance progresivo en masa.** Representa movimientos que avanzan en el mismo sentido del movimiento inicial, siendo generalmente pendiente abajo.

**Movimiento de avance retrogresivo en masa.** Constituye movimientos que avanzan o se incrementan pendiente arriba.

**Movimiento aleatorio en masa.** Son movimientos que no presentan una sola dirección de avance. Pueden extenderse pendiente abajo, pendiente arriba o lateralmente.

## FORMA DE OCURRENCIA

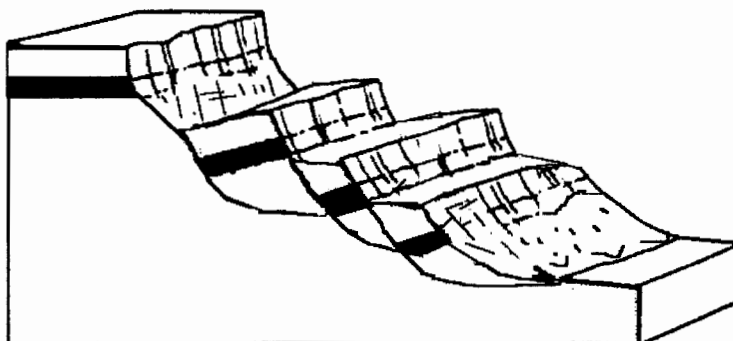
Por la forma de distribución y ocurrencia los movimientos en masa se clasifican en varios tipos: único, compuesto, satélite y enjambres.

**Movimiento único en masa.** Se presenta en forma aislada y constituye un movimiento único.

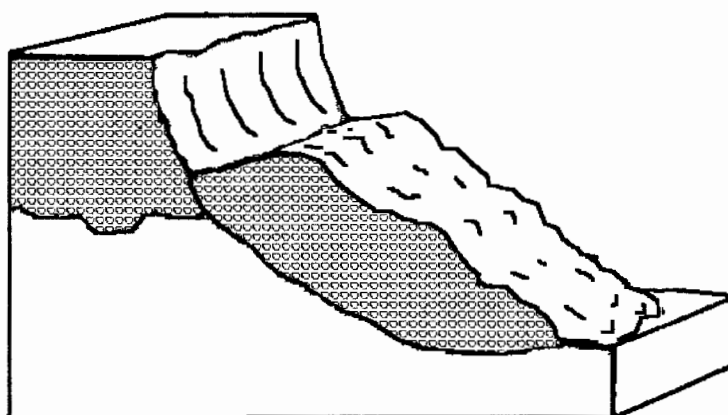
**Movimiento compuesto en masa.** Es aquel movimiento que se forma por la interacción de varios movimientos independientes que convergen en una zona común pero que caracterizan un movimiento particular.



### Deslizamiento rotacional múltiple



### Deslizamiento rotacional simple



### Deslizamiento translacional en rocas

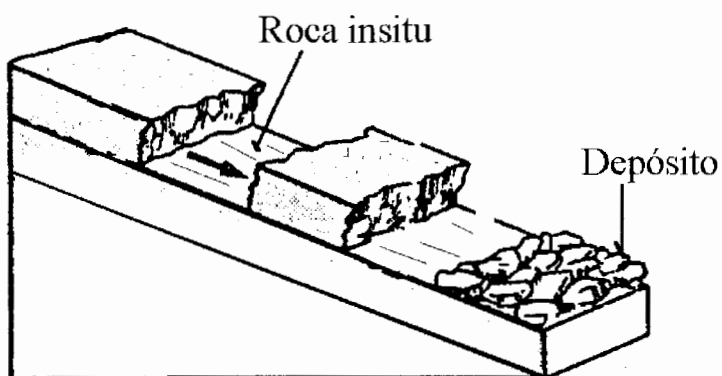


FIGURA 11. Formas y mecanismos de ruptura de movimientos en masa (Vargas, 1995)

**Movimiento satélite en masa.** Ocurre cuando se localiza dentro de un movimiento mayor y presenta un mecanismo de ruptura y movimiento particular.

**Movimientos en enjambre en masa.** Cuando en una región particular se presenta un gran número de movimientos independientes, pero generalmente a un mismo evento detonante (sismo o precipitación).

## FORMA Y MECANISMO DE RUPTURA

Los movimientos en masa se clasifican por el mecanismo y la forma de la superficie de falla o ruptura. Aunque estas clasificaciones comúnmente se relacionan con los deslizamientos, pueden ser aplicadas a cualquier movimiento en masa, ya que todos la presentan excepto la reptación. Ver Figura 11.

**Movimiento rotacional en masa.** La superficie de ruptura es circular o semicircular y cóncava hacia arriba. El movimiento se efectúa por rotación alrededor de un eje paralelo al talud. A su vez, estos movimientos pueden subdividirse en simple, sucesivo y múltiple. Generalmente, los mecanismos de ruptura se presentan en los terrenos constituidos por los depósitos inconsolidados y las rocas muy alteradas o fracturadas.

- ♦ **Movimiento rotacional simple en masa.** Se define cuando la superficie de ruptura rotacional es única.
- ♦ **Movimiento rotacional sucesivo en masa.** Se presenta cuando existen varias superficies de ruptura semicirculares, independientes y paralelas entre sí.
- ♦ **Movimiento rotacional múltiple en masa.** Cuando se presentan varias superficies de ruptura, y éstas convergen en profundidad en un único plano rotacional.

**Movimiento planar o translacional en masa.** Se presenta cuando la superficie de ruptura sigue un plano de discontinuidad, como un contacto litológico

o una estructura geológica (falla, plano de estratificación, plano de foliación, diaclasa o fractura, etc.). El término *translacional* se relaciona más con los movimientos en los cuales la superficie de ruptura coincide o sigue un plano estructural (estratificación, foliación).

## MOVIMIENTOS EN MASA RELACIONADOS A DISCONTINUIDADES ESTRUCTURALES

Comúnmente una ladera o talud constituido por roca, presenta discontinuidades estructurales. Estas discontinuidades tienen diferentes orígenes: diagenéticos (estratificación, foliación, esquistosidad, bandeamiento, diques, discordancia, etc.), tectónicos (fallas, fracturas, diaclasas, zonas de cizalla, etc.), geodinámicos (pliegues, fallas, fracturas, etc.), y otros de origen antrópico por cortes y sobrecarga de taludes. Las propiedades intrínsecas de cada una de ellas, en conjunto con la distribución, densidad y relaciones espaciales en el talud o la ladera, pueden producir fallas con movimientos de bloques o masas de rocas.

Basados en la forma de ruptura, los movimientos en masa asociados con las discontinuidades estructurales se pueden clasificar en: planar, en cuña, circular y como volcamientos por su mecanismo de movimiento. Ver Figura 12.

**Movimiento en masa estructural con falla plana o planar.** Ocurre cuando el movimiento se presenta a lo largo de una superficie estructural principal y de forma plana. Normalmente, esta discontinuidad estructural constituye un plano estructural, es decir, tiene una orientación paralela a la pendiente topográfica. La discontinuidad generalmente se presenta por un plano de estratificación o una fractura; las dimensiones y la magnitud del movimiento pueden variar desde un bloque pequeño hasta las grandes masas de roca de millones de metros cúbicos. El mecanismo de un movimiento en masa de ruptura planar cumple las siguientes condiciones cinemáticas:

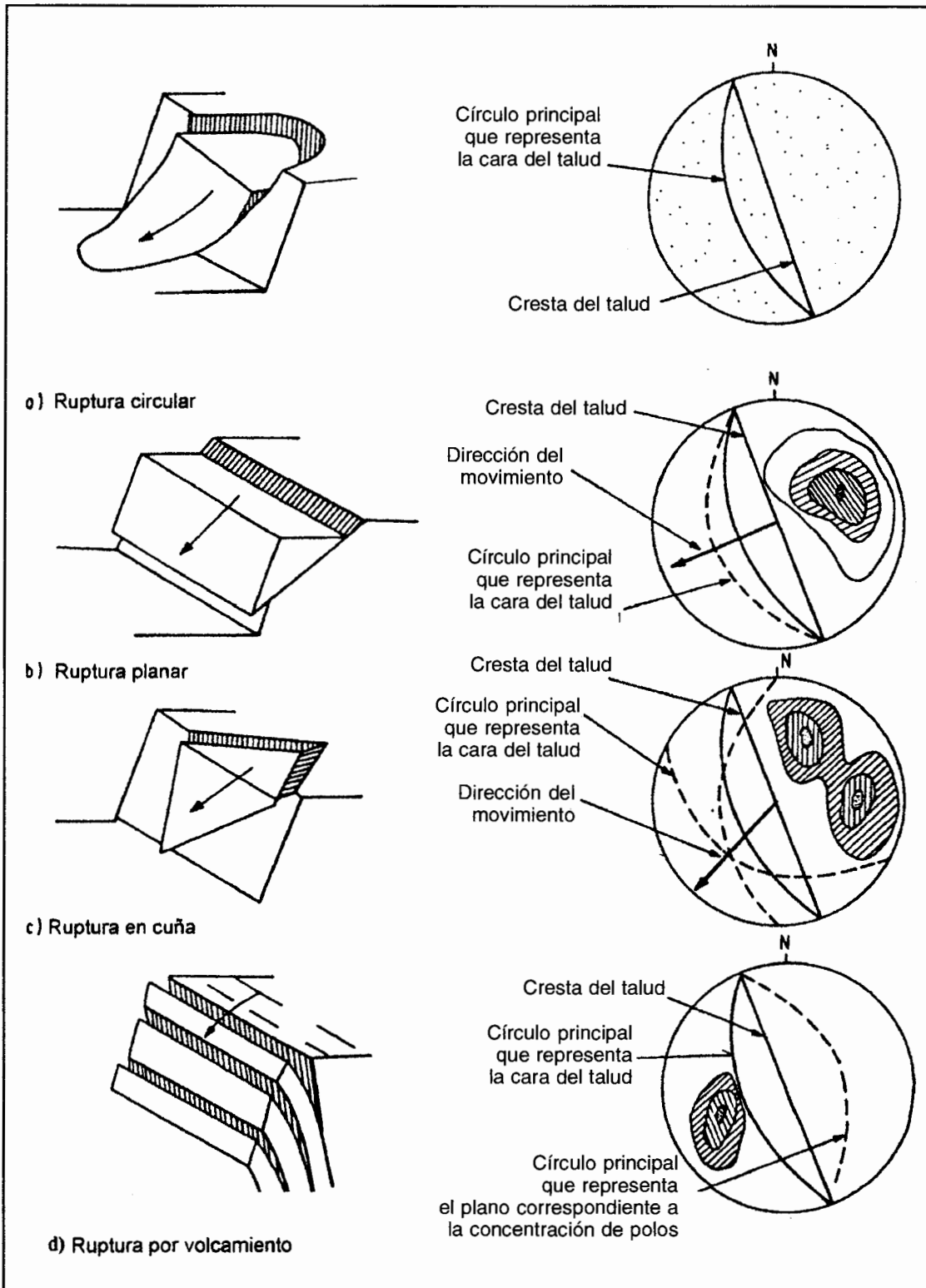


FIGURA 12. Tipos de ruptura por discontinuidades en macizos rocosos (tomado de Hoek, Bray, 1977).

- ♦ La diferencia entre el plano de buzamiento o azimut de la discontinuidad y la dirección de la superficie del talud o ladera debe ser inferior a 20 grados.
- ♦ El plano de ruptura debe aparecer sobre la superficie del terreno. Por lo tanto, la pendiente del terreno o talud, debe ser mayor que el buzamiento de la discontinuidad.
- ♦ El buzamiento de la discontinuidad de ruptura debe ser mayor que su ángulo de fricción.

***Movimiento estructural con falla en cuña, en masa.***

Se manifiesta cuando el movimiento de la masa o del bloque rocoso se presenta a lo largo de dos discontinuidades que se interceptan en ángulo oblicuo a la superficie del talud. El mecanismo de un movimiento en masa de ruptura en cuña cumple con las siguientes condiciones cinemáticas:

- ♦ El plano de buzamiento de la línea de movimiento es mayor que el ángulo de fricción promedio de las dos superficies.
- ♦ La dirección de la línea de intersección está próxima a la del buzamiento de la superficie del talud.
- ♦ El buzamiento de la línea de intersección menor que el de la superficie del talud.

***Movimiento estructural con falla circular, en masa.***

Como ocurre con los deslizamientos o los movimientos rotacionales, la falla circular en los taludes rocosos se relaciona con los materiales muy fracturados, en los cuales las discontinuidades se presentan ampliamente distribuidas sobre toda la masa rocosa y con diferentes orientaciones. Esto hace del material rocoso un material "homogéneo" que falla a lo largo de una superficie circular única, no asociada con un plano de discontinuidad en particular.

***Movimiento estructural con falla por volcamiento, en masa.*** Este tipo de ruptura y de movimiento

ocurre generalmente en las rocas con planos de discontinuidad paralelos entre sí, con buzamientos verticales a subverticales, de poco espesor, orientados paralelamente a la cara del talud a ladera. Comúnmente, la rotación de bloques o masas rocosas se realiza alrededor de un punto de flexura determinado por la acción de los pliegues gravitacionales en rocas sedimentarias fracturadas, de consistencia dura (calizas, areniscas, etc.) o en las columnas de rocas basálticas con estructuras columnares determinadas por procesos meteóricos en la etapa de enfriamiento de las lavas.

## **GÉNESIS**

Un movimiento en masa puede ser clasificado por su génesis en: aluvial, glaciario, eólico, marino, volcánico, denudacional,

***Movimiento de ambiente aluvial, en masa.*** Son movimientos localizados sobre las márgenes de los cauces de régimen permanente o temporal. Estos movimientos son producidos por la acción de las corrientes o crecidas fluviales, ya sea erosión, socavación o choques sobre las laderas.

***Movimiento de ambiente glaciario, en masa.*** Son movimientos producidos por los desplazamientos de masas glaciares en las zonas de alta montaña. El paso de estos glaciares de masas de hielo, nieve o depósitos glaciares (Roca, suelo, hielo) ejerce presión sobre las laderas de los valles y ocasiona deslizamientos, aludes o avalanchas.

***Movimientos de ambiente eólico.*** Los depósitos y otras formas de acumulación eólica, pueden originar movimientos en masa por la acción del viento o por sobrecarga. En general, estos movimientos son de poca magnitud y por las características del material (limo y arena), no dejan evidencias morfológicas.

***Movimientos de ambiente marino.*** Al igual que en la superficie terrestre, en el fondo marino se presenta una gran diversidad de movimientos, generalmente asociados con los fenómenos sismotectónicos y volcánicos, en zonas de placas tectónicas activas.

**Movimientos de ambiente costero.** En zonas costeras se presenta una gran variedad de movimientos en masa ocasionados por el impacto de las olas y la erosión y el socavamiento de los arrecifes o taludes.

**Movimientos de ambiente volcánico.** Son movimientos ocasionados por las erupciones volcánicas, ya sea como grandes desprendimientos del edificio volcánico, flujos piroclásticos, ondas de choque, lahares o sobrecarga de taludes por acumulación de cenizas volcánicas.

**Movimientos de ambiente denudacional, en masa.** Comprenden la gran mayoría de los movimientos en masa reportados. Ocurren en zonas de colinas o montañas en los que intervienen diferentes procesos de degradación (meteorización, alteración de los materiales) y acumulación natural (depósitos inconsolidados). En este ambiente se pueden caracterizar los movimientos en masa, principalmente, los desplomes o los colapsos asociados con los ambientes cársticos.

**Movimientos de ambiente antrópico.** Actualmente es común hablar de movimientos en masa en zonas urbanas o industriales. Los movimientos en masa de basuras o residuos industriales se pueden presentar por la acumulación inapropiada de estos materiales.

## AGENTE DETONANTE

Los movimientos en masa se clasifican según su agente detonante en: sismotectónicos, hidrológicos, meteorológicos y antrópicos.

**Movimientos en masa de origen sismotectónico.** La ocurrencia de un sismo asociado a una falla geológica, puede generar una gran número de movimientos en masa.

**Movimientos de origen hidrológico, en masa.** Las corrientes de agua superficial o subterránea, pueden constituir el agente detonante de los movimientos en masa.

**Movimientos de origen meteorológico, en masa.** Las precipitaciones y los vientos huracanados pueden ser los agentes detonantes de movimientos en masa.

**Movimientos de origen antrópico, en masa.** Los movimientos en masa pueden ser generados o inducidos por las actividades antrópicas.

## MAGNITUD DE UN MOVIMIENTO EN MASA

El término *magnitud* es corrientemente utilizado en sismología para explicar la energía liberada por un sismo. Para estudios a escala media (1:25.000-1:50.000) la energía de un movimiento en masa se representa con tres parámetros. El volumen de material deslizado, la actividad y la velocidad del movimiento. De acuerdo con estos tres elementos, se propone la siguiente fórmula para cuantificar la magnitud de un movimiento en masa modificando la propuesta hecha por Vargas, (1995):

$$(1) Mm = (V_o) + (A) + (V_s)$$

$V_o$  = volumen de la masa deslizada

$A$  = Actividad del movimiento

$V_s$  = velocidad relativa del movimiento

En las tablas 7 a 9, se indican los valores de magnitud de los tres parámetros y en la tabla 10, se indican los intervalos de los posibles valores obtenidos por la fórmula (1) y sus correspondientes valores de magnitud de un movimiento en masa.

## INTENSIDAD DE UN MOVIMIENTO EN MASA

La intensidad de un movimiento en masa es definida a partir de los daños directos o indirectos ocasionados por éste. Los daños dependen principalmente, de dos aspectos: 1) La localización geográfica del fenómeno. 2) La magnitud del movimiento en masa. Vargas (1995), propone una guía para clasificar la intensidad de un movimiento en masa sobre una escala de I a VI. Ver tabla 11.

TABLA 7. Orden de magnitud de volumen de un movimiento en masa

VOLUMEN m <sup>3</sup>	ORDEN
< 10 m <sup>3</sup>	1
10 - 100 m <sup>3</sup>	2
100 - 1000 m <sup>3</sup>	3
10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4
10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	5
> 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	6

TABLA 8. Orden de magnitud de velocidad de un movimiento en masa.

VELOCIDAD RELATIVA	ORDEN
< 0,006 m/an	1
0,06 m/an	2
1,5 m/an	3
1,5 m/mois	4
1,5 m/jour	5
>3 m/s	6

Tabla 9. Orden de magnitud de actividad de un movimiento en masa.

ACTIVIDAD	ORDEN
Inactivo	1
Estabilizado	2
Durmiente	3
Semiactivo	4
Activo	6

TABLA 10. Rangos de magnitud de un movimiento en masa.

Σ DE VALORES	MAGNITUD	
<3	1	Muy baja
5 - 9	2	Baja
10 -12	3	Moderada
13 -15	4	Alta
>15	6	Muy alta

## PRINCIPALES CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

En la formación y detonación de un movimiento en masa intervienen conjuntamente varios factores. Terzaghi (1950) y Brunsden (1979), establecen dos categorías: factores externos y factores internos.

### FACTORES EXTERNOS

Los factores o causas externas que pueden producir un movimiento en masa debido a los efectos o cambios sobre la superficie del terreno, son:

- ♦ **Cortes del terreno.** Cambios de la morfología del terreno por cortes no tecnificados
- ♦ **Efectos climáticos.** Precipitaciones, cambios bruscos de temperatura, vientos huracanados, etc.
- ♦ **Sobrecarga.** Obras civiles, tránsito vehicular, descarga de material, etc.
- ♦ **Choques y vibraciones.** Explosiones a cielo abierto o subterráneas por explosivos, impactos de meteoritos, etc.

TABLA 11. Intensidad de un movimiento en masa.

INTENSIDAD	CARACTERÍSTICAS
I	- Pérdida local de suelos no agrícolas o de terrenos estériles.
II	- Pérdida local de suelos agrícolas o de terrenos de importancia económica o ecológica
III	- Pérdida de cultivos o de terrenos de importancia económica - Daños locales a infraestructuras civiles. - Averías menores en viviendas (agrietamientos).
IV	- Destrucción parcial de pequeñas zonas urbanas. - Destrucción de instalaciones de tipo social o industrial. - Pérdida de grandes extensiones de suelos agrícolas y cultivos. - Perdidas de animales domésticos.
V	- Pérdida de vidas humanas - Destrucción de viviendas o infraestructuras civiles.
VI	- Grandes pérdidas de vidas humanas - Destrucción de grandes zonas urbanas (barrios, pueblos, veredas). - Grandes pérdidas económicas.

- ♦ **Cambios en el régimen hidrológico superficial.** Desviación de cauces, construcciones inadecuadas de canales de riego u oros, construcción de presas o estanques inadecuados.

## FACTORES INTERNOS

Se relacionan principalmente con las condiciones intrínsecas de los materiales litológicos y los factores geodinámicos producidos en el interior de la superficie terrestre. Entre estos factores se descartan:

- ♦ **Características texturales y mineralógicas de los materiales.** Las rocas o suelos presentan diferentes grados de estabilidad debido a estas propiedades, lo cual favorece o reduce la resistencia al corte.
- ♦ **Grado de alteración y meteorización.** Entre más alterado o meteorizado se presente un material litológico, más susceptible es para originar fenómenos de remoción en masa.

- ♦ **Grado de fracturamiento.** Entre más fracturado se encuentre un material litológico, más susceptibles a desarrollar movimientos en masa.

- ♦ **Cambios en el nivel freático.** Los cambios en el nivel freático producen cambios de las propiedades físicas y químicas de los materiales rocosos, lo cual contribuyendo a la formación de movimientos en masa.

- ♦ **Aumento de la presión de poros.** Puede producir la saturación del material litológico y originar movimientos en masa. El aumento de la presión de poros puede ser consecuencia de las lluvias o del incremento del nivel freático.

## INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Con el propósito de realizar levantamientos georreferenciados de movimientos en masa con las características anotadas anteriormente, se presenta a continuación un formato de captura para campo (ver Anexo 1).

**ANEXO 1. INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA  
FORMATO DE CAPTURA**

**I. INFORMACION GENERAL**

No IDENTIFICADOR \_\_\_\_\_ ORGANISMO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE \_\_\_\_\_

**II. LOCALIZACION**

DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ MUNICIPIO \_\_\_\_\_ VEREDA \_\_\_\_\_ SITIO \_\_\_\_\_ CUENCA \_\_\_\_\_

**REFERENCIA GEOGRAFICA**

- ZONA RURAL SIN INFRAESTRUCTURA
- ZONA RURAL CON INFRAESTRUCTURA
- ZONA SUBURBANA
- ZONA URBANA

**METODO**

- GPS
- PLANCHA
- OTRO \_\_\_\_\_

- CORONA
- CENTRO
- PATA

**COORDENADAS GEOGRAFICAS**

LATITUD \_\_\_\_\_ LONGITUD \_\_\_\_\_ NORTE (Y) \_\_\_\_\_ ESTE (X) \_\_\_\_\_ ALTITUD \_\_\_\_\_

**COORDENADAS PLANAS**

**ORIGEN COORDENADAS**

- Bogotá
- Este centro
- Este Este
- Oeste
- Oeste Oeste

PLANCHA (No, Fuente y Escala) \_\_\_\_\_

SENSOR REMOTO (Tipo y Ref.) \_\_\_\_\_

**III. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA**

**LITOLOGIA PREDOMINANTE**

- IGNEA \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_
- ROCA  SEDIMENTARIA \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_
- METAMORFICA \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_
- FM. SUPERF. DEPOSITO  SUELO RESIDUAL \_\_\_\_\_
- ALUVIAL \_\_\_\_\_
- COLUVIAL \_\_\_\_\_
- FLUVIOGLACIAR \_\_\_\_\_
- TORRENCIAL \_\_\_\_\_
- GLACIAR \_\_\_\_\_
- VOLCANICO \_\_\_\_\_
- ANTIGUO DESLIZAMIENTO \_\_\_\_\_
- OTRO \_\_\_\_\_
- SUELO  ORGANICO \_\_\_\_\_
- HORIZONTE (S) \_\_\_\_\_

UNIDAD(ES) GEOLOGICA(S) \_\_\_\_\_ NOMBRE \_\_\_\_\_

**ESTRUCTURA LOCAL**

- ESTRATIFICACION
  - FOLIACION
  - ESQUISTOCIDAD
  - DIACLASA
  - CIZALLA
  - DIQUE
  - SIN ESTRUCTURA APARENTE
- ORIENTACION PREFERENCIAL \_\_\_\_\_

**METEORIZACION**

- FRESCA
- POCO METEORIZADA
- MODERADAMENTE METEORIZADA
- MUY METEORIZADA
- COMPLETAMENTE METEORIZADA

**ESTRUCTURA REGIONAL**

- FALLA
- PLIEGUE
- FRACTURA
- SIN RELACION ESTRUCTURAL
- OTRA \_\_\_\_\_

**FRACTURAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO**

- MACIZO
- POCO FRACTURADO
- LIGERAMENTE FRACTURADO
- MODERADAMENTE FRACTURADO
- MUY FRACTURADO
- TRITURADO

**GEOMORFOLOGIA**

**AMBIENTE MOFOGENETICO**

- DENUDACIONAL
- DENUDACIONAL ESTRUCTURAL
- FLUVIAL - ALUVIAL
- GLACIAR
- PERIGLACIAR
- EOLICO
- VOLCANICO
- COSTERO
- MARINO
- ANTROPICO
- OTRO \_\_\_\_\_

**GEOFORMA**

- COLINA
- MONTAÑA
- PIEDEMONTE
- ESCARPE
- VALLE
- CAÑON
- ABANICO
- VOLCAN
- OTRO \_\_\_\_\_

**FORMA DE LA PENDIENTE**

- RECTA
- CONVEXA
- CONCAVA
- ONDULADA
- IREGULAR

**LONGITUD DE LA PENDIENTE**

- MUY CORTA (< 50M)
- CORTA (50-250 M)
- MODER. LARGA (250 - 500 M)
- LARGA 500 - 1000 M)
- MUY LARGA (1000-2500 M)
- EXTREM. LARGA (>25000 M)

**INCLINACION DE LA PENDIENTE**

- < 5° plana a suavemente inclinada
- 6-10° moderadamente inclinada
- 11-15° inclinada
- 16°-30° abrupta
- 31-45° escarpada
- >45° muy escarpada

**EROSION**

- TIPO
- LAMINAR
- SURCOS
- CARCAVAS
- HONDONADAS
- TIERRAS MALAS
- SIN EROSION
- INTENSIDAD
- BAJA
- MODERADA
- ALTA

**COBERTURA DEL SUELO**

- BOSQUES
- ARBUSTOS
- PASTOS
- SUELOS DESNUDOS
- AFLORAMIENTOS ROCOSOS
- URBANO

**USO DEL SUELO**

- INFRAESTRUCTURA
- AGRICULTURA
- GANADERIA
- FORESTAL
- INDUSTRIAL
- URBANO
- MINERO ACTIVO
- MINERO INACTIVO
- OTRO \_\_\_\_\_

**CUERPOS DE AGUA**

- RÍOS
- QUEBRADAS
- LAGUNAS LAGOS
- ESTANQUES
- REPRESAS
- OTRO \_\_\_\_\_

**HUMEDAD**

- SECO
- HUMEDO
- SATURADO
- ENCHARCADO
- INUNDADO
- OTROS

**INFILTRACION**

TERRENO \_\_\_\_\_ VELOCIDAD \_\_\_\_\_ INFILTRACION BASICA \_\_\_\_\_

**MASA DESLIZADA**

\_\_\_\_\_



**IV. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO EN MASA**

**ANTECEDENTES**

FECHA INICIAL DETONANTE \_\_\_\_\_

FECHA ULTIMA REACTIVACION \_\_\_\_\_

NUMERO DE REACTIVACIONES IMPORTANTES \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL MOVIMIENTO \_\_\_\_\_

**TIPO DE MOVIMIENTO**

CAIDA

FLUJO

DESLIZAMIENTO

VOLCAMIENTO

PROPAGACION LATERAL

HUNDIMIENTO

REPTACION

MOVIMIENTO COMPLEJO

AVENIDA TORRENCIAL

AVALANCHA

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO**

LENTO

MODERADO

RAPIDO

**VELOCIDAD DE MOVIMIENTO**

EXTREMADAMENTE LENTO (< 0.06 m/año)

MUY LENTO (0.06 m/año - 1.5 m/año)

LENTO (1.5 m/año - 1.5 m/mes)

MODERADO (1.5 m/mes - 1.5 m/día)

RAPIDO (1.5 m/día - 0.3 m/min)

MUY RAPIDO (0.3 m/min. - 3 m/s)

EXTREMADAMENTE RAPIDO (>3 m/s)

**MATERIAL DESPLAZADO**

SUELO ORGANICO

SUELO RESIDUAL

FRAGMENTOS DE ROCA

RESTOS VEGETALES (TRONCOS Y ARBUSTOS)

ESCOMBROS DE CONSTRUCCIONES

OTROS \_\_\_\_\_

**TAMAÑO PREDOMINANTE DEL MATERIAL DESPLAZADO**

MATRIZ \_\_\_\_\_ %      FRAGMENTOS \_\_\_\_\_ %

ARCILLAS       CANTOS

LIMOS       GUIJOS

ARENAS       BLOQUES

GRAVAS

**ACTIVIDAD RELATIVA**

ACTIVO

ACTIVO CONTINUO

ACTIVO INTERMITENTE

ACTIVO PROGRESIVO

ACTIVO DECRECIENTE

DURMIENTE

ESTABILIZADO

INACTIVO

**EDAD RELATIVA**

RECIENTE

ANTIGUO

FOSIL

**GRADO DE DESARROLLO**

IMPERCEPTIBLE

DESARROLLADO

TRANSFORMADO

**AVANCE**

GRAVITATORIO

EN GRABEN

LATERAL

PROGRESIVO

RETROGRESIVO

ALEATORIO

NO EVIDENTE

**FORMA DE OCURRENCIA**

UNICO

COMPUESTO

SATELITE

ENJAMBRE

**MECANISMO DE RUPTURA**

ROTACIONAL

ROTACIONAL SIMPLE

ROTACIONAL SUCESIVO

ROTACIONAL MULTIPLE

PLANAR

TRANSLACIONAL ESTRUCTURAL

COMPLEJO O MIXTO

NO EVIDENTE

**13. POSICION DEL PLANO DE FALLA**

SUELO ORGANICO -SUELO RESIDUAL

SUELO RESIDUAL

SUELO RESIDUAL - ROCA

ROCA METEORIZADA

ROCA METEORIZADA ROCA FRESCA

ROCA FRACTURADA

FORMACION SUPERFICIAL

FORMACION SUPERFICIAL - ROCA

NO EVIDENTE

**GEOMETRIA DEL DEPOSITO**

ELONGADO

EQUIDIMENSIONAL

IRREGULAR

**FORMA DEL DEPOSITO**

ABANICO

CONO

LENGUA

COLADAS

LUPAS

LAMINAS

LOBULOS

OTRA \_\_\_\_\_

**DIMENSIONES**

DESPLAZAMIENTO MAXI. \_\_\_\_\_

ANCHO \_\_\_\_\_

ALTITUD RELATIVA \_\_\_\_\_

ÁREA \_\_\_\_\_

ESPESOR MAX. \_\_\_\_\_

volumen \_\_\_\_\_

**ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS VISIBLES**

CABEZA

CUERPO

PIE

FRENTE

PATA

CORONA

FISURAS DE CORONACION

ESCARPE PRINCIPAL

ESCARPES SECUNDARIOS

GRADINES

FISURAS LONGITUDINALES

FLANCO DERECHO

FLANCO IZQUIERDO

DEPRESION

PROTUBERANCIA

FISURAS RADIALES

ABOMBAMIENTO

LOBULOS

**FACTORES INTRINSECOS**

**CONTRIBUYENTES**

LITOLOGIA

METEORIZACION

FRACTURAMIENTO

MORFOLOGIA

PENDIENTE

EROSION

**FACTORES**

**DETONANTES**

SISMO

LLUVIA

CRECIENTE

ANTROPICO

ERUPCION VOLCANICA

OTRO MOVIMIENTO EN MASA

INFILTRACION AGUAS

OTRO \_\_\_\_\_

**CAUSAS**

SOBRECARGA

DETONACIONES

DEFORESTACION

MINERIA

CORTES INADECUADOS

SATURACION

SOBRE PASTOREO

URBANISMO

RUPTURA DE TUBERIAS

VERTIMIENTO DE AGUAS HERVIDAS

**POSICION**

TALUD

LADERA BAJA

LADERA MEDIA

LADERA SUPERIOR

CIMA

**V DAÑOS Y EFECTOS**

**CORPORALES**

**CUANTIFIQUE**

PERDIDAS HUMANAS \_\_\_\_\_

HERIDOS \_\_\_\_\_

FAMI. DANIFICADAS \_\_\_\_\_

PERDIDAS DE ANIMALES \_\_\_\_\_

**ESTRUCTURALES**

**CUANTIFIQUE**

VIVIENDAS DESTRUIDAS \_\_\_\_\_

VIVIENDAS AVERIADAS \_\_\_\_\_

PUENTE (S) \_\_\_\_\_

POSTES \_\_\_\_\_

VIAS \_\_\_\_\_ Km

TUBERIAS \_\_\_\_\_

OTROS \_\_\_\_\_

**FUNCIONAL**

RECREACIONAL

COMERCIAL

HABITACIONAL

SERVICIOS PUBLICOS

SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

SOCIAL

PATRIMONIAL

OTROS \_\_\_\_\_

**MEDIDAS DE CONTROL**

DISEÑOS DE TALUDES

CONTROL DE DRENAJE

DISTRIBUCION DE MASAS

REFORESTACION

MUROS DE CONTENCION

INSTRUMENTACION

OTRAS \_\_\_\_\_

**EFECTOS AMBIENTALES**

DESTRUCCION DE BOSQUES

OBSTRUCCION DE CAUCE

CONTAMINACION

OTRO \_\_\_\_\_

**REPESAMIENTO**

CUENCA \_\_\_\_\_

MUNICIPIO \_\_\_\_\_

AREA \_\_\_\_\_

VOLUMEN \_\_\_\_\_

**VI. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**INFORMACION DE LLUVIAS**

LLUVIA ULTIMO DIA \_\_\_\_\_ mm

LLUVIA 3 DIAS \_\_\_\_\_ mm

LLUVIA 10 DIAS \_\_\_\_\_ mm

PERSISTENCIA \_\_\_\_\_ dias

P. DE RETORNO \_\_\_\_\_ AÑOS

**SISMO DETONANTE**

DISTANCIA AL EPICENTRO \_\_\_\_\_

PROFUNDIDAD DEL SISMO \_\_\_\_\_

MAGNITUD RICHTER \_\_\_\_\_

INTENSIDAD MERCALI \_\_\_\_\_

**CALIFICACION MOVIMIENTO**

INTENSIDAD<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

MAGNITUD<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

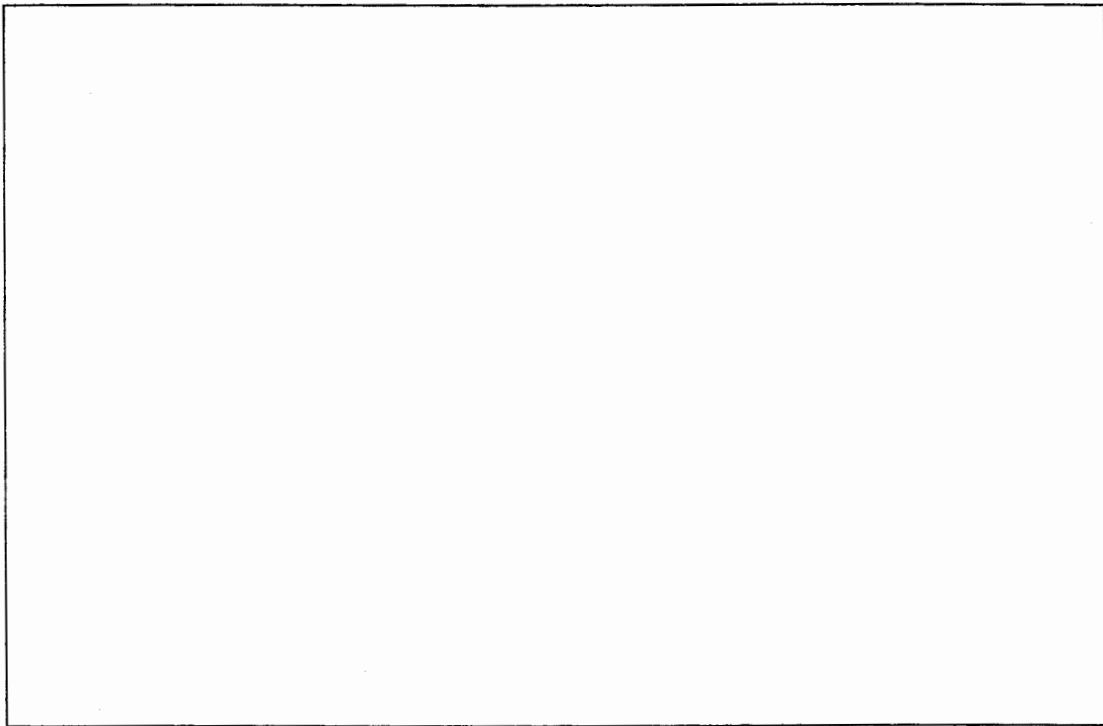
**REGISTROS DE ARCHIVO**

VIDEO \_\_\_\_\_

REGISTRO FOTOGRAFICO \_\_\_\_\_

OTRO \_\_\_\_\_

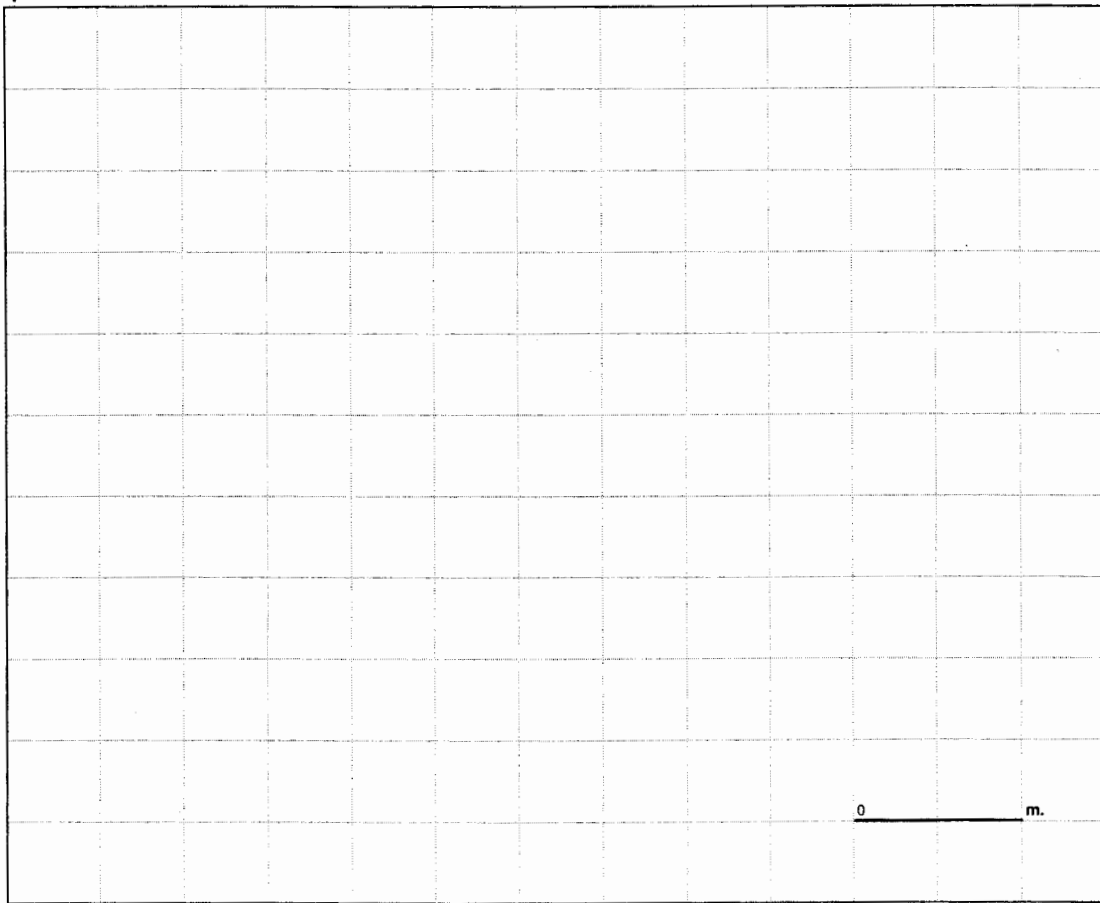
**PERFIL DEL MOVIMIENTO EN MASA**



**ESQUEMA DEL MOVIMIENTO EN MASA EN PLANTA**

Y=

X=



X=

Y=

DESCRIPCIÓN

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## REFERENCIAS

- Blong, R.J. (1973). A numerical classification of selected landslides of the debris slide-avalanche-flow type. *Eng. geol.*, 7, 99-114.
- Brunsdon, D. (1979). *Mass Movements. Progress in geomorfology*, Arnol, pp.130-186.
- Carrara, R., Catalano, E., Sorriso Valvo, M., Reali, C., Merenda, L. and Rizzo, V. (1977) Landslide morphometry and typology in two zones, Calabria, Italy. *Bull. Int. Ass. Engng. Geol.* No.16, pp. 8-13.
- Coates, D.R. (1977). Landslide perspectives. In: *Landslides*. D.R. Coates (ed.). Geological society of America, pp. 3-28.
- Cooke, R.U. and Doornkamp, J.C. G (1990). Slope failure and subsidence. In *Geomorphology in Environmental Management*.
- Clarendon press Oxford, second edition, pp. 106-140.
- Crozier, H.J. (1973). Techniques for the morphometric analysis of landslides. *Zeitschrift für Geomorphologie* Vol. 17, No I, pp. 78-101
- Crozier, M.J. (1986). *Landslides: causes, consequences & environment*. Croom Helm, London, England, 245 pp.
- Cruden, D.M., J. De Lugt., (1989) An Inventory of the Landslides of the World. In I Southamerican Symposium on Landslides. August 7-10, 1989. Paipa, Colombia. Vol. 1, pp. 607-623.
- Filliat, G. (1981). *La pratique des sols et des fondations. Mouvements de terrains*, éd. du Moniteur, Paris, pp. 555-626.
- Flageollet, J.C. (1988). *Les mouvements de terrain et leur prévention*. MASSON, Collection géographique, 224 p.
- Foucault, A. et Raoult, J.-F. (1992). *Dictionnaire de géologie*. 3e édition. MASSON des études géologiques et de mécanique à l'estimation de la stabilité des pentes. Thèse Doct.-Ing., Grenoble.
- González, A.J., (1989). A Direct Relationship Between Shear Strength and Shuk's Slope Criterion . In I Southamerican Symposium on Landslides. August 7-10, 1989. Paipa, Colombia. Vol. 1, pp. 334-343
- Hoek, E. and Bray, J.W. (1977). *Rock Slope Engineering*. Institute of Mining and Metallurgy, London, 358 pp.
- Hutchinson, J.N. (1968). Mass movements. In: *Encyclopedia of Earth Sciences* (R.W. Fairbridge, Ed.), Reinhold, New York, 688-695.
- Malatrait, A.M., Letourneur, J. et Antoine, P. (1977). Essai de cartographie systématique des mouvements de terrain dans les Alpes françaises, *Bull. Ass. Int. de Géol. de l'Ingénieur*, 16, pp. 39-46.
- Marbouty, D., (1981). What tigers an avalanche. *La Recherché*, May 1981.
- Millies-Lacroix, A. (1981). Classification des talus et versants instables. Risques géologiques, *Mouvements de terrain*. 26 e Congrès Géologique International, section 17, *Bull. liaison labo. Ponts & Chaussées*, Paris, 55-62.
- Mougin, J.P. (1973). *Les Mouvements de terrain. Recherche sur les apports mutuels*
- Rijtema, P.E. (1969). Classification of landslides and other mass movements. *Rock mechanics* 4, pp. 71-78.
- Ritchie A.M. (1958). Recognition and identification of landslides. *Landslides and engineering practices*. Nat. Research Council, Highway research board Spec. Rept. No 29, pp. 48-68.
- Romana, M. (1988). Practice of SMR classification for slope appraisal. *Proceedings 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne. Switzerland, 1988, Vol. 2. 1227-1231
- Sharpe, C.F.S. (1938): *Landslides and related phenomena: A study of mass movement of soil and rock*. Columbia University Press, New York, 137 pp
- Terzaghi, K. (1950). *Mechanism of landslides. Application of geology to engineering practice*. *Geol. Soc. of America. Berkey Vol.*, New York, 83 - 123.

Varnes, D.J. (1958). Landslides types and processes. In: Landslides and Engineering Practice (E. B. Eckel, Ed.), Highway Res. Board Special Rep. 29, 20-47.

Varnes, D.J. (1978a). Landslide types and processes. In: Landslides and engineering practice. E.B. Eckel (ed). Special report no. 29., Highway Research Board, pp. 20-47

Varnes, D.J. (1978). Slope movement and types and processes. In Landslides: Analysis and Control. Edited by RL. Schuster and R.J. Krizek. Transportation Research Board, National Academy of Science, Washintong, Special Report 176: 11-33.

Varnes, D.J. (1984). Landslides Hazard zonation: a review of principles and practice. United Nations Education, Scientific and Cultural Organization, Paris. Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards No 3, 61 pp.

Vargas Cuervo G., (1994). Metodología para la Cartografía de Zonas Susceptibles a los Deslizamientos a partir de Sensores Remotos y SIG. Boletín Geológico Ingeominas, Vol. 34, No 1, pp. 59-116.

Vargas Cuervo G., (1995). Developpement de methodes de cartographie des mouvements de masse et de zonage de l'alea dans les Andes de la Colombie. These de Doctorat en Ciencias de la terre, specialité Géosciences de l'environnement. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). No 95.8. 329 pp.

Vargas Cuervo G., (1999). Guía Técnica para la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza por Movimientos en masa. GTZ - PRG 197p. Villavicencio, Meta.

Yagi, R. (1993). Classification of landslides based upon landform units ascribed from landslides activity in and around central Ohu backbone range, northeast Japan. Proceedings of the Seventh International Conference & Field Workshop on Landslides. Czech and Slovak Republics, 28 August-15 September. pp. 43 -51.

Yatsut, E. (1967). Some problems on mass movements. Geografiska Annaler Series A, 49a (2-4), pp. 396-401.