

Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología

Irasema Alcántara Ayala*

Recibido: 9 de julio de 1999
Aceptado en versión final: 7 de octubre de 1999

Resumen. En México existe gran confusión en el uso de los términos relacionados con los procesos de remoción en masa, lo cual es originado por las diferentes traducciones que se hacen de la terminología empleada en la literatura inglesa. Este artículo ofrece una propuesta para corregir tal situación, a través de la aplicación de nuevos términos en español, los cuales tienen un significado en función del tipo de proceso. De igual manera, se expone la nomenclatura internacional asociada a los principales aspectos de los movimientos de ladera.

Palabras clave: Deslizamientos, procesos de remoción en masa, nomenclatura, terminología en español.

Abstract. The use of mass movement terminology in Spanish is the result of the direct translation from the English terms. This has created some confusion in the applicability of terms such as landslides. In this paper, a proposal is presented to conciliate those differences providing new terms in Spanish, which correspond to their real meaning in this language. In addition, here I present a review of the associated nomenclature to the most important aspects of mass movement processes, and their corresponding explanation is also presented.

Key words: Landslides, mass movement, nomenclature, Spanish terminology.

INTRODUCCIÓN

En México gran parte de la terminología empleada en Geomorfología se deriva de la literatura en inglés, razón por la cual la traducción de algunos términos al español (o castellano) crea en algunas ocasiones confusión. En el caso particular de los procesos de remoción en masa (*mass movement processes*), el grado de confusión se incrementa aún más, debido a la falta de consenso que existe entre la comunidad científica para el uso de la terminología relacionada con este tipo de procesos. Los procesos de remoción en masa involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas bajo la influencia de la gravedad y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido (Brunsden, 1979). Términos como "procesos gravitacionales", "procesos de ladera" y "movimientos de ladera" son empleados correcta y ampliamente como sinónimo de los procesos de remoción. Sin embargo, existen muchos argumentos en cuanto a los tipos de procesos que deben incluirse dentro de este término, por lo que cada autor o cada escuela opta por una

clasificación propia (Ladd, 1935; Sharpe, 1938; Ward, 1945; Varnes, 1958 y 1978; Hutchinson, 1968; Zaruba y Mencl, 1969; Crozier, 1973; Coates, 1977; Brunsden, 1979; Selby, 1993; Dikau *et al.*, 1996, entre otros). La combinación de la variedad de movimientos de ladera existentes en la naturaleza, por un lado, y la gran cantidad de expertos en la materia, por otro, brinda sin lugar a dudas, pocas opciones en la elaboración de una clasificación universal.

El problema principal en nuestro idioma no está en relación con la discusión de los tipos de procesos que se deben considerar como procesos de remoción en masa *per se*, sino en el uso del término "deslizamiento" o "deslizamiento de tierra" como sinónimo del término proceso de remoción en masa, lo cual crea una gran confusión. La palabra deslizamiento surge de la traducción del término en inglés *landslide*, que también se emplea en gran medida como sinónimo de proceso de remoción en masa; sin embargo, la traducción al español de este término no está relacionada con el significado real de la palabra en inglés. Un deslizamiento implica, como su nombre lo

* Department of Civil and Environmental Engineering, Room 1-330, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, Massachusetts, 02139-4307, EUA.

indica, el movimiento de cierto tipo de material (roca, detritos o derrubios, suelo o tierra) sobre un plano o superficie de deslizamiento, razón por la cual el empleo de la palabra deslizamiento (o deslizamiento de tierra) para referirse a cualquier tipo de proceso de remoción en masa es incorrecto.

Con base en la revisión de la literatura relacionada con este tipo de procesos, en la primera parte de este artículo se propondrá la utilización de un nuevo término en español que reemplace el significado de la palabra deslizamiento (*landslide*). Posteriormente se analizará una clasificación de procesos de ladera en relación con el mecanismo de movimiento y materiales involucrados (EPOCH, 1993), y se tratará de explicar de manera general en qué consisten sus tipos principales. En la segunda parte del estudio se presentarán los diferentes términos y conceptos asociados a este tipo de procesos, los cuales fueron elaborados como parte de las actividades llevadas a cabo para conmemorar la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, por parte del Grupo Internacional de Trabajo para el Inventario Mundial de movimientos del terreno de la UNESCO (*Working Party on World Landslide Inventory – WPAWLI, UNESCO*). Estos términos incluyen los atributos morfológicos característicos de un movimiento gravitacional, sus dimensiones, grados de actividad espacial y temporal, tipos de actividad y velocidad de los movimientos, los cuales se complementan con la descripción de las características empleadas en el reconocimiento de procesos de remoción en masa (Brunsden, 1984 y Crozier, 1986).

DEFINICIÓN DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los procesos de ladera (*slope processes*) son igualmente denominados procesos gravitacionales (*gravitational processes*), procesos de remoción en masa (*mass movement processes*), o en un sentido general, se conocen también como deslizamientos de tierra (*landslides*). La terminología empleada en español para estos tipos de procesos ha

heredado las confusiones originadas en el idioma inglés. Éstas se refieren principalmente a la inconsistencia de agrupar a los diferentes tipos de procesos de remoción bajo el término *landslide* (traducido como deslizamiento de tierra), el cual tanto en español como en inglés, refleja un mecanismo bien definido de movimiento, es decir, un deslizamiento.

La confusión en el empleo de esta terminología ha resultado de la incorporación y evolución de las ideas de diferentes especialistas en la materia desde hace algunas décadas. El origen del término movimiento de remoción en masa (*mass movement*) se remonta a las aportaciones de Penck (1894), quien hace la distinción entre este término (*mass movement*) y transporte de una masa (*mass transport*). El primer término se refiere a los movimientos originados bajo la influencia de la gravedad y sin el empleo de transporte alguno, en tanto que el segundo considera el material transportado por agentes como el agua, el aire y el hielo. Sharpe define un *landslide* como un movimiento perceptible ladera abajo de una masa relativamente seca de tierra, roca o de una mezcla de ambas, a través de un mecanismo de deslizamiento o desprendimiento (Sharpe, 1938). Terzaghi, el padre de la mecánica de suelos, centra su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior (Terzaghi, 1950). Tiempo después, Varnes especifica que este movimiento hacia abajo de los materiales formadores de las laderas puede incluir materiales naturales y artificiales (Varnes, 1958). Zaruba y Mencil hablan de un movimiento rápido de rocas en deslizamiento, las cuales están separadas por un plano definido en posición estacionaria infrayacente (Zaruba y Mencil, 1969). Skempton y Hutchinson definen el término deslizamiento (*landslide*) como un movimiento de ladera abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada (Skempton y Hutchinson, 1969). Para Gary y colaboradores (1972), la palabra *landslide* es un término

general que considera una gran variedad de formas y procesos de remoción en masa, las cuales involucran el transporte gravitacional a una velocidad de moderadamente rápida a rápida, de un cuerpo de suelos o rocas ladera abajo, la cual no siempre ocurre sobre una superficie de deslizamiento. Por otro lado, de acuerdo con Coates, un *landslide* representa una categoría de fenómenos incluidos dentro de los movimientos de remoción en masa, en los cuales la gravedad es la principal fuerza involucrada (Coates, 1977). Este tipo de movimiento debe ser moderadamente rápido y puede incluir desprendimiento, deslizamiento y flujo. La superficie del movimiento no es idéntica a un plano de falla y éste debe ocurrir ladera abajo. El material desplazado tiene límites bien definidos y puede incluir partes de regolita y de la roca madre. Finalmente, Brunsden opta por el término proceso de remoción en masa e indica que éste sirve para definir aquellos movimientos ladera abajo que no requieren el transporte de un medio como el agua, el aire o el hielo (Brunsden, 1979).

El análisis de los conceptos anteriores y de la literatura anglosajona de este tipo de procesos pone en relieve el uso que se le da a la palabra *landslide* –deslizamiento– como sinónimo de movimientos de ladera. Sin embargo, en español esto trae consigo una confusión e impide el uso correcto de los términos que corresponden a cada proceso, dependiendo del mecanismo de movimiento y del material involucrado. Dado lo anterior, se propone traducir el término *landslide* como "movimiento del terreno", acepción que tiene un carácter más informativo y preciso y cuyo término es análogo a la traducción que se hace de la palabra del inglés al francés, *mouvement de terrain*. De esta manera, la terminología empleada hará posible diferenciar cada tipo de proceso e interpretar correctamente su significado.

CLASIFICACIONES

Existe una gran variedad de clasificaciones de los procesos de remoción en masa, la cual es resultado de su complejidad y de los enfoques a través de los cuales se han llevado a cabo

investigaciones a este respecto en una amplia gama de disciplinas. Estas clasificaciones se han basado, de manera general, en aspectos como los atributos morfológicos de los movimientos, tanto de la superficie de ruptura como del área de depósito (Skempton, 1953; Blong, 1973; Brunsden, 1973; Crozier, 1973); en el tipo y velocidad del movimiento (Sharpe, 1938; Ward, 1945; Hutchinson, 1968; Zaruba y Mencl, 1969; Coates, 1977; Varnes, 1978); tamaño y tipo de los materiales involucrados (Zaruba y Mencl, 1969; Coates, 1977; Varnes, 1978); antigüedad del movimiento (Zaruba y Mencl, 1969); grado de actividad (Erskine, 1973); y tipo climático (Sharpe, 1938; Hutchinson, 1968).

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento, por lo que de manera general, estos movimientos se dividen en caídas o desprendimientos (*falls*), vuelcos o desplomes (*topples*), deslizamientos (*slides*), expansiones laterales (*lateral spreading*), flujos (*flows*) y movimientos complejos (*complex movements*).

Una simple y completa clasificación que considera estos aspectos es la ofrecida por el programa EPOCH (1993), el cual a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988), elabora una diferenciación entre el tipo de movimiento y los materiales involucrados (Tabla 1). De acuerdo con esta clasificación, los diferentes movimientos (desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos) se subdividen de acuerdo con los materiales formadores, los cuales pueden ser rocas, detritos o derrubios y suelos.

TIPOS DE MOVIMIENTOS

a) Desprendimientos o caídas

Los desprendimientos o caídas (Figura 1) son los movimientos en caída libre de distintos materiales tales como rocas, detritos o suelos. Este tipo de movimiento se origina por el desprendimiento del material de una superficie inclinada, el cual puede rebotar, rodar, des-

lizarse o fluir ladera abajo posteriormente. El material considerado no incluye las pequeñas partículas, resultado del intemperismo. Estos movimientos son definidos con base en el material involucrado, por lo que se clasifican de manera general en caídas o desprendimiento de rocas (*rockfalls*), caídas o desprendimiento de detritos (*debris falls*) y caídas o desprendimientos de suelos (*soil falls*). La velocidad de estos movimientos

puede ser rápida o extremadamente rápida, a excepción de cuando la masa desplazada sufre socavamiento o incisión, y el desprendimiento o caída es precedido por deslizamientos o vuelcos que separan el material desplazado de la masa intacta (Cruden y Varnes, 1996). Estos movimientos ocurren en laderas fuertemente inclinadas, tanto de tipo natural como artificial.

Tabla 1. Clasificación de los procesos de remoción de masa

Mecanismos de movimiento	Tipo de material involucrado			
	Tipo	Roca (<i>rock</i>)	Derrubios (<i>debris</i>)	Suelo (<i>soil</i>)
Desprendimientos (<i>fall</i>)		Caída o desprendimiento de rocas (<i>rockfall</i>)	Caída o desprendimiento de derrubios (<i>debris fall</i>)	Caída o desprendimiento de suelos (<i>soil fall</i>)
Vuelco o desplome (<i>topple</i>)		Vuelco o desplome de rocas (<i>rock topple</i>)	Vuelco o desplome de derrubios (<i>debris topple</i>)	Vuelco o desplome de suelos (<i>soil topple</i>)
Deslizamiento rotacional simple (<i>rotational slide</i>)		Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)	Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)	Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)
Deslizamiento translacional o de bloques no rotacional (<i>translational slide, non-rotational</i>)		Deslizamiento de roca en bloque (<i>block slide</i>)	Deslizamiento de derrubios en bloque (<i>block slide</i>)	Deslizamiento translacional de suelos (<i>slab slide</i>)
Deslizamiento planar		Deslizamiento de rocas (<i>rock slide</i>)	Deslizamiento de derrubios (<i>debris slide</i>)	Coladas de barro (<i>mudslide</i>)
Flujos (<i>flow</i>)		Flujo de rocas (<i>rock flow</i>)	Corrientes de derrubios (<i>debris flow</i>)	Flujos de tierra, arena o suelo (<i>soil flow</i>)
Expansión lateral (<i>lateral spreading</i>)		Expansiones laterales en rocas (<i>rock spreading</i>)	Expansiones laterales en derrubios (<i>debris spread</i>)	Expansiones laterales en suelos (<i>soil spreading</i>)
Complejo (<i>complex</i>)		Ejemplo: Alud de rocas (<i>rock avalanche</i>)	Ejemplo: Flujo deslizante (<i>flow slide</i>)	Ejemplo: Rotación con flujo de tierras (<i>slump-earthflow</i>)

Fuente: EPOCH (1993) a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).

b) Vuelcos o desplomes

Un vuelco o desplome (Figura 2) consiste en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje o pivote determinado por su centro de gravedad. Su movimiento es hacia adelante o hacia la parte externa, por lo cual involucra inclinación o basculamiento, pero no implica colapsamiento. Frecuentemente ocurren en una o más superficies, en materiales que poseen un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares. Se clasifican en vuelcos o desplome de rocas, de derrubios o detritos y de suelos.

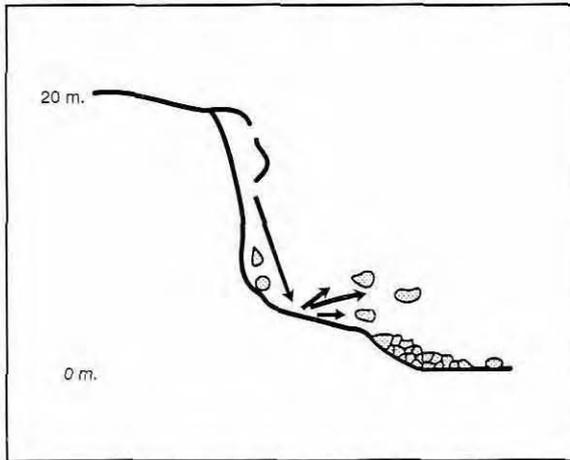


Figura 1. Desprendimientos o caídas (WP/WLI, 1990).

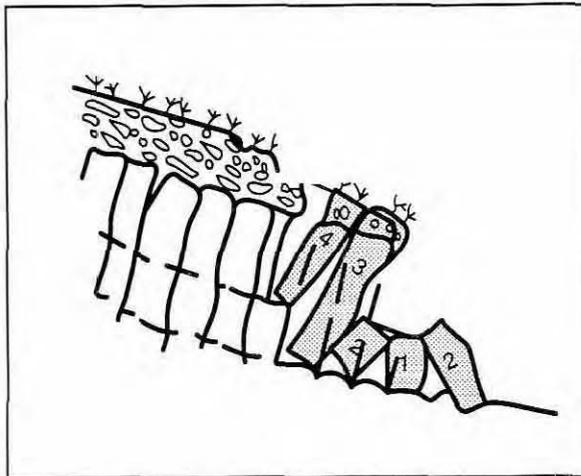


Figura 2. Vuelcos o desplomes (WP/WLI, 1990).

c) Deslizamientos

Los deslizamientos (Figura 3) son movimientos ladera abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupará el escarpe principal. La superficie de ruptura define el tipo de deslizamiento, por lo que las superficies curvas, cóncavas o en forma de cuchara se asocian a deslizamientos rotacionales, las superficies de ruptura semi-planas u onduladas a los movimientos translacionales y las superficies planas a los deslizamientos planos. En los deslizamientos rotacionales, los bloques ubicados en la parte superior se inclinan hacia atrás, el escarpe principal regularmente es vertical, la masa desplazada se acumula ladera abajo y su deformación interna es de muy bajo grado. Movimientos posteriores al inicial, pueden ocasionar el retroceso progresivo de la corona. La velocidad y extensión de este tipo de movimientos es muy variable. Los deslizamientos translacionales son menos profundos que los rotacionales, y al igual que los planos, involucran un movimiento paralelo a la superficie, el cual está en gran medida controlado por superficies de debilidad de los materiales formadores.

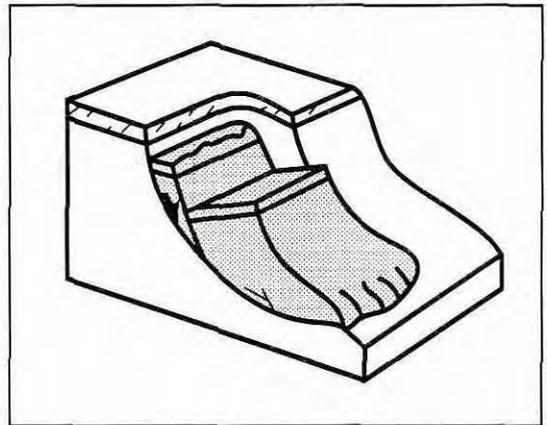


Figura 3. Deslizamientos (WP/WLI, 1990).

Con base en las etapas del movimiento, los deslizamientos rotacionales se clasifican en simples, múltiples y sucesivos, clasificación que también se aplica a las variantes resultantes del tipo de material (ejemplo: deslizamiento rotacional de roca, de debris, de suelo; y por ende, deslizamiento de roca individual, múltiple, sucesivo, etc.). Los deslizamientos translacionales se subdividen en deslizamientos de roca en bloque (*block slide*), deslizamientos de derrubio en bloque (*block slide*) y deslizamientos translacionales de suelos (*slab slide*). Los deslizamientos planos se clasifican en simples términos a partir también del material involucrado, por lo cual los principales tipos son los deslizamientos de rocas (*rock slide*), deslizamientos de derrubios (*debris slide*) y las coladas de barro (*mudslides*).

d) Flujos

Los flujos (Figura 4) son movimientos espacialmente continuos, en los que las superficies de cizalla son muy próximas, de poca duración y, por consiguiente, difíciles de observar. El movimiento de los flujos es muy parecido al de un fluido viscoso, razón por la que la distribución de velocidades no es homogénea y origina la formación de lóbulos a partir del predominio del movimiento intergranular. Los flujos envuelven todos los tipos de materiales disponibles y se clasifican con base en su contenido, por tanto, se dividen en flujos de rocas (*rock flows*), flujos o corrientes de derrubios (*debris flows*) y flujos de arena o suelo (*soil flows*).

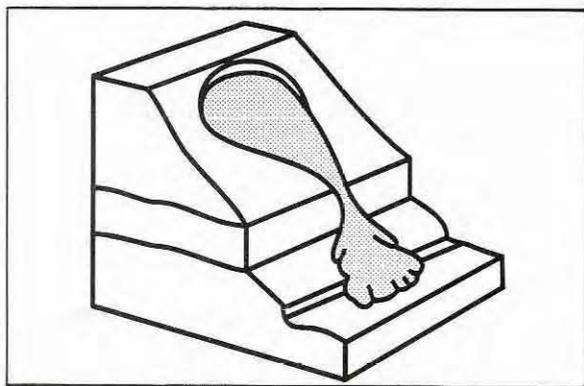


Figura 4. Flujos (WP/WLI, 1990).

e) Expansiones laterales

Estos movimientos (Figura 5) son resultado de la fracturación y expansión de suelos o masas de roca compactos, debido a la licuefacción o fluidización del material subyacente, ocurren cuando materiales gruesos, como fragmentos de rocas, grava, etc., están inmersos en una matriz de material más fino o contienen arcillas. La superficie de cizallamiento no está bien definida, la masa involucrada se mueve rápida y retrogresivamente, y puede tener una duración hasta de algunos minutos. Este tipo de movimientos ocurre principalmente en ambientes lacustres y marinos de poca profundidad, los cuales se localizan en las márgenes de los antiguos casquetes de hielo en las costas de Noruega, Alaska y Canadá. Los flujos pueden ser desencadenados por movimientos rotacionales o por efectos sísmicos. Se clasifican en expansiones laterales en rocas (*rock spreading*), en derrubios (*debris spread*) y en suelos (*soil spreading*).

f) Movimientos complejos

Los movimientos complejos ocurren cuando el tipo de movimiento inicial se transforma en otro al ir desplazándose ladera abajo, entre los más importantes cabe destacar los aludes o avalanchas de rocas y los flujos deslizantes. Las avalanchas o aludes de rocas consisten en la movilización a gran distancia de grandes masas de rocas y detritos, las cuales viajan a gran velocidad. Los flujos deslizantes son resultado del colapso repentino y de gran extensión de una masa de material granular o de detritos que viajan a velocidades rápidas o extremadamente rápidas, como resultado de un efecto perturbador. El material involucrado es metaestable, con una estructura suelta y alta porosidad. Durante el colapsamiento, la carga del terreno es transferida a los fluidos de los poros (generalmente agua), lo que ocasiona un incremento en la presión de estos últimos y, por ende, la pérdida de resistencia, ocasionando el flujo deslizante (Hutchinson, 1988). Por lo general, la morfología resultante es alargada y estrecha, y el área de depósito tiene un espesor relativamente bajo.

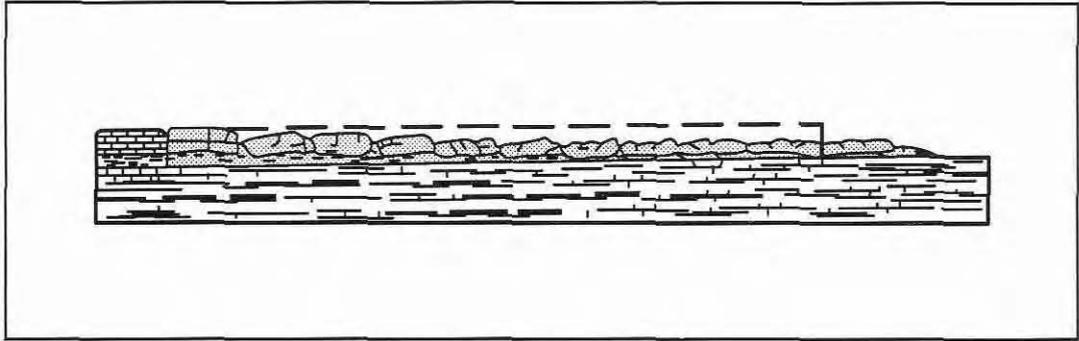


Figura 5. Expansiones laterales (WP/WLI, 1990).

CAUSAS GENERALES DE LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Los procesos de remoción en masa o movimientos del terreno ocurren debido a dos causas fundamentales, las cuales son de tipo externo y de tipo interno (Terzaghi, 1950; Selby, 1993). Las causas externas son todas aquellas que producen un incremento en la tensión o esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales, en tanto que las causas internas son las que disminuyen la resistencia de los materiales sin cambiar la tensión o esfuerzos. De esta manera, se puede decir que los procesos de remoción en masa son aquellos movimientos de masas de suelo, detritos y rocas que ocurren en una ladera como resultado de la influencia directa de la gravedad, y que pueden ser desencadenados por factores internos o externos, o bien, en términos más sencillos, que estos procesos ocurren cuando una porción de la ladera se vuelve muy débil para soportar su propio peso.

Entre los cambios de tipo externo más importantes se encuentran los cambios

geométricos o de peso que sufren las laderas (como resultado de erosión, socavamiento, incisión de un río, excavaciones artificiales, cargas y descargas), las tensiones transitorias naturales y artificiales a las que son expuestas (sismos, vibraciones por explosiones o uso de maquinaria pesada) y los cambios en el régimen hidrológico (intensidad y duración de las precipitaciones, etc.). Los principales cambios de tipo interno se relacionan con la transformación de los materiales a través de movimientos progresivos (por expansiones laterales, fisuras, etc.), procesos de intemperismo y erosión. Existe una gran variedad de causas internas y externas en torno a las cuales se originan los procesos de ladera, éstas han sido categorizadas por Cruden y Varnes (1996) con base en procesos de distinta índole (Tabla 2).

Los procesos de ladera ocurren gracias a la combinación de este tipo de factores, ya que todos ellos contribuyen en diferente grado a su inestabilidad. Sin embargo, según ciertas circunstancias, algunos de estos elementos pueden ser considerados como factores de-

sencadenantes decisivos como, por ejemplo, la presencia de lluvias extraordinarias en materiales permeables, razón por la cual no sólo es importante conocer los mecanismos y

tipos de movimientos, sino también los factores que causan y controlan este tipo de procesos en espacios definidos.

Tabla 2. Causas de los movimientos del terreno

Causas de índole geológica	Causas por procesos físicos
Materiales débiles Materiales sensibles Materiales intemperizados Materiales sujetos a cizallamiento Materiales con fisuras y diaclasas Discontinuidades orientadas adversamente (esquistosidad, planos de inclinación) Discontinuidades estructurales (fallas, discordancias, contactos) Permeabilidad contrastante Contraste de materiales con diferente plasticidad	Precipitación intensa Derretimiento rápido de nieve o hielo Eventos de precipitación extraordinarios Actividad sísmica Erupciones volcánicas Gelifracción Expansión e hidratación de arcillas
Causas morfológicas	Causas de origen antrópico
Levantamientos tectónicos o volcánicos Erosión glacial Erosión fluvial al pie de las laderas Erosión marina al pie de los acantilados Erosión glacial al pie de las laderas Erosión en márgenes laterales Erosión subterránea Remoción de la vegetación (por incendios y sequías)	Excavación de laderas o del pie de las laderas Incremento de peso en las laderas Disecación de cuerpos de agua (presas) Deforestación Irrigación Actividad minera Vibraciones artificiales

Fuente: Cruden y Varnes (1996).

ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

Las características morfológicas de los movimientos de ladera reflejan el tipo de mecanismo que les dio origen, razón por la cual es importante considerar sus diferentes atributos en el entendimiento del proceso. Con base en un diagrama elaborado por Varnes (1978), en el cual se muestran las principales características de un deslizamiento de tierras, la comisión de movimientos del terreno de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IAEG) diseñó un diagrama idealizado (Figura 6) para representar los atributos morfológicos de un movimiento de terreno.

En el glosario multilingüe elaborado por el WP/WLI de la UNESCO, se presenta la traducción de los términos identificados como atributos morfológicos (Tabla 3). Dichos conceptos reflejan la idea de una uniformidad en el uso de la terminología relacionada con los movimientos del terreno; sin embargo, algunos de ellos son ajenos a nuestro lenguaje común, por lo que se incluye una propuesta para la traducción y uso de esos términos en español, la cual es retroalimentada al considerar de igual manera la proposición similar que hacen Corominas y García (1997).

1. La corona es la zona superior y adyacente al escarpe principal, en la que el material no ha sido desplazado.

2. El escarpe principal es la superficie abrupta localizada en la arista superior, resultado del movimiento.
3. El margen superior es el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.
4. La cabecera es la porción superior del movimiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.
5. El escarpe secundario es la superficie abrupta localizada en el material desplazado producido por movimientos diferenciales.
6. El cuerpo principal es la parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura entre el escarpe principal y el extremo inferior de la superficie de ruptura.
7. El pie o pedestal es la porción del movimiento del terreno que se ha desplazado más allá del extremo inferior de la superficie de ruptura y que sobreyace la superficie original del terreno.
8. El margen inferior es el punto del lóbulo frontal que se encuentra más alejado del margen superior del movimiento del terreno.
9. El lóbulo frontal es la parte más baja y comúnmente el margen curvo del material desplazado por el movimiento; la parte más distal del escarpe principal.
10. La superficie de ruptura es la superficie que forma o que ha formado el límite más bajo del material desplazado *abajo de la superficie original del terreno*.
11. El pie de la superficie de ruptura es la intersección entre la parte más baja de la superficie de ruptura del movimiento y la superficie original del terreno (generalmente se encuentra sepultada).
12. *La superficie de separación es la parte de la superficie original del terreno que sobreyace el pie o pedestal del movimiento.*
13. El material desplazado es el material que ha sido desplazado de su posición original en la ladera por el movimiento. Forma tanto la masa hundida o disminuida, como el depósito o acumulación.
14. La zona de hundimiento es el área del movimiento dentro de la cual el material descansa abajo de la superficie original del terreno.
15. La zona de acumulación o depósito es el área del movimiento dentro de la cual el material desplazado descansa sobre la superficie original del terreno.
16. El hundimiento es el volumen rodeado por el escarpe principal, la masa hundida o disminuida y la superficie original del terreno.
17. La masa hundida o disminuida es el volumen de material desplazado, el cual sobreyace la superficie de ruptura, pero infrayace la superficie original del terreno.
18. La acumulación o depósito es el volumen de material desplazado, el cual descansa sobre la superficie original del terreno.
19. El flanco es el material no desplazado adyacente a los lados de la superficie de ruptura.
20. La superficie original del terreno es la superficie de la ladera que existía antes de que el movimiento del terreno ocurriera.

DIMENSIONES

El grado de complejidad de un movimiento de terreno está en función de los mecanismos y materiales involucrados, los cuales se ven reflejados en las dimensiones que estos procesos puedan tener, de tal forma que el empleo de una nomenclatura adecuada es, en gran medida, base fundamental para su estudio. Dicha nomenclatura (IAEG) es representada y explicada de manera general en la Figura 7.

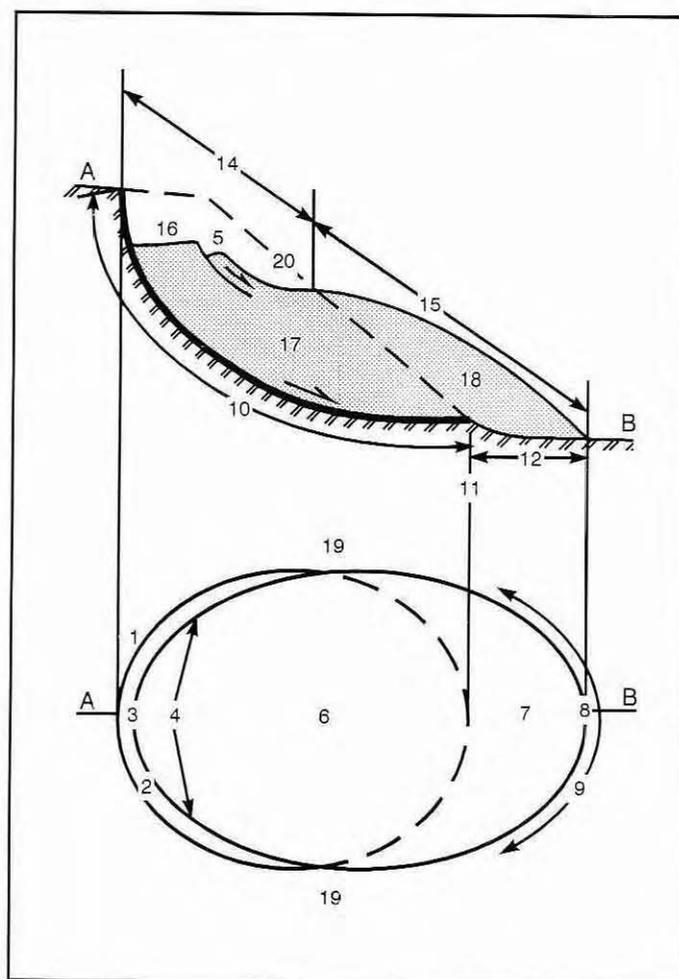


Figura 6. Diagrama idealizado de los atributos morfológicos de un movimiento de ladera (IAEG Commission on Landslides, 1990).

1. Anchura de la masa desplazada: es la máxima extensión de la masa desplazada, la cual es perpendicular a su longitud.
2. Anchura de la superficie de ruptura: máxima extensión entre los flancos del movimiento, la cual es perpendicular a su longitud.
3. Longitud total: distancia mínima entre el margen superior y la corona.
4. Longitud de la masa desplazada: distancia mínima del margen superior al margen inferior.
5. Longitud de la superficie de ruptura: distancia mínima desde el extremo inferior de la superficie de ruptura hasta la corona.
6. Profundidad de la masa desplazada: máxima profundidad de la masa desplazada medida perpendicularmente en relación con el plano formado por la anchura y la longitud de la masa desplazada.

7. Profundidad de la superficie de ruptura: máxima profundidad de la superficie de ruptura en relación con la superficie original, la cual se mide perpendicularmente al plano formado por la anchura y la longitud de la superficie de ruptura.

GRADOS DE ACTIVIDAD

De manera similar a los volcanes, los movimientos de remoción en masa tienen diferentes estados de actividad (Figura 8,

Tabla 4). Un movimiento del terreno que tiene movimiento actual es un movimiento activo. Si el movimiento ha tenido lugar en los últimos doce meses, pero no es un movimiento activo, es denominado movimiento en suspenso o suspendido. Un movimiento que ha estado inactivo, pero en la actualidad es activo se conoce como movimiento reactivado. Cuando un movimiento no ha tenido actividad en los últimos doce meses se puede clasificar como apagado, abandonado, estabilizado o reliquia.

Tabla 3. Atributos morfológicos de un movimiento idealizado

WPWLI (Inglés)	WPWLI (Español)	Corominas y García (1997)	Propuesta
1. <i>Crown</i>	Corona	Coronación	Corona
2. <i>Main scarp</i>	Escarpe principal	Escarpe principal	Escarpe principal
3. <i>Top</i>	Cima	Extremo superior	Margen superior
4. <i>Head</i>	Cabeza	Cabecera	Cabecera
5. <i>Minor scarp</i>	Escarpe menor	Escarpe secundario	Escarpe secundario
6. <i>Main body</i>	Cuerpo principal	Cuerpo principal	Cuerpo principal
7. <i>Foot</i>	Pata	Pie	Pie o pedestal
8. <i>Tip</i>	Punta	Extremo inferior	Margen inferior
9. <i>Toe</i>	Puntera	Arco o lóbulo inferior	Lóbulo frontal
10. <i>Surface of rupture</i>	Superficie de falla	Superficie de rotura	Superficie de ruptura
11. <i>Toe of surface of rupture</i>	Punta de la superficie de falla	Extremo inferior de la superficie de rotura	Extremo inferior de la superficie de ruptura
12. <i>Surface of separation</i>	Superficie de separación	Superficie de separación	Superficie de separación
13. <i>Displaced material</i>	Material desplazado	Material desplazado	Material desplazado
14. <i>Zone of depletion</i>	Zona de reducción	Zona de hundimiento	Zona de hundimiento
15. <i>Zone of accumulation</i>	Zona de acumulación	Zona de acumulación	Zona de acumulación o depósito
16. <i>Depletion</i>	Reducción	Hundimiento	Hundimiento
17. <i>Depleted mass</i>	Masa reducida	Masa hundida o deprimida	Masa hundida o disminuida
18. <i>Accumulation</i>	Acumulación	Acumulación	Acumulación o depósito
19. <i>Flank</i>	Flanco	Flanco	Flanco
20. <i>Original ground surface</i>	Superficie original del terreno	Superficie original del terreno	Superficie original del terreno

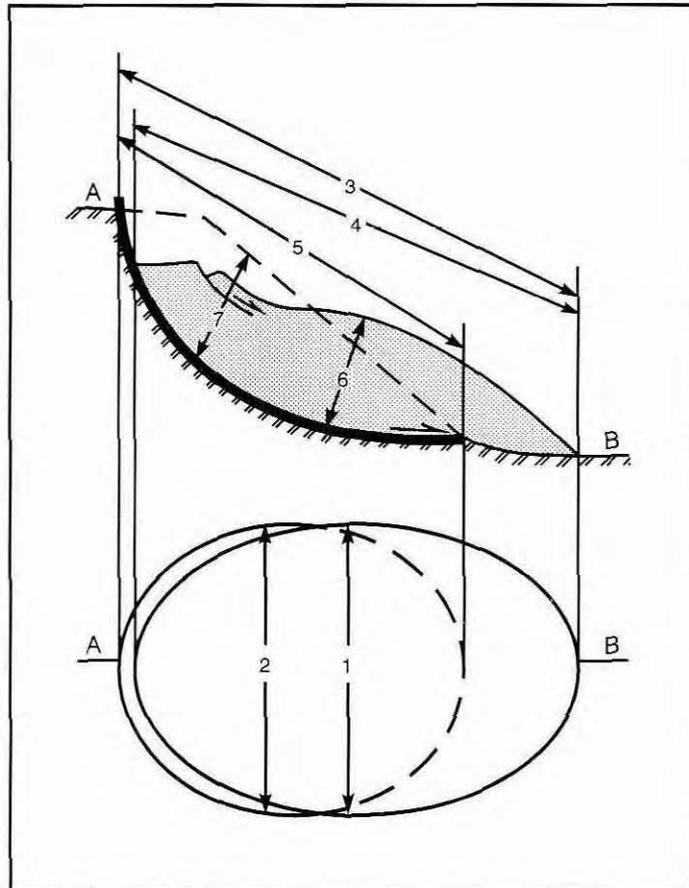


Figura 7. Dimensiones de un movimiento de ladera en un diagrama idealizado (IAEG Commission on Landslides, 1990).

Un movimiento apagado es un movimiento inactivo, que puede ser reactivado por los factores que lo originaron o por otros. Cuando un movimiento inactivo no es afectado por los factores que lo originaron, se conoce como movimiento abandonado. Un movimiento estabilizado es un movimiento inactivo, el cual ha sido protegido de los factores que le dieron origen a través de ciertas medidas. Un movimiento inactivo, el cual se desarrolló bajo condiciones climáticas o geomorfológicas, totalmente diferentes a sus condiciones actuales, es considerado como movimiento reliquia.

La evaluación de los estados de actividad de un movimiento está en función de la recolonización de la cubierta vegetal y de la dinámica de la topografía, aunque cabe señalar que estos cambios no ocurren a un ritmo uniforme en todas las regiones, razón por la cual es necesario considerar las condiciones climáticas y de vegetación locales. Sin embargo, se puede generalizar que cuando hay una recolonización de la vegetación en el escarpe principal y existe un patrón de drenaje sin discontinuidades en el cuerpo del movimiento, se trata de un movimiento inactivo (el cual puede ser apagado, abandonado, estabilizado o reliquia).

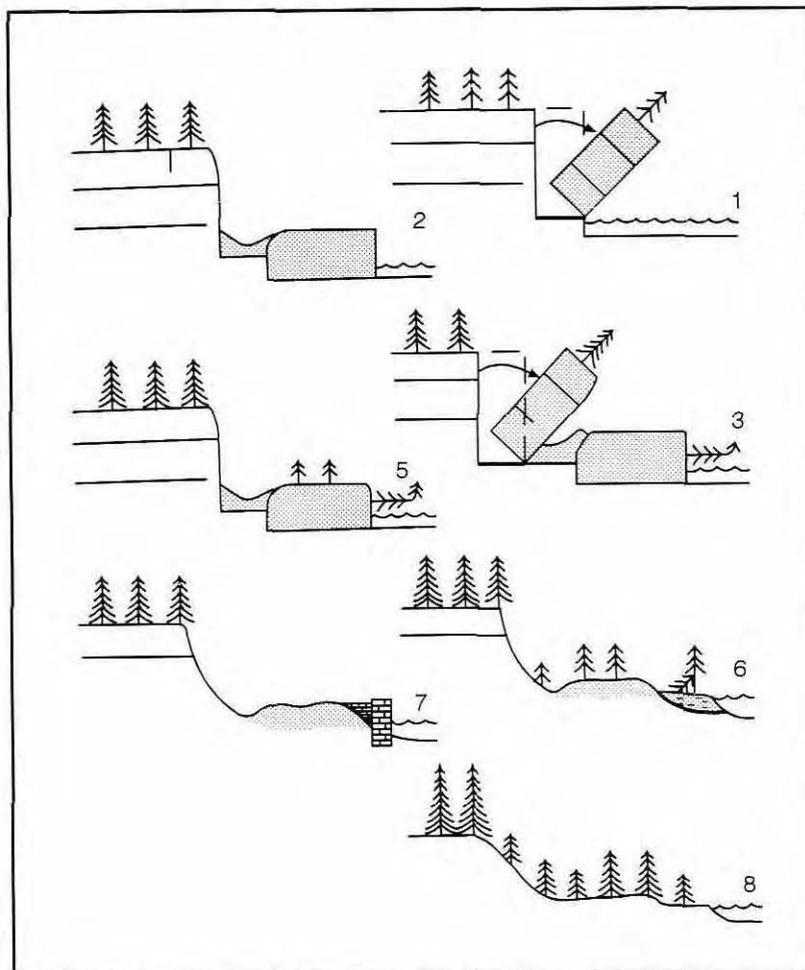


Figura 8. Estados de actividad de los movimientos de ladera (WP/WLI, 1993).

Tabla 4. Estados de actividad de los movimientos de ladera

1. Un movimiento activo tiene un movimiento actual.
2. Un movimiento en suspenso o suspendido ha tenido movimiento en los últimos 12 meses, sin embargo, no es un movimiento activo.
3. Un movimiento reactivado es un movimiento activo, el cual ha estado inactivo.
4. Un movimiento inactivo no ha tenido movimiento en los últimos 12 meses y se puede clasificar como 5, 6, 7, u 8.
5. Un movimiento apagado es un movimiento inactivo, que puede ser reactivado como resultado de los factores desencadenantes que lo originaron o por otros factores.
6. Un movimiento abandonado es un movimiento inactivo, el cual no es afectado por los factores que lo originaron.
7. Un movimiento estabilizado es un movimiento inactivo, el cual ha sido protegido de los factores que lo originaron a través de medidas.
8. Un movimiento reliquia es un movimiento inactivo, el cual se desarrolló bajo condiciones climáticas o geomorfológicas totalmente diferentes a sus condiciones actuales.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ACTIVIDAD

Los estados de actividad no sólo se miden en el tiempo, sino también en el espacio (Figura 9). Un movimiento es considerado progresivo si la superficie de ruptura se extiende en la dirección del movimiento. Si esa superficie de ruptura se extiende en la dirección opuesta, se trata de un movimiento retrogresivo. Un movimiento extensivo es aquel en el cual la superficie del movimiento se extiende en una o más direcciones, mientras

que en un movimiento diminutivo o abrasivo, el volumen del material desplazado disminuye con el tiempo. En un movimiento confinado existe un escarpe, pero no una visible superficie de ruptura al pie de la masa desplazada. Cuando un movimiento es móvil, el material desplazado continúa su movimiento sin cambio visible alguno en la superficie de ruptura y en el volumen desplazado. En un movimiento con crecimiento transversal, la superficie de ruptura se extiende hacia uno o ambos flancos del movimiento.

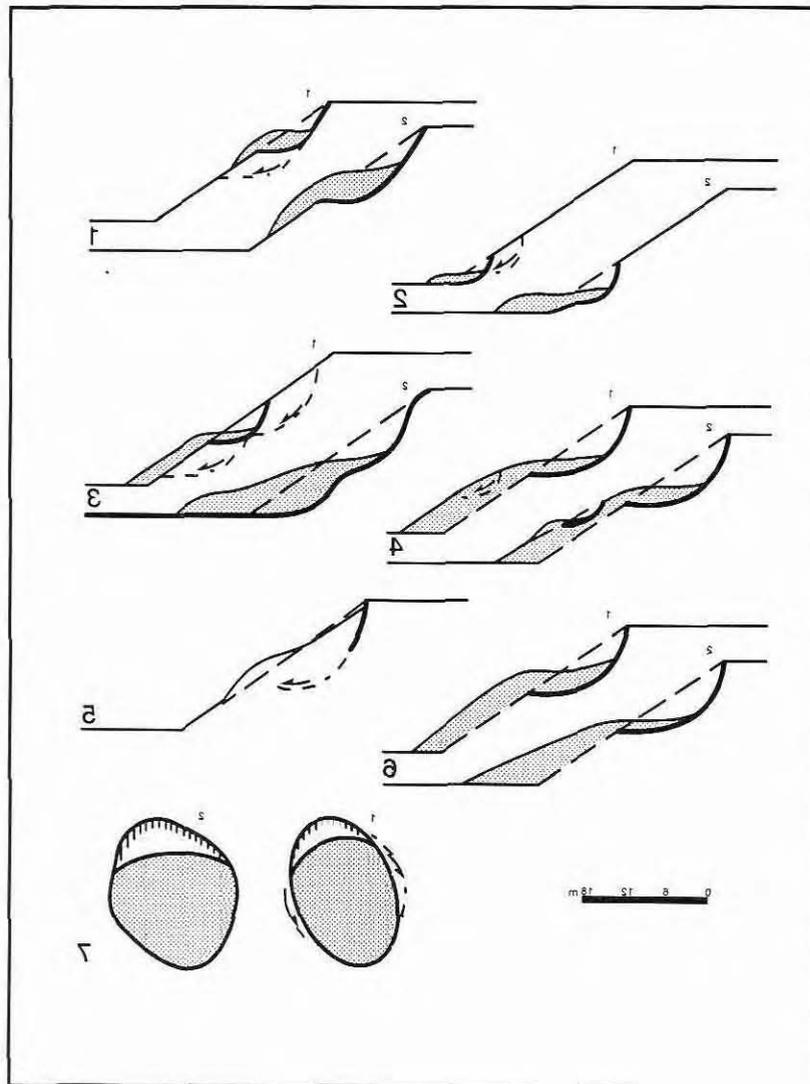


Figura 9. Distribución espacial de la actividad de un movimiento de ladera (WP/WLI, 1993).

TIPOS DE ACTIVIDAD

Un movimiento del terreno complejo presenta por lo menos dos tipos de movimiento a manera de secuencia (desprendimiento, vuelco, deslizamiento, flujo o expansión). La ilustración de este tipo de movimiento (Figura 10a) muestra la caída de gneis y migmatitas como resultado de la incisión del valle. Después de que los depósitos de caída se intemperizan y su resistencia disminuye, una parte de la masa desplazada se desliza.

Un movimiento compuesto presenta por lo menos dos tipos de movimiento en diferentes partes de la masa desplazada de manera

simultánea. El ejemplo (Figura 10b) muestra que las calizas se han deslizado sobre los esquistos infrayacentes, causando vuelcos en la parte inferior de la superficie de ruptura. Un movimiento sucesivo (Figura 10c) es del mismo tipo que el primero o anterior, pero no involucra el mismo material desplazado o la superficie de ruptura. El ejemplo muestra que el segundo deslizamiento AB, es del mismo tipo que el DC, pero no comparten el material desplazado o la superficie de ruptura. Un movimiento individual (Figura 10d) involucra un solo desplazamiento o movimiento de material, en tanto que un deslizamiento múltiple presenta un desarrollo repetitivo del mismo tipo de movimiento (Figura 10e).

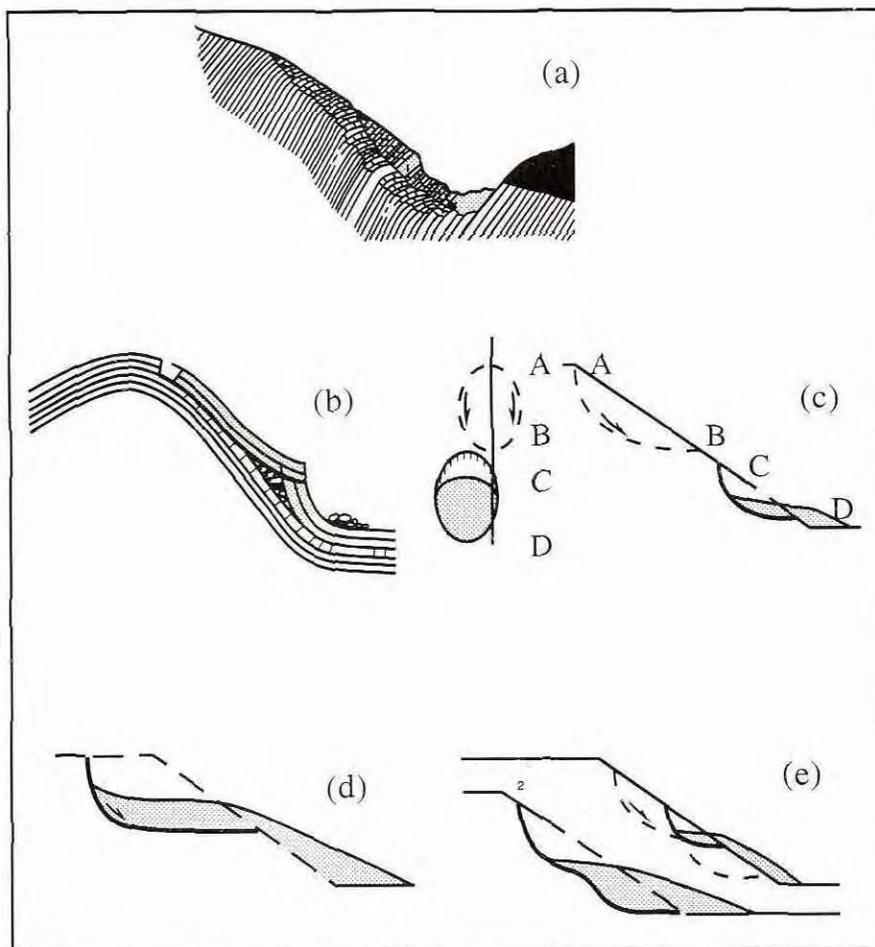


Figura 10. Tipos de actividad de un movimiento de ladera (WPAWLI, 1990).

CARACTERÍSTICAS EMPLEADAS EN EL RECONOCIMIENTO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

El tipo de actividad de un movimiento está relacionado con sus características morfológicas, si estas últimas son observadas y estudiadas con atención, es posible diagnosticar de manera precisa el estado de actividad de un deslizamiento. Para tal efecto Brunnsden (1984) y Crozier (1986) enlistan las principales características que se pueden emplear para reconocer la actividad de los

movimientos del terreno (Tabla 5).

VELOCIDAD DE LOS MOVIMIENTOS

Análogamente a la elaboración de la escala de Mercalli, la cual describe los efectos locales en términos de daños sufridos por un evento sísmico, Cruden y Varnes (1996) presentan una modificación a la escala de Varnes (1978), a partir de la cual describen la velocidad y la naturaleza del impacto causado por los diferentes procesos de ladera (Tabla 6).

Tabla 5. Características empleadas en el reconocimiento de movimientos del terreno

Depósitos
<ol style="list-style-type: none">1. Crestas transversales en la corona. Crestas longitudinales en el cuerpo. Crestas concéntricas en el pie, las cuales son transversales a la morfología.2. Fracturas transversales y radiales en el pie.3. Valles parcial o totalmente bloqueados. Divergencia de patrones de drenaje.4. Desplazamiento de materiales.
Movimientos activos
<ol style="list-style-type: none">1. Los escarpes y fracturas tienen ejes abruptos y filosos. No hay presencia de rellenos secundarios.2. Las unidades principales muestran fracturas secundarias y crestas de presión.3. Las superficies muestran pulimento y estriaciones de apariencia fresca.4. Cambios en el drenaje.5. No hay desarrollo de suelo, solamente crecimiento de vegetación.6. Diferencias considerables entre la forma, rugosidad, textura y vegetación de las áreas con y sin deslizamientos.7. Vegetación inclinada.
Movimientos inactivos
<ol style="list-style-type: none">1. Escarpes y fracturas intemperizadas, grietas rellenas.2. Inexistencia de movimientos secundarios de crestas de presión.3. Superficies intemperizadas y cubiertas de vegetación.4. Drenaje integrado, el cual puede tener un patrón irregular y depresiones sin relleno.5. Buen desarrollo de la cubierta de suelo, ya sea por vegetación natural o cultivada.6. Dificultad para distinguir límites y texturas a través de fotografías aéreas.7. Nuevo crecimiento de árboles y crecimiento vertical de árboles.

Fuente: Brunnsden, 1984 y Crozier, 1986.

Tabla 6. Escala de velocidades de los movimientos de ladera

Velocidad	Clasificación de la velocidad	Límites de velocidad	Descripción de la velocidad	Naturaleza del impacto
3 m/s	7	5 m/s	Extremadamente rápido	Catástrofe de gran violencia, edificios expuestos totalmente destrozados y deceso de la población por el impacto del material desplazado, o por la disgregación del material desplazado.
0.3 m/min	6	3 m/min	Muy rápido	Pérdida de algunas vidas debido a que la velocidad del movimiento es muy rápida para permitir que todas las personas escapen, gran destrucción.
1.5 m/día	5	1.8 m/hora	Rápido	Posible escape y evacuación, estructura, posesiones y equipo destruido por la masa desplazada.
1.5 m/mes	4	13 m/mes	Moderado	Estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas si están localizadas a una distancia considerable en relación con el pie de la masa desplazada. Estructuras localizadas en la masa desplazada son dañadas en gran medida.
1.5 m/año	3	1.6 m/año	Lento	Carreteras y estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas a través de frecuente trabajo de mantenimiento, si el movimiento no es de mucha duración y los movimientos diferenciales a lo largo de las márgenes del movimiento están distribuidos a lo largo de una zona ancha
0.06 m/año	2	0.016 m/año	Muy lento	Algunas estructuras permanentes no son dañadas y si son agrietadas por el movimiento, pueden ser reparadas
	1		Extremadamente lento	No hay daño a las estructuras construidas con precaución

Fuente: Cruden y Varnes (1996).

CONCLUSIONES

Este artículo ha destacado la importancia del uso correcto de los términos empleados en la observación, descripción y análisis de los movimientos de remoción en masa o procesos de ladera más importantes. La compilación de la nomenclatura internacional existente de estos

movimientos gravitacionales y la terminología propuesta en el idioma español, se han presentado con la finalidad de promover su empleo adecuado y fomentar el estudio de este tipo de procesos geomorfológicos con base en diferentes enfoques.

REFERENCIAS

- Blong, R. J. (1973), "Relationships between morphometric attributes of landslides", *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement Band 18, pp. 66-77.
- Brunsdon, D. (1973), "The application of systems theory to the study of mass movement", *Geologia Applicata e Idrogeologia*, University of Bari, 8, 1, pp. 185-207.
- Brunsdon, D. (1979), "Mass movements", en Embleton, C. E. y J. B. Thornes (eds.), *Progress in Geomorphology*, Arnold, pp. 130-186.
- Brunsdon, D. (1984), "Mudslides", in Brunsdon, D. y D. B. Prior (eds.), *Slope Instability*, Wiley & Sons, Chichester, pp. 363-418.
- Coates, D.R. (1977), "Landslide perspectives", in Coates, D. R. (ed.), *Landslides*, Geological Society of America.
- Corominas, J. y A. García Yagüe, A. (1997), "Terminología de los movimientos de ladera", in Alonso, E., J. Corominas, J. Chacón, C. Oteo y J. Pérez (eds.), *IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*, III, Granada, España, pp. 1051-1072.
- Crozier, M. J. (1973), "Techniques for the morphometric analysis of landslides", *Zeitschrift für Geomorphologie*, 17, pp. 78-101.
- Crozier, M. J. (1986), *Landslides: causes, consequences and environment*, Croom Helm, London.
- Cruden D. M. y D. J. Varnes (1996), "Landslides types and processes", in Turner, A. K. y R. L. Schuster (eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 36-75.
- Dikau, R., D. Brunsdon, L. Schrott e M. L. Ibsen (1996), *Landslide recognition, identification, movement and causes*, John Wiley & Sons, Chichester, U.K..
- EPOCH (European Community Programme; 1993), *Temporal occurrence and forecasting of landslides in the European Community*, Flageolet, J. C. (ed.), 3 volumes, Contract no. 90 0025.
- Erskine, C. F. (1973), "Landslides in the vicinity of the first Randall Reservoir, S. Dakota", *U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 675, 64.
- Gary, M., R. McAfee y C. L. Wolf (eds.; 1972), *Glossary of Geology*, American Geological Institute.
- Hutchinson, J. N. (1968), "Mass movement", en Fairbridge, R. W. (ed.), *Encyclopedia of Earth Sciences*, Reinhold, New York, pp. 688-695.
- Hutchinson, J. N. (1988), "General report. morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to Geology and Hydrogeology", in Bonnard, C. (ed.), *Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, vol. I, pp. 3-35.
- IAEG Commission on Landslides (1990), "Suggested nomenclature for landslides", *Bulletin International Association for Engineering Geology*, 41, pp. 13-16.
- Ladd, G. E. (1935), "Landslides, subsidences and rockfalls", *Bulletin of the American Railway Engineering Association*, 37, pp. 1091-1162.
- Penck, A. (1894), *Morphologie der Erdoberfläche*, 2 vols., 471 and 696.
- Selby, M. J. (1993), *Hillslope materials and processes*, 2ª. ed., Oxford University Press, Oxford.
- Sharpe C., F.S. (1938), *Landslides and related phenomena*, Columbia University Press, New York.
- Skempton, A. W. (1953), "Soil mechanics in relation to Geology", *Proceeding of the Yorkshire Geological Society*, 29, pp. 33-62.
- Skempton, A. W. y J. N. Hutchinson (1969), "Stability of natural slopes and embankment foundations", *Proceedings of the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, State of Art Volume, México, pp. 291-340.
- Terzaghi, K. (1950), "Mechanisms of landslides", *Geol. Soc. Am.*, Berkeley Volume, pp. 83-123.
- Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), *Landslides and Engineering Practice*, Highway Res. Board Special Report 29, pp. 20-47.

📖 Varnes, D. J. (1978), "Slope movements, types and processes", *Landslides: Analysis and control, transportation research board*, Spec. Rep. 176, 11-33, National Academy of Science, Washington.

📖 Ward, W. H. (1945), "The stability of natural slopes", *Geographical Journal*, 105:170-197.

📖 WP/WLI (1990), "A suggested method for reporting a landslide", *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 41:5-12.

📖 WP/WLI (1991), "A suggested method for a landslide summary", *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43:101-110.

📖 WP/WLI (1993), "A suggested method for describing the activity of a landslide", *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47:53-57.

📖 WP/WLI y Canadian Geotechnical Society (1993), *Multilingual landslide glossary*, BiTech Publishers, Richmond, British Columbia, Canada.

📖 Zaruba, Q. y V. Mencl (1969), *Landslides and their control*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.