

CONTRIBUCION PARA LA CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Por ANGEL GARCIA YAGÜE

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
del Servicio Geológico de O.P

La necesidad que plantea el autor, de que se adopten las adicionales y correctas palabras castellanas para designar y clasificar los distintos movimientos del terreno, lo cual también podría hacerse extensivo a otros temas, es un asunto de interés, por lo que nos permitimos recomendar a los lectores que lean con atención el presente artículo y se decidan a tener en cuenta la "consideración final".

I. Introducción.

En la actualidad se han realizado muchos intentos para clasificar los movimientos del terreno. Su complejidad es grande, pues puede abordarse esta clasificación desde muchos puntos de vista, con el resultado de que según sea la formación del que la ha realizado el resultado ha sido diferente.

El ingeniero dedicado a estos problemas se encuentra, pues, con tal serie de clasificaciones y subclasificaciones contradictorias muchas veces, que opta por prescindir de todas ellas. Si a esto unimos los diferentes idiomas en los que se han publicado estas clasificaciones y la dificultad de traducir expresiones o términos, que a veces sólo se diferencian en matices, nos encontramos que existe una anarquía en el empleo de los términos, con los que se clasifican los distintos tipos de movimiento del terreno.

La conveniencia de utilizar un mismo lenguaje geotécnico todos los que por nacimiento tenemos el mismo medio de expresión es evidente y su necesidad clara. Ello nos permitiría entendernos sin necesidad de utilizar el consabido gráfico, en expresión de nuestro eminente y llorado profesor D. Eduardo Torroja, muletillas de nuestro lenguaje cuando no tiene la fluidez y soltura necesaria.

Pero, además, nos permitiría orientar seriamente las soluciones y su urgencia, aún antes de conocerlos en concreto. Cuántas veces en el Servicio Geológico hemos iniciado un viaje presuroso bajo el signo de la preocupación y al llegar al sitio del calificado, por ejemplo deslizamiento, hemos encontrado una caída de rocas ya pasada y sin urgencia de solución.

En la actualidad, los problemas que presenta el terreno a las obras de ingeniería se aborda en centros de enseñanza independientes, sin gran conexión entre sí,

motivando nuevos bautismos de fenómenos conocidos, palabras que se vierten en publicaciones o traducciones cuya lectura suscita los más diversos comentarios. No existe si pensamos en el mundo del castellano, que no se reduce al recinto de la escuela, facultad o nación, sino que se extiende al amplio mundo hispanoamericano.

Pudiera pensarse que con este artículo pretendo imponer nuevos nombres, pero creo que tras su lectura se concluirá que mi labor es poca y las pretensiones pocas. Es más, quisiéramos que fuera sólo una llamada a la colaboración de todos interesados en estos temas y que, iniciado el diálogo, sea, por ejemplo, la Asociación Española de Mecánica del Suelo la que sancione y que, en su caso, dé difusión a los que se crean más razonables.

El artículo arranca de unas sesiones de la Asociación de Mecánica del Suelo donde se distribuyó trabajo entre los asistentes y, en concreto, se me asignó el presente.

Pasado el tiempo, encontré que don Ricardo Marsal, Profesor adjunto de Mecánica del Suelo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, había realizado el mismo trabajo. Por ello, decidimos reunirnos y confrontar resultados. En las reuniones que sostuvimos asistieron nuestros compañeros D. Alcibiades Serrano y D. Luis Antonio Blanco. Por el trabajo conjunto realizado no podemos decir qué ideas pertenecen a cada uno, pues es hacerlo cuando el trabajo es realmente de un equipo. Posteriormente se entregó a todos los vocales de la Asesoría Geológica de Obras Públicas una copia del artículo que acompañamos, con el ruego de que remitiesen sus observaciones, y esperamos el tiempo necesario para recibirlas.

Por último, diré que los vocablos elegidos para cada tipo de movimiento han sido discutidos uno a uno, teniendo en cuenta el matiz que en castellano tiene las características del movimiento. Podía haberse intentado dar, como se hace en geología, a cada tipo de movimiento el nombre geográfico de la localidad donde primero se estudió, pero esta labor es propia de un grupo internacional, y además supera nuestras posibilidades de tiempo y conocimientos. Observación importante que sólo nos referimos a movimientos producidos en un escarpe o ladera, abarcando un amplio campo, que incluiría los hundimientos, desmoronamientos, deslizamientos y otros muchos, que quizá en su día abordaremos.

II. Cuadro clasificatorio.

En el cuadro que adjuntamos hemos seguido las directrices de la publicación de Highway Research Board, Special Report "Landslides and Engineering Practice". En vertical existen dos grandes divisiones: la superior, referente a terrenos rocosos o compactados naturalmente; la inferior, a terrenos poco consolidados. En la superior, el terreno predominantemente cae o se desplaza, mientras que en la inferior el terreno fluye. Aquí el terreno está tanto más saturado cuanto más inferiormente se encuentre. Por último, en la parte inferior hemos puesto un apartado de movimientos complejos, es decir, aquellos que engloban características de fenómenos de los tres apartados indicados.

Horizontalmente, la ordenación es roca a la izquierda y materiales finos a la derecha para los terrenos compactados y elementos tanto más finos a la derecha para los poco consolidados.

CLASES DE MOVIMIENTO

NATURALEZA DEL TERRENO

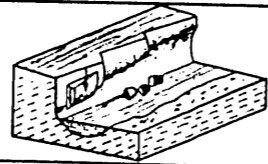
I CAIDA
 Parte del terreno movido se desplaza a través del aire. Incluye caída libre, rebote y rodadura de rocas o fragmentos que se interfieren muy poco entre sí.

II DESPLAZAMIENTO
A - El terreno en movimiento consta de pocos bloques sin gran deformación. Los movimientos pueden ser regulados por superficies de menor resistencia, tales como fallas, planos de estratificación o diaclasas.
 1) GIRATORIO. Movimiento únicamente a lo largo de superficies internas generalmente cóncavas, más o menos circulares, cabeceando.
 2) PLANO. Movimiento a lo largo de superficies de menor resistencia más o menos planas (generalmente un plano de estratificación). El bloque puede alejarse mucho de su situación inicial.
B - El terreno en movimiento consta de muchos bloques semi-independientes o muy deformados. Con frecuencia los movimientos están regulados por superficies de menor resistencia tales como fallas, planos de estratificación, diaclasas, o por contacto entre roca firme y detritos. Parte de la masa en movimiento puede llegar o cabalgar sobre la superficie primitiva del terreno.

III FLUENCIA
 La forma y distribución aparente de velocidades del material movido, se asemeja a las de un fluido viscoso.

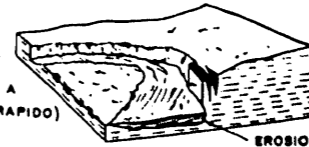
IV. MOVIMIENTOS COMPLEJOS
 El movimiento es una combinación de uno o más de los tres principales tipos de movimiento descritos. Muchos movimientos son complejos, aunque un tipo generalmente domina sobre los otros en ciertas zonas o en un momento particular en la evolución del mismo.

TERRENOS SUELTOS
 (MATERIALES CLASTICOS, INCLUYENDO TROZOS DE ROCAS, ROCAS MILONITIZADAS, MATERIA ORGANICA, ETC.)



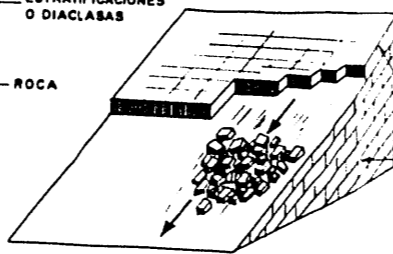
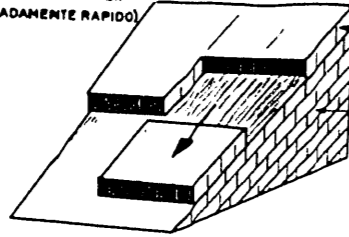
DESPRENDIMIENTO
 (EXTREMADAMENTE RAPIDO)

DESPLOME
 (MUY RAPIDO A EXTREMADAMENTE RAPIDO)



TERRENOS COHERENTES (ARENAS, GRAVAS ARENOSAS Y LIMOS CON ARCILLAS)

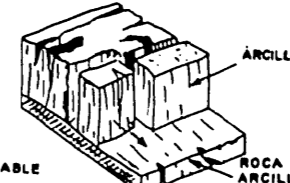
REBBALAMIENTO
 (DE MUY RAPIDO A EXTREMADAMENTE RAPIDO)



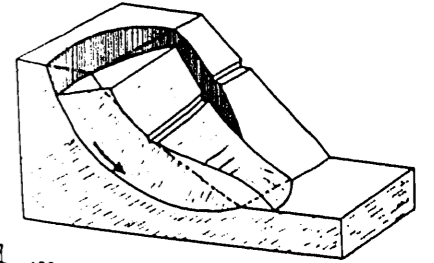
CORRIMIENTO
 (DE MODERADO A MUY RAPIDO)



DESPLAZAMIENTO DISCORDANTE
 (DE MUY LENTO A RAPIDO)



DESPLAZAMIENTO CONCORDANTE
 (LENTO)



DESPLAZAMIENTO
 (DE MUY LENTO A RAPIDO)

TERRENOS MUY POCO CONSOLIDADOS

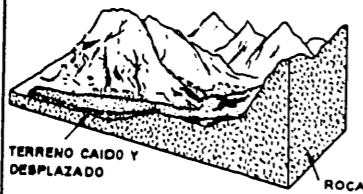
DOMINAN GRANDES TROZOS DE ROCA

NO PLASTICO
 (ARENAS O LIMOS SENSIBLES)

MEZCLA DE ROCAS, TIERRAS, ARCILLAS, ETC.

MUY PLASTICO

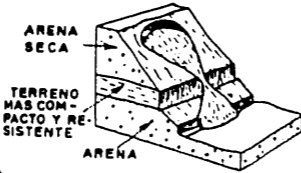
SECO
(CONTENIDO GRADUAL DE AGUA)
SATURADO



TERRENO CAIDO Y DESPLAZADO

IRRUPCION
 (EXTREMADAMENTE RAPIDO)

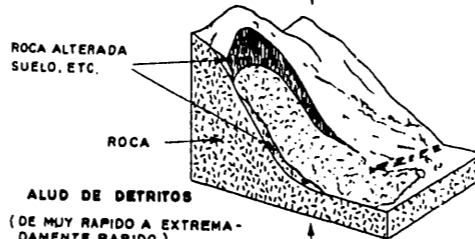
ESTE TIPO DE MOVIMIENTO SUCEDE UNICAMENTE CUANDO GRANDES DESPRENDIMIENTOS O CORRIMIENTOS ALCANZAN GRAN VELOCIDAD



ARENAS SECA
TERRENO MAS COMPACTO Y RESISTENTE
ARENAS
GOLPE DE ARENA
 (DE RAPIDO A MUY RAPIDO)



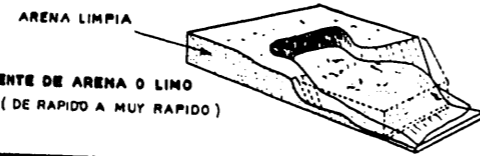
GOLPE DE LIMO O LOESS
 EXTREMADAMENTE RAPIDO



ALUD DE DETRITOS
 (DE MUY RAPIDO A EXTREMADAMENTE RAPIDO)



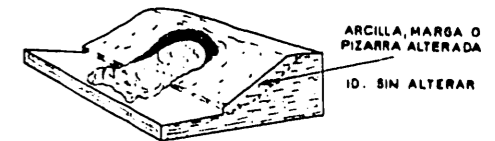
TORRENTE DE DETRITOS
 (MUY RAPIDO)



TORRENTE DE ARENA O LIMO
 (DE RAPIDO A MUY RAPIDO)

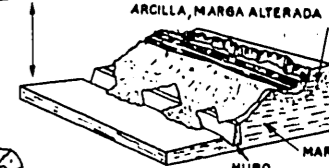


CORRIENTE DE TIERRA
 (MUY RAPIDO)



FLUJO DE ARCILLA
 (DE LENTO A RAPIDO)

ARCILLA, MARGA O PIZARRA ALTERADA
 ID. SIN ALTERAR



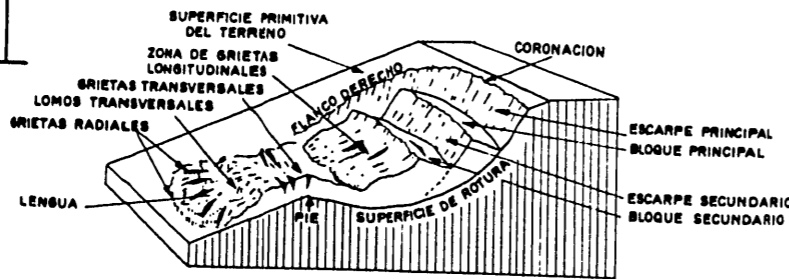
ARCILLA, MARGA ALTERADA
MURO
FLUJO EN MANTO
 (DE LENTO A RAPIDO)



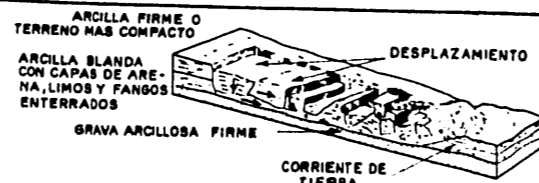
FLUJO EN VALLE
 (DE MUY LENTO A MODERADO)

TORRENTE DE TIERRA
 (MUY RAPIDO)

TORRENTE DE FANGO
 (DE MODERADO A MUY RAPIDO)



ZONAS DE UN DESPLAZAMIENTO



ARCILLA FIRME O TERRENO MAS COMPACTO
ARCILLA BLANDA CON CAPAS DE ARENA, LIMOS Y FANGOS ENTERRADOS
GRAVA ARCILLOSA FIRME

HUNDIMIENTO COMPLEJO
 MUY RAPIDO



DESPLAZAMIENTO
CORRIENTE DE TIERRA

CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO

ESCALA DE VELOCIDADES	
M/SEG.	
10 ¹	EXTREMADAMENTE RAPIDO
10 ⁰	
10 ⁻¹	MUY RAPIDO
10 ⁻²	
10 ⁻³	3M/SEG
10 ⁻⁴	RAPIDO
10 ⁻⁵	
10 ⁻⁶	9.1M/MIN
10 ⁻⁷	MODERADO
10 ⁻⁸	
10 ⁻⁹	1M/DIA
10 ⁻¹⁰	LENTO
10 ⁻¹¹	
10 ⁻¹²	1M/MES
10 ⁻¹³	MUY LENTO
10 ⁻¹⁴	
10 ⁻¹⁵	0.1M/AÑO
10 ⁻¹⁶	EXTREMADAMENTE LENTO

Los dibujos corresponden a tipos esquematizados de movimientos, y se han situado, aproximadamente, en el lugar que le corresponden, aunque lo mismo que existen movimientos complejos entre las dos grandes divisiones según la vertical, también lo existen en horizontal, y, por tanto, de hecho existen todas las graduaciones y tránsitos imaginables, fácilmente expresables al poderse utilizar simultáneamente las palabras que definen los tipos cuya mezcla hemos observado en el caso concreto de estudio.

Creo que con los esquemas que presentamos se podrán clasificar los movimientos del terreno con pequeños reconocimientos superficiales, pues precisamente el criterio utilizado para esta clasificación se basa en las características topográficas observables en el terreno y en la naturaleza del material movido.

Hemos incluido una clasificación de la rapidez del fenómeno junto con una escala gráfica. Esta clasificación es forzosamente imprecisa por la dificultad de facilitar cifras, pero que será útil a quien no haya seguido de cerca cada uno de estos fenómenos.

III. Descripción de los movimientos del terreno.

III. 1. *El terreno cae.*

Se considera en este apartado todos aquellos movimientos donde la masa movida se desplaza en parte de su camino a través del aire, aunque luego reboten, rueden o deslicen las unidades movidas o fragmentadas.

III. 1. a) *Desprendimientos.*

La zona movida cae en vertical, al menos inicialmente. Se produce por agotamiento de la capacidad resistente del material al esfuerzo cortante, al amparo casi siempre de fisuras o diaclasas, y por haber quedado en voladizo. Este se produce bien por la acción de una erosión fluvial con zapeado, como, por ejemplo, en los bordes externos de los meandros encajados, bien por erosión eólica en acantilados, que se ceba y progresa en los paquetes más blandos y alterables y a otras veces por trabajos humanos. La causa inmediata del movimiento puede ser variada, pero la real es una de las enunciadas. Su corrección sólo puede hacerse por apeos, recalces o cosido, aunque, en principio, parece más lógico precipitar la caída de las zonas que amenacen, o evitar el ataque y progreso del voladizo. Estos movimientos son bruscos, aunque suelen anunciarse por la caída previa de pequeños fragmentos y aumento o desarrollo de grietas en superficie.

III. 1. b) *Desplomes.*

La parte movida cae con un movimiento de giro, al menos inicial, apoyado en su base externa. Se asemeja a la caída de un libro puesto de canto. Si una vez iniciado el movimiento, al apoyar la hoja o zona movida en una arista inferior, ésta se deshace, se combina con un movimiento vertical, del tipo de derrumbamiento (que no hemos incluido en este cuadro por las razones ya indicadas y que consiste en el fallo por la base de una estructura del terreno, al igual que se derrumbaría una edificación si fallasen los muros portantes o soportes de su primera planta). Estos movimientos se producen en los bordes de acantilados rocosos por la acción del hielo en fracturas o estratificación abierta vertical o en depiome, o por la acción del

empuje hidrostático del agua que pueda infiltrarse. También se produce en cantiles de materiales areno-arcillosos compactados cuando son atacados en su pie por la acción de un curso fluvial.

Puede evitarse en los materiales rocosos por drenaje de las juntas, por cosido, por protección contra el hielo y la infiltración del agua y en los materiales sueltos por protección de su pie contra el agente que lo ataca.

III. 2. *El terreno se desplaza.*

Está producido por fallo a la resistencia a esfuerzo cortante a lo largo de superficies planas o curvas cuya existencia y situación puede deducirse:

Puede distinguirse: 1.º, Movimientos que constan de uno o pocos bloques, con dimensiones a veces superiores al máximo desplazamiento producido, con dos modalidades: movimientos con superficie plana y movimientos con superficie curva, y por supuesto la mezcla de ambos. 2.º, Movimientos que constan de muchos bloques que pueden ser de dimensiones muy pequeñas, independizados durante el proceso del movimiento.

III. 2. a) *Resbalamiento.*

Sus características son: superficie plana, formada por planos de estratificación, fracturas o litoclasas, sobre la que resbalan los bloques, que alcanzan el pie de la ladera sin apenas trocearse. Son movimientos bruscos, que se producen en materiales rocosos. Su previsión puede hacerse observando la pendiente de la ladera, las interestratificaciones del material y el relleno de las litoclasas o fracturas, según la ladera, así como su situación. La causa puede ser un descalce progresivo de los paquetes por agentes naturales o la acción del hombre, por ejemplo, al hacer una trinchera o excavación a media ladera, combinado o no con la infiltración de agua entre las juntas rocosas y desarrollo de presiones hidrostáticas o intersticiales. Su corrección puede hacerse por cosido, sostenimiento con contrafuertes en su base y drenajes, ya que, en general, es difícil impedir la entrada de agua superficial, eligiendo uno u otro procedimiento, según sus características y coste.

III. 2. b) *Corrimientos.*

Hemos adoptado esta palabra fijándonos en la diferencia que en el cuerpo humano existe cuando corremos o resbalamos. La diferencia sustancial con el anterior es que el conjunto movido se trocea tanto más cuanto mayor es la distancia desplazada, resultando una acumulación caótica de bloques al pie de la ladera. Se produce por causas parecidas al anterior, en materiales que pueden ser menos resistentes y estar más diaclasados. Si la longitud total recorrida es pequeña se puede confundir con el anterior. En su prevención ha de tenerse en cuenta que es preferible sujetar la zona inestable por el pie y que las labores de drenaje pueden ser ineficaces. Por último, el movimiento suele anunciarse más claramente y es algo menos rápido. La masa troceada, que no ha alcanzado el pie de la ladera, suele seguir moviéndose, buscando su equilibrio, que en el primero suele alcanzarse rápidamente.

III. 2. c) *Corrimiento de detritus.*

Se produce en los detritus que recubren las laderas, estén o no drenados. Los elementos aislados que lo forman tienen desplazamientos diferenciales análogos a los

del movimiento anterior. Su velocidad es de muy lenta a rápida, y con frecuencia se inician de abajo hacia arriba, en progresión que puede seguirse fácilmente. Se originan por aumento de su contenido de humedad, descalce en su pie, aumento de espesor y peso por nuevas acumulaciones de detritus, caídos de las zonas de alimentación de la montaña o por un proceso natural de alteración de sus componentes. Es difícil evitarlo, aunque siempre el drenaje favorece su estabilidad y habrá que cuidar las obras que en ellos se realicen. Convendrá no olvidar que la naturaleza siempre ofrece señales de movimiento donde ya se han producido o pueden presentarse, y que la adecuada observación del terreno puede prevenir tanto éstas como todos los movimientos que describimos.

III. 2. d) *Desplazamiento discordante.*

Bloques, a veces de dimensiones extraordinarias, se desprenden de un cantil, que puede haber desaparecido, y se desplazan sobre una topografía labrada en terrenos, en general, más blandos y erosionables y pendientes más suaves. Es discordante porque la superficie límite inferior del bloque movido va poniéndose en contacto con terrenos de distinta situación estratigráfica. Estos movimientos son de tipo geológico y pueden localizarse con un adecuado estudio geológico de detalle, pero poco podemos hacer para detenerlos. Una vez más la mejor defensa es no aceptar el combate, sino evitarlo. Sus causas son análogas a los resbalamientos.

III. 2. e) *Desplazamiento concordante.*

Se diferencia de los anteriores por su diferente velocidad y porque suelen producirse en materiales blandos compactos, tales como arcilla, arenas y sus mezclas. En la masa se desgajan grandes bloques, que se desplazan lentamente sobre un plano de estratificación o superficie de discontinuidad, aprovechando la propiedad lubricante de la arcilla humedecida en la base del bloque. Es un movimiento con características plásticas difícil de evitar. Su corrección obligaría a eliminar el agua que existe en el contacto y que actúa intersticialmente, pero que en el caso de producirse entre arcilla y arcilla exigiría una proximidad de drenes, de coste muy elevado y realización llena de dificultades.

III. 2. f) *Reptación.*

Es un proceso que sólo afecta a la zona superficial y alterada de las laderas de terrenos arcillosos por fenómenos de desecación y retracción de la arcilla. Es muy lento, puesto que en cada ciclo estacional los bloques individualizados avanzan laderas abajo del orden de la dimensión de las grietas de retracción formadas. No es fácil evitarlo; puede adivinarse por la inclinación de los troncos de plantas y arbustos de la zona. Reviste importancia el plano de discontinuidad formado, que, descalzado por otro proceso, puede originar un movimiento análogo al corrimiento de detritus ya comentado.

III. 2. g) *Deslizamiento.*

Hemos reservado esta palabra al movimiento del terreno más conocido y estudiado, aunque pudiéramos haberle llamado deslizamiento curvo y aplicar la pala-

bra deslizamiento a todos o parte de los estudiados. Este tipo, pese a que es más frecuente en terrenos arcillosos, puede presentarse en cualquier clase de terreno cohesivo, pero sus dimensiones, por ejemplo, en el caso de un terreno rocoso estratificado son mucho mayores, aparte de exigir la existencia en el interior de una distribución más o menos homogénea de planos de estratificación y litoclasas.

El movimiento consta de un giro con cabeceo e inclinación contra ladera de su cabeza o parte superior. La superficie del movimiento es asimilable a una superficie curva del tipo de semiesfera, o cilíndrica si predomina la dimensión transversal. También puede estar constituida por partes planas y curvas, en una transición hacia otros tipos de movimiento, en cuyo caso se observa un giro y traslación. La masa movida puede constituir un solo bloque con zonas desorganizadas en los extremos, principalmente en su pie, o subdividirse en varios bloques con desnivelamientos y basculamientos, que nos hacen inferir sobre la forma de la superficie del movimiento. Los deslizamientos pueden producirse a media ladera, al pie, o afectar parte del terreno más o menos llano fuera de la ladera, según círculos de pie o profundos. Es normal en los libros de geotecnia la descripción de las características del terreno en estos casos, por lo que no entraremos en el tema.

El movimiento se produce por fallo a los esfuerzos cortantes a lo largo de una superficie de mínima resistencia. Su causa puede ser el aumento de peso en el borde o sobre la ladera movida, el descalce del pie por fenómenos naturales o labores humanas, un proceso de erosión y arrastre con aumento de la pendiente topográfica de la ladera, alteración progresiva de los materiales a causa del agua infiltrada o por un aumento de ésta a consecuencia de temporales anormales o labores en la superficie, como pudiera ser una reciente repoblación o puesta en riego con banquetes, que favorecen la infiltración. Su previsión puede hacerse observando las laderas y estudiando la estabilidad de los taludes naturales o aquellos que con la obra vamos a imponer. Una vez producido en una zona, nos puede orientar las obras que hemos de realizar para evitar otros próximos. Si las causas están ligadas al hombre, es preciso estudiar y eliminar o compensar lo que desequilibra. Si son naturales, en las que frecuentemente está presente el agua, habremos de combatir las y, en este caso, disponer drenajes para sacar el agua que puede existir en el interior, y evitar, en lo posible, la infiltración de la superficial. Una vez producido el movimiento, los bloques desplazados tienden a una posición final de equilibrio, moviéndose lentamente. Como el cabeceo ha impuesto contrapendiente y zonas sin desagües, se forman charcos, cuyas aguas se infiltran en el terreno, favoreciendo el movimiento. Por ello, debe regularizarse la ladera afectada, suavizándose los escarpes, impedir se formen charcos y alejar en lo posible el agua de escorrentía.

III. 3. *Movimientos en terrenos poco consolidados.*

Las zonas movidas presentan desplazamientos diferenciales y de conjunto, que recuerdan la circulación de un fluido viscoso.

III. 3. a) *Irrupción.*

Es un movimiento poco frecuente y conocido. Se produce cuando grandes desprendimientos o corrimientos originan grandes masas de rocas troceadas, que se trasladan valle abajo a velocidad de varios metros por segundo, a modo de avenidas rocosas. Están ligados a valles angostos y de gran pendiente.

III. 3. b) *Golpes de arena.*

Se producen en terrenos arenosos secos. Su forma es de una semigota de agua invertida. Por su parte inferior, más estrecha, se proyecta parte del terreno afectado por el movimiento a modo de chorro de arena. El movimiento se produce bruscamente. La causa está ligada a unas pendientes excesivas y vibraciones.

III. 3. c) *Golpe de limo o loes.*

Es prácticamente el mismo movimiento que el anterior, que puede afectar zonas mayores y tiene formas externas menos geométricas. Al igual que en el caso anterior, el movimiento es sumamente rápido, en lo que nos hemos fijado para adoptar el nombre de *golpe*.

III. 3. d) *Torrente de arena o limo.*

Cuando la arena o limo está saturado, el movimiento es análogo, pero sus características se asemejan más a un líquido viscoso, disminuyendo algo su velocidad. Existe, por supuesto, una continuidad entre los anteriores y éste, según su mayor o menor contenido de agua. Cuando existe agua, su drenaje mejora la estabilidad.

III. 3. e) *Alud de detritus.*

Es parecido al movimiento descrito como corrimiento de detritus. En este caso, los materiales que recubren la ladera están sueltos y pueden tener o no agua en los intersticios de sus elementos, más finos que en el caso del corrimiento. Son movimientos muy rápidos, que afectan a zonas importantes de la ladera. Su corrección ha de basarse en la contención de las zonas inestables y la exclusión del agua que siempre favorece el movimiento.

III. 3. f) *Torrente de detritus.*

No es propiamente un movimiento del terreno, sino un arrastre por los torrentes originados por lluvias intensas de los detritus y terrenos sueltos. Las masas transportadas pueden ser importantes, cortando vías de circulación y arrasando campos de cultivo. Su previsión consiste en la adecuada corrección de torrentes.

III. 3. g) *Corriente de tierra.*

Corresponde a terrenos arcillosos o limosos, con un contenido de agua importante, que se fluidifican y mueven con las características de un fluido. Su corrección tenderá a eliminar en lo posible el agua que rellena los poros. Cuando el terreno está saturado, pasa a ser torrente de tierra, con características aún más parecidas a la circulación de un fluido y resultado final parecido al torrente de detritus. Son movimientos muy rápidos.

III. 3. h) *Flujo en valle.*

Es fenómeno muy corriente, que se produce en las vaguadas donde se han acumulado detritus de laderas con un contenido importante de agua. La masa está en movimiento lento, que puede acelerarse o pararse temporalmente, apenas percepti-

ble, salvo por la observación de los árboles que acusan el arrastre superficial. Al atravesar una carretera una vaguada con este movimiento o construir en ella una obra de fábrica, se acusan con el tiempo agrietamientos y pérdidas de alineación. En el pie de la vaguada puede observarse que existe un abombamiento de las curvas topográficas y pequeña desviación del arroyo en el que desemboca. Es difícil pararlos o estabilizarlos, pues supone extender el saneamiento y drenaje vaguadas arriba. Si se hace un desmonte se originan normalmente deslizamientos remontantes, que en conjunto expresan el sentido de avance general del relleno de la vaguada.

III. 3. i) *Flujo en arcilla.*

Se produce en arcillas con gran contenido de agua y se asemeja a los deslizamientos externos y poco profundos, pero la masa movida se desorganiza totalmente y se acumula al pie. Es frecuente en las trincheras excavadas y afecta a una zona alterada poco profunda. Su corrección será, como en el caso de todos los movimientos en terrenos no consolidados, mediante plantaciones de árboles y arbustos de raíces profundas y, por su puesto, evitar la alteración y llegada de agua.

Si el contenido de humedad es mayor y en lugar de arcilla tuviésemos fango tendríamos el flujo de fango.

III. 3. j) *Flujo en manto.*

Se diferencia del anterior en su mayor extensión y menor profundidad relativa. Se origina en terrenos con gran contenido de agua. A veces, rebosa los muros de sostenimiento de pie de ladera. Su corrección sería análoga a los casos anteriores.

IV. Movimientos complejos.

En la naturaleza no existen compartimentos estancos claramente diferentes, donde puedan incluirse los diferentes movimientos, ni tampoco las causas o fenómenos que actúan lo hacen aisladamente. Las mezclas de unos y otros hacen que sea difícil encontrar movimientos tipos y sí fácil localizar las mezclas. El movimiento resultante es en consecuencia complejo, con sus características de velocidad y procedimientos de corrección mezcla de las correspondientes a los movimientos que lo componen.

Por ejemplo, en el deslizamiento encontramos que en su pie la masa ha fluido, asemejándose más a un golpe, torrente o flujo. Es claro que si tratamos de corregir esta zona habrá de tener en cuenta este tipo de movimiento y no el deslizamiento.

Un caso muy típico es el hundimiento complejo, que incluimos en el cuadro general, donde fácilmente se ven las partes que poseen características diferentes.

V. Métodos de previsión y corrección.

Ya hemos indicado que la naturaleza siempre presenta indicios que permiten prever el tipo de movimiento que puede producirse e incluso su probable frecuencia.

Desgraciadamente, no siempre se dedica el tiempo necesario ni es posible hacerlo. Ello requeriría que en cada zona del terreno se realicen observaciones y reconocimientos superficiales detenidos y concienzudos. Además, exige en el observador una experiencia y conocimiento, que sólo se afianza con la práctica y sobre todo, una puesta a punto para que se piense en esta técnica y no se deje llevar por los diferentes problemas que toda obra presenta. En caso de duda, habría de recurrirse a reconocimientos del terreno con sondeos mecánicos y geofísicos y a la colocación de puntos fijos para un control geodésico de su posición, labor larga y no fácilmente aceptada por los responsables del proyecto o estudio.

Para efectuar la corrección es necesario conocer las causas del movimiento. Ahora bien, las causas, repetimos, no son únicas, y por ello la corrección deberá basarse en atacar aquella o aquéllas que sean más fácilmente eliminables. El agua siempre contribuye a la inestabilidad, por ésto a ella suelen dedicarse los esfuerzos de corrección, a lo que nada tenemos que objetar, pero sin olvidar que su drenaje a veces es muy costoso y difícil.

La estabilización mediante plantaciones arbóreas es técnica muy recomendada por su doble efecto: cosido con sus raíces y fijación, por lo tanto, de capas superficiales inestables y su transpiración, que en definitiva es un proceso de drenaje. Ahora bien, aparte de la necesidad de seleccionar especies de crecimiento rápido y raíces bien desarrolladas, llamamos la atención a los perjuicios que pueden producir unos abancalamientos, por mínimos que sean, y unos riegos necesarios en ciertas zonas en la primera etapa del desarrollo de ciertas especies. En estas ocasiones aumentamos el agua infiltrada y podemos atentar contra los fines que perseguimos. Tampoco se puede olvidar que si el proceso de alteración del terreno es progresivo, pueden quedar las raíces de los árboles en la zona alterada e inestable y entonces no ser suficiente su labor de cosido. En este caso, frecuente en zonas arcillosas compactas en climas húmedos, se eliminan los pequeños deslizamientos, pero no los grandes que se producen, a veces por la eliminación de aquéllos, que con su frecuencia iban suavizando el perfil topográfico de la zona.

La labor de cosido mediante raíces de árboles en laderas inestables, ha sido sustituida de forma más eficaz y rápida por el cosido mediante bulonado o cables. Su aplicación actual es muy grande y sus posibilidades enormes. Como toda técnica tiene sus limitaciones de tipo económico y práctico, pero no cabe duda que sus resultados son excelentes.

VI. Consideración final.

No pretendía que este artículo fuese un tratado tan completo como se merecen estos fenómenos, que frecuentemente exigen estudios complejos, pero sí creo que si los técnicos que usan el castellano prestan su colaboración y facilitan sus observaciones, podría constituirse un lenguaje común, base de arranque para una publicación de un equipo, con mayor extensión y profundidad, cuya labor sería útil a todos nuestros compañeros. Por ello, ruego encarecidamente, que mi amigo el lector inicie el diálogo y me envíe su crítica.