

Kennedy 1979).

Las extrapolaciones de estas curvas ofrecen algunas dificultades. Las lluvias intensas o una sacudida sísmica pueden acelerar los movimientos y los métodos simples de predicción pueden no ser aplicables en estos casos. En el proceso de rotura no concluido de La Clapiere en los Alpes Franceses, se estableció una relación entre la velocidad de deformación y el tiempo (Rat 1988). La velocidad de deformación parecía cambiar con los periodos de fusión estacional de la nieve, reflejados por el incremento del caudal del río de la Tinée (Fig. 8a). Sin embargo, aparece una tendencia residual hacia la aceleración cuando se considera un periodo de varios años (Fig. 8b). En el momento presente parece que el movimiento se ha estabilizado por si solo.

Las curvas de fluencia han sido analizadas

para determinar la forma matemática que adoptan y particularmente, cuando la aceleración de la velocidad de deformación lleva a la rotura. A partir de datos experimentales de laboratorio, Saito (1965,1969) propuso relaciones empíricas entre la velocidad de fluencia secundaria y terciaria y el momento de rotura. A partir de este primer trabajo han aparecido diversas expresiones. Fukuzono y Terashima (1985) analizando la rotura de un talud experimental caído mediante la generación de lluvia artificial, durante el último estadio de deformación previo a la rotura, encontraron que el logaritmo de la aceleración de los desplazamientos superficiales es proporcional al logaritmo de la velocidad y propusieron la siguiente expresión :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a \left( \frac{dx}{dt} \right)^\alpha$$

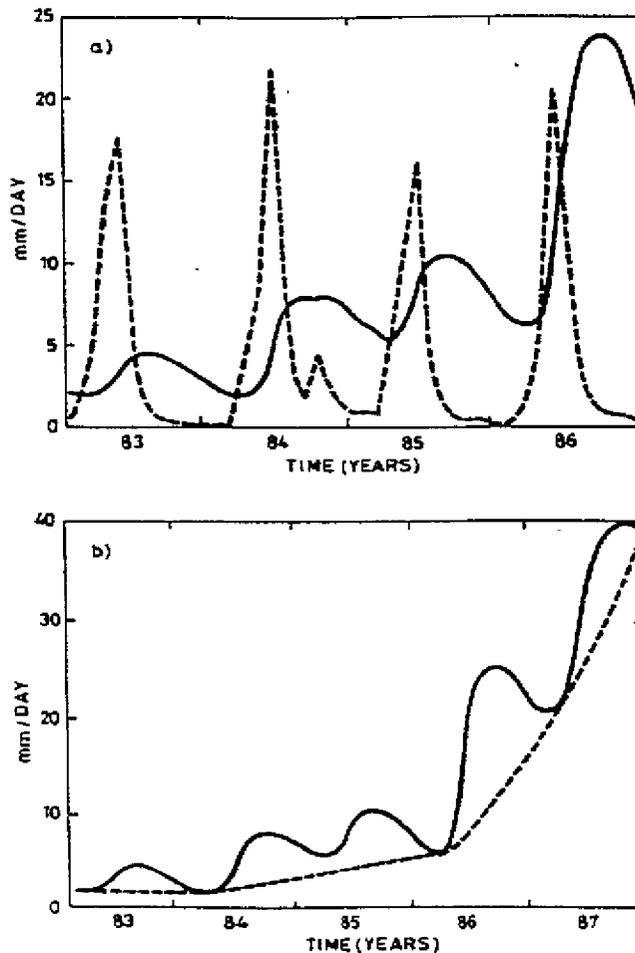


Figura 8. (a) variabilidad de la velocidad de desplazamiento del deslizamiento de la Clapière en relación con el caudal del río de la Tinée. (b) tendencia residual con el tiempo hacia la aceleración de los movimientos, durante el periodo 1983-87 (Rat, 1988)

donde  $x$  = desplazamiento superficial  
 $t$  = tiempo  
 $a$  y  $\alpha$  = constantes

vada y en el momento de rotura  
 $A, \alpha$  = constantes

Voight (1989) propuso una ley general como sigue:

$$\Omega_1^{-\alpha} \Omega_2 - A = 0$$

donde  $\Omega$  es una cantidad medible como la deformación longitudinal o de cizalla, longitud geodética o variaciones angulares.  $A$  y  $\alpha$  son constantes. Voight propone una ecuación básica para la predicción del tiempo de rotura, para  $\alpha$  distinta de 1, de la forma siguiente:

$$t_r - t = (\Omega^{1-\alpha} - \Omega_r^{1-\alpha}) / A(\alpha - 1)$$

donde:  $t_r$  = tiempo de rotura  
 $t$  = tiempo de observación  
 $\Omega, \Omega_r$  = velocidades de deformación obser-

$A$  y  $\alpha$  son constantes deducidas de gráficos como los de la figura referentes a los movimientos del Mount St. Helens. Los datos obtenidos de medidas EDM y inclinómetro electrónico, proporcionan valores independientes de  $\alpha$  y curvas de la inversa de la velocidad-tiempo, pero estas curvas convergen hacia un tiempo de ocurrencia común del evento. El decrecimiento permanente de la inversa de la velocidad permite la extrapolación aceptable del tiempo de rotura (figura 9).

### ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN

Las estrategias que se utilizan para prevenir de los peligros que amenazan los asentamientos humanos en las laderas, obedecen a las mismas

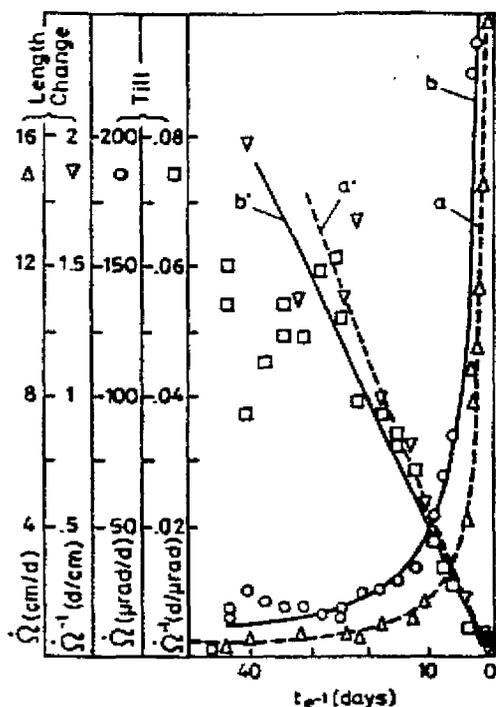


Figura 9. Velocidad de deformación y su inversa versus tiempo antes de la erupción del monte de St. Helens. Cambios de longitud (curvas a, a') o de inclinación (b, b') con las primas indicando la curva inversa de las velocidades (modificado de Voight 1989)

lógicas que las utilizadas en el dominio de la medicina o de lo social (Asté 1992 a): caracterización de las posibles situaciones a partir de un examen de lo ocurrido anteriormente, comprensión de los mecanismos generadores del peligro, pronóstico de la forma de evolución del proceso, establecimiento de sistemas de control, adopción de medidas terapéuticas para controlar la evolución del proceso o para limitar sus consecuencias, formación e información de la población, auxilio y reparación.

### Diagnosis

La primera fase es pues la caracterización del peligro. Los criterios que hemos expuesto hasta ahora deben permitir el establecimiento de una diagnosis. en lo que se refiere a la de laderas, la forma usual de expresar el grado de peligrosidad es cartográficamente, mediante la zonación del territorio.

La precisión del zonaje depende de la adecuación de la escala del mapa con respecto al fenómeno considerado, de los medios disponibles y del tiempo requerido. La localización de las zonas de rotura, su distribución espacial y la estimación relativa de la severidad son parámetros básicos para la zonación, aunque la principal dificultad es el encontrar objetivos para permitir la extrapolación del comportamiento de una zona a otra vecina. Brabb (1984), Carrara (1984), Hansen (1984) y Varnes (1984) proporcionan una completa revisión de metodologías para la zonación de la peligrosidad y su cartografía. De nuevo, diversos métodos son posibles para establecer las distintas zonas de peligrosidad (Corominas, 1987):

#### Zonación basada inventarios de movimientos:

La zonación se basa en la presencia o ausencia de fenómenos de deslizamiento. La principal ventaja, es que puede efectuarse mediante la interpretación de fotogramas aéreos con una mínima comprobación sobre el terreno. Además es rápida y económica. Los mapas geomorfológicos son documentos más elaborados en los que la zonación debe inferirse a partir de diversos modelados homogéneos y los procesos asociados. Es necesario efectuar un trabajo adicional para transformar los mapas geomorfológicos en mapas de peligrosidad

Zonación basada en la susceptibilidad relativa: la estabilidad relativa se establece combinando diversos parámetros en una área, los cuales están relacionados directa o indirectamente con la ocurrencia de los deslizamientos (litología, pendiente de la ladera, deslizamientos previos, agua subterránea). Así, 2416 deslizamientos fueron estudiados en West Virginia (Lessing et al. 1983). En cada deslizamiento fueron tabulados y ponderados 12 factores geológicos, dividiendo la frecuencia de cada factor por su extensión areal. El resultado es la clasificación de las litologías según su susceptibilidad.

Un trabajo clásico sobre la susceptibilidad al deslizamiento fue efectuado en la región de la bahía de San Francisco (Nilsen et al. 1979). Seleccionaron diversa información que fueron combinando sucesivamente. La primera etapa fue superponer el mapa de pendientes con el mapa de inventario de los deslizamientos. Analizando el documento así obtenido, de la densidad de los movimientos se obtuvo una gradación de la peligrosidad relativa de las laderas. La superposición posterior al mapa litológico, dio lugar a un nuevo documento en el que era fácilmente identificable la relación entre la litología y pendiente de las laderas con la ocurrencia de los deslizamientos.

Aplicación del tratamiento de datos para la zonación: el análisis factorial y discriminante han sido utilizados como técnicas muy potentes para la estimación de la peligrosidad. Cuando una gran cantidad de deslizamientos se encuentran presentes en una determinada región, parámetros como la geometría del deslizamiento, geología, uso del terreno etc. pueden ser procesados con la ayuda de un ordenador. Los métodos de análisis multivariantes han sido contrastados en la región de Calabria, en el sur de Italia (Carrara 1983 a y b). Los datos relativos al tipo de roca, vegetación, pendiente, rugosidad de la superficie, frecuencia de los cursos, presencia de deslizamientos entre otros, fueron almacenados en un banco de datos. El área fue dividida en celdas de 200m de lado y se seleccionaron un conjunto de 14 variables geológicas y geomorfológicas. Después de sendos análisis de regresión múltiple y discriminante, fueron cartografiadas las áreas estables e inestables. Un test de precisión del método dio un porcentaje de celdas entre 73 y 83% correctamente clasificadas. El uso de los

Sistemas de Información Geográfica permite grandes rendimientos en la obtención automática del grado de inestabilidad (Chacón et al 1992)

Modelización de las áreas inestables: existe poca experiencia en modelización del comportamiento de los taludes debido a que las propiedades de los suelos y las características de la ladera no son homogéneas. Recientemente, se han desarrollado análisis tridimensionales del flujo de agua subterránea acoplado con el análisis de una ladera infinita para predecir la estabilidad relativa de la misma (Okimura y Kawatani 1987). Se han creado modelos digitales del terreno mediante mallas de 10 m de lado y el nivel freático en la capa de suelo fue calculado utilizando un modelo de agua subterránea basado en el método de diferencias finitas. Se efectuaron algunas asunciones como que el grosor del suelo y la conductividad hidráulica permanecían constantes. El factor de seguridad para cada celda se calculó cada hora bajo una intensidad de lluvia efectiva de 20 mm/h manteniéndose a lo largo de 50 horas. Las celdas que habían sido estimadas como peligrosas en el modelo se superponían perfectamente a las que efectivamente rompieron.

Zonación basada en la auscultación Cuando una área inestable está poblada, se necesita un análisis más preciso. Los mapas confeccionados utilizando datos de medidas de la deformación de la ladera son muy caros aunque en contrapartida, permiten el establecimiento de modelos muy precisos. Un ejemplo es el proyecto DUTI de la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. A partir de métodos fotogramétricos y otros métodos clásicos de control, se detectaron las áreas sujetas a movimientos y se calculó la velocidad de los desplazamientos. De esta forma, fue establecida una clasificación basada en la magnitud de los desplazamientos y del grado de inestabilidad de las zonas dentro de la masa en movimiento.

El análisis temporal de las áreas en movimiento muestran que partes del deslizamiento se encontraban en proceso aceleración o de estabilización. A partir de estos datos, se efectuaron análisis probabilísticos del aumento o disminución de la velocidad en el movimiento (Bonnard y Noverraz 1984).

### Medidas terapéuticas

Una vez adquirida la percepción de la existencia de un peligro potencial de inestabilización, las medidas a adoptar son diversas. Unas son activas en el sentido de sea tratar de evitar o limitar la rotura de la ladera, sea amortiguar sus efectos sobre la zona amenazada. Estas medidas deben ser adoptadas previamente al desencadenamiento del fenómeno. Ayala (1992) distingue entre este tipo de actuaciones según un triple objetivo: limitar o impedir la capacidad de provocar daños, esto es, la **severidad**; mejorar la resistencia y/o adaptación de los bienes a proteger, es decir, disminuir su **vulnerabilidad**; evitar la implantación en áreas que pueden verse afectadas potencialmente por los desprendimientos y los deslizamientos o lo que es lo mismo, evitar la **exposición**. Otro tipo de actuaciones están concebidas en el sentido de evitar pérdidas de vidas humanas en el caso de que el fenómeno catastrófico se produzca y en la provisión de fondos para las tareas de recuperación del área afectada. Este conjunto de medidas preventivas lo hemos sintetizado esquemáticamente en la tabla nº 2.

Algunas medidas comportan actuaciones que modifican la situación inicial de la ladera, sea en lo que se refiere a su contención mediante trabajos de sostenimiento o estabilización, sea con la actuación a lo largo de la trayectoria potencial del movimiento en orden a mitigar sus efectos al máximo (**medidas estructurales**). Otras actuaciones, no modifican el estado inicial de la ladera e intervienen básicamente a nivel de directrices urbanísticas y normativa legal, campañas de información, dispositivos de alerta y evacuación o mediante el establecimiento de sistemas de seguros (**medidas no estructurales**).

Mitigación de la severidad :El objetivo primordial de la mitigación de la severidad es evitar que la rotura tenga lugar o que ésta afecte al menor volumen posible y que en caso de producirse el desplazamiento del terreno, éste lo haga velocidades suficientemente lentas para poder adoptar otro tipo de medidas. Se pretende que el mecanismo se bloquee o que produzca el menor impacto posible.

La variedad de mecanismos de rotura obliga a un abanico de soluciones que van desde el drenaje de la ladera con el fin de disminuir las presiones intersticiales hasta la implantación de elementos de

contención como son los muros, contrafuertes, descarga de la cabecera de la ladera, etc. Puede encontrarse un síntesis completa de los métodos de estabilización de laderas en Rodríguez Ortiz (1987) y Gens (1989) Básicamente pueden concebirse cuatro tipos de medidas : modificación de la geometría original, drenaje del macizo, contención de la ladera y mejora de resistencia del terreno

En las grandes cuencas montañosas no todas las actuaciones estructurales deben ser entendidas como trabajos de refuerzo o contención. Para movimientos cuya superficie de rotura es poco profunda (corrientes de derrubios, deslizamientos de regolito) medidas como la repoblación forestal proporciona una mejora decisiva de las condiciones de estabilidad de la ladera (Hungry et al. 1987, Eisbacher y Clague 1984). En procesos dinámicos y progresivos como es la erosión y el correspondiente descalce o zapa, pueden concebirse pequeños diques transversales y rastrillos cara a mantener estable el nivel de base al pie de la ladera (Brocal 1984)

No hay que olvidar que las dimensiones de algunos movimientos potenciales pueden ser de tal magnitud que, aún suponiendo que técnicamente fuera posible la corrección, los costos estén en consonancia con valor del objeto se desea proteger. En otros casos, la dificultad de acceso a la zona de rotura puede ser un elemento difícil de superar. En estas circunstancias es normal que la mitigación de la severidad deba combinarse con otras alternativas no estructurales como la reordenación urbanística o con dispositivos de alerta.

Mitigación la vulnerabilidad: existen muchas situaciones de hecho en que los núcleos urbanos y vías de comunicación se encuentran plenamente expuestas a la acción de los movimientos de ladera. A veces, coincidiendo con la imposibilidad de actuación sobre la zona de rotura. En estas circunstancias tiene especial interés la adopción de medidas que traten disminuir el grado de vulnerabilidad. Básicamente pueden esquematizarse tres tipos de soluciones: aquellas concebidas en retener la masa que ha sido puesta en movimiento, las que pretenden simplemente desviar su trayectoria y las que se efectúan de refuerzo de los elementos amenazados para resistir el posible impacto.

La retención de la masa movilizada solo puede contemplarse para aquellos casos en que los volúmenes en juego son limitados y/o que se des-

plazan a velocidad reducida. Dentro de estas medidas puede contemplarse la construcción de barreras y muros transversales que permiten el frenado o por lo menos, la dispersión de los bloques desprendidos y también las piscinas de recepción de derrubios. En ocasiones, sobretudo para movimientos puntuales como los desprendimientos puede ser efectiva el mantenimiento de una franja arbolada que dificulte la propagación de los bloques

Si los volúmenes o la velocidad son elevados, puede ser conveniente la realización de obras de derivación y desvío hacia emplazamientos donde no pongan en peligro ni bienes ni vidas. Este tipo de actuaciones son efectivas para movimientos de se propagan de forma más o menos canalizada.

Difícilmente pueden ser efectivas para los grandes deslizamientos que ocupan frentes de centenares o miles de metros. Los ejemplos más usuales de desvíos son los realizados en obras lineales (carreteras, ferrocarriles) en las que sea mediante viseras, túneles o pasos de gran luz se evita el encuentro con la masa desprendida.

En raras ocasiones puede ser efectiva la medida de refuerzo de las construcciones para resistir el impacto del terreno deslizado. Cuando el masa en movimiento lo hace a gran velocidad, el impacto sobre cualquier objeto disipa una enorme cantidad de energía y pocas construcciones pueden diseñarse para tales circunstancias. En el supuesto que tales medidas fuesen efectivas habría a combinarlas con normativas técnicas de obligado cumplimiento en el sentido de garantizar el comportamiento más adecuado de la construcción (edificaciones, carreteras de montaña...)

Mitigación la exposición: dentro de lo que son medidas no estructurales, la medida más efectiva de cara a la prevención de los desastres de origen natural, es la zonación urbanística. De este modo pueden dejarse libres de ocupación las zonas amenazadas o por lo menos, con usos compatibles con la existencia del peligro. Este tipo de medida a veces, debe enfrentarse con situaciones de hecho (presencia de edificaciones en áreas expuestas) o a derechos históricos, presiones de intereses económicos. En este sentido, la experiencia francesa es especialmente interesante (Asté 1992b), en la legislación de este país se estipula que los planes de desarrollo urbanístico y en particular, los denominados Planes de Ocupación del Suelo (P.O.S) deben

| Objetivos                        | Actuaciones Previas                                                                | Actuaciones Simultáneas                                                         | Actuaciones Posteriores                                 |                          |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|
| Mitigar Severidad                | <u>Zona de rotura</u><br>- drenaje<br>- anclaje<br>- refuerzos, etc.               |                                                                                 | Revisión comportamiento<br>↓<br>Rediseño                | Medidas Estructurales    |
| Mitigar vulnerabilidad           | área de afección<br>- barreras<br>- zanjias<br>- by-pass<br>· normas constructivas |                                                                                 | Revisión criterios de peligrosidad<br>Revisión zonación | Medidas no Estructurales |
| Mitigar exposición               | Zonificación urbanística<br>Regulaciones legales                                   |                                                                                 | Equipos de actuación inmediata (auxilio)                |                          |
| Preservar vidas                  | Información - educación población<br>Dispositivos auscultación y control           | Sistemas de Aleria<br>Dispositivos de Evacuación<br>Equipos actuación inmediata |                                                         |                          |
| Reconstrucción resarcir pérdidas | Sistemas de Seguros<br>Provisión de Fondos                                         |                                                                                 | Indemnizaciones<br>Créditos<br>Trabajos de reparación   |                          |

Tabla nº 2.- Estrategia de actuaciones preventivas frente a la inestabilidad de laderas.

considerar la presencia o no de riesgos naturales. Uno de los documentos de base de los P.O.S son los Perímetros de Riesgo y el Plan de Exposición al Riesgo (P.E.R). Este último define las zonas expuestas y las técnicas de prevención a llevar a cabo tanto por los propietarios como por la comunidad e instituciones públicas. Las modalidades de compensación económica en el caso de catástrofes están ligadas al cumplimiento de los P.E.R.

A nivel de comunidades autónomas en España, la administración de Cataluña ha introducido aunque a nivel de documento informativo, los mapas de peligrosidad en las normas que desarrollan los Planes de Comarcas de Montaña.

Las regulaciones legales distintas a las de ordenación del crecimiento urbano, pueden ser de utilidad. Regulaciones relativas las talas forestales, vertido de escombros en las laderas, mantenimiento de caminos de montaña, etc. son un excelente complemento de las medidas estructurales.

Preservación de vidas: la percepción del riesgo entre los habitantes de zonas de montaña es distinta a los otros habitantes de la llanura. Aquellos están acostumbrados a vivir en una naturaleza en continua evolución. En este sentido, la tarea informativa sobre los tipos de fenómenos que pueden tener lugar, las circunstancias en que se producen y como evolucionan es necesaria no solo entre los que visitan esporádicamente las áreas montañosas sino también para sus moradores.

Este tipo de actuaciones tienen que entenderse como complementarias de otras medidas. Por si solas no evitan que el fenómeno tenga lugar ni que deje de afectar áreas de gran vulnerabilidad. Se trata de actuaciones que pretenden que el individuo tenga criterios de decisión frente a los eventos catastróficos y permitir una mayor efectividad de los sistemas de alerta, dispositivos de evacuación y equipos de actuación inmediata.

La principal dificultad de los sistemas de alerta es encontrar los dispositivos que sean capaces de detectar el riesgo y a diferencia de las avenidas, tropiezan con la limitación de disponer de muy pocos minutos para organizar la evacuación. Existen dos tipos de sistemas de alerta, los directos como cables que disparan el sistema al paso de la masa deslizada, sensores de acústicos o de vibraciones, entran en funcionamiento cuando se inicia el

movimiento. Los indirectos están basados en las correlaciones ya comentadas entre las lluvias y la generación de movimientos. En este caso, no es posible establecer donde esta ocurriendo una catástrofe, pero los sistemas de alerta basados en la superación de umbrales que desencadenan los deslizamientos han sido utilizados en el Japón (Yano y Senoo 1985).

Como se ha visto, las roturas no tienen un comportamiento frágil. Previamente al despegue de la masa inestable, las deformaciones de la ladera son notorias. En este sentido, la previsión del momento de rotura a partir de la evolución de la velocidad de deformación es de gran utilidad. Debido a los costes de mantenimiento, la auscultación tiene fuertes constreñimientos y es preciso una adecuada selección del emplazamientos que se pretende controlar. Esto significa que no solo los puntos de control seleccionados deben ser representativos del conjunto del movimiento sino que además la instrumentación debe ser adecuada para detectar el tipo de movimiento y la velocidad de desplazamiento. Los métodos convencionales de control están basados en las medidas de desplazamiento en la superficie y profundidad de los deslizamientos Wilson y Mikkelsen 1978, Gili 1989 y Kovari 1990, muestran un amplio abanico de métodos disponibles.

Los equipos de actuación inmediata de Protección Civil deben estar preparados para eventualidades como, cuando el rango de velocidades lo permite, la desviación de coladas de barro o flujos de tierras. Cuando la caída de la masa en un valle conlleva el represamiento de las aguas y el peligro de rotura de la presa natural, los trabajos de apertura de desagües en la masa deslizada pueden ser necesario (en este sentido fueron las actuaciones en el caso de la colada de barro de los Olivares, Granada ocurrida en abril de 1986). Del mismo modo, los equipos de actuación inmediata deben estar preparados para la eventualidad del rescate de víctimas atrapadas por la masa deslizada y donde el tiempo de respuesta puede ser decisivo en la salvación de las mismas.

Medidas para la reconstrucción: en la estrategia preventiva, es también fundamental la provisión de fondos y medios materiales para hacer frente a las catástrofes. Existen dos niveles de actuación, uno a nivel de creación de fondos nacio-

nales de la administración para la prevención de desastres. En el caso de Japón (Toki y Aoyagi 1989), este tipo de fondo ha servido no solamente para las tareas de restauración, defensa y reconstrucción sino también para llevar a cabo políticas de investigación y desarrollo tecnológico. Como se ha visto en la experiencia francesa, la ayuda de la administración en caso de catástrofe se condiciona al cumplimiento de una serie de medidas preventivas previas. Un segundo nivel consiste en el establecimiento de sistemas de seguros, estos sistemas cada vez tienen más en cuenta los documentos de zonación de riesgo y constituyen un elemento adicional que dirige el crecimiento de las zonas urbanas hacia emplazamientos a salvo de cualquier eventualidad.

## COMENTARIOS FINALES

Todavía falta mucho camino por recorrer en el campo de la predicción. La gran extensión de las áreas susceptibles de presentar roturas de laderas impide un control sistemático y un conocimiento detallado de las condiciones de estabilidad. Los análisis generales de la peligrosidad tienen todavía un grado relativo de incertidumbre aunque la localización de vertientes potencialmente inestables, se ha realizado con porcentajes de ajuste superiores al 80%. En el futuro inmediato, la disponibilidad de los Sistemas de Información Geográfica, permitirá sin lugar a dudas, obtener mejores resultados.

En cualquier caso ello, dadas las características de las roturas en terrenos naturales, sus dimensiones y las dificultades de ejecución de actuaciones estructurales, las actuaciones más eficaces a corto plazo corresponden a las no estructurales. Es necesario el diseño de estrategias preventivas que permitan la identificación de las zonas potencialmente problemáticas y las zonas seguras, el establecimiento de un sistema de control y la zonación urbanística. La información a los ciudadanos es básica para aumentar la eficacia de los dispositivos de alerta y evacuación y evitar las pérdidas de vidas humanas

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, E (1987) "Riesgos geológicos asociados a las avenidas y su previsión". In: L. Berga y J. Dolz (Editores): Avenidas. Sistemas de previsión y alarma. Colegio de Ingenieros de Caminos, Madrid pp. 37-58
2. Antoine, P. (1977) "Reflexions sur la cartographie Zermos et bilan des expériences en cours". Bull. Bur. Rech. Géol. Min (2) III, 1/2, Orléans. pp. 9-20
3. Asté, J.P. (1992a) "Stratégies de prévention, aidé a la decision et preparation a la situation de crise" Bull. I A E G n° 45, pp. 59-72
4. Asté, J.P. (1992b) "Landslide mitigation: land use legislation and construction practices. The french experience" in del Prete, M. (Ed). *Movimenti franosi e metodi di stabilizzazione*. C.N.R. Publ. 481 pp. 69-76.
5. Ayala F.J.; Elizaga, E y González de Vallejo, L.I. (1987) "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España". Serie Geología Ambiental. I.G.M.E. Madrid. 91pp. + mapas
6. Ayala, F.J. (1992) "Conceptos y problemas en mapas geotécnicos de movimientos de ladera" III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables. La Coruña. Vol 3. pp 805-825.
7. Bonnard, C. & Noverraz, F. (1984) "Instability risk maps: from the detection to the administration of landslide prone areas". 4th int. Symp. Landslides, 1. Toronto. pp : 511-516
8. Braam, R.R., Weiss, E.E.J. & Burrough, P.A. (1987) "Spatial and temporal analysis of mass movement using dendrochronology". *Catena* 14 pp. 573-584
9. Brabb E. E. (1984) "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". 4th int. Symp. Landslides I. Toronto. pp. 307-323
10. Brand E.W. y Hudson R.R. (1982) "CHASE - an empirical approach to the design of cut slopes in Hong Kong soils" Proc 7th Southeast Asian Geotechnical Conf. I. Hong Kong. pp. 1-16
11. Brocal, J. (1984) "Obras hidrológicas en el valle de Arán y Alta Ribagorza. Su funcionamiento durante las últimas riadas". Inestabilidad de Laderas en el Pirineo. Barcelona. pp III.4.1-III.4.8
12. Carrara, A. (1-83 a) "Multivariate models for landslide hazard evaluation". *Math Geology* 15 . pp. 403-426 .
13. Carrara, A. (1983 b) "Geomathematical assessment of regional landslide hazard". 4th int. Conf. *Appl. Stat. Probabil. in Soil and Estruct. Eng.* Firenze. pp. 3-27
14. Carrara, A. (1984) "Landslide hazard mapping. aims and methods" *Mouvements de terrain. Doc. Bur. Rech. Géol. Min.* 83. pp. 141-151.
15. Chacón, J; Irigaray, C. y Fernandez del Castillo, T. (1992) "Metodología para la cartografía regional de movimientos de ladera y riesgos asociados

- mediante un Sistema de Información Geográfica". III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables. La Coruña. Vol. 1. pp. 121-133.
16. Cendrero, A.; Diaz de Terán, J.R., Fernandez, O., Garrote, R.; González Lastra, J.R.; Inoriza, I.; Luttig, G.; Otamendi, J.; Pérez, M. y Serrano, A. (1987) "Metodología de elaboración de mapas de riesgos". Actas III Reunión Nac. Geol. Amb. y Ord. del Territorio Valencia, pp. 843-870.
  17. Colín Rouse W. & Farhan Yahya I. (1976) "Threshold slopes in South Wales" Q. Jour. Eng. Geol., 9 pp. 327-338
  18. Corominas, J. (1986) "Identificación de taludes inestables". En: Jornadas de Inv. Aplic. en Ing. Geol., Univ. Santander. pp 90-116
  19. Corominas, J. (1987) "Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera". En: Riesgos Geológicos. IGME Madrid. pp.193-201.
  20. Corominas, J.; Peñaranda R y Baeza, C. (1988) "Identificación de factores que condicionan la formación de movimientos superficiales en los valles altos del Llobregat y Cardener". II Simp Taludes y Laderas Inestables. Andorra la Vella pp. 195-207.
  21. Corominas, J.; Esgleas, J y Baeza, C. (1990) "Risk mapping in the Pyrenees area: a case study". Hydrology in mountainous regions II I.A.H.S Publ. 194 pp 425-428.
  22. Corominas, J.; Fleta, J.; Goula, X.; Moya, J. y Teixidor, T. (1992) "Datación de deslizamientos antiguos en el area de Pardines (Girona)". III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables. La Coruña. Vol. 1. pp. 53-69.
  23. Costa, J.E (1984) "Physical geomorphology of debris flows". En: J.E Costa and P.J.
  24. Fleisher (Editors), Developments and applications of geomorphology, Springer-Verlag . pp.268-317.
  25. Crozier, M. J. (1984) "Field assessment of slope stability". In D. Brunsten and DB Prior (Editors), Slope Instability. John Wiley and Sons pp 103-142
  26. Eisbacher, G.H. y Clague, J.J. (1987) "Destructive mass movements in High Mountains: Hazard and Management". Geol Survey Canada. Paper 84-16 229 pp.
  27. Fukuzono, M.J and Terashima, H. (1985) "Experimental study of slope failure in cohesive soils caused by rainfall". Proc. Int. Symp. Erosion, Debris Flows and Disaster Prevention Tsukuba, Japan, pp. 347-350
  28. Gardner, J.S. (1983) "Rockfall frequency and distribution in the Highwood Pass area, Canadian Rocky Mountains". Zeits. Geomorph. NF 27 . pp. 311-324
  29. Gates, W.C.B. (1987). "The fabric of rockslide avalanche deposits". Bull. Assoc. Eng. Geol., XXIV pp. 389-402
  30. Gens, A. (1989) "Corrección de taludes inestables" en Corominas, J. (Ed.). *Estabilidad de taludes y laderas naturales*. Monografía nº3. Soc. Esp. Geomorfología. Zaragoza. pp 23 1-248
  31. Gili, J.A. (1989) "Control de movimientos: auscultación de taludes y laderas inestables" In : J Corominas (Editor), Estabilidad de taludes y laderas naturales. SEG, Monografía nº 3, Zaragoza, pp. 167-214
  32. Gili, J.A. y Gutiérrez, J.J. (1992) "Aplicación de un modelo de simulación de caída de bloques rocosos a casos reales". III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables. La Coruña. Vol. 1. pp. 15-26.
  33. Guerricchio, A. and Melidoro, G. (1973) "Signi premonitori e collasi delle grande metamorfiti della valle della Fiumara Buonamico". Geol Apl. e Idrogeol. VIII. Part 2.
  34. Hansen, A (1984) "Landslide hazard analysis". In: D. Brunsten and D.B. Prior (Editors), Slope Instability. John Wiley and Sons. pp. 523-602
  35. Hartlén, J. and Viberg, L. (1988) "Evaluation of landslide hazard". In: Ch. Bonnard (Editor), 5th Int. Congr. on Landslides, Lausanne, Vol. 2 pp 1037-1057
  36. Hsu, K.J. (1975) "Catastrophic debris streams (sturzstroms) generated by rockfalls" Geol.Soc. Am. Bull., 86. pp. 129-140
  37. Hungt, O., Morgan, G.C.; Vandine, D.F. y Lister, D.R. (1987) "Debris flow defenses in British Columbia". Geol. Soc. America Rev. in Eng. Geology. Vol. VII. pp. 201-222
  38. Hupp, C.P (1983) "Geobotanical evidence of late Quaternary mass wasting in block field areas of Virginia". Earth Surf. Proces. and Landforms 8 .pp. 439-450
  39. Hutchinson, J.N. (1988) "Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology". In: Ch. Bonnard (Editor), 5th Int. Congr. on Landslides, Lausanne, Vol. 1, pp. 3-35
  40. Innes, J.L (1983) "Lichenometric dating of debris flow deposits in the Scottish Highlands" Earth Surf. Proces and Landforms, 8 pp 579-588
  41. Jackson, L.E. Kostashuk, R.A. and Mac Donald, G.M (1987) "Identification of debris flow hazard on alluvial fans in the Canadian Rocky

- Mountains". Geol. Soc. of Amer., Reviews in Eng. Geol., VII pp 115-124
42. Jones, F.O., Embody, D.R. and Peterson, W.C. (1961) "Landslides along the Columbia river valley, Northeastern Washington" U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 367, 98p.
43. Kojan, E., Foggin, G.T. and Rice, R.M. (1972) "Prediction and analysis of debris slide incidence by photogrammetry, Santa Ynez-San Rafael Mountains, California". Proc 24th Int. Geol. Congr., Montreal, Sect. 13, pp 124-131
44. Kovari, K. (1990) "Methods of monitoring landslides". In: Ch Bonnard (Editor), 5th Int. Congr. on Landslides, Lausanne, Vol. 3. pp. 1421-1433.
45. Lessing, P., Messina, C.P. and Fonner, R. (1983) "Landslide risk assessment". Environmental Geol., 5. pp 93-99
46. López, C. (1982) "Dinámica de los desplazamientos de los materiales sobre pendientes naturales" IV Simp. Nac Obras de Superficie en Mec. de Rocas. Madrid. Vol. 1. pp. 2.5.1-2.5.16
47. Lumb, P.(1975) "Slope failures in Hong Kong". Q. Jour. Eng. Geol., 8. pp. 31-65
48. Lloret, A., Gilí, J.A., Gens, A. and Alonso, E. (1984) "Avances recientes en el análisis de la estabilidad de los taludes". Jornadas Sobre Inestabilidad de Laderas en el Pirineo, Barcelona, pp. PG.II.1-PG II.64
49. Mill, H.H (1984) "Clast orientation in Mount St. Helens debris flow deposits, North Fork, Toutle River, Washington" Jour. Sed Petrol, 54 pp. 626-634
50. Moya, J.; Corominas, J.; Gutiérrez, E. y Vilaplana, J.M. (1992) "Datación de movimientos de ladera mediante la dendrocronología Ejemplos de aplicación en el Pirineo Oriental". III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables. La Coruña. Vol.1. pp 27-38.
51. Nelson, F.E. (1985) "Preliminary investigation of solifluction macrofabrics" Catena, 12: 23-33
52. Neuland, H (1976) "A prediction model for landslips". Catena, 3. pp. 215-230
53. Nilsen, T.H., Wright, R.H., Vlastic, T.C. and Spangle, V.E. (1979) "Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay Region, California". U S Geol. Surv. Prof. Paper 944, 96 pp.
54. Noverraz, F. (1990) "Essai de recensement cartographique des glissements de terrain et écroulement rocheux sur le territoire Suisse" Hydrology in Mountainous Regions. II. I.A H S pub 194. pp.429-436.
55. Ogawa, S and Kawamura, K. (1989) "Topographical consideration for landslide prediction". Proc. 12th ICSMFE. Rio de Janeiro, Vol 3, pp. 1587-1590
56. Okimura, T and Kawatani, T. (1987) "Mapping of the potential surface-failure sites on granite mountain slopes". In. V. Gardiner (Editor), International Geomorphology. John Wiley and Sons, Part I, pp. 121-138
57. Onodera, T., Yoshunaka, R. and Kazama, H (1974) "Slope failures caused by heavy rainfall in Japan". Proc. 2nd Int. Congr. IAEG. Sao Paulo, pp. V.11.1-V.11.10
58. Osterkamp, W.R. and Hupp, C.R. (1987) "Dating and interpretation of debris flows by geologic and botanical methods at Whitney Creek Gorge, Mount Shasta, California". Geol. Soc. of Amer. Reviews in Eng. Geol., VII . pp. 157-163
59. Oyagi, N. (1984) "Landslides in weathered rocks and residual soils in Japan and surrounding areas: a state-of-the-art report". 4th Int. Symp. on Landslides, Toronto, Vol. 3, pp. 1-3 1
60. Pitts, J (1979) "Morphological mapping in the Axmouth-Lime Regis Undercliffs, Devon". Q. Jour. Eng. Geol., 12: 205-217
61. Plafker, G. and Eriksen, G.E. (1979) "Nevados Huascaran avalanches, Perú". In: B. Voight (Editor) . Rockslides and avalanches, Elsevier, Vol. I, pp 277-314
62. Rapp, A. (1960) "Recent developments of mountain slopes in Karkevagge and surroundings" Geog. Annaler. pp. 1-158
63. Rat, M. (1988) "Essai de prevision de la date de rupture d'un grand glissement". II Simp sobre Taludes y Laderas Inestables, Andorra la Vella, pp. 419-431
64. Reneau, S.L. and Dietrich, W.E. (1987) "The importance of hollows in debris flow studies; examples from Marin County, California". Geol. Soc. of Amer. Reviews in Eng Geol., VII . pp. 165-180
65. Rib, H.T and Ta Liang (1978) "Recognition and identification" In: R.L. Schuster and R.J. Krizek (Editors), Landslides: analysis and control. TRB special report 176, National Academy of Sciences, Washington, pp. 34-80
66. Rochet, L. (1987) "Application des modeles numeriques de propagation a l'etude des eboulements rocheux". In: Risques Naturels. Bull L. P. et Ch., 150-151 pp. 84-95
67. Rodriguez Ortiz, J.M. (1987) "Auscultación y corrección de movimientos del terreno" en Riesgos Geológicos IGME. Madrid. pp 203-213
68. Romana, M. (1992) "El problema de la previsión de la rotura en un talud en función de la pluviometría". III Simposio Nacional Taludes y Laderas Inestables La Coruña Vol. 1. pp. 53-69.

69. Saito, M. (1965) "Forecasting time of occurrence of a slope failure". Proc. 6th ICSMFE, Montreal, Vol. 2, pp. 537-541
70. Saito, M. (1969) "Forecasting time of slope failure by tertiary creep". Proc. 7th ICSMFE, Mexico, Vol. 2, pp. 677-683
71. Sheko, A.I. (1977) "Theoretical principles of a regional temporal prediction of landslide activation". Bull. IAEG, 16. pp. 67-69
72. Sidle, R.C., Pearce, A.J. and O'Loughin, C.O. (1985) "Hillslope stability and land use". Am. Geophys. Union. Water Resources Monographs, 11, 140 pp.
73. Skempton, A.W. (1952) "Stability of natural slopes in London Clay". Proc. 4th Int. Conf. Soil Mechanics, London, Vol. 2, pp. 378-381
74. Skempton, A.W. (1964) "Long term stability of clay slopes". Geotechnique, 14. pp. 751-755
75. Soutadé, G. (1980) "Modèle et dynamique actuelle des versants supraforestiers des Pyrénées Orientales". Imprimerie Coop. Sud-Ouest, Albi, 452 pp.
76. Stevenson, P.C. (1977) "An empirical method for the evaluation of relative landslide risk" Bull IAEG 16. pp. 69-72
77. Toki, K y Aoyagi, K (1989) "Natural disasters and its countermeasures in Japan". En: Encuentro Internacional Catástrofes y Sociedad. Madrid. Mapfre-Itsemap pp. 5-22.
78. Varnes, D.J (1978) "Slope movements: type and processes" en. R.L. Schuster and R.J. Krizek (Editors), Landslides: analysis and control. TRB special report 176, National Academy of Sciences, Washington, pp. 11-33.
79. Varnes, D.J. (1984) "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice". Natural Hazards n° 3, UNESCO, Paris. 63 pp
80. Voight, B. and Kennedy, B.A. (1979) "Slope failure of 1967-69, Chuquicamata mine, Chile". In: B. Voight (Editor), Rockslides and avalanches, Elsevier, Vol. 2, pp. 595-632
81. Voight, B. (1989) "Materials science law applied to time forecast of slope failure". Landslide News, 3: 8-11
82. Wilson, S.D. and Mikkelsen, P.E. (1978) "Field instrumentation" In: R.L. Schuster and R.J. Krizek (Editors), Landslides: analysis and control. TRB special report 176, National Academy Sciences, Washington, pp. 112-138
83. Yano, K. and Senoo, K. (1985) "How to set a standard rainfalls for debris flow warning and evacuation". Int. Symp. on Erosion, Debris Flows and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan, pp 451-455

