

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Facultad de Ciencias

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y  
FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo, aplicación y validación de  
procedimientos y modelos para la evaluación  
de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a  
procesos geomorfológicos**

MEMORIA PRESENTADA POR

**Jaime Bonachea Pico**

PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR POR LA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

SANTANDER, JULIO 2006



# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**



## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo pretende contribuir a mejorar la capacidad de predicción y prevención de los daños debidos a los riesgos ocasionados por procesos geomorfológicos, especialmente de los riesgos originados por movimientos en masa. En esta memoria se utilizan de manera indistinta los términos deslizamiento y movimiento en masa, para referirse al conjunto de los procesos de ladera (aparte de la erosión). Dicho uso de los términos tiene simplemente una razón de estilo (salvo cuando explícitamente se abordan aspectos terminológicos).

Los movimientos en masa presentan una serie de rasgos comunes con otros riesgos geológicos (se trata de un proceso natural potencialmente peligroso, cuyo funcionamiento da lugar a daños reales, como consecuencia de su interacción con las actividades humanas), pero también presentan características específicas. Entre éstas, se podría destacar su amplísima distribución geográfica y su sensibilidad a la influencia humana, tanto directa como indirecta.

De ahí el interés que tiene el desarrollo de procedimientos, modelos y herramientas que ayuden a predecir, con mayor precisión y fiabilidad, la futura distribución de movimientos, su probabilidad de ocurrencia y los daños que pueden causar.

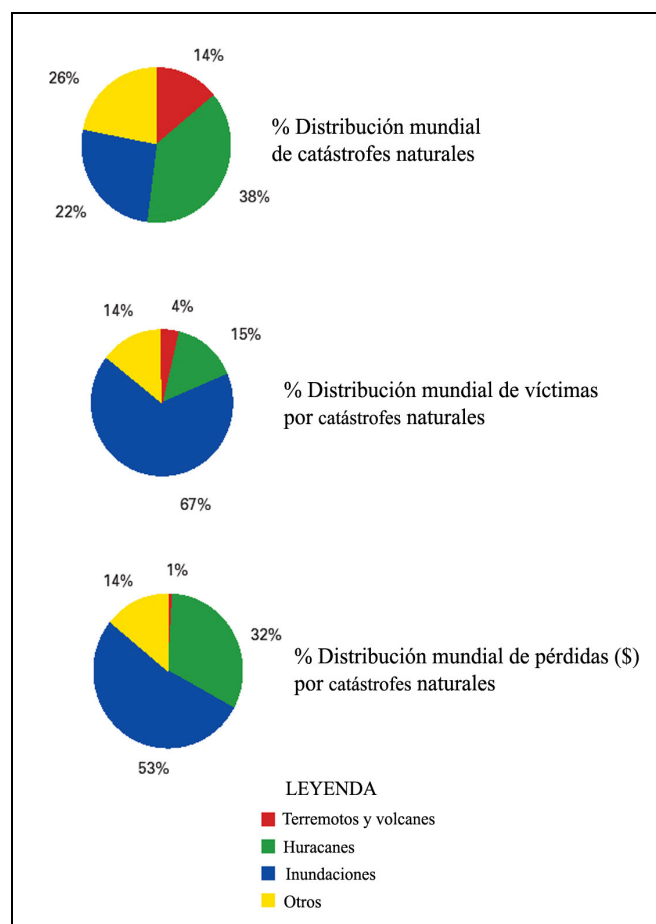
La conveniencia de avanzar en este sentido se ve claramente avalada por los crecientes daños que, a nivel mundial o nacional, se vienen registrando como consecuencia de estos procesos, al igual que ocurre con los riesgos naturales en general.

### **1.1 Problemática de los riesgos naturales**

Los datos registrados durante el último siglo a nivel mundial muestran un incremento en el número de eventos catastróficos debidos a procesos naturales y en los daños producidos por los mismos, especialmente en los últimos 40 años; los países de Asia, América y África son los que más numerosas y mayores catástrofes naturales han padecido (Alexander, 1993; Alcántara-Ayala, 2002; United Nations, 2002; EM-DAT, 2005).

Tanto por el número de eventos como por el número de víctimas, son los países menos desarrollados los que se ven más gravemente afectados. Esto se debe a dos factores fundamentales: 1) localización: esos países, en conjunto, abarcan una extensión mucho mayor y, además, se encuentran en muchos casos en zonas de intensa actividad geodinámica (límites de placas, zonas sujetas a frecuentes tormentas); 2) desarrollo económico, social, político y cultural: es frecuente que en estos países no existan, o no se apliquen, normas o políticas de ordenación territorial que tengan en cuenta los riesgos naturales; también suele ser limitado el grado de preparación de la población o la organización de planes de prevención y corrección de riesgos.

En cambio, las mayores pérdidas económicas se producen en los países desarrollados, debido principalmente a que el valor de los bienes expuestos a las amenazas (infraestructuras, edificios, actividad económica, etc.) es mucho mayor (Crozier, 1986; Alexander, 1993; Uitto, 1998; Berz, 1999; Chardon, 1999; Alcántara-Ayala, 2002, 2004; Downton & Pielke, 2005; Fuchs & Bründl, 2005). No obstante, aunque el valor absoluto de los daños sea mayor en los países industrializados, su importancia en relación con el PIB, es mucho menor que en los países en vías de desarrollo (Burton et al., 1978; United Nations, 2002). Así, por ejemplo, durante el período 1990-99 los gastos afrontados por la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), como consecuencia de las catástrofes naturales ocurridas en los Estados Unidos, ascendieron a más de 25,4 millardos (miles de millones) de dólares, cifra absoluta muy considerable pero poco significativa en relación con el PIB del país (FEMA, 2002). En el caso de España y referido únicamente a las inundaciones, los daños medios anuales han estado en torno al 0,1% del PIB durante las últimas décadas (CCS, 2004).

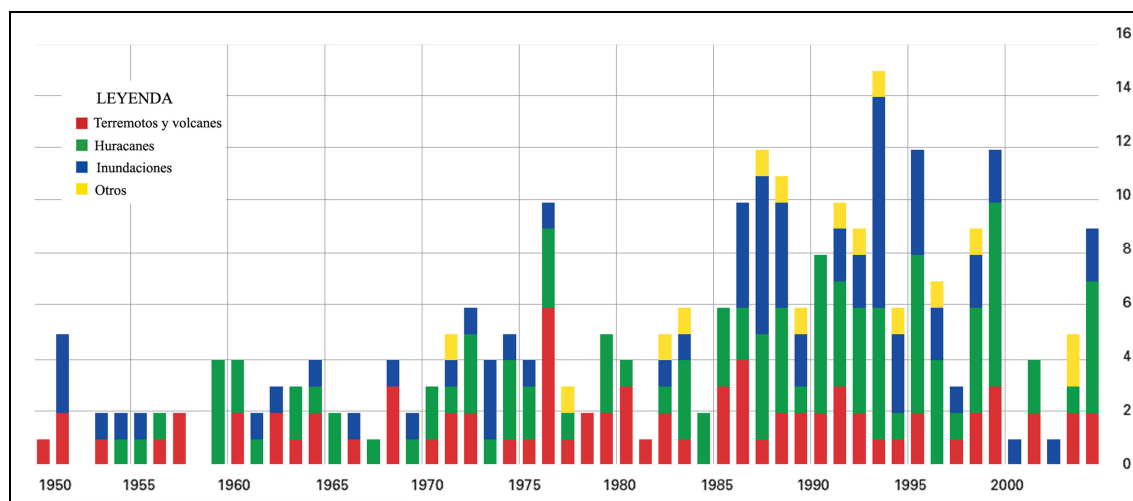


**Figura 1.1.** Importancia de los diferentes tipos de catástrofes naturales para el periodo 1950-2000 (Munich Re, 2005). Los deslizamientos se incluyen en el apartado de “otros”.

Las catástrofes naturales que mayores daños (pérdidas materiales y/o víctimas) causan a nivel mundial son las inundaciones y los huracanes, seguidos por los terremotos (Cendrero, 1997; Swiss Re, 2001; EM-DAT, 2005; Munich Re, 2005), tal como se muestra en las Figuras 1.1 y 1.2, y en las Tablas 1.1 y 1.2. En el caso de España, una estimación de los daños previsibles para un periodo de 30 años (Ayala et al., 1987) muestra que, según la hipótesis de riesgo más probable, los daños más importantes corresponden a inundaciones,



deslizamientos y terremotos. En el caso de considerar una hipótesis de riesgo máximo, los terremotos ocuparían el segundo puesto.



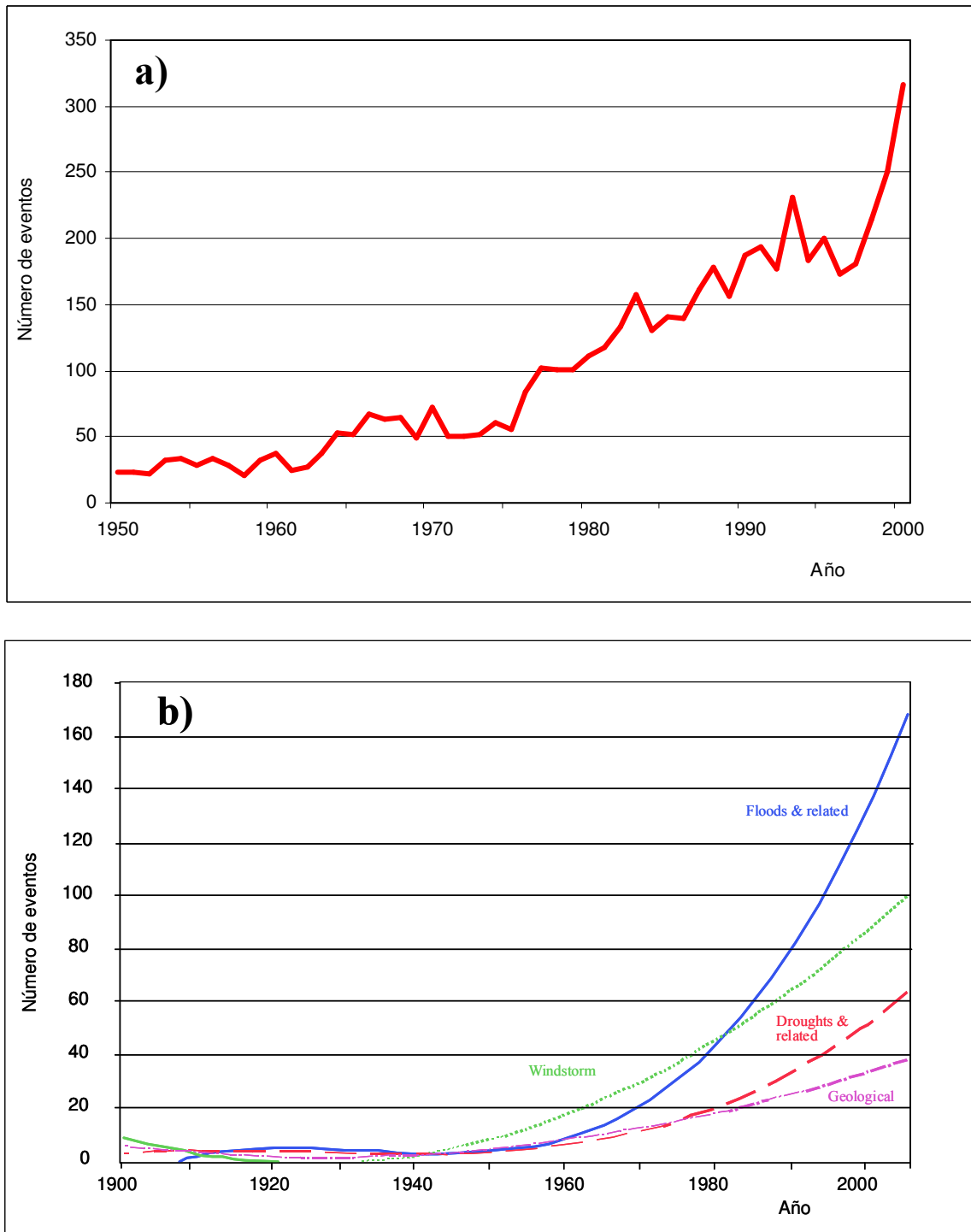
**Figura 1.2.** Distribución de los grandes tipos de catástrofes naturales en el mundo en la segunda mitad del siglo XX (Munich Re, 2005).

Si se tiene en cuenta la distribución geográfica de los distintos riesgos naturales, las inundaciones y los deslizamientos son sin duda los más generalizados, pues afectan a todos los países del mundo. Algunos ejemplos recientes de inundaciones importantes son las acaecidas en Francia (1992), Centroeuroa (1992, 1993, 1995, 2002, 2005), Italia (1994, 2000), República Checa y Polonia (1997), Suecia (2000), EEUU, Bangladesh, China, Guatemala, Honduras, Somalia y Sudáfrica durante la década de los 90 (European Commission, 1997a; 1997b; 2000; United Nations, 2002), o las inundaciones ocurridas en Nueva Orleans como consecuencia del huracán Katrina en agosto de 2005.

Los datos presentados ponen de manifiesto varias cosas:

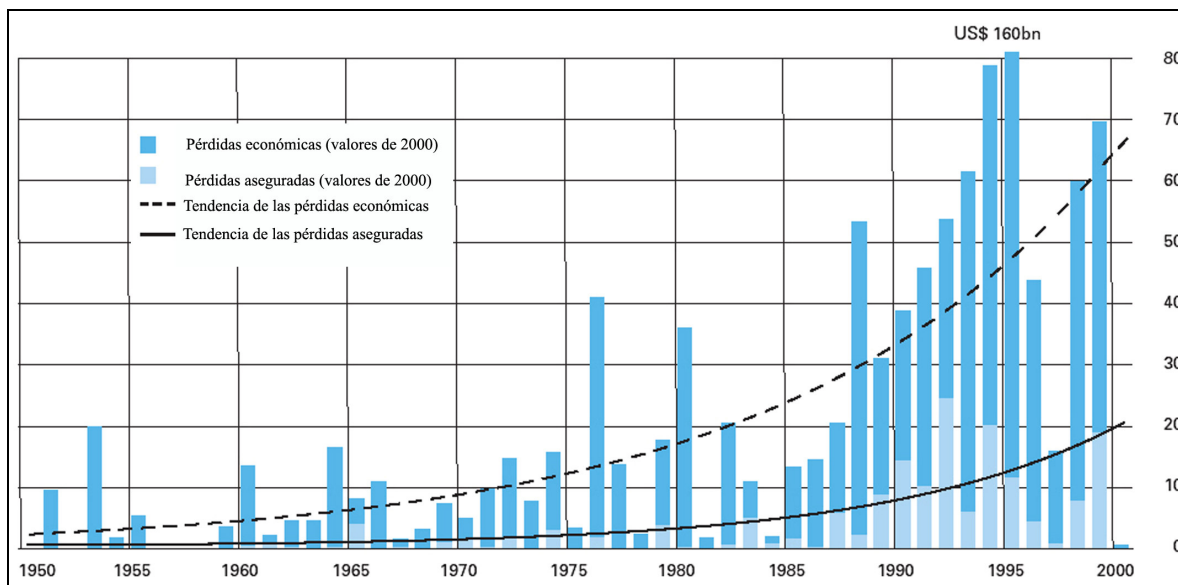
En primer lugar, la imprecisión de las recopilaciones analizadas, tal como se constata por las diferencias existentes entre las dos tablas citadas (Tablas 1.1 y 1.2), bien sea en relación con el número de los eventos incluidos o con la cantidad de víctimas de los mismos.

En segundo lugar, lo que parece ser una tendencia al aumento en el número de eventos catastróficos y en los daños causados por dichos procesos a lo largo de la segunda mitad del siglo XX (Figuras 1.2, 1.3 y 1.4). En relación con esto, cabe señalar que el aumento detectado en víctimas y daños (Figura 1.4; Munich Re, 2005), parece bastante lógico, al haberse producido en ese período un aumento notable del número de personas y de los bienes expuestos en zonas de riesgo. Sin embargo, el aumento en el número de eventos reflejado en los datos registrados puede deberse en parte a una mejora en la recopilación de información para los tiempos más recientes. Esto parece especialmente probable en el caso de los terremotos y de las erupciones volcánicas. Sin embargo, en el caso de las inundaciones, huracanes o deslizamientos, el aumento se deba también al efecto del cambio climático global, una de cuyas consecuencias es el aumento en la frecuencia y/o intensidad de los eventos climáticos extremos (Berz, 1999; Moreno, 2005). Es interesante señalar, sin embargo, que la tendencia al aumento es bastante menor para los desastres de tipo estrictamente climático (Fig. 1.3b) que para “*floods and related*”, esto es, aquéllos en los que intervienen los condicionantes geomorfológicos. Esto se ha interpretado por



**Figura 1.3.** a) Evolución en el número de eventos naturales catastróficos en el mundo durante los últimos 50 años; b) tendencias mundiales de aumento en el número de distintos tipos de catástrofes naturales durante el último siglo. (EM-DAT, 2005).

Cendrero et al. (2006) como consecuencia de la superposición del cambio climático y del “cambio geomorfológico global”. La tendencia de variación que dichos procesos muestran a nivel global durante el último medio siglo es muy similar a la que ponen de manifiesto los datos obtenidos para deslizamientos por Remondo et al. (2005c) en una zona de Guipúzcoa (Figura 1.5a) o los existentes en Italia (Figura 1.5b; Guzzetti & Tonelli, 2004). Esta tendencia probablemente refleja algún factor causal común que afecta a estos procesos a diferentes escalas: global, nacional, regional o local.



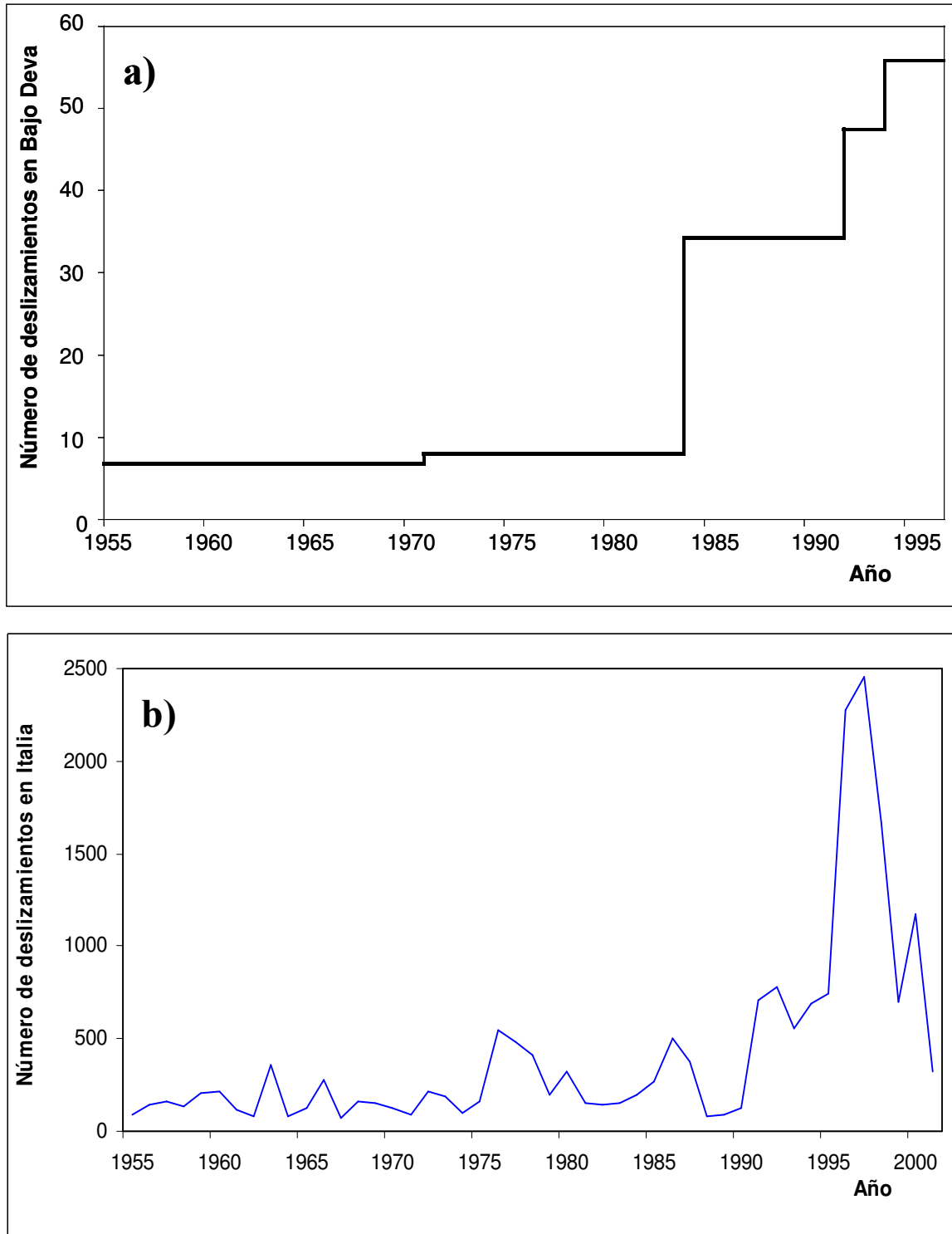
**Figura 1.4.** Evolución del número de daños (en billones de dólares americanos) ocasionados como consecuencia de los procesos naturales ocurridos durante los últimos 50 años en el mundo (Munich Re, 2005).

## 1.2 Consecuencias socio-económicas de los deslizamientos a nivel mundial

Las recopilaciones de eventos catastróficos, tanto de carácter general (que se presentan en las Tablas 1.1 y 1.2) como otras más detalladas, por áreas geográficas o tipos de procesos, deben tomarse con mucha cautela, ya que normalmente están incompletas e infravaloran la ocurrencia real de algunos eventos. Esto es especialmente patente en el caso de los deslizamientos, dado que entre sus principales agentes desencadenantes se encuentran las lluvias torrenciales y los terremotos, por lo que es frecuente que los daños producidos por los deslizamientos se asignen en las estadísticas a alguno de estos dos últimos procesos. Los eventos de 1970 en Perú (Oliver-Smith, 2002) y de 1998 en Centroamérica (Rubiera, 2002), constituyen algunos ejemplos notables de tal efecto.

Por otro lado, la mayoría de los deslizamientos que ocurren en el mundo producen únicamente daños materiales, o si acaso un número pequeño de víctimas. Es por tanto frecuente que no queden reflejados en las recopilaciones de ámbito global o nacional, a pesar de que, por lo frecuentes y extendidos que son estos procesos, causan, en conjunto, daños muy importantes. Muchos deslizamientos se producen en zonas montañosas, prácticamente deshabitadas, con lo cual el riesgo es mínimo (pero no la peligrosidad). En otras ocasiones, los movimientos son pequeños o superficiales, y los daños que producen son reducidos, y por tanto no se consideran (Remondo, 2001). En muchos otros casos, aunque los daños sean importantes, los deslizamientos coinciden con inundaciones o con sismos y, en menor medida, actividad volcánica. Los daños así producidos son, con frecuencia, achacados a los otros procesos, bien porque ocurren de forma puntual y aislada, bien porque los organismos encargados de hacer frente a los eventos catastróficos naturales (caso de España), tanto desde el punto de vista de su gestión (Dirección General de Protección Civil), como desde el punto de vista de las indemnizaciones pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS, 1999) o desde un punto de vista jurídico, no los contemplan como catástrofe natural. No obstante, existen numerosos ejemplos de grandes deslizamientos que han producido daños considerables en muy diversos países (Tabla 1.3).





**Figura 1.5.** Evolución del número de eventos de deslizamiento durante los últimos 50 años en: a) el Bajo Deva, España (modificado de Remondo et al., 2005c); b) en Italia (modificado de Guzzetti & Tonelli, 2004).

En España, los principales desastres naturales ocurridos a lo largo de la historia se han debido principalmente a inundaciones o huracanes (Tabla 1.4), de ahí que en muchos casos no se hayan considerado los deslizamientos de manera independiente. Sin embargo, existen algunos registros sobre eventos catastróficos de deslizamiento, los cuales se reflejan en la Tabla 1.5.

Distintos autores han presentado estimaciones que, acertadas o no, han servido para llamar la atención sobre la importancia de los deslizamientos. Según Varnes (1981), durante el periodo 1971-1974 murieron en todo el mundo una media anual de unas 600 personas como consecuencia de los deslizamientos. El estudio llevado a cabo por Schuster & Fleming (1986) estima también una media mundial de víctimas por deslizamientos de 600 personas/año; los mismos autores consideran que tal cifra está infravalorada, ya que muchas de las víctimas se han incluido en los daños provocados por inundaciones y terremotos. La *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (IFRC, 1996) y Hamilton (1997) han estimado, para el periodo 1969-1993, aproximadamente 1.550 víctimas anuales debidas a deslizamientos. Estos datos incluyen los deslizamientos producidos como consecuencia de terremotos (China, Perú, Estados Unidos), erupciones volcánicas (Colombia), etc.

La base de datos creada por *The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (EM-DAT, 2005) a partir de bases de datos preexistentes y de nuevos datos, ha contabilizado, para el período 1900-2001, que los deslizamientos u otros procesos relacionados con ellos han provocado un total de 64.088 víctimas en 364 grandes eventos. Estos datos se aproximan a los obtenidos por Schuster & Fleming (1986). Sin embargo, y como ya se ha comentado anteriormente, se debe tener en cuenta que la mayoría de los registros corresponden a las tres últimas décadas, por lo que los datos están incompletos, además de poder haber sido incluidos en los registros de otros procesos. En el caso de las inundaciones y durante el mismo período, estos autores estiman que el número de víctimas es de unos 7,5 millones. Considerando tales cifras válidas, esto supone que las inundaciones son hasta 100 veces más dañinas que los deslizamientos. Los datos presentados anteriormente sobre deslizamientos representan una media de menos de 4 eventos anuales con víctimas totales en todo el mundo, lo cual pone de manifiesto la insuficiencia de los registros existentes al respecto, así como la infravaloración de las cifras apuntadas.

Para Varnes (1984), en Estados Unidos las pérdidas producidas por movimientos en masa son superiores a las causadas por el resto de los riesgos geológicos. Esta estimación es probablemente excesiva, pero no cabe duda de que, tanto en ese país como en el mundo en general, el proceso citado tiene más importancia de la que habitualmente se considera.

Por otra parte, Petak & Atkisson (1982), estiman las pérdidas causadas por deslizamientos en edificios de Estados Unidos, en 370 millones de dólares durante 1970. Así mismo, hacen una extrapolación para el año 2000, en la que incrementan esta cifra hasta unos 870 millones de dólares, lo que supone un incremento del 235% en las pérdidas por deslizamientos entre ambas fechas.

Según Brabb & Harrod (1989), en Estados Unidos cerca de un 40% de la población está expuesta directa o indirectamente a los efectos de los deslizamientos. Los daños anuales producidos por deslizamientos en Estados Unidos oscilan entre 1 y 2 millardos de dólares, que en moneda del año 2000 equivalen a 1,4 y 2,8 millardos de dólares (de acuerdo con la variación experimentada por la inflación que se puede obtener a través del *Consumer Price Indexes*, <http://www.bls.gov/cpi/>); por otro lado, el número de víctimas anuales estimado oscila entre 25 y 50 (Schuster & Fleming, 1986; Wold & Jochim, 1989). A causa del deslizamiento de La Conchita (California), en enero de 2005, murieron 10 personas, 13 casas fueron destruidas y otras 23 afectadas (Jibson, 2006); un deslizamiento causó daños

notables en el mismo lugar en 1995, afectando nueve casas y cubriendo un área de cerca de 4 hectáreas (O'Tousa, 1995).

Cruden et al. (1989), estiman para Canadá las pérdidas anuales por deslizamientos en 1 millardo de dólares (1,4 millardos de dólares de EEUU del año 2000). Por otro lado, Evans (1999), considera que durante el período 1840-1999 se produjeron en ese país, como consecuencia de 43 eventos de deslizamiento, 570 víctimas; el 23% de estas víctimas se debieron a deslizamientos originados, directa o indirectamente, por la actividad humana. Los mayores daños fueron los causados por los frecuentes y relativamente pequeños deslizamientos acaecidos en el primer tercio del siglo XX, los cuales se han relacionado con la etapa de fuerte desarrollo económico que experimentó el país en esa época.

Granger & Hayne (2001), estiman que, en Australia, al menos 90 personas han fallecido desde 1842 como consecuencia de 39 deslizamientos. Sin embargo, estos datos podrían estar incompletos, ya que por ejemplo en 1997 fallecieron 18 personas en un único evento, y 9 personas en 1996; es decir, un 30% del total estimado para el periodo de 160 años habría ocurrido en sólo dos años. Los daños económicos como consecuencia de la destrucción de edificios, carreteras u otras infraestructuras, desde 1900, se estiman en unos 500 millones de dólares, que equivaldrían a varios millardos de dólares actuales.

En América Latina, el número de víctimas y los daños materiales por evento ocurrido han sido siempre muy altos, ya que muchos asentamientos humanos se encuentran al pie de escarpes montañosos o bien en zonas próximas. Sin embargo, las estimaciones de daños son escasas, sobre todo en eventos poco recientes, y las que hay difieren mucho unas de otras. Los datos que se presentan a continuación corresponden a eventos puntuales de deslizamiento, casi siempre relacionados con otro tipo de proceso. Teniendo en cuenta que estos ejemplos representan sólo una pequeña parte del total, cabe esperar que los daños debidos a deslizamientos sean muy grandes y si se les compara con los producidos por otro tipo de proceso, probablemente sean los movimientos en masa uno de los procesos naturales que mayores daños produce en esta región del mundo.

En Guatemala, en 1976, un terremoto originó unos 10.000 deslizamientos y más de 200 muertos (Harp et al., 1981). En Honduras, como consecuencia del huracán Mitch en 1998, se produjeron unos 500.000 deslizamientos (cerca de 1 millón en toda Centroamérica; Harp, 2001; Harp et al., 2002). Unas 2.500 personas murieron en Nicaragua durante el mismo evento como consecuencia de un gran “debris flow” producido en la ladera del volcán Casitas (Scott, 2000). En El Salvador, en 2001, tuvo lugar un terremoto que produjo alrededor de 1 millardo de dólares en daños, más de 700 muertos, cerca de 1.000.000 damnificados y más de 500 deslizamientos, los cuales causaron la mayoría de estos daños (Munich Re, 2005). En Venezuela, las pérdidas anuales debidas a deslizamientos se han estimado por Zuloaga (1995) en 55 millones de dólares. En este mismo país, los flujos de derrubios ocurridos en 1999 produjeron unas 50.000 víctimas y 10 millardos de dólares en pérdidas, equivalentes al 12,2% del PIB. En Colombia, durante la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985, se produjeron varios lahares que produjeron la muerte de más de 23.000 personas y unos daños económicos de unos 200 millones de dólares (Mercado, 2002). El deslizamiento de La Josefina en Ecuador, en 1993, provocó unas pérdidas de 147 millones de dólares y 71 víctimas (Leone & Velásquez, 2002). El terremoto que tuvo lugar en Huascarán (Perú), en 1970, generó un gran deslizamiento que acabó con la vida de unas 60.000 personas (Oliver-Smith, 2002).

Otras áreas que se ven gravemente afectadas por los deslizamientos son las zonas asiáticas, como China y Japón. En China, gran parte de las víctimas y daños causados por los terremotos se deben a deslizamientos generados por éstos en terrenos de “loess” (Derbyshire, 2000). Las pérdidas anuales estimadas en China ascienden a 15.000 millones de dólares y el número de víctimas a 150 por año (Tianchi & Shumin, 1992). En Japón, uno de los países más afectados, las cantidades que se dedican anualmente para cubrir los daños ocasionados por deslizamientos ascienden a 650 millones de dólares (Yamamoto, 2003); otros autores indican pérdidas anuales por deslizamientos en torno a 4.000 millones de dólares (Schuster, 1996).

Brabb & Harrod (1989), estiman que los daños producidos en Francia por deslizamientos, en 1983, fueron de unos 1.600 millones de Euros, mientras que el número de víctimas durante 1970 fue de 72. En Italia, se puso en marcha en 1994 el proyecto AVI por parte del *Consiglio Nazionale delle Ricerche* y el *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche*, cuyo objetivo era la creación de una base de datos relativa a los procesos de deslizamiento y de inundación acaecidos en Italia. El archivo para los deslizamientos ocurridos entre 1279 y 1999, incluía datos de personas fallecidas, desaparecidos, daños, etc. El análisis de los datos muestra que más de 10.000 personas perecieron en un total de 840 eventos de deslizamiento (Guzzetti, 2000); esto significa una media de unas 12 personas por evento, lo cual es una cifra importante. Sin embargo, durante la última década se tiene constancia de la muerte de 263 personas a causa de este proceso, lo que sugiere de nuevo que las cifras más antiguas están infravaloradas (falta de datos, eventos que no se consideran, etc.). En 1963, en la catástrofe del Vaiont murieron más de 2.000 personas como consecuencia indirecta de un deslizamiento que provocó el desbordamiento del agua del embalse del Vaiont (Semenza & Ghirotti, 1998). Para Guzzetti (2000), Italia es el país europeo más afectado, en cuanto a pérdida de vidas humanas por los deslizamientos y, a escala mundial, se encuentra sólo por detrás de Japón y China. Otra conclusión que se extrae de su trabajo es que el índice de mortalidad por deslizamientos en Italia ha sido, en los últimos 50 años, igual al causado por los terremotos, y muy superior al causado por las inundaciones. Este es otro ejemplo que muestra el poder destructivo y la importancia de los deslizamientos en la generación de daños. Schuster (1996), estima unas pérdidas anuales en Italia por deslizamientos en torno a los 2.600 millones de dólares.

El proyecto europeo NEDIES (*Natural and Environmental Disaster Information Exchange System*) hace una revisión de diferentes deslizamientos ocurridos en Europa, considerando los elementos afectados y los daños económicos generados, así como las medidas de mitigación adoptadas (Hervás, 2003). Presenta ejemplos de deslizamientos ocurridos en Italia, Portugal, Suecia, Rumania, Lituania, etc., que han generado gran cantidad de pérdidas en vidas humanas, en actividades económicas, edificios, estructuras, etc. En alguno de estos eventos las pérdidas económicas estimadas superan los 20 millones de Euros.

**Tabla 1.1.** Datos relativos a eventos catastróficos en el mundo, víctimas y daños (en dólares americanos) originados entre 1900 y 2001 (EM-DAT, 2005).

<b>País</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Año</b>	<b>Víctimas</b>	<b>Daños (Millones de \$)</b>
China	Inundación	1931	3.700.000	1.400
China	Inundación	1959	2.000.000	
China	Inundación	1938	500.000	
China	Inundación	1939	500.000	
Bangladesh	Huracán	1970	300.000	86
China	Terremoto	1976	242.000	7.000
China	Terremoto	1927	200.000	
China	Terremoto	1920	180.000	
Japón	Terremoto	1923	143.000	600
China	Inundación	1935	142.000	
Bangladesh	Huracán	1991	138.866	1.780
Unión Soviética	Terremoto	1948	110.000	
China	Huracán	1922	100.000	
China	Inundación	1908	100.000	
China	Inundación	1911	100.000	
Italia	Terremoto	1908	75.000	116
China	Terremoto	1932	70.000	
Perú	Terremoto	1970	66.794	530
Bangladesh	Huracán	1942	61.000	
India	Huracán	1935	60.000	
Pakistán	Terremoto	1935	60.000	
China	Inundación	1949	57.000	
India	Terremoto	1935	56.000	
China	Huracán	1912	50.000	
Guatemala	Inundación	1949	40.000	15
Irán	Terremoto	1990	40.000	8.000
India	Huracán	1942	40.000	
Bangladesh	Huracán	1965	36.000	58
Turquía	Terremoto	1939	32.962	20
Martinica	Volcán	1902	30.000	
China	Inundación	1954	30.000	
Italia	Terremoto	1915	30.000	60
Chile	Terremoto	1939	30.000	920
Venezuela	Inundación	1999	30.000	2.000
Bangladesh	Inundación	1974	28.700	579
Unión Soviética	Terremoto	1988	25.000	20.500
Irán	Terremoto	1939	23.000	
Guatemala	Terremoto	1976	23.000	1.000
Colombia	Volcán	1985	22.800	1.000
India	Terremoto	2001	20.005	4.600
China	Terremoto	1974	20.000	
India	Terremoto	1905	20.000	
Irán	Terremoto	1978	20.000	11
China	Inundación	1933	18.000	
Turquía	Terremoto	1999	17.127	8.500

<b>País</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Año</b>	<b>Víctimas</b>	<b>Daños (Millones de \$)</b>
China	Huracán	1930	15.000	
Indonesia	Terremoto	1917	15.000	
Honduras	Huracán	1998	14.600	2.000
India	Huracán	1977	14.204	499
Bangladesh	Huracán	1965	12.047	
Unión Soviética	Deslizamiento	1949	12.000	
China	Terremoto	1907	12.000	
Unión Soviética	Terremoto	1907	12.000	
Irán	Terremoto	1962	12.000	30
Marruecos	Terremoto	1960	12.000	120
Bangladesh	Huracán	1963	11.500	47
China	Huracán	1937	11.000	
Bangladesh	Huracán	1961	11.000	12
Bangladesh	Huracán	1985	10.000	
Pakistán	Huracán	1965	10.000	
Bangladesh	Inundación	1960	10.000	
Argentina	Terremoto	1944	10.000	
Argentina	Terremoto	1949	10.000	
China	Terremoto	1970	10.000	
China	Huracán	1906	10.000	20
Irán	Terremoto	1968	10.000	35
Nicaragua	Terremoto	1972	10.000	845
India	Huracán	1999	9.843	639
India	Terremoto	1993	9.782	280
Nepal	Terremoto	1934	9.040	
Méjico	Terremoto	1985	8.776	4.000
Honduras	Huracán	1974	8.000	540
India	Huracán	1971	7.600	30
Vietnam	Huracán	1964	7.000	50
China	Terremoto	1925	6.500	
Afganistán	Inundación	1988	6.345	260
China	Inundación	1980	6.200	160
Guatemala	Volcán	1902	6.000	
India	Terremoto	1934	6.000	
Taiwán	Terremoto	1906	6.000	
Turquía	Terremoto	1903	6.000	
Ecuador	Terremoto	1949	6.000	20
Filipinas	Terremoto	1976	6.000	134
Chile	Terremoto	1960	6.000	550
Estados Unidos	Huracán	1900	6.000	1.000
Filipinas	Huracán	1991	5.956	100
Japón	Terremoto	1995	5.502	131.500
Indonesia	Volcán	1909	5.500	
Bangladesh	Huracán	1960	5.149	
Irán	Terremoto	1972	5.057	1
Japón	Huracán	1959	5.014	600



**Tabla 1.2.** Detalle de los mayores desastres naturales ocurridos en el mundo y número de víctimas causadas (con datos de Costa & Baker, 1981, de la “*Office for U.S. Foreign Disaster Assistance*”, y Cendrero, 1997).

<b>País</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Año</b>	<b>Víctimas</b>
China	Inundaciones	1939	1.000.000
China	Inundaciones	1887	900.000
China	Terremoto	1556	830.000
China	Terremoto	1976	655.237
Bangladesh	Ciclón	1970	300.000
India	Terremoto	1737	300.000
China	Inundaciones	1939	200.000
China	Terremoto	1920	180.000
Japón	Terremoto	1923	143.000
China	Terremoto	1290	100.000
China	Terremoto	1731	100.000
Irán	Terremoto	1893	100.000
URSS	Terremoto	1948	100.000
Indonesia	Volcán	1815	92.000
Italia	Terremoto	1908	75.000
Perú	Terremoto y deslizamientos	1970	67.000
Pakistán	Terremoto	1935	60.000
Portugal	Terremoto	1755	50.000
India	Terremoto	1935	50.000
Venezuela	Inundaciones y deslizamientos	1999	30.000-50.000
Indonesia	Volcán	1883	36.000
Nicaragua	Terremoto	1979	30.000
Chile	Terremoto	1939	30.000
Italia	Terremoto	1915	30.000
Martinica	Volcán	1902	30.000
Bangladesh	Inundaciones	1974	28.700
Colombia	Volcán	1985	23.000
Guatemala	Terremoto	1976	23.000
Turquía	Terremoto	1939	23.000
Italia	Volcán	1669	20.000
Turquía	Terremoto	1999	17.000
Irán	Terremoto	1978	15.000
India	Ciclones	1977	14.204
Marruecos	Terremoto	1960	12.000
Unión Soviética	Deslizamientos	1949	12.000
Centroamérica	Huracán	1998	11.000
Italia, Austria	Deslizamientos	1916	10.000
China	Tifón	1906	10.000
Méjico	Terremoto	1985	9.500
Honduras	Huracán	1974	8.000
Vietnam	Tifón	1964	7.000
Ecuador	Terremoto	1949	6.000
Filipinas	Terremoto y tsunami	1976	6.000
Haití	Terremoto	1963	5.000
Argentina	Terremoto	1944	5.000
Indonesia	Volcán	1919	5.000
Pakistán	Terremoto	1974	4.700
Italia	Terremoto	1980	4.689
Japón	Tifón	1959	4.580
Turquía	Terremoto	1976	3.921
Italia	Deslizamiento	1963	3.000
Papua N. Guinea	Volcán	1951	3.000
Argelia	Terremoto	1980	2.633
Cuba	Huracán	1932	2.500

<b>País</b>	<b>Amenaza</b>	<b>Año</b>	<b>Víctimas</b>
Méjico	Inundaciones	1959	2.000
Afganistán	Terremoto	1954	2.000
Rep. Dominicana	Huracán	1930	2.000
Holanda	Inundaciones	1953	1.900
Cuba	Huracán	1963	1.750
Camerún	Volcán	1986	1.734
Pakistán, India	Inundaciones	1955	1.700
Belice	Huracán	1931	1.600
Argelia	Terremoto	1954	1.600
India	Inundaciones	1980	1.600
Indonesia	Volcán	1963	1.584
Rumania	Terremoto	1977	1.570
St. Vicente	Volcán	1902	1.565
Yemen	Terremoto	1982	1.507
Rep. Dominicana	Huracán	1979	1.400
Filipinas	Erupción	1914	1.400
Turquía	Terremoto	1983	1.346
Irán	Terremoto	1981	1.200
El Salvador	Terremoto	1986	1.100
Yugoslavia	Terremoto	1963	1.100
Filipinas	Tifón	1984	1.062
Venezuela	Deslizamientos	1987	900
Vietnam	Tifón	1985	800
Brasil	Inundaciones	1967	785
Sri Lanka	Ciclón	1978	740
Corea	Inundaciones	1972	672
Filipinas	Tifón	1987	660
Túnez	Inundaciones	1969	540
Sudáfrica	Inundaciones y deslizamientos	1987	518
Brasil	Inundaciones y deslizamientos	1984	508
Colombia	Deslizamiento	1987	500
Indonesia	Inundaciones y deslizamientos	1981	500
Islas Comores	Tornado	1951	500
Portugal	Inundaciones	1967	462
Brasil	Deslizamiento	1967	436
Japón	Inundaciones	1982	332
Perú	Deslizamientos	1974	310
Colombia	Deslizamiento	1974	300
España	Inundaciones	1973	300
China	Deslizamiento	1983	277
India	Deslizamientos	1988	250
Bolivia	Inundaciones	1983	250
EEUU	Inundación	1972	238
Austria	Deslizamiento	1954	200
Zaire	Deslizamiento	1968	154
Reino Unido	Deslizamiento	1966	144
Noruega	Deslizamiento	1893	120
Ecuador	Deslizamiento	1987	100
China	Deslizamiento	1972	100
Afganistán	Deslizamiento	1971	100
Nueva Guinea	Deslizamiento	1971	100
España	Deslizamiento	1874	91
Suiza	Deslizamiento	1965	90
España	Desbordamiento torrente	1996	87
Canadá	Rotura de macizo	1958	75
Canadá	Deslizamiento	1903	38

**Tabla 1.3.** Datos relativos a eventos catastróficos originados por deslizamiento a nivel mundial, víctimas y daños (en dólares americanos) (EM-DAT, 2005).

País	Amenaza	Año	Víctimas	Daños (Millones de \$)
Unión Soviética	Deslizamiento	1949	12.000	
México	Deslizamiento	1959	5.000	
Perú	Deslizamiento	1941	5.000	
Honduras	Deslizamiento	1973	2.800	
Perú	Deslizamiento	1962	2.000	200
Italia	Deslizamiento	1963	1.189	
India	Deslizamiento	1968	1.000	
Colombia	Deslizamiento	1987	640	
Perú	Deslizamiento	1971	600	
China	Deslizamiento	1934	500	
India	Deslizamiento	1948	500	
Perú	Deslizamiento	1973	500	
Brasil	Deslizamiento	1967	436	
Indonesia	Deslizamiento	1955	405	
India	Deslizamiento	1995	400	
USA	Deslizamiento	1972	400	
Afganistán	Deslizamiento	1995	354	
Brasil	Deslizamiento	1966	350	27
Perú	Deslizamiento	1974	310	22
Colombia	Deslizamiento	1974	300	
Ecuador	Deslizamiento	1993	300	
Perú	Deslizamiento	1997	300	
Filipinas	Deslizamiento	1985	300	
Filipinas	Deslizamiento	2000	287	
China	Deslizamiento	1983	277	
Haití	Deslizamiento	1954	262	
Turquía	Avalancha	1992	261	
India	Deslizamiento	1988	255	
India	Avalancha	1988	250	
India	Avalancha	1995	250	
Tajikistan	Deslizamiento	1992	243	24
India	Deslizamiento	1998	239	
Rusia	Avalancha	1993	239	
Perú	Deslizamiento	1983	232	
India	Deslizamiento	1979	230	
China	Deslizamiento	1996	226	
China	Deslizamiento	1996	226	
Brasil	Deslizamiento	1967	224	
Brasil	Deslizamiento	1967	224	
Austria	Avalancha	1954	200	
China	Deslizamiento	1991	200	
Colombia	Deslizamiento	1971	200	
Colombia	Deslizamiento	1973	200	
Colombia	Deslizamiento	1986	200	
Ecuador	Deslizamiento	1993	200	500
Japón	Deslizamiento	1923	200	
Papua-N. Guinea	Deslizamiento	1991	200	
Filipinas	Deslizamiento	1981	200	

**Tabla 1.4.** Datos relativos a eventos catastróficos que han afectado a España, víctimas y daños originados (EM-DAT, 2005).

<b>Amenaza</b>	<b>Año</b>	<b>Víctimas</b>	<b>Daños (Millones de \$)</b>
Inundación	1973	500	400
Inundación	1962	474	80
Inundación	1963	445	80
Deslizamiento	1996	84	
Inundación	1957	77	
Inundación	1953	50	
Inundación	1983	45	3.900
Inundación	1982	43	630
Inundación	1982	34	300
Huracán	1997	21	
Inundación	1979	20	
Huracán	1973	19	
Huracán	1989	19	
Inundación	2000	16	
Huracán	1989	14	
Inundación	1989	12	375
Huracán	1994	12	
Inundación	1994	10	
Huracán	2001	9	
Huracán	1990	8	
Huracán	2000	7	
Huracán	2000	7	
Huracán	1984	6	1.000
Inundación	1987	5	1.283
Inundación	1997	5	
Inundación	2000	5	
Huracán	1999	5	
Huracán	1984	3	1
Inundación	1978	2	25
Inundación	1996	1	
Terremoto	1999	0	44
Inundación	1983	0	
Huracán	1986	0	
Huracán	1987	0	8
Terremoto	1969		
Inundación	1953		
Inundación	1972		20
Huracán	1971		55

**Tabla 1.5.** Principales deslizamientos ocurridos en España, con víctimas y daños originados (a partir de Araña et al., 1992, en Corominas et al., 2005).

Localidad	Fecha	Tipo	Consecuencias
Inza (Navarra)	1714 - 1715	Corriente derrubios	Pueblo destruido
Felanitx (Mallorca)	31 marzo 1844	Rotura terraplén	414 muertos y 200 heridos
Azagra (Navarra)	1856	Desprendimiento	11 muertos
Azagra (Navarra)	21 julio 1874	Desprendimiento	92 muertos y 72 casas destruidas
Puigcerçós (Lleida)	13 enero 1882	Deslizamiento	Casas destruidas. Abandono pueblo
Albuñuelas (Granada)	25 diciembre 1884	Deslizamiento	102 muertos y más de 500 heridos. 463 casas destruidas
Azagra (Navarra)	20 enero 1903	Desprendimiento	2 muertos
Bono (Lleida)	26 octubre 1937	Alud derrubios	Obtura río
Rocabruna (Girona)	18 octubre 1940	Corriente derrubios	6 muertos
Alcalá de Júcar (Albacete)	1946	Desprendimiento	12 muertos y varias casas destruidas
Azagra (Navarra)	13 mayo 1946	Desprendimiento	2 muertos
Rosiana (Gran Canaria)	17 febrero 1956	Deslizamiento	Puente y casas destruidos. 250 evacuados
Puebla de Arenoso (Castellón)	Octubre 1957	Colada de tierras	Grietas en edificios
Benamejí (Córdoba)	Febrero 1963	Deslizamiento	55 viviendas destruidas y 50 dañadas
Senet (Lleida), Benasque (Huesca)	3 agosto 1963	Corriente de derrubios	Obtura río. Afecta carretera
Villanueva de San Juan (Sevilla)	Mayo 1964	Colada de tierras	Obstrucción parcial río. Corta carretera
Alcoy (Alicante)	Diciembre 1964	Deslizamiento rotacional	Grietas en edificios
Tudela de Veguín (Asturias)	1975	Colada de tierras	Grietas en edificios
Pont de Bar (Lleida)	7 noviembre 1982	Deslizamiento	Casas destruidas. Abandono pueblo
Capdella (Lleida)	7 noviembre 1982	Corriente derrubios	3 muertos
Olivares (Granada)	12-25 Abril 1986	Corriente derrubios	Pueblo afectado
Cabra del Camp (Tarragona)	Septiembre 1987	Desprendimiento	1 muerto. Autobús alcanzado
Guixers (Lleida)	Octubre 1987	Desprendimiento	2 muertos. Vehículo alcanzado
La Massana (Andorra)	Octubre 1987	Deslizamiento	2 muertos. Vehículo alcanzado
Benamejí (Córdoba)	27 diciembre 1989	Deslizamiento	Afectadas decenas de viviendas
Camprodón (Girona)	Mayo 1992	Corriente derrubios	2 muertos
Collado Escobal (Asturias)	Diciembre 1993	Deslizamiento-Corriente derrubios	3 muertos. Destruye vivienda
Sant Corneli (Barcelona)	17 diciembre 1997	Deslizamiento	1 herido grave. Carretera cortada
Ampuero (Cantabria)	10 enero 1999	Deslizamiento-Colada de tierras	Destruye varias casas
Montserrat (Barcelona)	10 junio 2000	Corrientes derrubios y desprendimientos.	Daños diversas carreteras y funicular
Tenerife	31 marzo 2002	Desprendimientos	Carreteras TF-1, TF-2 y TF-5 cortadas
Mogán (Gran Canaria)	12 diciembre 2002	Desprendimiento	1 muerto –vehículo alcanzado
Cala Ramón de Palafrugell (Girona)	25 Agosto 2003	Desprendimiento	2 muertos y 2 heridos
Barruera, Vall de Boí (Lleida)	20 septiembre 2003	Desprendimiento	2 heridos. Carretera cortada.

### 1.3 Consecuencias socio-económicas de los deslizamientos en España

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) realizó en 1987 una estimación de las consecuencias económicas y sociales debidas a los movimientos en masa (y otros riesgos geológicos), para el lapso de tiempo comprendido entre los años 1986 y 2016 (Ayala et al., 1987; González de Vallejo, 1988). Para ese período se estimaron unas pérdidas comprendidas entre 30.000 y 50.000 millones de Euros como consecuencia de los movimientos en masa, en función de la hipótesis adoptada (hipótesis de riesgo medio: deslizamientos máximos originados teniendo en cuenta los datos de los 30 últimos años; hipótesis de riesgo máximo: deslizamientos máximos, suponiendo un periodo de retorno de 500 años). Los datos reales registrados en los primeros quince años del periodo cubierto por ese estudio (desde 1986 a 2001), han mostrado que estas predicciones preveían unas pérdidas bastante mayores de las que en realidad se han producido (unos  $36 \times 10^6$  €/año; Ayala, 2002). Esta discrepancia indica que, o bien los criterios utilizados en el trabajo citado eran excesivamente pesimistas, o bien el registro de daños es muy incompleto, o probablemente ambas cosas.

Ferrer (1995), indica que en España los daños producidos por los deslizamientos han sido de aproximadamente 180 millones de Euros al año y el número de muertes por deslizamientos ha sido de 25-30 personas durante las tres últimas décadas, es decir, una media de una persona al año. Según Ayala (1995), durante el período 1991-1993 el número de víctimas en España ascendió a 17 personas. En la memoria presentada por el Ministerio del Interior (2000), se indica que en el periodo 1996-1999 hubo 10 muertes por deslizamientos, correspondiendo 8 víctimas al año 1996 y 2 al año 1997. Esto significa que en la última década se han producido más de 27 muertes, por encima por tanto de la media considerada para las últimas tres décadas (Ferrer, 1995; Ayala, 2002). Todo ello pone de manifiesto la necesidad de tomar estos datos con cautela, ya que resulta clara la insuficiencia de los registros existentes.

Según Ayala et al. (2004), durante la década 1990-2000, los daños producidos en España por los deslizamientos han ascendido a unos 42 millones de Euros anuales (actualizados al 2000), frente a los 128 millones de Euros ocasionados por inundaciones; sin embargo, también se recomienda tomar estas cifras con cautela debido a la escasez de datos.

A pesar de las dudas señaladas con respecto a las cifras anteriores, parece claro que los deslizamientos, después de las inundaciones, son el proceso que mayores problemas causa en nuestro país en cuanto al número de fallecidos (y seguramente de daños).

En un trabajo elaborado por la Dirección de Atención de Emergencias del Gobierno Vasco, que consistía en el inventario de las áreas sometidas a posibles inestabilidades de laderas en la Comunidad del País Vasco (del Val et al., 1996), se evaluaron las pérdidas debidas a movimientos del terreno en 150 millones de Euros, para el período 1980-1995; es decir, unos 10 millones de Euros anuales, cifra que resulta más elevada que el promedio nacional antes mencionado, pero que puede explicarse, en parte, por la naturaleza de ese territorio y la densidad de ocupación del mismo. En el citado estudio, y para el mismo periodo, se hace referencia a 12 víctimas y otras pérdidas no contabilizadas.

Remondo et al. (2004), hacen una evaluación de las pérdidas que se esperan en los próximos 50 años como consecuencia de los deslizamientos en las principales vías de comunicación del municipio de Deva (Guipúzcoa); dichos daños se estiman, teniendo en



cuenta una situación similar a la actual, en aproximadamente 1 millón de Euros. Esto equivaldría aproximadamente a unos 20.000 €/año, sólo en infraestructuras. Si se considerasen otros elementos y todo el territorio vasco, estas cifras podrían aproximarse a las anteriores.

#### **1.4 Consideraciones finales**

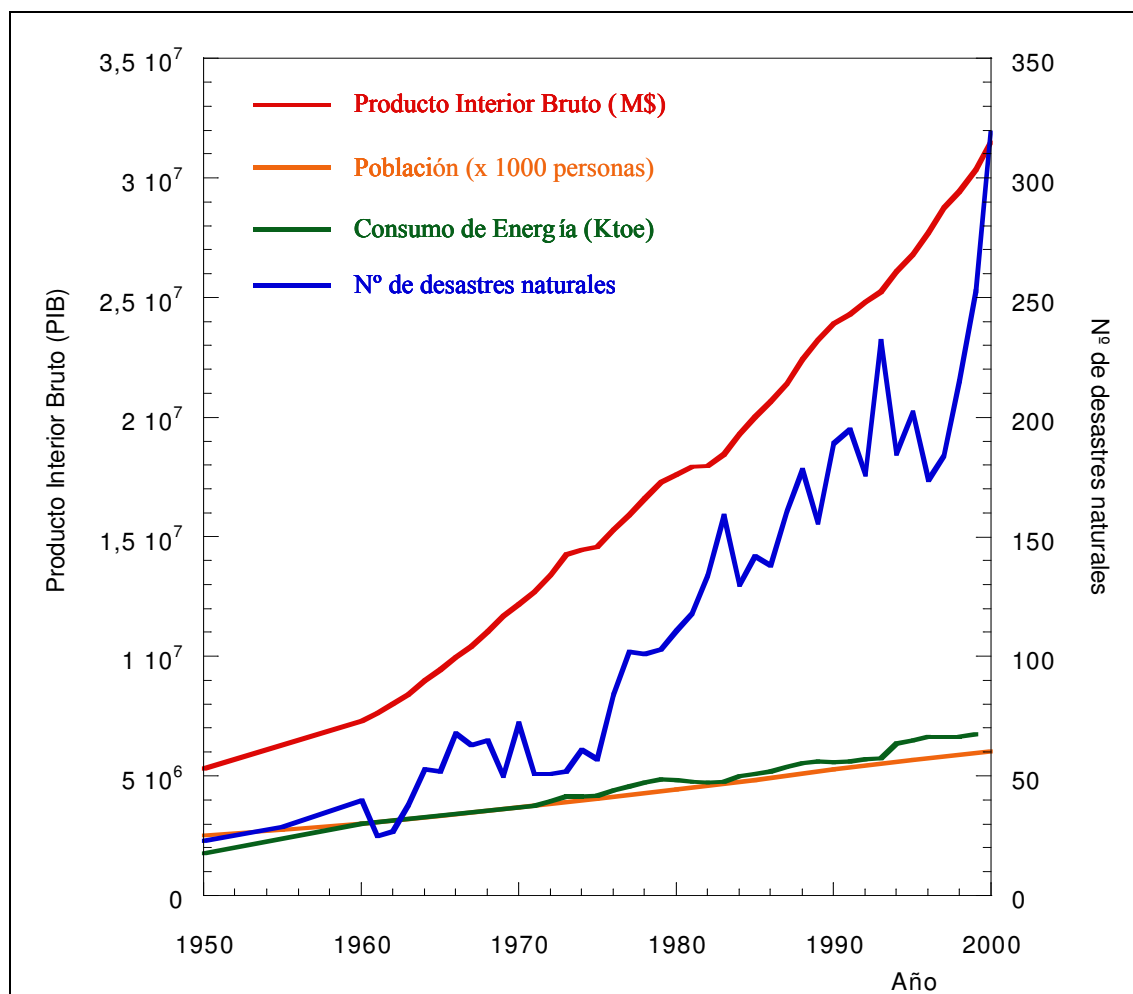
Como es bien sabido, los procesos naturales no constituyen por sí solos un riesgo, sino que se convierten en tal cuando interactúan con las actividades humanas (Ayala et al., 1987; Alexander, 1993). Esa interacción ha de considerarse desde un doble punto de vista: pasivo y activo (Cavallin et al., 1994). En el primer caso, la presencia de personas o bienes materiales en áreas sujetas a los procesos citados da lugar a que se produzcan daños. Naturalmente, también un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones, aumento de población), dará lugar a un incremento de los daños. Por otro lado, la actividad humana produce modificaciones importantes en diferentes procesos naturales, desde el propio clima a nivel global o nacional (Moreno, 2005), hasta procesos geomorfológicos locales, especialmente los fluviales y los movimientos en masa. Esto con frecuencia trae como consecuencia un aumento de la peligrosidad en lo que respecta al aumento de la frecuencia y de la magnitud del proceso. Los cambios de uso del territorio, deforestación, construcciones diversas, etc., contribuyen a la intensificación de procesos naturales como inundaciones y deslizamientos; en el caso de éstos últimos, eso incluye tanto la reactivación de antiguos deslizamientos como la generación de otros nuevos.

Varios trabajos muestran una clara relación entre actividad humana e incremento de deslizamientos (Sah & Mazari, 1998; Evans, 1999; Viberg, 2000; Remondo et al., 2005c; Cendrero et al., 2006).

Existen datos de ámbito global que permiten aventurar alguna explicación sobre el posible significado de la actividad humana en los riesgos naturales. La Figura 1.6 muestra la variación experimentada por la población, consumo energético, PIB y daños por riesgos naturales para la segunda mitad del pasado siglo. Según se puede observar (Tabla 1.6), la población mundial se multiplicó aproximadamente por 2,4 mientras que el consumo de energía lo hizo aproximadamente por 3,7. Esto es, ha habido un incremento notable del consumo energético per cápita, lo que revela una mayor tecnificación de los procesos productivos en general. El aumento del PIB mundial, que se multiplicó aproximadamente por 6,8, muestra que ha mejorado la eficiencia de los sistemas productivos, ya que el producto obtenido, tanto per cápita como por unidad de energía consumida, ha aumentado de manera patente. Sin embargo, la gestión de los riesgos naturales es menos eficiente, ya que las pérdidas han aumentado de forma muy importante, multiplicándose aproximadamente por 25 (Figura 1.4). En caso de que la eficiencia en la gestión de los riesgos no hubiera variado, los aumentos del PIB y de los daños a nivel mundial deberían ser similares. Esto es, el aumento de daños debería ser paralelo al aumento de bienes vulnerables. Sin embargo, lo que las gráficas muestran es que, o bien ha aumentado fuertemente la ubicación de nuevos elementos vulnerables en zonas de cierta peligrosidad, o bien ha aumentado la peligrosidad de los procesos naturales, o incluso se ha retrocedido en la aplicación de medidas de mitigación. Lo más probable es que la explicación se encuentre en una combinación de las dos primeras causas señaladas.

Un análisis similar para los últimos 20 años del siglo XX, a partir de diferentes fuentes de datos, muestra que el factor de aumento ha sido de aproximadamente 1,3 para la población,

1,3 para el consumo de energía, 1,8 para el PIB (Tabla 1.6) y 5 para los daños debidos a catástrofes naturales (Figura 1.4). Esto es, la imagen que se obtiene para el periodo más reciente (para el cual, en principio, los datos son más fiables) es de un aumento mucho más marcado de los daños por riesgos naturales, en comparación con los otros parámetros (Tabla 1.6). Tal como se ha señalado anteriormente, las cifras sobre daños están probablemente infravaloradas, cosa que no ocurre con los datos socioeconómicos usados como término de comparación, con respecto a las cuales la toma de datos es, desde hace tiempo, más precisa. No obstante, ese aspecto seguramente es poco significativo en cuanto a la tendencia relativa, ya que para esas dos décadas se puede considerar que el margen de error en los datos de daños es homogéneo.



**Figura 1.6.** Evolución de población, PIB en millones de dólares americanos, consumo de energía en Ktoe (kilotoneladas de equivalentes de petróleo) y daños causados por procesos naturales a nivel mundial durante los 50 últimos años del pasado siglo. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de diferentes organismos (United Nations Population Division, October 2005, <http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>; Groningen Growth and Development Centre and The Conference Board, Total Economy Database, August 2005, <http://www.ggd.net>; International Energy Agency, October 2005, <http://www.iea.org/>; EM-DAT, 2005, <http://www.em-dat.net/>).

Estamos, al parecer, en una situación en la que se produce un acoplamiento entre desarrollo económico y daños por desastres naturales, con un efecto multiplicador de aquél sobre éstos. En cierto modo, esto es comparable a la relación entre desarrollo económico y cambio climático. En este último caso se ha alcanzado a nivel mundial un alto grado de

conciencia sobre la magnitud del problema, y se han empezado a poner en práctica medidas que permitan desligar ambos procesos (Protocolo de Kyoto).

**Tabla 1.6.** Factor de aumento e incremento promedio anual experimentado por la población, PIB, consumo energético y daños por riesgos naturales en la segunda mitad y en los últimos 20 años del siglo XX. (\*) Población en millones de habitantes; Consumo de energía en millones de Ktoe; Producto Interior Bruto en millones de dólares americanos; Pérdidas económicas en millardos de dólares americanos.

	Período			
	1950-2000		1980-2000	
	Factor aumento	$\Delta$ Promedio anual*	Factor aumento	$\Delta$ Promedio anual*
<i>Población</i>	2,4	71.322	1,3	97.879
<i>Consumo Energía</i>	3,7	97.879	1,3	76.926
<i>PIB</i>	6,8	623.443	1,8	822.703
<i>Pérdidas económicas</i>	25	1,24	5	2,35

En el caso de los riesgos naturales en general, es preciso también dar pasos que sirvan para lograr un desacoplamiento similar, de modo que el desarrollo económico no implique necesariamente el precio de unos daños crecientes. Entre esos pasos se encuentra el desarrollo de mejores instrumentos de predicción y previsión, de tal modo que se puedan identificar de manera más precisa las zonas sujetas a los distintos tipos de riesgos naturales, estimar su peligrosidad y evaluar los daños previsibles. Ello ayudará a poner en práctica mejores políticas de gestión del territorio y también mejores procedimientos de tipo preventivo y correctivo. El presente trabajo intenta contribuir a ese esfuerzo, en lo relativo a los movimientos en masa.