

NOTICIAS Y COMENTARIOS

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SOBRE EL ANÁLISIS  
DE RIESGOS CONTRA LAS COLADAS DE DERRUBIOS  
(DEBRIS FLOWS) EN ÁREAS NO VOLCÁNICAS**

*Introducción*

Las coladas de derrubios, denominados en la actualidad en casi todos los idiomas con la terminología inglesa de «debris flows», constituyen uno de los procesos más perjudiciales para la actividad humana. Consisten en movimientos en flujo, donde se trasladan materiales de todos los tamaños a cierta velocidad (10 a 70 km/h), durante recorridos más o menos extensos (de unos metros a más de 100 km). Los debris flows tienen capacidad de incorporar nuevos materiales a su paso, siendo el sistema de transporte que puede trasladar bloques de mayor tamaño.

Los debris flows se pueden iniciar por motivos muy variados: lluvias torrenciales en áreas desérticas, colapso de valles por deslizamientos y posterior ruptura del represamiento natural; deslizamiento de glaciares, desbordamiento de ríos, deslizamientos en laderas después de incendios; deslizamientos en laderas desprovistas de vegetación como consecuencia de un cambio climático, etc. Los debris flows se desarrollan de manera predominante en áreas volcánicas activas, donde son denominados «lahares». Para no hacer demasiado extensa esta recopilación no se han incluido los lahares en ella. Pero la actividad humana también puede provocar el desarrollo de los debris flows por diversos motivos: la deforestación, el mal aterrazamiento de las laderas, el incorrecto trazado de las vías de comunicación; un mal diseño en el desarrollo urbano, etc. Por su gran capacidad de destrucción, la bibliografía sobre predicción y estudios de riesgos relaciona-

dos con los debris flows es muy extensa. En la presente recopilación se ha intentado recoger toda la bibliografía existente sobre los estudios de riesgos ante los debris flows hasta el año 1994 inclusive.

*Clasificación temática de las referencias bibliográficas*

a) *Bibliografía sobre estudios generales de riesgos*

Existen buenas recopilaciones del tema en trabajos generales sobre riesgos naturales (Passero, 1981; Costa & Fleischer, Jay, 1984). Sin embargo desde comienzo de los años setenta se han publicado numerosos artículos y libros especializados en todos los aspectos relacionados con la predicción y aplicación de soluciones ante los debris flows (Williams & Guy, 1971; Mears, 1977; Lied, 1978; Schuster & Krizer, 1978; Luo; Li-Jian, 1981; Brabb & Fleming, 1983; Mathewson & Keaton, 1990; Mizuyama & Ishikawa, 1990). Otros trabajos se han limitado a poner al día la situación de los estudios de los debris flows en un determinado país o región (Eisbacher 1983; Aoki, 1985; Jochim, 1986; Takei, 1987; Filson, 1988; Crozier, 1989; Haneberg, 1992; Cao, Wang, 1993).

b) *Bibliografía sobre estudios de riesgos ante procesos concretos*

Un gran número de publicaciones se centra en el estudio de riesgos sobre debris flows generados por procesos específicos. Las áreas áridas, en especial cuando están pobladas, como ocurre en el sudoeste de USA, sufren con intensidad las consecuencias catastróficas que producen las irregulares pero intensas lluvias. Las corrientes de agua se cargan rápidamente de sedimentos y se convierten en debris flows que pueden colapsar las vías de comunicación e incluso las propias ciudades (Baldwin, Donley, Howard, 1984; Merifield, 1986; Treiman, 1986; Baldwin, Donley, Howard, 1987; Baldwin, Donley, Howard, 1987; McPhee, 1988; McPhee, 1988; Shroder, 1989; Cronin, Slosson, Shuirman, 1990; Solomon, Black, 1990).

Dentro de un ambiente árido o semiárido, los debris flows son un componente importante en la formación de abanicos aluviales. En

concreto, son los causantes de cambios bruscos de las corrientes de agua a lo largo del abanico, lo que ocasiona importantes desastres; sobre todo si la población se asentó en sectores del abanico que anteriormente eran inactivos (Mock, Pawlak, 1983; French, 1984; Jackson, Kostaschuk, MacDonald, 1987; Keaton, Mathewson, 1987; Keaton, Mathewson, 1987; Jackson, Kostaschuck, Macdonald, 1987; Keaton, Anderson, Mathewson, 1988, Mathewson, Keaton, 1988; Keaton, 1989; Kellerhals, Church, 1990; Keaton, 1990; Kellerhals, Church, 1990; Scott, 1992).

Otra área geográfica donde los debris flows son muy comunes, y por lo tanto ha provocado un intenso esfuerzo en su prevención, es la alta montaña: el desprendimiento de glaciares, los deslizamientos en laderas deglaciadas, la destrucción de las morrenas laterales y la acción torrencial son procesos que inician con frecuencia la formación de debris flows (Gallant, Robinson, 1975; Saul, 1977; Howes, 1981; Moser, Hohensinn, 1983; Eisbacher, Clague, 1984; Martin, Piteau, Pearce, Hawley, 1984; Eisbacher, Clague, 1984; Jackson, Kostachuk, Macdonald, 1984; Martin, Piteau, Pearce, Hawley, 1984; Meng, 1984, Liu, 1986; Zhou, Xu, 1986; Jackson, 1987; Baskerville, Ohlmacher, 1987; Jackson, 1987; Li, 1987; Carter, Maher, Nash, 1988; Liu, 1988; Martin, 1988; Mithal, 1988; Scheidegger, 1988; Gottesfeld, Mathewes, Gottesfeld, 1991; Lu, 1991)

Un proceso característico en la formación de debris flows es el colapso de un valle fluvial por un deslizamiento en una de sus laderas. El represamiento natural hace que el agua se acumule hasta adquirir una presión que le permite abrir la masa del deslizamiento y provocar una colada de barro de catastróficas consecuencias aguas abajo del valle (Shuster, 1986; Ashida, Takahashi, 1980; Zhou, Gao, 1981; Wu, 1983; Blown, Church, 1985; Tamotsu, Sang, 1988; Kuang, Takahashi, 1989; McCuen, Ayyub, Hromadka, 1990).

Las inundaciones de los grandes ríos provocan la formación de brazos laterales, donde las corrientes de agua se cargan con frecuencia de sedimentos y se convierten en debris flows, llegando a cubrir de depósitos casas y otras construcciones (Crippen, 1979, Moosburner, 1979, Moosburner, 1980, Komura, 1984, Kresch, 1987, Auer, Shakoor, 1988, Auer, Shakoor, 1989). Las formaciones de loes son

muy propicias a la génesis de debris flows si no están colonizadas por la vegetación (Pécsi, Schweitzer, Scheuer, 1979). En las áreas tectónicamente activas se ha observado la formación de debris flows a partir de terremotos (Brown, 1992; Lowe, 1993).

Las actividades humanas han sido motivo, en circunstancias favorables del terreno, de la génesis de debris flows o han sido afectadas por ellos. Un primer ejemplo es la actividad agrícola sobre las laderas y la consecuente deforestación (Tubbs, 1976; Ashida, Takahashi, 1981; Eisbacher, 1982; Williams, 1984; Gowan, 1989; Khagai, Khegay, Popov, 1989; Viberg, 1989; Pettinga, Bell, 1992; Watanabe, 1992; Xia, Wang, 1993). La construcción de carreteras y ferrocarriles han sufrido los destructivos efectos de los debris flows o en ocasiones los han provocado (Li, 1981; Nakata, 1981; Reid, Dunne, Cederholm, 1981; Xie, 1987; Case, 1988; Warren, 1988; Zhong, Wang, Zhao, Xie, Li, Yang, 1990; Zhong, Li, 1990; Zhong, Xie, Wang, 1990; Khan, Wayne, 1993; Zhao, 1993). El mismo problema ha sucedido en el trazado de canales de agua y acueductos (Coleman, 1989; Fuqua, 1963). El inadecuado asentamiento de las ciudades y la desorganización de una efímera red fluvial previa han ocasionado que se vean afectadas por los debris flows (Evans, 1982; Friday, 1983; Mora, 1993; Nardin, Cocco, Ledri, 1991; Ogura, Filho, 1991; Schuster, Campbell, 1988; Weber, Treiman, 1979). Otro grave problema es la colmatación de pantanos por este proceso (Govorushko, 1984). También la instalación de un sistema de regadío inadecuado ha iniciado la génesis de los debris flows (Haneberg; Tripp, 1991; He, 1993).

c) *Bibliografía sobre estudios de prevención de riesgos*

El mayor número de publicaciones estudia los sistemas de prevención de riesgos de formación de debris flows desde todos los puntos de vista posibles: análisis de las precipitaciones, estudios del terreno, sistemas de alarma, etc. (Bogucki, 1977; Ashida, Takahashi, Sawai, 1978; Foggin, Rice, 1979; Datye, 1980; Hollingsworth, Kovacs, 1981; Yemel'-yanova, 1981; Brabb, Fleming, 1983; Li, 1983; Takahashi, Yagi, 1983; Yao, Lan, Cao, 1983; Xu, Zhang, Guo, Fan, Chen, 1984; Du, 1985; Hollingsworth, 1985; Xu, 1985; Bradley, Graham, 1986; Kumar, 1986; Neely, Rice, 1986; Slosson, Yoakum, Shuir-

man, 1986; Chen, Zhu, 1987; Luo, Wang, Zhang, Bi, 1987; Takahashi, Nakagawa, Yamaji, 1987; Flageollet, 1989; Williams, Lowe, Smith, 1989; Benda, Cundy, 1990; Li, 1990; Li, Ouyang, Wang, 1990; Skermer-Nigel-A, 1990; Takahashi, Nakagawa, Harada, 1990; Williams, Lowe, 1990; Armanini, De, Dellagiacomina, Nardin, 1991; Gao, Sun, 1991; Chen, Chen, 1992; Harper, 1992; Liu, Tang, Zhu, Zhang, 1992; Slosson, Yoakum, Shuirman, 1992; Takahama, Uda, Nozaki, Yokoi, Suzuki, 1992; Davies, 1993; Hamilton, Zhang, MacArthur, 1993; Hirano, Moriyama, 1993; Wieczorek, 1993; Wilson, Mark, Barbato, 1993; Zhang, 1993).

Algunas publicaciones están especializadas en métodos de prevención por el estudio de frecuencia del fenómeno (Whitehouse, Griffiths, 1983; Burroughs, 1985; Godfrey, 1985; Wieczorek, Ellen, Lips, Cannon, Short, 1985; Takahama, Fujita, 1986; Morton, Campbell, 1989; Auer, Shakoor, 1993). Otros trabajos tratan de elaborar modelos matemáticos que faciliten la prevención (Scheidegger, 1973; Penzo, 1981; DeLeon, Jeppson, 1982; Hungr, Morgan, Kellerhls, 1984; Toppe, Lied, 1984; Pack, 1986; Cruikshank, 1987; Chen, 1988; Ellen, Mark, 1988; Ellen, Mark, 1988; Voight, 1989; Zhao, 1990; Liu, 1992; Wooten, 1992). Ultimamente se ha comenzado a utilizar el uso de las imágenes de satélite en los trabajos de prevención de riesgos de debris flows (Zhou, 1983; Pack, Anderson, 1984; Li, 1990; McKean, Buechel, Gaydos, 1991; Liu, 1993).

d) *Bibliografía sobre soluciones técnicas*

Además de la prevención, los ingenieros han trabajado en las soluciones técnicas en áreas donde son frecuentes los debris flows, como la construcción de diques de contención y canalización de las coladas (Nasmith, Mercer, 1971; Nasmith, 1976; Mears, 1977; Piteau, 1977; Lan, Cao, Yao, 1983; Wieczorek, Stephen, Lips, Cannon, Short, 1983; Wu, 1983; Hollingsworth, 1984; Watanabe, 1984; Ze, Li, Tan, Zhou, Gao, 1984; Blair, Vlastic, Cotton, Fowler, 1985; Skermer, 1985; Ashida, Egashira, Kurita, Aramaki, 1987; Hungr, Morgan, VanDine, Lister, 1987; Dall, Ghirotti, Semenza, Tunrini, 1988; Jones, Siddle, 1988; Morris, 1988; Tamotsu, Yoshiyuki, 1988; Donald,

1988; Araya, Nakamura, 1989; Jahns, 1990; Hamilton, 1991; Montgomery, Wright, Booth, 1991; Keaton, Lowe, 1993).

e) *Bibliografía sobre cartografía de riesgos*

Desde el inicio de los estudios sobre debris flows se ha mostrado una gran preocupación por la realización de mapas de riesgos, donde se incluyan todas las variantes que influyen en su origen: pendiente, litología del suelo, morfología de la laderas, cobertura vegetal, laderas sometidas a zapamiento fluvial etc. (Soule, 1975; Katzer, Glancy, 1978; Dow, Kienholz, Plam, Ives, 1981; Takahashi, Ashida, Sawai, 1981; Takahashi, 1981; Ikeya, 1981; Katzer, Schroer, 1981; Takahashi, 1981; Takahashi, Ashida, Sawai, 1981; Ellen, Peterson, Reid, 1983; Brabb, 1984; Katzer, Squires, 1984; Smith, 1984; Campbell, 1985; Glancy, 1985; Takahashi, Nakagawa, 1987; Fort, 1987; Kuni-mura, Okimura, 1988; Wagner, Leite, Olivier, 1988; Harty, 1989; Brown, 1991; Mark, 1992; Moon; Olds; Wilson; Burman, 1992; Ellen, Mark, 1993; Ellen, Mark, Cannon, Knifong, 1993; Mark, Ellen, 1994).

f) *Bibliografía sobre planificación territorial frente a los riesgos*

Tienen un gran interés las publicaciones y trabajos que proponen el uso del territorio de acuerdo con los criterios de riesgos frente a los debris flows: en el desarrollo de las ciudades, en el trazado de las vías de comunicación, en la implantación de sistemas de explotación agraria, etc. (Lane, Stanley, 1951; Ives, Krebs, 1978; Clague, 1979; Shelton, Prouty, 1979; Maruyama, 1980; Chin, 1985; Khawlie, 1985; Christenson, 1986; Klauk, 1986; Evans, 1989; Gregersen, Sandersen, 1989; Lund, Christenson, 1989; Shrestha, 1989; Yin, Chen, Yang, 1989; Lowe, 1990; Zhou, 1990; Humphreys, Brookfield, 1991; Cave, 1992; Wayne, 1993; Jibson, 1994).

*Conclusiones*

No queda suficientemente claro, en la clasificación que hemos realizado, las áreas donde se centran los estudios realizados en las ci-

tadas publicaciones. Una revisión de los títulos nos hace ver que la mayoría de los trabajos proceden de países desarrollados con un relieve que se puede considerar «activo» (gran importancia de los procesos de erosión, actividad tectónica, etc.). Por este motivo, la mayoría de las publicaciones proceden de USA (53 %), países europeos con alta montaña (13 %) y del Japón (21 %). Sólo los proyectos internacionales de lucha contra la erosión en los países subdesarrollados dejan de manifiesto la enorme importancia destructiva de los debris flows en muchos de estos países, como son los andinos, las áreas montañosas de Asia y en general toda región montañosa o árida, y con especial incidencia si se dan los dos factores a la vez.

La bibliografía sobre el estudio de riesgos ante los debris flows es extensa y muestra un gran desarrollo científico en su estudio y prevención. Su asimilación y aplicación a la planificación territorial de los países subdesarrollados afectados por este proceso es un reto todavía pendiente, teniendo en cuenta que es el fenómeno natural que más víctimas y perjuicios materiales causa en muchos de estos países.