



FIGURA 1.7 Pared NE del valle del río Malo, mostrando denudación extrema de sus pendientes debido a deslizamientos, avalanchas y flujos causados por los terremotos del 5 de Marzo de 1987.

El amplio desprendimiento de materiales superficiales saturados y de cobertura selvática de laderas abruptas, ocasionado por el sacudimiento de terremotos similares a los que ocurrieron en el área de El Reventador en 1987 han sido registrados en otras áreas húmedas tropicales en algunas catástrofes similares en este siglo. En Septiembre de 1935, dos terremotos superficiales ($M=7.9$ y $M=7.0$) en la cordillera de Torricelli en la costa norte de Papua Nueva Guinea provocaron "deslizamientos de las laderas, arrastrando con ellos millones de toneladas de tierra y bosques, dejando al descubierto bordes rocosos totalmente

desprovistos de vegetación" (Marshall, 1937). Aproximadamente 130 km² (8 por ciento de la región afectada) fueron denudados por los deslizamientos (Simonett, 1967; Garwood et al., 1979). Materiales de los deslizamientos inundaron los valles, y en algunos casos, obstruyeron ríos mayores (Stanley, 1935). En Noviembre de 1970, un terremoto de M=7.9, que fue localizado a lo largo de la costa norte central de Papua Nueva Guinea, provocó deslizamientos que removieron suelos superficiales y vegetación boscosa tropical de las empinadas laderas en la cordillera Adelbert (Pain y Bowler, 1973).

Cerca del 25 por ciento del área de las laderas en una región de 240 km² afectada por los deslizamientos fue denudada (Pain, 1972). Los escombros de suelos y su cobertura de vegetación descendieron por las laderas hacia canales de drenaje. De modo semejante, en 1976, dos terremotos superficiales (M=6.7 y M=7.0) golpearon la escasamente poblada costa SE de Panamá, provocando inmensas áreas de deslizamiento. Garwood et al. (1979) calcularon que los derrumbes denudaron aproximadamente 54 km² (12 por ciento de la región afectada de 450 km²). Sin embargo, el terremoto de M=9.2 que golpeó el S de Chile en Mayo de 1960 ocurrió en una zona de bosque templado, y no en selva tropical; este provocó deslizamientos en los Andes Valdivios similares a aquellos de Papua Nueva Guinea y Panamá. Veblen y Ashton (1978) estimaron que más de 250 km² de pendientes boscosas fueron denudadas por deslizamientos en masa en el evento de 1960.



FIGURA 1.8 Vista aérea de la destrucción del oleoducto trans-ecuadoriano y la carretera adyacente por un flujo de escombros descargado por un tributario menor del río Coca. La localidad es cercana a la boca del río Reventador.

Dado el tamaño de la catástrofe de los deslizamientos en masa en el área de El Reventador, el daño causado por el impacto directo de los profundos derrumbes o slumps fue secundario con respecto a aquel provocado por pequeños derrumbes, avalanchas, flujos de lodo e inundaciones. Aunque los deslizamientos individuales provocaron daños en el oleoducto trans-ecuatoriano (Figura 1.8), caminos y estructuras, la mayor destrucción a la propiedad fue ocasionada por oleaje asociado con las inundaciones en los ríos principales (Figura 1.9).



FIGURA 1.9 Destrucción del oleoducto trans-ecuatoriano y la carretera por la erosión provocada por el aluvión en la margen izquierda del río Coca como resultado de los terremotos del 5 de Marzo de 1987.

Debido a precipitaciones anteriores, los ríos estuvieron cerca al nivel del desbordamiento antes de que ocurrieran los terremotos; de tal modo que los grandes volúmenes de escombros de los deslizamientos en masa que descendieron hacia los valles sobrepasaron grandemente los niveles de los ríos (Nieto y Schuster, 1988). Es probable que las olas más altas de la inundación fueran provocadas por la ruptura de pequeñas represas temporales en los tributarios acarreado grandes cargas de sedimentos, por grandes flujos de lodo bajando directamente de las paredes del valle, o por obstrucciones de escombros en angostas gargantas de los ríos (Figura 1.10).

En resumen, la interrelación de múltiples riesgos produjo los eventos catastróficos del 5 de Marzo de 1987, en el área de El Reventador. La trágica ocurrencia de dos grandes terremotos en un lapso de 3 horas en un área con fuertes antecedentes de lluvias, y con las empinadas pendientes cubiertas por suelos volcánicos inestables y residuales con alto

contenido de agua, dieron como resultado deslizamientos masivos de alta fluidez. Los grandes volúmenes de estos desprendimientos de laderas y la ruptura de las represas temporales de escombros provocaron los más altos oleajes de la inundación que fueron responsables de la mayoría de daños.



FIGURA 1.10 Vista aguas arriba del río Salado, mostrando la ubicación de una garganta de roca dura (flechas blancas) que provocó un represamiento temporal del río. Nótese el borde de erosión en la cobertura selvática a lo largo de la pared inferior del valle aguas arriba de la garganta del río. Este borde indica la posición de la orilla que fue formada por el represamiento del río a un nivel de 10-15 m. sobre el nivel normal del río.

REFERENCIAS

- Costa, J.E. y R.L. Schuster. 1988. *The formation and failure of natural dams. Geological Society of America Bulletin*, 100:1054-1068.
- Costa, J.E. y R.L. Schuster. 1991. *Documented Historical Landslide Dams from Around the World. U.S. Geological Survey Open-File Report 91-239:486.*
- Crespo, E., K.J. Nyman, y T.D. O'Rourke. 1987. *Ecuador Earthquakes of March 5, 1987. Earthquake Engineering Research Institute Special Earthquake Report*, 4.
- Garwood, N.C., D.P. Janos, y N. Brokaw. 1979. *Earthquake-caused landslides: A major disturbance to tropical forests. Science* 205 (4410, 7 September):997-999.
- Hakuno, M., S. Okusa, y M. Michiue. 1988. *Study Report of Damage Done by the 1987 Earthquakes in Ecuador. Research Report on Unexpected Disasters, Research Field Group, Natural Disasters and the Ability of the Community to Resist Them, Supported by the Japanese Ministry of Education, Culture and Science (Grant No. 626010221)*, 38.

Keefler, D.K. 1984 Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin* 95:406-421.

Marshall, A.J. 1937 Northern New Guinea, 1936. *Geographical Journal* 89(6):489-506.

Nieto, A.S. y R.L. Schuster. 1988 Mass wasting and flooding induced by the 5 March 1987 Ecuador earthquakes. *Landslide News, newsletter of The Japan Landslide Society*, 2:1-3.

Okusa, S., M. Hakuno, y M. Michiue 1989 Distribution of factors of safety for natural slope stability-an example of Ecuador. *Proceedings of the Japan-China Symposium on Landslides and Debris Flows. Niigata, October 3, Tokyo, October 5, The Japan Landslide Society and The Japan Society of Erosion Control Engineering* 273-278.

Pain, C.F. 1972. Characteristics and geomorphic effects of earthquake-initiated landslides in the Adelbert Range, Papua New Guinea. *Engineering Geology* 6(4):261-274

Pain, C.F. y J.M. Bowler 1973. Denudation following the November 1970 earthquake at Madang, Papua New Guinea. *Zeitschrift für Geomorphologie Suppl. Bd.* 18:92-104.

Schuster, R.L. y J.E. Costa 1986. A perspective on landslide dams. Pp.1-20 in *Landslide Dams: Processes, Risk, and Mitigation*. R.L. Schuster, ed. *Geotechnical Special Publication No. 3, American Society of Civil Engineers*.

Simonett, D.S. 1967 Landslide distribution and earthquakes in the Bewani and Torricelli Mountains, New Guinea. Pp 64-84 in *Landform Studies from Australia and New Guinea*. J.N. Jennings and J.A. Mabbutt, eds. Canberra. Australian National University Press.

Stanley, G.A.V. 1935. Preliminary notes on the recent earthquake in New Guinea. *Australian Geographer* 2(8) 8-15

Veblen, T.T. y D.H. Ashton 1978. Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. *Vegetation* 36(3):149-167

Xue-Cai, F., and G. An-ning 1986. The principal characteristics of earthquake landslides in China. *Geologia Applicata e Idrogeologia* 21(2):27-45.