

## INTRODUCCION

R. L. Schuster, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Denver, Colorado

El 5 de Marzo de 1987, dos terremotos ( $M_s=6.1$  a las 20:54 hora local y  $M_s=6.9$  a las 23:10 hora local) ocurrieron a lo largo de las laderas orientales de los Andes al NE del Ecuador. Los epicentros fueron localizados en la Provincia de Napo<sup>1</sup> (Figura 1.1), aproximadamente 100 km al ENE de Quito y 25 km al N del volcán El Reventador (Figuras 1.2, 1.3).

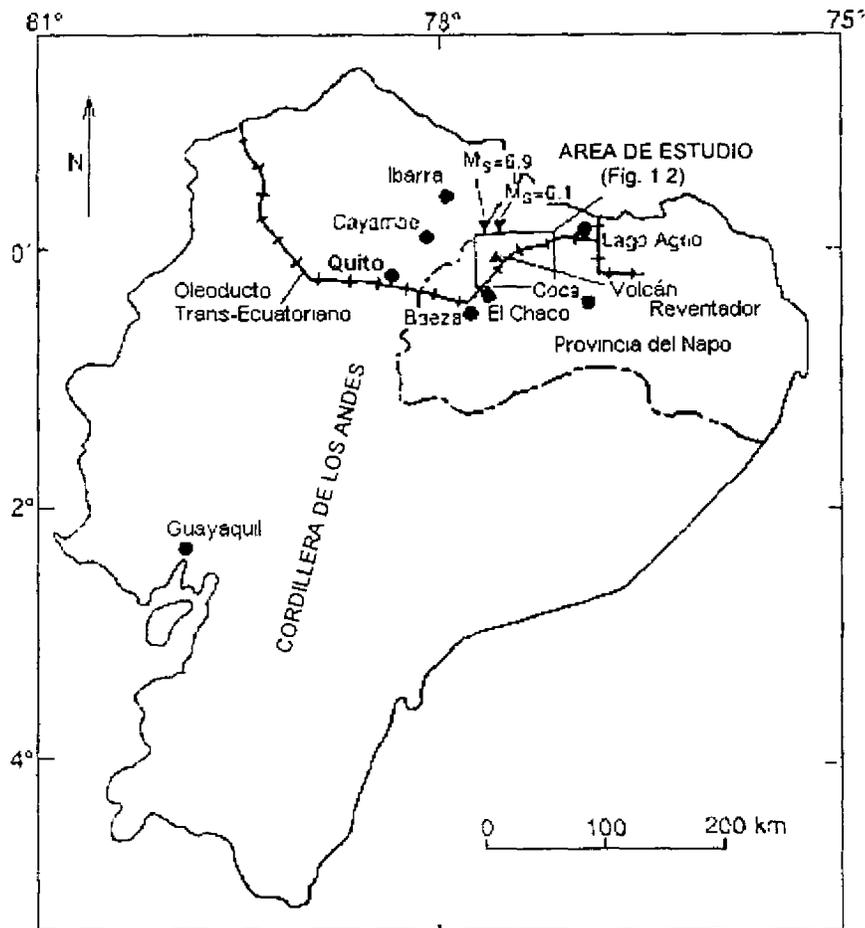
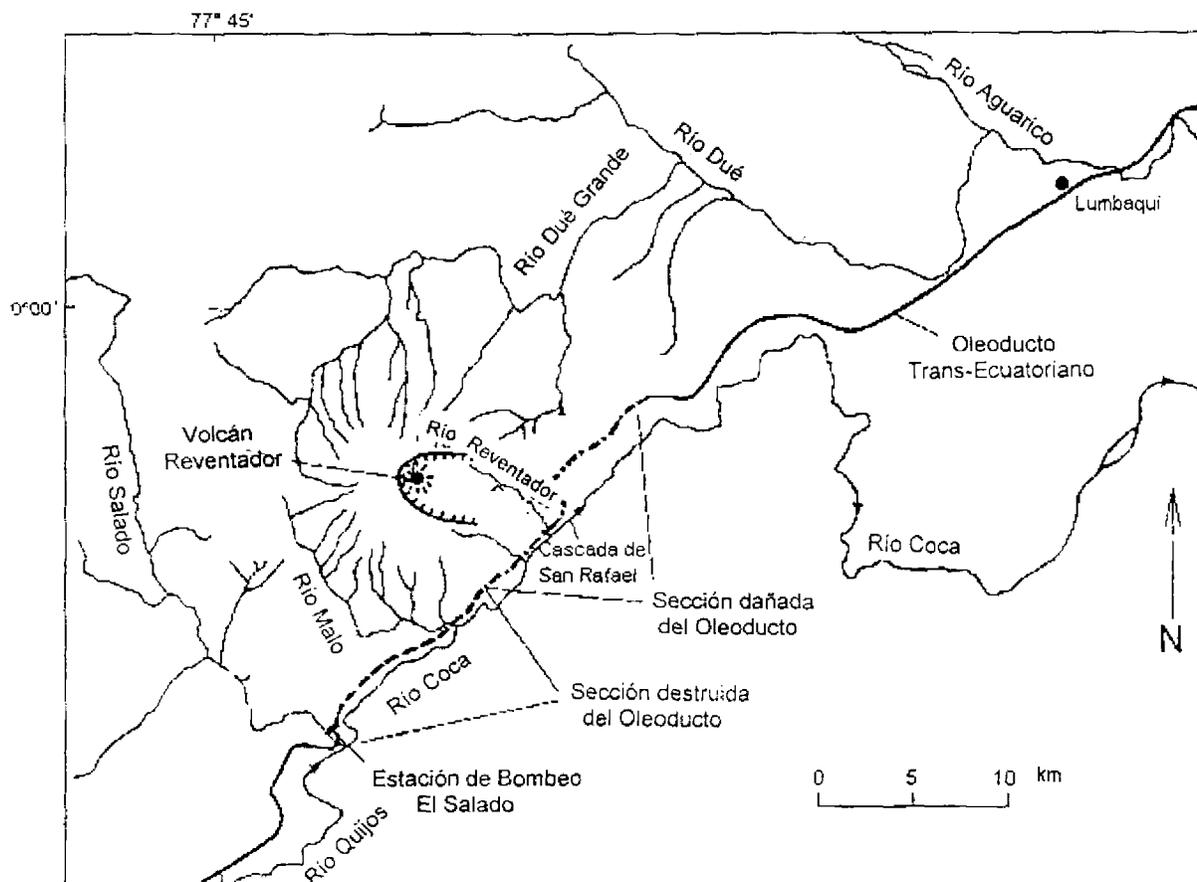


FIGURA 1.1 Mapa índice del Ecuador mostrando localidades de la Provincia de Napo, las montañas de los Andes, el volcán El Reventador (triángulos rectos), epicentros de los terremotos de 1987 (triángulos invertidos), el oleoducto trans-ecuatoriano, pueblos y caseríos (círculos negros) que sufrieron daños estructurales por los terremotos, y el área estudiada de grandes deslizamientos en masa (rectángulo; Figura 1.2).

<sup>1</sup> Actualmente la zona de los epicentros corresponde a la nueva Provincia de Sucumbios

Valores de intensidad en la Escala Modificada de Mercalli (MMI) tan altos como IX han sido estimados para el área del epicentro (Espinosa et al., este reporte). Los daños estructurales producidos por la sacudida en pueblos y caseríos cercanos al área epicentral, particularmente en Ibarra (50 km al NW de los epicentros), donde dos iglesias de ladrillo fueron severamente afectadas; muchas otras construcciones de ladrillo en Ibarra tuvieron que ser reforzadas después de los sismos debido a daños estructurales. Además, daños considerables ocurrieron en construcciones de concreto y en los cimientos de construcciones de madera en el pueblo de Baeza (60 km al SSW de los epicentros).



**FIGURA 1.2** Área estudiada de los grandes deslizamientos en masa e inundaciones provocados por los terremotos de 1987, mostrando secciones del daño al oleoducto trans-ecuatoriano.

En el pueblo de El Chaco (50 km al S de los epicentros), un gimnasio con almacén de hierro, que estaba en construcción, se derrumbó (Hakuno et al., 1988).

A pesar de la gravedad de este daño estructural, las pérdidas económicas y sociales originadas directamente por las sacudidas de los terremotos fueron pocas en comparación con los efectos catastróficos producidos por los grandes derrumbes en masa e inundaciones en el área cercana al volcán El Reventador (Fig. 1.2).

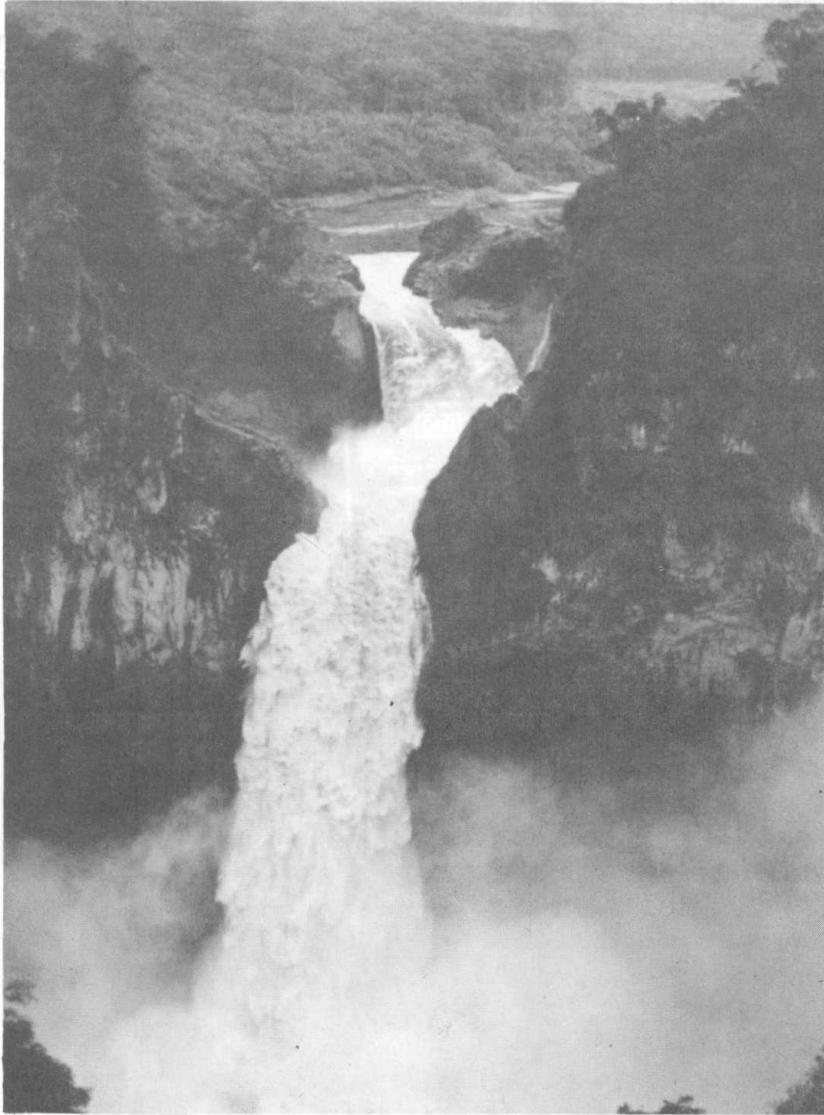
Deslizamientos de rocas y tierra, avalanchas de escombros, y flujos de lodo inundaron esta zona oriental de los Andes produciendo la destrucción o rotura de aproximadamente 70 km del oleoducto trans-ecuadoriano y de la única carretera entre Quito y los bosques lluviosos y campos petrolíferos ecuatorianos. El volumen total de los grandes deslizamientos en masa provocados por el terremoto ha sido estimado desde 75 millones  $m^3$  (Crespo et al., 1987) hasta 110 millones  $m^3$  (Hakuno et al., 1988; Okusa et al., 1989). Pérdidas económicas han sido estimadas en mil millones de dólares; los efectos de la amplia denudación sobre el desarrollo agrícola e hidroeléctrico de la región son difíciles de evaluar, pero fueron indudablemente muy grandes (Nieto y Schuster, 1988). Casi la totalidad de las 1.000 muertes estimadas fueron una consecuencia de los grandes deslizamientos en masa y las inundaciones. Debido a que los grandes deslizamientos en masa y las inundaciones produjeron un alto porcentaje de las pérdidas humanas y económicas, este reporte trata principalmente de estos procesos, con sus efectos socio-económicos, y las implicaciones sociales resultantes. Las observaciones relacionadas con estos factores fueron realizadas en el sitio, en Ecuador, por el grupo de investigación de la Academia Nacional de Ciencias/Consejo Nacional de Investigación (NAS/NRC) durante la primavera y el verano de 1987.



FIGURA 1.3 Volcán El Reventador (altura 3.562 m.) (Fotografía por S.D. Schwarz, 1978).

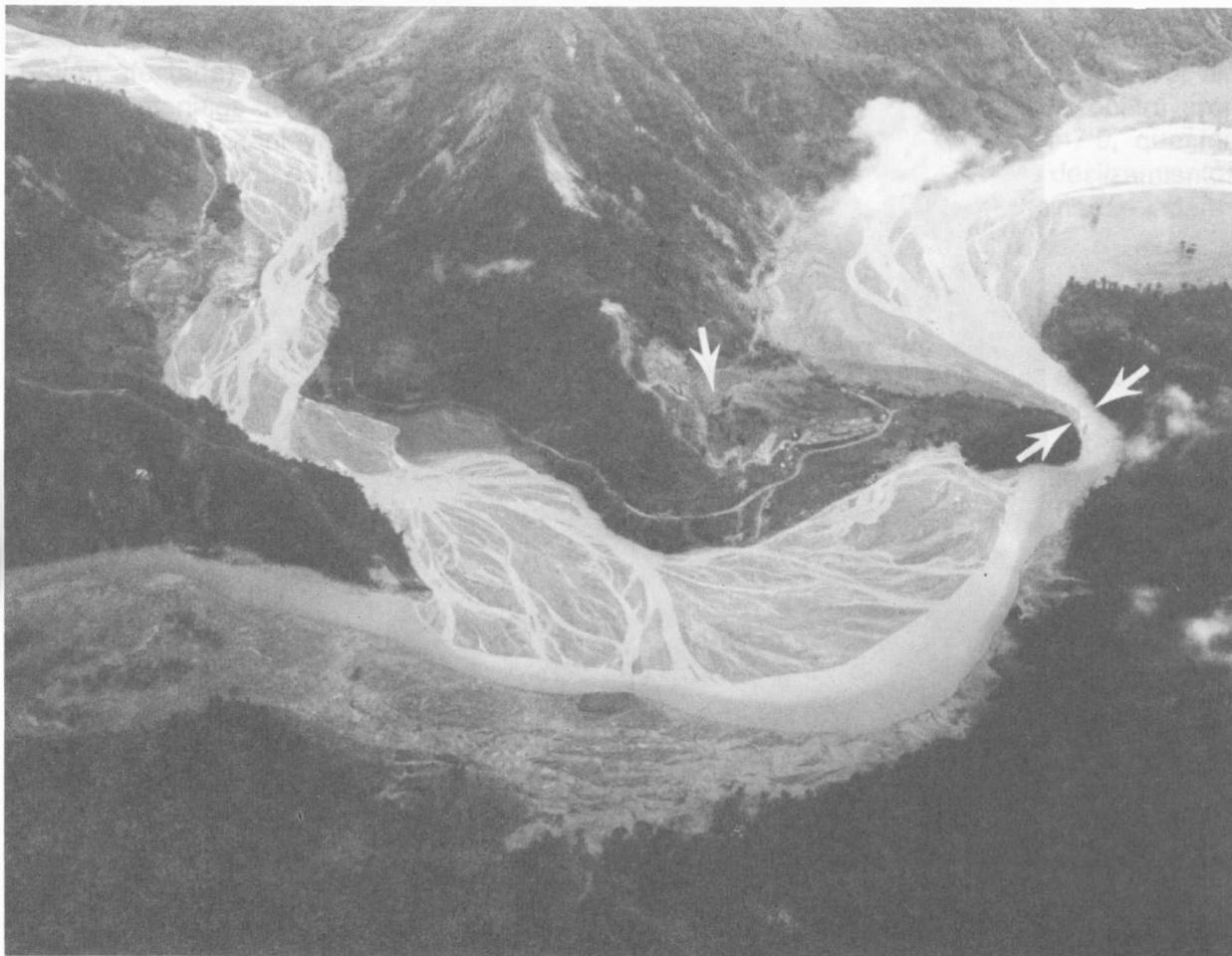
Los terremotos constituyen la causa principal de los grandes deslizamientos en masa en muchas partes del mundo. Grandes derrumbes provocados por terremotos han sido documentados durante miles de años; los primeros que han sido registrados son los deslizamientos en masa que represaron los ríos Lo y Yi en la Provincia Hunan en China en 1767 A.C. (Xue-Cai y An-ning, 1986). Durante el siglo XX, deslizamientos en masa producidos por terremotos han provocado decenas de miles de muertes y billones de dólares en pérdidas





**FIGURA 1.5** Cascada de San Rafael (altura aproximada 120 m.) en el río Coca aguas abajo del volcán El Reventador. El borde de la cascada está formado por flujos de lava resistentes a la erosión. Esta cascada es el límite aproximado aguas abajo de los graves daños debido a los deslizamientos/inundaciones a lo largo del río Coca.

El área oriental del Ecuador más fuertemente golpeada por grandes deslizamientos en masa debido a los terremotos del 5 de Marzo de 1987 fue al S del área epicentral en las cercanías del volcán El Reventador (Figura 1.2). La mayoría de las muertes ocurrieron en esta región (Figura 1.4); los mayores daños al oleoducto trans-ecuatoriano y a la carretera ocurrieron a lo largo del río Coca directamente al SE del volcán El Reventador, aguas arriba de la hermosa cascada de San Rafael (Figura 1.5). Debido a la actividad volcánica y al encañonamiento del río, la región muestra un relieve pronunciado. El promedio de las pendientes en los valles varía entre 35 y 45°; antes de los deslizamientos de 1987, estas pendientes estuvieron generalmente cubiertas por suelos residuales de espesor variable y por una densa selva subtropical.



**FIGURA 1.6** Vista aérea de la confluencia de los ríos Quijos (inferior izquierdo) y Salado (superior izquierdo) para formar el río Coca (fluyendo hacia la derecha). Depósitos de flujos de escombros e inundaciones posteriores a los terremotos alcanzan hasta los 15 m. de espesor en los cauces de los valles. La garganta del río Coca (indicada por dos flechas cerca del borde derecho de la fotografía) probablemente ocasionó un corto represamiento del río, lo que contribuyó al desbordamiento aguas arriba y a una rápida sedimentación. Nótese el deslizamiento de tierra (flecha cerca al centro de la fotografía) que dañó la estación de bombeo de El Salado del oleoducto trans-ecuatoriano.

Los deslizamientos de las laderas inducidos por los terremotos fueron bastante fluidos. Alrededor de 600 mm de lluvia cayeron en la región durante el mes anterior a los terremotos; por ello, los suelos superficiales tenían un alto contenido de humedad. Los deslizamientos comúnmente comenzaron como desprendimientos superficiales, los mismos que rápidamente se tornaron en avalanchas de escombros bastante fluidas y en flujos de escombros. Los materiales superficiales y la espesa vegetación selvática que los cubría se deslizaron por las laderas hacia pequeños tributarios y luego fueron transportados hacia ríos más grandes (Salado, Quijos, Malo, Coca, Dué, Dué Grande y Aguarico: Figura 1.2). Millones de toneladas de lodo y arena gravosa, así como restos de árboles y otros materiales orgánicos, fueron depositados en los ríos (Figura 1.6). Muchas de las laderas fueron casi totalmente denudadas de su suelo y de su cobertura selvática (Figura 1.7).