

DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES

A. S. Nieto, Departamento de Geología, Universidad de Illinois, Urbana
R. L. Schuster, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Denver, Colorado
G. Plaza-Nieto, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

INTRODUCCION

Este capítulo trata sobre los hundimientos, deslizamientos, avalanchas de escombros, flujos de escombros e inundaciones, procesos que produjeron gran cantidad de destrucción y de muertes inducidas por los sismos del 5 de Marzo de 1987.

DESLIZAMIENTOS

Se describen e interpretan los procesos de los deslizamientos de acuerdo a las observaciones de campo. Las descripciones están agrupadas en tres travesías (de O a E) que van acercándose progresivamente a los epicentros de los sismos, localizados aproximadamente a 25 km en dirección NNO del volcán El Reventador: Quito-Baeza, Baeza-Salado y volcán El Reventador (Figura 5.1). Las observaciones de campo para las dos primeras áreas fueron realizadas principalmente por tierra a lo largo de la carretera que une Quito con la cabecera del río Salado; las observaciones en el área de El Reventador fueron realizadas en auto, helicóptero y avión.

Quito-Baeza

Esta travesía está dividida en aproximadamente tres partes iguales, de unos 25 km de longitud cada una. Los puntos medios de estas secciones están a 90 km, 80 km y 75 km de los epicentros. La primera sección es la parte medio oriental del Valle Interandino, donde la ciudad de Quito está localizada. Esta depresión está rellena principalmente con materiales piroclásticos, especialmente "cangahua" y material glacial (ver capítulo 2). Las elevaciones a lo largo de esta sección van desde los 3.000 hasta 3.500 m, y el clima es templado. Los taludes son relativamente suaves, generalmente no exceden los 20 a 25°. Unas pocas fallas de talud causadas por los sismos del 5 de Marzo fueron observadas en la cangahua a lo largo de cortes verticales y subverticales de la carretera y en las orillas de los ríos. (Las propiedades mecánicas y los mecanismos de falla en la cangahua han sido descritos por Crespo y Steward [1987]). Los tipos de falla -caídas y volcamientos- que ocurrieron más lejos de los epicentros confirman las observaciones realizadas por Keefer (1984). También se observaron derrumbes frescos y flujos de suelos en depósitos morrénicos arenosos en las cabeceras del río Papallacta (Figura 5.1), pero es difícil determinar si éstos fueron causados por los sismos del 5 de Marzo. Además, se observaron un par de ejemplos de viejas morfologías de deslizamientos que no mostraron señales de reactivación.

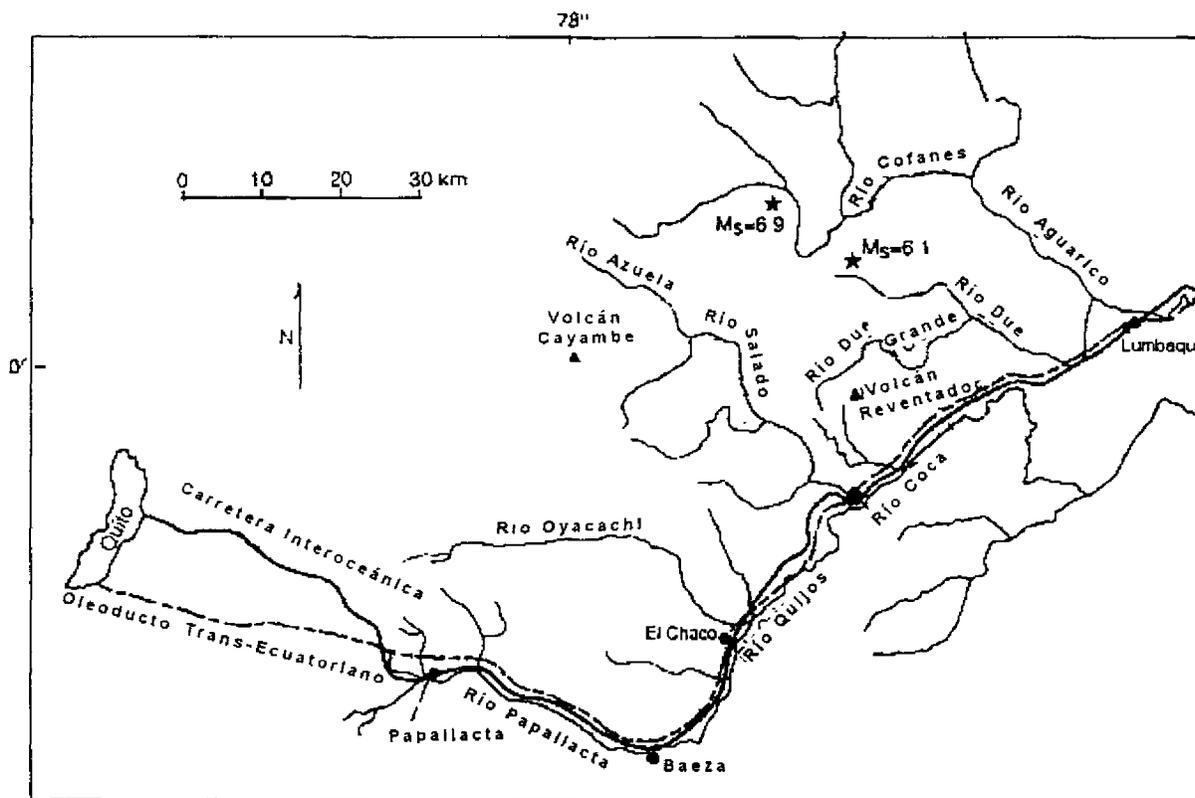


FIGURA 5.1 Mapa del área al Este de Quito mostrando la localización de los epicentros de los sismos del 5 de Marzo de 1987, el oleoducto y carretera trans-ecuatorianos, los volcanes El Reventador y Cayambe, y ríos y ciudades mencionados en este capítulo.

Los siguientes 25 km cruzan flujos de lava que crean la división de la Cordillera Real (Figuras 2.1 y 2.2). Estos flujos de lava son de riolitas, andesitas y basaltos Cuaternarios. La altura es de aproximadamente 4.000 m y el clima es templado a frío. El relieve es alto y no existen suelos o coluviales. Los taludes son casi verticales en los flujos de lava, y moderados (25 a 35°) en los depósitos de talud al pie de los escarpes. Algunos tienen diaclasas columnares o juntas de tensión. Se observaron unos pocos volcamientos, algunos de los cuales pueden haber sido relacionados con los sismos, y también unos pocos taludes con evidencia de algún movimiento reciente.

Los últimos 25 km hacia Baeza comprenden el descenso a la zona subandina (límite occidental del Oriente, Figura 2.1). En este tramo, la carretera sigue el río Papallacta. Las rocas son neises y esquistos Cámbricos y Precámbricos. Las alturas van entre 3.500 m al occidente a 1.500 m cerca de Baeza. El relieve es muy pronunciado; algunas pendientes son de 45° o aún mayores. Los suelos residuales son delgados o ausentes para la mayor parte de esta zona. Únicamente en las orillas inferiores del río Papallacta, a pocos kilómetros al E de Baeza, se observaron unos pocos flujos de escombros en las partes más altas de las paredes del valle de Papallacta. Estos flujos de escombros fueron superficiales y tuvieron las mismas características que aquellos descritos con detalle en secciones siguientes.

Baeza-Salado

Esta travesía se extiende desde el pueblo de Baeza aguas abajo del río Quijos, hasta unirse con el río Salado para formar el río Coca (Figura 5.1). En general, la denudación alrededor de Baeza fue solamente moderada. Algunos flujos de escombros superficiales en suelos residuales fueron observados en las crestas de los taludes alrededor del pueblo. Además, se observó un número pequeño de deslizamientos y escurrimientos de roca, así como pocos deslizamientos y hundimientos en terrazas aluviales antiguas y recientes (Figura 5.2). La intensidad de los deslizamientos se incrementó progresivamente desde el Chaco hasta El Salado. Los patrones de deslizamiento incluyeron puntos de inicio localizados en lo alto de los taludes con mucha pendiente y cubiertos de suelo residual superficial y roca meteorizada. Este patrón, lo que vuelve a ser más claro en áreas cercanas a la zona epicentral, es discutido en detalle más adelante. La observación más significativa a lo largo de esta travesía es que muy pocos de estos flujos de escombros llegaron al canal del río Quijos. Así, el material deslizado contribuyó en muy poco a la carga de los sedimentos del río Quijos. A continuación se detallan algunas observaciones a lo largo de la última porción de esta travesía.



FIGURA 5.2 Pequeño deslizamiento de tierra (centro de la foto) en la pared de una terraza aluvial en el límite occidental de la ciudad de Baeza.

Jóvenes terrazas aluviales, de 15 a 20 m de altura cerca a Baeza han sido creadas por degradación de las corrientes (río Papallacta y tributarios). Una intensa meteorización química ha modificado estos depósitos aluviales, dándoles ciertas características de suelos residuales. Este revestimiento de materiales residual/aluvial comúnmente estuvo envuelto en caídas de deslizamiento/escombros de los taludes de la terraza con mayor pendiente. No fue afectado el

material aluvial relativamente no meteorizado (probablemente cementado) bajo este revestimiento.

Desde Baeza, hasta unos 20 km al NE, el río Quijos sigue el contacto entre rocas Paleozoicas y Mesozoicas (Baldock, 1982), probablemente coincidente con una gran falla inversa; la carretera y el oleoducto trans-ecuatoriano se localizan hacia el lado occidental (izquierda) del valle del Quijos (Figura 5.1). En los siguientes 20 km hacia la confluencia de los ríos Quijos y Salado, la carretera y el oleoducto empiezan a ascender sobre rocas sedimentarias y metasedimentarias del Cretáceo. Estas líneas vitales siguen altas elevaciones y drenajes, que algunas veces, coinciden con colinas formadas generalmente por areniscas cuarzosas masivas que ocurren en la secuencia Mesozoica. Hay que destacar que el recubrimiento del suelo residual sobre los taludes con mucha pendiente de estas colinas es muy delgado o no existe, como generalmente es el caso en esta área. Consecuentemente, los deslizamientos inducidos por los sismos fueron muy superficiales. Las caídas de los taludes empezaron con un deslizamiento en la parte más alta de los mismos y que poseían fuertes pendientes; las superficies de deslizamiento coinciden con el tope de la roca meteorizada y se movieron rápidamente talud hacia abajo, llegando a producir flujos de escombros (Figura 5.3). Este tipo de deslizamiento puso en peligro la carretera y el oleoducto, sin embargo, generalmente fueron muy delgados (menor que un metro) y pocos de ellos alcanzaron el cauce del río Quijos (Figura 5.4).

Aproximadamente 30 km al NE de Baeza hacia la confluencia de los ríos Coca y Salado, la carretera sigue un talud muy pronunciado sobre una gran colina; en la mayoría de esta distancia la carretera es paralela al oleoducto. La carretera ha sido localizada aproximadamente en el contacto entre la parte superior del talud, cubierta por un revestimiento muy pequeño de suelo residual, y la parte más baja y plana del coluvial. Muchos desprendimientos superficiales de roca, avalanchas y flujos de escombros (Figura 5.5) se movieron hacia abajo bloqueando la carretera. Aunque estos deslizamientos cerraron la carretera por varios kilómetros, en algunas partes los volúmenes de roca meteorizada y del suelo fueron pequeños, y los materiales del deslizamiento fueron fácilmente removidos por equipos de mantenimiento

Volcán El Reventador

Antecedentes Geológicos

Esta área incluye los deslizamientos de mayor intensidad producidos por los sismos del 5 de Marzo. La zona del volcán El Reventador, como se define aquí, está localizada en la región subandina; en el centro se encuentra el volcán El Reventador y está rodeado por los valles del río Salado al O, el río Coca al SE, el río Quequeno al N, y el río Dué al NE (Figura 5.1). Los epicentros están localizados a pocos kilómetros al N y al O del área de El Reventador; no están inmediatamente adyacentes a las áreas de mayor actividad de deslizamiento

La zona cuenta con una gran cantidad de relieve; con elevaciones que van desde 1.550 m en el valle del río Coca hasta 3.560 m. en la cumbre del volcán El Reventador. Las cuchillas al O del río Salado se levantan 3.600 m, y al E llegan a 3.200 m; mientras que sitios en el valle del río Salado alcanzan alturas de hasta 1.600 m. Los patrones del drenaje son radiales sobre

las laderas del volcán y en otras partes son dendríticas o rectangulares. El patrón rectangular refleja el sistema de fractura que afecta toda la región.

El volcán El Reventador y sus depósitos volcánicos constituyen el aspecto morfológico más notable de la zona (Hall, 1977). Este volcán está formado sobre una porción de un gran cono remanente del colapso de dos estratovolcanes antiguos llamados Paleo Reventador I y II que contiene un cono más pequeño que se llama el moderno volcán El Reventador. El cono antiguo se asemeja a un anfiteatro, abierto al E hacia el río Coca.



FIGURA 5.3 Deslizamientos (los ejemplos grandes son indicados por flechas) en suelos residuales en la parte superior de la pared norte del valle del río Quijos entre Chaco y la confluencia de los ríos Quijos y Salado. Debido a que el lecho sedimentario resistente al deslizamiento (afloramiento de color claro en la parte inferior izquierda) está cerca a la superficie, estos deslizamientos/avalanchas son someros y generalmente limitados a las quebradas existentes. Aunque los deslizamientos pusieron en peligro el oleoducto y la carretera trans-ecuatorianos (vista superior), ellos causaron un pequeño daño debido a que fueron muy someros.

Todos los taludes de las porciones más altas del cono antiguo poseen ángulos de 30 a 35°; los taludes decrecen progresivamente a 10° o menos en las partes más bajas. Los taludes occidentales y surorientales del cono antiguo tienen dos importantes y únicas características morfológicas. La zona del volcán entre la cabecera del río Morales (un tributario del río Malo) y del río Dué Grande (Figura 5.1) tiene un patrón de densos drenajes paralelos; arroyos largos y paralelos muy cercanos en espacio, han erosionado profundamente las rocas piroclásticas subyacentes. Estos arroyos tienen profundidades de 50 a 100 m y gradientes que comúnmente son de 35 y 40°. Los cañones de los ríos Morales, Dué Grande y otros dos tributarios sin nombre al N de este último tienen paredes que alcanzan alturas de más de 200 m y pendientes mayores a 60°. Las cabeceras de estos cañones son como circos y presentan largas cavidades tubulares (erosión interna) en las rocas piroclásticas. Los acantilados del

valle del río Coca tienen pendientes entre 30 y 40°. La cima de la pared derecha, que ha sido erosionada en areniscas cuarzosas de la formación Hollín (Mapa Geológico, Figura 5.6), es casi vertical en algunos lugares. Aguas abajo desde la cascada de San Rafael (Figuras 5.1 y 5.7), el río Coca llega a ser encañonado, y las paredes son muy pronunciadas o verticales. Los arroyos que descienden el valle principal de los taludes del río Coca tienen gradientes de 45 a 60°. Los acantilados del valle del río Malo comúnmente son mayores a 45°. Los acantilados del valle principal del río Salado tienen taludes que usualmente están entre 25 y 35° en sus partes medias. Los tributarios del río Salado tienen ángulos variables, cerca de 40° en su curso medio, pero valores menores en sus cursos inferiores y superiores. Los acantilados de los valles de los arroyos de los tributarios de primero y segundo orden del río Salado, tienen ángulos que van desde 40 a 60° o aún mayores.

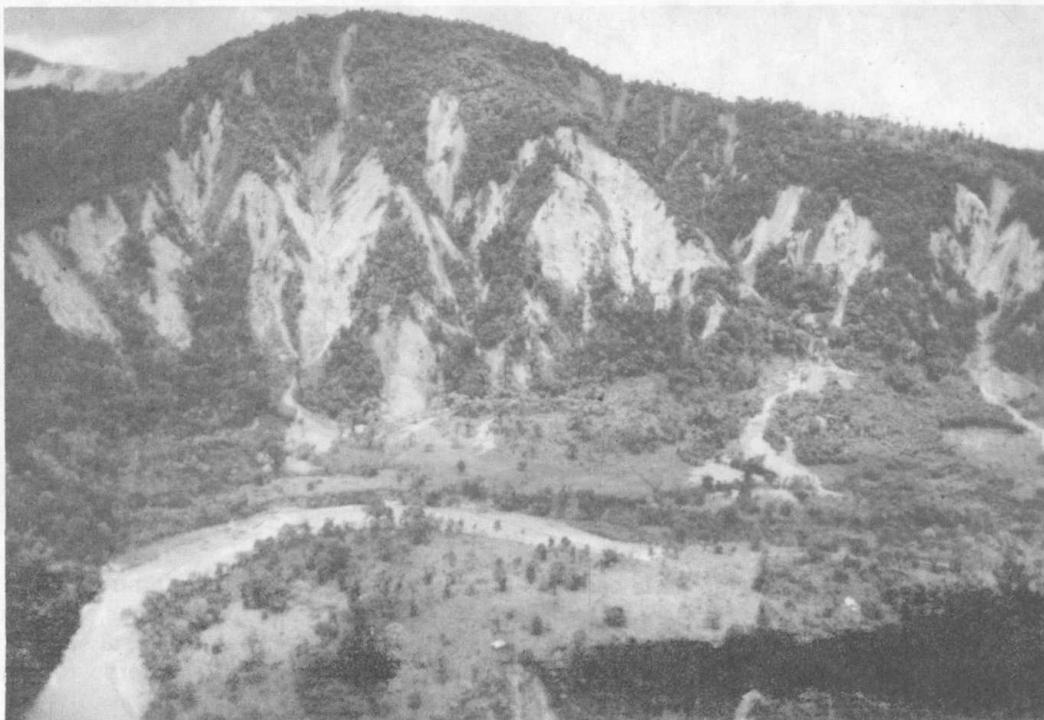


FIGURA 5.4 La actividad de los deslizamientos en el NO (izquierda) de la pared del valle del río Quijos justamente aguas arriba (SO) de su confluencia con el río Salado. Los deslizamientos generados por los sismos empezaron como movimientos pequeños en la cabecera más pendiente de las paredes (45 a 50°) de los taludes y fueron transformados en avalanchas y flujos de escombros que cayeron en las quebradas y en las terrazas que forman la orilla izquierda del río.

La zona tiene distintos microclimas que varían desde frío a seco (precipitación anual menor a 1.500 mm en las partes más altas), templado en los tributarios de los ríos mayores y subtropical (precipitación anual mayor a 4.000 mm a lo largo de los valles de las partes bajas de los ríos Salado, Coca y Dué). Consecuentemente, la vegetación es función de la altura. Robles y algunas coníferas crecen en las elevaciones más altas, arbustos y árboles de poca altura en las elevaciones medianas y vegetación de bosque lluvioso bajo los 2.500 m.

Las lluvias ocurren durante todo el año pero se incrementan de Marzo a Julio. Significativamente, una alta precipitación anómala ocurrió en el área en Enero y particularmente en Febrero de 1987. El 3 y 20 de Febrero, la estación de medición de INECEL