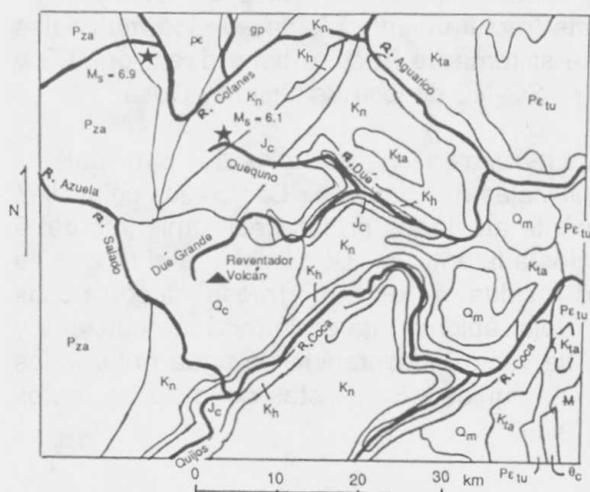


ubicada aguas arriba de la cascada de San Rafael en el río Coca (Figuras 5.1 y 5.7) registró caudales de 2.600 y 3.400 m³/s, respectivamente. Estos caudales tienen períodos de retorno estimados de 5 y 20 años respectivamente. Pocos días antes del terremoto los caudales disminuyeron. Así la estación midió 450 m³/s a las 17 horas del 5 de Marzo; el caudal estimado a las 23 horas fue de 600 m³/s. Sin embargo, estos valores son más del doble del caudal promedio del río Coca.



FIGURA 5.5 Deslizamientos a lo largo de la carretera trans-ecuatorial 3 km al O de su cruce con el río Salado. Estas caídas de rocas, deslizamientos y avalanchas, que fueron generados por los sismos del 5 de Marzo de 1987, bloquearon la carretera de manera casi continua como se muestra en esta fotografía. Esta carretera fue nuevamente útil el 25 de Abril de 1987 debido a los esfuerzos del Cuerpo de Ingenieros (Ejército Ecuatoriano) con sus equipos de mantenimiento de carreteras.

La mayor parte de la zona de El Reventador está formada por rocas sedimentarias subhorizontales y suavemente inclinadas con edades del Jurásico/Cretácico y Cretácico (Figura 5.6). Las formaciones mapeadas en la zona son desde la más antigua a la más reciente: rocas sedimentarias piroclásticas (miembro Misahuallí de la formación Chapiza), areniscas cuarzosas (formación Hollín), lutitas y calizas (formación Napo), y lutitas arcillosas rojas (formación Tena). El borde occidental de la zona de El Reventador está compuesto de neises y esquistos Paleozoicos en contacto por grandes fallas de cabalgamiento con las rocas sedimentarias al E. Las rocas sedimentarias adyacentes a estas fallas han sufrido metamorfismo de bajo grado a lo largo de un cinturón de pocos kilómetros de ancho que pasa cerca del límite occidental del complejo volcánico El Reventador. En la vecindad del volcán, las rocas son lavas y piroclastos, que van desde el Pleistoceno tardío al Holoceno.



LEYENDA		
Cuaternario	Qc	Grupo Cotopaxi (estratovolcán) Andesita, lavas, piroclásticos
	Qm	Formación Mera (50-200m) Depósitos de errazas (conglomerados, arenisca, lutitas tubáceas.
Mioceno	M	Formación Araujo (500-1.000m) Arcillas, areniscas, lignitas.
Oligoceno	Oc	Formación Chalcana (600-1.000m) Lutitas rojas, yeso.
Paleoceno	Pt	Formación Tiyuyacu (70-550m) onglomerados, areniscas, lutitas rojas.
Cretáceo	Kta	Formación Tena (250-1.000m) Lutitas rojas, lutitas calcáreas.
	Kn	Formación Napo (200-650m) Lutitas, calizas, areniscas.
	Kh	Formación Hollin (35-200m) Arenisca cuarzosa.
Jurásico	Jc	Formación Chapiza (1.000-45.000m) (incluyendo miembro Misahualli; lavas, piroclastos). Areniscas y lutitas rojas.
¿Jurásico	gp	Granito, grano diorita.
Paleozoica Inferior	Pza	Grupo Ambuqui. Esquistos, Filitas, cuarcitas.
Precámbrico	pc	No diferenciado

FIGURA 5.6 Mapa geológico del área del volcán El Reventador (modificado de Baldock, 1982).



FIGURA 5.7 Vista aérea en Abril de 1987 de la cascada de San Rafael aguas abajo del río Coca desde el volcán El Reventador. Note que la línea de la vegetación (flechas) que indica la máxima altura de los flujos e inundaciones de escombros, alcanzó aproximadamente 20 m sobre el nivel normal del río Coca. Hay una seria probabilidad que el estrechamiento del cauce en la zona de la cascada causó un represamiento "hidráulico" de corta duración del río.

El drenaje rectangular en algunas áreas y lineamientos observables en fotos aéreas proveen evidencia de un fuerte fracturamiento. Este fracturamiento afecta aún los materiales volcánicos de edad Holocénica. El más importante sistema de fractura tiene dirección N-S y NE-SO. Este último puede ser responsable del curso SO-NE de los ríos Quijos y Coca.

Fuera de las planicies de inundación y de las terrazas aluviales de los ríos principales y de los tributarios de mayor orden, los suelos son coluviales o residuales. Los suelos coluviales ocurren al pie de los taludes y no fueron generalmente afectados en los deslizamientos del 5 de Marzo. Los suelos residuales van desde saprolitos a lateríticos. Debido a que el relieve es significativo y el área está bien drenada, el manto residual no es muy grueso -desde pocos centímetros a unos pocos m en la mayoría- y se nivela rápidamente en la roca meteorizada y fracturada. Estos suelos tienen muy altos índices de vacíos y contenido de agua natural, los valores de esta última prácticamente igualan al límite líquido. Bajo estas condiciones, estos suelos representan estructuras muy susceptibles a fallar.

Características Generales de los Deslizamientos en la Zona de El Reventador

Más del 90% de los deslizamientos observados empezaron como movimientos superficiales de suelos residuales y rocas altamente meteorizadas en la parte superior de los taludes de los valles principales o de los taludes de algunos tributarios de menor orden (Figura 5.8). El espesor promedio de estos deslizamientos fue de 1.5 a 2.0 m, con un rango total desde pocos decímetros hasta 5 m. Estos movimientos se transformaron en avalancha de escombros y luego en flujo de escombros o en algunos casos, fueron retrabajados casi inmediatamente en flujo de escombros de alta fluidez. Sea que empezaron en un talud de un valle principal o de un tributario, los flujos se movieron hacia los canales de los valles principales e incorporaron los rellenos coluviales/aluviales a lo largo de los mismos, erosionando el material de su lecho. Entonces, los flujos de escombros procedieron desde estos tributarios a los valles de los ríos principales. Pequeños flujos de escombros se pararon en la parte baja de los taludes del río principal o al fondo de los arroyos. Los flujos de escombros que empezaron en la parte más alta de los valles fueron también los más aptos para llegar a las planicies de inundación que aquellos formados en las partes más bajas. Un gran número de cicatrices de deslizamiento mostró roca no meteorizada, confirmando la superficialidad del manto de suelo residual.

Todos los ángulos de los taludes así como de las laderas de los arroyos fueron medidos antes de los terremotos en los mapas topográficos de las zonas afectadas; las localizaciones fueron determinadas en fotos aéreas verticales y oblicuas tomadas luego de los sismos. Estas medidas indicaron que en las paredes izquierdas del valle del río Coca, entre la estación de bombeo de El Salado y el río Malo, las caídas ocurrieron principalmente en taludes con pendientes mayores a 35° y 40°. Este mismo valor límite fue obtenido para las paredes del valle del río Salado y del río Coca en la confluencia de los ríos Salado y Quijos (Figuras 5.9 A,B,C). Sin embargo, en las pendientes más altas del cono antiguo del volcán El Reventador con alturas sobre los 3.500 m, se observaron fallas en taludes con ángulos entre 30° y 35°, envolviendo lo que parece ser cenizas recientes. Otros tipos de deslizamientos (movimientos y avalanchas de rocas a lo largo de los cortes de la carretera, hundimientos y deslizamientos a lo largo de las terrazas aluviales, y volcamientos de bloques fracturados) ocurrieron en toda la zona pero de manera esporádica.



FIGURA 5.8 Cuchilla NO del volcán El Reventador donde la vegetación de la jungla ha sido removida por deslizamientos generados por los sismos. La falla de los taludes empezó como deslizamientos superficiales en su parte superior con mayor pendiente (cerca de 50°). Posteriormente se movieron hacia abajo, la masa saturada y cargada de vegetación fue transformada en avalancha de escombros y después en flujo de escombros que se descargó en el río Dué Grande (fuera de la foto, al fondo). (Fotografía por Ken Nymand, Universidad de Cornell).

Distribución Areal de Deslizamientos e Intensidad de Denudación

La Figura 5.10 muestra los límites aproximados de las áreas con diferentes grados de denudación (expresados como porcentaje estimado entre el área de talud fallado y el área total) para las laderas del volcán El Reventador y sus alrededores. Hay que destacar la gran variación en intensidad de denudación alrededor del volcán. El grado y características de la denudación debido a los deslizamientos en los valles cercanos son las siguientes:

Río Salado - intensidad de denudación variable; con un rango menor del 25 al 50%; la denudación más intensa parece ser en los arroyos de primero y segundo orden aguas arriba del río Salado y en los tributarios de tercer y cuarto orden e inferiores en los tramos aguas abajo del mismo (Figura 5.11).

Ríos Quequeno, Dué y Dué Grande - denudación variable; rango y distribución local similar al del río Salado; sin embargo, la denudación en esta área parece ser un poco menor que aquella del drenaje del río Salado.

Río Coca - entre las embocaduras de los ríos Salados y Reventador, la denudación es mayor para la pared izquierda del valle del río Coca; aguas abajo desde el río Reventador, la

denudación es casi la misma para ambos lados del río Coca por elevaciones comparables. Al frente del volcán El Reventador, la denudación parece ser mayor en el lado izquierdo del valle del Coca debido a que la subsuperficie se levanta hacia el cráter, mientras la topografía se aplana en elevaciones de 1.500 y 1.700 m en su lado derecho.

FIGURAS 5.9 A, B, C Vistas aguas abajo del río Salado hacia la confluencia de los ríos Salado y Quijos para formar el río Coca.



FIGURA 5.9 A Vista de 1978 mostrando la jungla cubierta a la derecha (SE) las paredes del valle del río Coca en la confluencia (Fotografía por S. D. Schwarz).

El grado de denudación cambia con la curvatura horizontal de los taludes. Las fotografías aéreas muestran que existe un incremento en la denudación en las porciones cóncavas de los taludes del río Coca y un decremento en las porciones convexas, vistas de manera preliminar.

Estabilidad de Taludes - Análisis Preliminar e Interpretación

Esta discusión está restringida al área de El Reventador debido a que contiene la mayor concentración de deslizamientos. Los movimientos fueron superficiales (profundidad promedio de 2 m) y involucraron suelos residuales que llegaron a ser muy fluidos durante el proceso de falla. Los límites de estabilidad como una función del ángulo del talud son 35 a 40° para las paredes del valle principal de los ríos Coca y Salado y de 30 a 35° para las partes superiores del cono antiguo del volcán El Reventador. El reconocimiento de campo indicó que relativamente pocos deslizamientos ocurrieron en taludes subhorizontales mientras que los valores indicados anteriormente corresponden a la mayoría de taludes que fallaron y que tenían ángulos con fuerte pendiente.