ESTUDIOS DE GEOGRAFÍA
Volumen 9

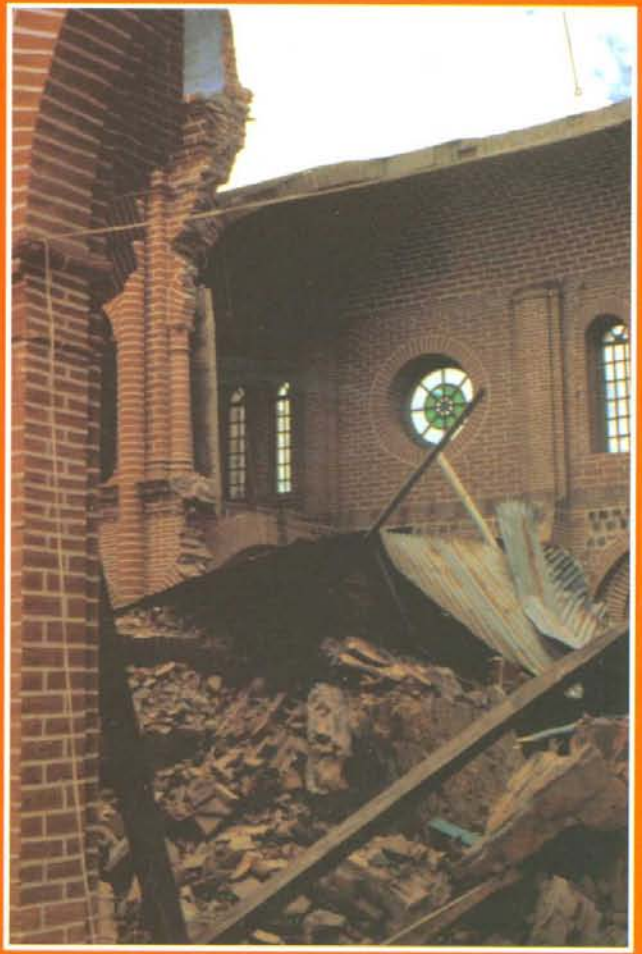
LOS TERREMOTOS DEL ECUADOR DEL 5 DE MARZO DE 1987

MINARD L. HALL
Coordinador de la edición en español

Desastre nacional por sismo

Producción y exportación petrolera fueron suspendida

Racionalizarán las normas sobre riesgos de trabajo



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
•
AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (USAID)

CORPORACIÓN EDITORA NACIONAL

LOS TERREMOTOS
DEL ECUADOR
DEL 5 DE MARZO DE 1987

Deslizamientos
y sus Efectos Socioeconómicos

ESTUDIOS DE DESASTRES NATURALES

LOS TERREMOTOS DEL ECUADOR DEL 5 DE MARZO DE 1987

Deslizamientos y sus Efectos Socioeconómicos

Coordinación y Revisión Técnica de la Edición en Español

Minard L. Hall Ph.D.
Director saliente del
Instituto Geofísico
Escuela Politécnica Nacional

Con la colaboración de.

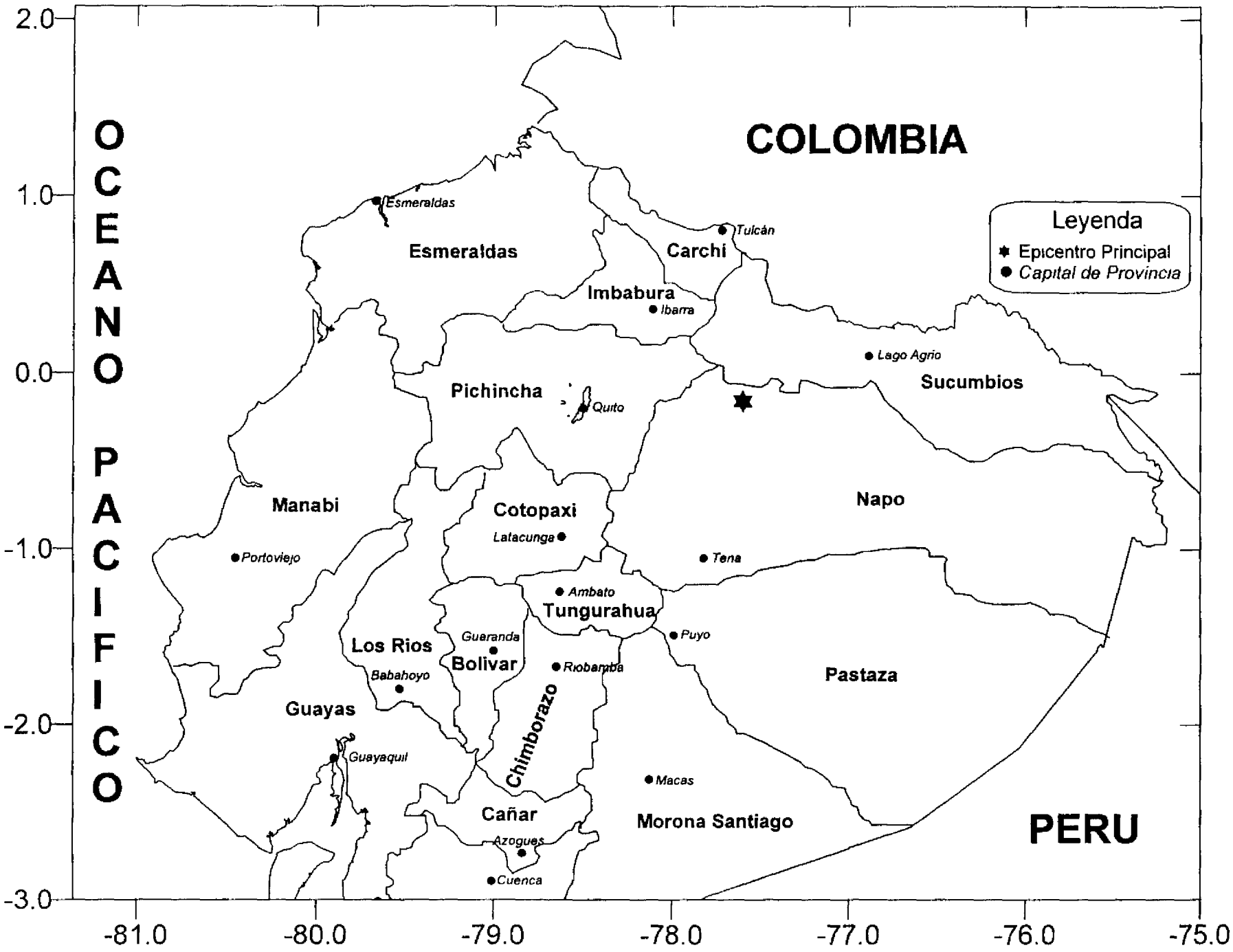
Sr. José Egred A.

Auspiciado por:

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

Escuela Politécnica Nacional

National Research Council (USA)


COLOMBIA
PERU
OCEANO PACIFICO
Leyenda
Epicentro Principal
Capital de Provincia
Esmeraldas
Esmeraldas
Carchi
Tulcán
Imbabura
Ibarra
Lago Agrio
Sucumbios
Pichincha
Quito
Manabi
Portoviejo
Cotopaxi
Latacunga
Napo
Tena
Ambato
Tungurahua
Puyo
Los Rios
Babahoyo
Guaranda
Bolivar
Riobamba
Pastaza
Guayas
Guayaquil
Chimborazo
Macas
Cañar
Azogues
Cuenca
Morona Santiago
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-81.0
-80.0
-79.0
-78.0
-77.0
-76.0
-75.0

LOS TERREMOTOS DEL ECUADOR
DEL 5 DE MARZO DE 1987

deslizamientos y sus efectos socioeconómicos

Primera edición en inglés:
The National Academy Press, Washington D. C., 1991

Primera edición en español:
Colección "Estudios de Geografía", volumen 9
Corporación Editora Nacional, Quito, abril/2000

Impreso y hecho en el Ecuador
Printed and made in Ecuador

Impresión:
Fausto Reinoso, Av. América Oe4-14 y Mañosca, 3er. piso, Quito

ISBN:
9978-84-035-4 (colección)
9978-84-236-5 (volumen 9)

Derechos de autor:
Inscripción 013210
Depósito legal 001421

Cubierta:
Edwin Navarrete

CORPORACIÓN EDITORA NACIONAL
Roca E9-59 y Tamayo, Teléfonos: (593-2) 554358, 554558, 554658
Casilla: 17-12-886, Fax: (593-2) 566340
Quito, Ecuador

Publicación original en Inglés con el título: The March 5, 1987 Ecuador Earthquakes – Mass Wasting and Socioeconomic Effects; editada por. The National Academy Press, Washington D. C. 1991

Library of Congress Catalog Card Number 91-67348.

International Standard Book Number 0-309-04444-8

Este reporte corresponde a la traducción del Volumen 5 de los Estudios sobre Desastres Naturales, serie de estudios investigativos realizados por el Comité de Desastres Naturales de : The National Research Council de los Estados Unidos de América.

LOS TERREMOTOS DEL ECUADOR DEL 5 DE MARZO DE 1987

Deslizamientos y sus Efectos Socioeconómicos

Equipo de Investigación:

Robert L. Schuster, (Líder y Editor Técnico), Branch of Geologic Risk Assessment, U. S Geological Survey, Denver, Colorado.

Patricia A. Bolton, Battelle Institute, Seattle, Washington.

Louise K. Comfort, Graduate School of Public and international Affairs, University of Pittsburgh, Pennsylvania.

Esteban Crespo, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, New York

Alberto Nieto, Department of Geology, University of Illinois, Urbana, Illinois.

Kenneth J. Nyman, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca. New York.

Thomas O'Rourke, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, New York.

Autores Asociados:

José Egred A., Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Alvaro F. Espinosa, Branch of Geologic Risk Assessment, U S. Geological Survey, Denver, Colorado.

Manuel García López, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Minard L. Hall, Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Galo Plaza Nieto, Departamento de Geotecnia, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Hugo Yepes, Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

Informe preparado para:

Comité de Desastres Naturales
División de Mitigación de Peligros Naturales
Comisión de Sistemas Técnicos e Ingeniería
National Research Council

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 1

1 INTRODUCCION
(R.L.Schuster)

Introducción 8
Referencias 17

2 GEOLOGIA GENERAL DEL NORORIENTE ECUATORIANO
(A.S. Nieto)

La Sierra 19
El Oriente 22
Referencias 23

3 TECTONISMO Y SISMICIDAD
(A.F. Espinosa, M.L. Hall, H. Yepes)

Introducción 25
Marco tectónico 26
Sismicidad y mecanismos focales 28
Recomendaciones 35
Referencias 36

4 DISTRIBUCION DE INTENSIDADES Y DANOS
(A.F. Espinosa, J. Egred, M. García-López, E. Crespo)

Introducción 38
Relación de daños en los edificios comparados con la práctica constructiva actual 38
Distribución de intensidades 42
Referencias 45

5 DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES
(A.S. Nieto, R.L. Schuster, G. Plaza)

Introducción 46
Deslizamientos 46
Evolución de los procesos del deslizamiento 65
Inundaciones de los valles en la vecindad del volcán El Reventador 67
Referencias 73

6 EFECTOS SOBRE LAS LINEAS VITALES
(E. Crespo, T.D. O'Rourke, K.J. Nyman)

Observaciones generales 75
Características del oleoducto y poliducto trans-ecuatorianos 77

Daño en el oleoducto..... 78
Daño en la estación de bombeo El Salado..... 84
Carretera trans-ecuatoriana desde Baeza hasta Lago Agrio..... 89
Consecuencias económicas..... 89
Resumen..... 89
Agradecimientos..... 90
Referencias..... 90

7 CONSECUENCIAS ECONOMICAS Y SOCIALES A NIVEL LOCAL
(P.A. Bolton)

Introducción..... 91
Consecuencias inmediatas y temas sobre la respuesta a la emergencia..... 92
El período de emergencia en el Oriente..... 93
El período de emergencia en la Sierra..... 97
Nuevos impactos de largo plazo..... 99
Programas de recuperación e impactos en el Oriente..... 100
Programas de recuperación e impactos en la Sierra..... 104
Resumen..... 108
Referencias..... 109

8 INTERACCION 0RGANIZACIONAL EN TAREAS DE RESPUESTA Y RECUPERACION
(L.K. Comfort)

Introducción.....
Hipótesis..... 111
Interdependencia entre organizaciones ante las consecuencias del desastre..... 112
Redes organizativas en operaciones de respuesta y recuperación..... 113
Atributos y necesidades a desarrollarse adicionalmente en la red más amplia de operaciones de respuesta y recuperación..... 121
Recomendaciones para futuras investigaciones..... 133
Agradecimientos..... 135
Notas..... 136
137

APENDICES

A. Organizaciones de manejo de desastre 141

B. Organizaciones internacionales involucradas en las operaciones de desastre..... 142

C. Organizaciones ecuatorianas involucradas en las operaciones de desastre..... 143

PRESENTACION DE LA EDICION EN ESPAÑOL

Doce años después de haber acaecido el terremoto más impactante de los últimos tiempos en el Ecuador, es pertinente y placentero presentar un testimonio técnico, en español, sobre lo que sucedió como consecuencia del gran sismo del 5 de Marzo de 1987.

La publicación del estudio original editada en 1991 con el título "The March 5, 1987 Earthquake: Mass Wasting and Socioeconomic Effects", representa uno de los primeros trabajos detallados en América Latina, sobre el impacto de un desastre natural que empezó con fuertes sismos que inmediatamente generaron miles de derrumbes devastadores El evento se evalúa desde el punto de vista científico, ingenieril y socioeconómico, así como lo concerniente a la respuesta ante el desastre, por parte de Defensa Civil y otras organizaciones de ayuda y asistencia, tanto nacionales como internacionales. Dicho estudio, por haber sido publicado solamente en inglés y en un tiraje limitado, es poco conocido tanto en el Ecuador como en Latinoamérica, que es precisamente la región que tan frecuentemente ha sido sacudida y destruida por sismos fuertes.

El libro original corresponde al volumen N° 5 de la serie "Natural Disaster Studies", promovida por el Comité de Desastres Naturales del Consejo Nacional de Investigación (National Research Council – NRC) del gobierno estadounidense, cuyo fin es el mitigar los efectos de desastres naturales, mediante el estudio oportuno y detallado de los eventos mismos. Dicho libro fue publicado por el National Academy Press, de Washington D C. en 1991.

Con el propósito de aprender del evento y mejorar nuestra preparación y respuesta ante los futuros fenómenos telúricos, el Instituto Geofísico consideró imprescindible la reedición del estudio, pero en español y con un mayor tiraje a fin de darle una difusión más amplia. Así, el Instituto Geofísico pidió y obtuvo la autorización respectiva para traducir y reeditar el texto original, gracias a la colaboración del NRC y los autores. El interés y apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional, de los Estados Unidos de América en Quito (USAID), permitió la realización de la traducción del libro por técnicos en el tema, inclusive por varios autores del estudio original. Igualmente se reconoce el auspicio de USAID-Quito para la edición en español. También el suscrito agradece a los colegas del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, por la colaboración prestada, en especial al Egdo. Roberto Santacruz y a la Sra. Elsa Toro.

Los capítulos fueron traducidos por diferentes personas y, por tanto, varían en el lenguaje y los términos usados. No obstante, se trató de mantener una terminología uniforme. Con el fin de presentar un texto que sea una fiel copia del libro original, en cuanto al tratamiento técnico, se buscó una traducción explícita que no siempre es muy fluida. Se pide disculpas por este particular.

El Instituto Geofísico, dependencia de la Escuela Politécnica Nacional, es el centro principal de investigación dedicado a la mitigación de desastres provocados por sismos y erupciones volcánicas en el Ecuador, mediante la realización de estudios de volcanología, sismología y neotectónica, así como la evaluación de los riesgos y el monitoreo permanente de la actividad telúrica.

Minard L. Hall
Instituto Geofísico

AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación fue organizado por el Comité de Desastres Naturales del Consejo Nacional de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias (NAS/NRC). Los fondos para realizar los estudios fueron proporcionados por NAS/NRC. Los sueldos de los participantes fueron provistos por las instituciones con las cuales están asociados los miembros del equipo y los autores contribuyentes. El viaje del Dr. A. Espinosa fue auspiciado por USAID.

En el Ecuador, la asistencia y cooperación fueron facilitados por numerosas agencias gubernamentales, compañías privadas e instituciones académicas. Aunque los agradecimientos especiales están presentados en cada capítulo para las contribuciones de organizaciones individuales, queremos agradecer en forma especial a los personeros y trabajadores del Ministerio de Energía, el Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN) y el Instituto de Estudios Nacionales, quienes nos ayudaron técnica y logísticamente; la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) y TEXACO, Inc., quienes facilitaron la transportación por helicóptero y alojamiento en el campo; y, el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), el mismo que dio el apoyo técnico. También queremos agradecer el valioso asesoramiento y apoyo técnico dado por miembros del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en Quito y el Profesor O. Lara de la Escuela Politécnica del Litoral en Guayaquil, quien nos asistió en las etapas iniciales del reconocimiento de campo.

PREFACIO

Luego de los terremotos del 5 de Marzo de 1987 en Ecuador, el Consejo Nacional de Investigación (NRC) en colaboración con varias otras instituciones, organizó un equipo de investigación para visitar el área de desastre poco después de haber sucedido.

El equipo era multidisciplinario, conformado por expertos en los campos de sismología, geología, geotecnia, ingeniería de líneas vitales, sociología y las ciencias políticas con el fin de estudiar los impactos físicos, sociales y económicos en el Ecuador como resultado de los sismos. La labor de llevar a cabo el trabajo de campo fue facilitada grandemente por un número de expertos de las organizaciones e instituciones locales. Los ocho capítulos presentados en este informe son las contribuciones de los miembros oficiales del equipo del NRC y sus colegas ecuatorianos quienes trabajaron en conjunto para documentar y evaluar estos sismos. Los capítulos individuales son las contribuciones independientes de uno o más personas involucradas en el estudio. Tanto el líder del equipo así como el editor del informe han intentado eliminar duplicaciones en lo posible. Sin embargo, en algunos casos se vio la necesidad de mantener en el texto ciertas duplicaciones, con el propósito de presentar un texto concatenado y que el lector no necesite revisar otras secciones.

Robert L. Shuster
Líder del Equipo y Editor Técnico

RESUMEN EJECUTIVO

Los dos sismos de magnitudes 6.1 y 6.9 del 5 de Marzo de 1987 ocurrieron a lo largo de las faldas orientales de los Andes en el Noreste del Ecuador. Los epicentros fueron localizados en la Provincia del Napo, aproximadamente 100 km al ENE de Quito y 25 km al N del volcán El Reventador. Esta sacudida del terreno causó un número de daños moderados estructurales principalmente en áreas cercanas a los epicentros. La ocurrencia de los sismos en un área de fuertes pendientes cubiertas de volcánicos inestables y suelos residuales con un alto contenido de agua debido a las fuertes lluvias acaecidas antes de los terremotos, resultaron en una falla masiva de los taludes de gran fluidez. Comparativamente hablando, las pérdidas económicas y sociales debidas directamente al sacudimiento de los sismos fueron pequeñas comparadas con los efectos de los catastróficos deslizamientos producidos por los terremotos (p.e. deslizamientos, flujos de escombros y avalanchas de escombros) e inundaciones en el área adyacente al volcán El Reventador. Deslizamientos de roca y tierra, avalanchas de escombros y flujos de escombro y de lodo al este de los Andes resultaron en la destrucción o rotura de cerca de 70 km de la tubería del oleoducto trans-ecuatoriano y de la única vía desde Quito a los bosques húmedos y campos petroleros del oriente ecuatoriano. Se estimaron cerca de 1.000 muertes por los sismos, como consecuencia de los movimientos de tierra e inundaciones. Las pérdidas económicas fueron 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 indudablemente fueron muy grandes.

Geología General del Noreste del Ecuador. La geología del Noreste del Ecuador y los procesos físicos actuales relacionados con la geología son influenciados grandemente por los mecanismos tectónicos responsables del desarrollo de los Andes. Los Andes han creado tres zonas geológicas y geomorfológicas: (1) las planicies costeras (Costa) al Oeste, (2) el área montañosa central - los Andes (Sierra) - y (3) las tierras bajas del Este (Oriente).

Sismicidad y Tectónica. El Ecuador está expuesto continuamente a los sismos y a otros peligros geológicos. El potencial sísmico siempre ha sido un problema para los habitantes del Ecuador y su coexistencia con la actividad sísmica ha llegado a ser parte de la cultura ecuatoriana. En los pasados 80 años varios sismos grandes (eventos interplaca) han ocurrido en la zona de subducción del Ecuador. Los sismos de Marzo de 1987, que ocurrieron en los Andes, no estuvieron localizados en la zona de subducción activa a lo largo de los límites de placa. Estos sismos intraplaca son eventos someros (10 a 14 km). Los estudios del potencial sísmico, usando estimaciones de probabilidad condicional han mostrado una probabilidad del 66% para un gran sismo (M_s =7.7) que tomaría lugar en la zona de subducción durante el período de 1989 - 1999. Las estimaciones de probabilidad condicional fueron evaluadas usando catálogos de la sismicidad histórica e instrumental de la región; sin embargo, los registros históricos son poco conocidos en esta zona. Se realizaron un número de recomendaciones en este reporte para conocer la necesidad urgente de una mejor evaluación de los peligros sísmicos en el Ecuador. Entre otros, ello incluye la compilación de un catálogo de sismicidad histórica para sismos interplaca e intraplaca más extenso y detallado, compilación de un catálogo de sismicidad histórica para eventos que han sido asociados o su origen es volcánico, instalación de instrumentos sísmicos muy sensibles en la región para un entendimiento del nivel de sismicidad y estudio de los mecanismos focales, y desarrollo de un modelo de trabajo del régimen tectónico de la región.

Distribución de Intensidades y Daños. Las áreas de máxima Intensidad Mercalli Modificada (IMM) están concentradas en las áreas isosísmicas de Io = IX. Sin embargo, la mayoría de los daños en esta área posee intensidades de VII a VIII. El problema encontrado en el proceso de evaluación de la intensidad se debe al problema de "inconsistencias" en las IMM. Por ejemplo, los grandes deslizamientos, que fueron abundantes en la región de las grandes montañas cerca y alrededor del volcán El Reventador así como en otras regiones inestables de los Andes, sugieren una intensidad mayor que IX. Otro factor que indica grandes intensidades (> IX) es el fallamiento superficial, tal como en las áreas cercanas a la región epicentral. Otro factor que también produce grandes intensidades (X), como las dadas en la escala de intensidad, son los deslizamientos de las riberas de los ríos y de fuertes pendientes debido a suelos saturados, arena suelta y lodo, y agua que rebosa las riberas. En la escala IMM, "puentes destruidos" implica una intensidad de XI. Sin embargo, en otros casos en este evento, aunque un puente haya sido destruido (pero por inundación), las estructuras de madera de sustentación no fueron dañadas. Otros factores que pueden ingresar en el patrón de distribución de intensidad son los efectos de amplificación sísmica, amplificación de la onda sísmica por efectos topográficos, influencia de las condiciones del suelo superficial y profundidad del nivel freático. Adicionalmente, la evaluación de intensidades es aún más complicada por la práctica de construcción mixta en esta parte del país y asentamientos poblacionales pequeños y dispersos en las áreas montañosas.

Movimientos de Tierra e Inundaciones Los deslizamientos de tierra e inundaciones fueron los responsables de la gran cantidad de destrucción y número de muertes inducidas por los sismos del 5 de Marzo de 1987. El área alrededor del volcán El Reventador incluye la intensidad más grande de deslizamientos inducidos por los sismos. Los epicentros estuvieron a pocos kilómetros al N y al W del área de El Reventador. En esta zona, las lluvias se producen a través de todo el año, pero se incrementan en intensidad de Marzo a Julio. Significativamente, una alta precipitación anómala ocurrió en la zona en Enero y particularmente en Febrero de 1987. El 3 y 20 de Febrero las estaciones de medición localizadas aguas arriba de la Cascada de San Rafael en el río Coca registraron caudales de 2.600 a 3.400 metros cúbicos por segundo respectivamente, que fueron 8 a 12 veces más altas que el flujo medio del río Coca Más del 90% de los deslizamientos observados empezaron como deslizamientos superficiales de suelos residuales y rocas altamente meteorizadas en la parte más alta de las laderas de los valles principales o en las laderas de los tributarios de menor orden. Los espesores promedio de estos deslizamientos fueron de 1,5 a 2 metros, con un rango de espesor de pocos decímetros a 5 metros. Las masas que fallaron fueron transformadas en avalanchas de escombros y entonces en flujos de escombros o, en algunos casos, fueron retrabajadas casi inmediatamente en flujos de escombros con alta fluidez. Un gran número de cicatrices de deslizamientos se observó en la roca madre no meteorizada demostrando la poca profundidad del manto de suelo residual.

El incremento de la denudación cerca del volcán El Reventador fue causado no solamente por su cercanía a los epicentros sino también por otros factores, tales como el relieve, elevación, composición y humedad del suelo. Las áreas de denudación total en el talud SW del cono antiguo corresponde a un área densamente disectada por quebradas profundas y paralelas Aquí casi todas las superficies tienen taludes mayores que 35 a 40 grados. Otras áreas de denudación total fueron aquellas disectadas por quebradas localizadas a lo largo de las paredes de profundos cañones cerca a los ríos. En contraste, el talud de la parte norte del cono antiguo, que no es fuertemente disectado, fue afectado menormente por deslizamientos aún cuando estuvo localizado más cerca a los epicentros 2 km menos del área de denudación total.

Una de las características más sorprendentes de los movimientos de tierra causada por los sismos fue la efectividad del transporte de materiales y el volumen de materiales de los taludes de los tributarios de menor orden a las planicies de inundación de los ríos principales. Dos factores pueden haber contribuido a esta característica. La primera es la naturaleza de los suelos involucrada en la falla de los taludes y la segunda es la morfología general del área de El Reventador.

La interrupción del flujo del río Coca fue producida inmediatamente después de los sismos, lo que indica una fuerte posibilidad de un represamiento natural del río o sus tributarios como resultado de los terremotos. Este corto represamiento ocurrió en dos formas: (1) represamiento "hidráulico" en el que el flujo altamente cargado con escombros fue impedido de pasar a través de angostos canales y (2) bloqueo de las corrientes por flujo de escombros que ingresaron a la corriente principal desde sus tributarios.

Efectos en las Líneas Vitales. El daño a las líneas vitales fue grande en las áreas cercanas a los epicentros. Específicamente, el daño fue mayor a las tuberías del oleoducto (crudo) y Poliducto (propano) Trans-Ecuatorianos, así como en la vía principal que une Quito y Lago Agrio, ciudad principal de la región productora de petróleo del Ecuador. El daño a las líneas vitales en otras áreas fue relativamente pequeño. El daño de estas tuberías fue tan severo y tan amplio que tuvo un impacto económico devastador en la nación, con posibles repercusiones a nivel mundial. Aproximadamente 40 km de la tubería del oleoducto de 498 km de longitud tuvo que ser reconstruida haciendo de esta tragedia la falla más grande de una sola tubería en la historia.

El oleoducto trans-ecuatoriano, construido en 1972, está compuesto principalmente de una tubería de 660 mm de diámetro y estaciones de bombeo y reductoras de presión. La tubería es el principal medio de transporte de petróleo en el Ecuador, transportando virtualmente todo el crudo de los campos petroleros orientales al terminal del puerto marítimo cerca de Esmeraldas en el Océano Pacífico. El poliducto está compuesto de una tubería de 150 mm de diámetro, compresores, reguladores de presión y equipo de bombeo. Esta línea fue construida después del oleoducto y sigue la misma trayectoria que el mismo. El poliducto es un medio múltiple, transporta diferentes tipos de hidrocarburos en tiempos diferentes, incluyendo gas propano; se extiende desde Lago Agrio en el campo petrolífero oriental hasta Quito. Esta tubería fue destruida y dañada en los mismos lugares que el oleoducto.

La carretera que corre paralela a las tuberías es la principal arteria de transporte desde Quito a los campos petroleros. Las inundaciones destruyeron los puentes en los ríos Salado y Aguarico así como una gran porción de carretera entre los ríos Salado y Malo El puente del río Salado fue reemplazado en 1988 por un puente Bailey que todavía está en uso.

La pérdida del oleoducto trans-ecuatoriano privó al Ecuador del 60% de sus ingresos por exportación. Como consecuencia, la pérdida de esta sola línea vital tuvo un efecto dramático en la economía del país. La pérdida total de ingresos antes que empezara la reconstrucción de esta línea y entrara en servicio en agosto de 1987 fue estimada en cerca de 800 millones de dólares. Añadido a esto fue el costo de reparación del oleoducto de cerca de 50 millones de dólares.

El precio del petróleo intermediario West Texas es a menudo utilizado como un índice mundial de precios. Las noticias de los sismos y la pérdida asociada al oleoducto trans-ecuatoriano fueron seguidas por un incremento del 6.25% en este índice cuatro días después de ocurridos los eventos. Aunque los precios del crudo han ido subiendo desde la época de los sismos, analistas del mercado indicaron que la noticia de la suspensión de la exportación de crudo ecuatoriano produjo un escalamiento de los precios. De esta manera, los efectos económicos de la falla de esta línea vital no fueron confinados a un solo país, sino posiblemente fueron sentidos a nivel mundial por especulación en el mercado.

Consecuencias Sociales y Económicas a Nivel Local. La ya deteriorada economía del país sufrió un gran golpe cuando la producción de petróleo ecuatoriano fue interrumpida por daños relacionados a los sismos sobre el oleoducto trans-ecuatoriano. Los campos petroleros han producido cerca del 60% de las ganancias del país por exportación de crudo; sin embargo, la habilidad del Ecuador para cubrir sus costos operativos internos y para hacer pagos de los intereses de su deuda externa, fue fuertemente impedida como resultado de la falla de la tubería. En la primera semana después de los sismos, el gobierno nacional instituyó medidas económicas extremas, incluyendo la suspensión del pago de la deuda externa a los bancos privados, incrementó el precio de los combustibles, un plan de austeridad nacional y un congelamiento de los precios de los artículos de primera necesidad.

Se evaluó tanto en el período de emergencia cuanto después de los sismos y en el proceso de recuperación. Un punto interesante emerge de las observaciones de cómo la gente vio su comunidad durante la crisis Además de los habitantes indígenas originales, los pueblos y plantaciones del Oriente fueron recientemente constituidos y típicamente formados por gente de otra parte del país que buscó oportunidades económicas como colonos en esta área. Estos residentes todavía no cuentan con fuertes nexos a la tierra ni nexos sociales con otra gente del área. Como manifestó el dueño de un almacén inmediatamente después del sismo, la gente se ayudó una a otra, sin embargo, en la actualidad las cosas han regresado a su estado anterior.

Otro aspecto notable de los efectos de los sismos fue el impacto en la Provincia del Napo, debido a las pérdidas de los puentes de los ríos Salado y Aguarico Primeramente, la inaccesibilidad de ciertos terrenos a lo largo de aproximadamente 67 km de caminos entre estos dos puentes impidió el retorno de los agricultores sobrevivientes y propietarios de plantaciones que fueron evacuados del área Segundo, una gran proporción de los 75.000 habitantes de la Provincia del Napo fue efectivamente aislada del resto del Ecuador por el daño a la carretera que une Baeza y Lago Agrio. Los productores agrícolas en la ciudad de Lago Agrio y de las áreas al N y E en la provincia del Napo sufrieron impactos económicos significativos como resultado de que no pudieron transportar sus cosechas al mercado. Se estimó que las pérdidas de producción después del sismo por abandono de tierra o falta de acceso a los mercados, ascendió a cerca de 7 millones de dólares, basados en la presunción de que el acceso a los terrenos podría ser restablecido a finales de Junio, lo cual no fue cierto

Otros aspectos comunes observados durante el período de recuperación en desastres naturales pasados que se observaron nuevamente en este evento fueron (1) el dilema de la reconstrucción de comunidades en una manera rápida versus una manera calmada y, (2) utilización de recursos para proveer hogares seguros y otras facilidades. En cierta forma, siempre hay conciencia que muchas familias continúan viviendo en casas que son aún más vulnerables a futuros sismos que ahora. Por otra parte, el período de

reconstrucción siempre provee también una de las mejores oportunidades para mejorar las viviendas y hacerlas seguras debido a que el interés y prevención sobre los sismos está alto

Varias entrevistas indicaron que hubo alguna controversia sobre qué aproximación a la reconstrucción tuvo los menores efectos. Funcionarios del gobierno indicaron que los indígenas, aún cuando son principalmente agricultores, tuvieron suficiente tiempo para trabajar también en la reconstrucción de vivienda en sus comunidades. Ellos creen que el uso de residentes para proveer mano de obra hace a los proyectos menos costosos y supuestamente da a los residentes un sentido más fuerte de propiedad para actividades de reconstrucción. Otros sintieron que el trabajo de reconstrucción fue deprimente para la agricultura y que podría producir problemas en el futuro si la provisión de alimentos fuese inadecuada. Algunos dieron otro argumento de que no fue la mejor idea el tener a los habitantes haciendo sus construcciones, ya que casas sin un diseño y construcción apropiados podrían sufrir daños durante futuros sismos

En la Sierra, se dio atención especial a la preservación de varios edificios dañados por haber tenido valor histórico y cultural en el país. Estas edificaciones fueron consideradas importantes por los ciudadanos del Ecuador y por el turismo. Los fondos nacionales fueron usados para su reparación.

Un número de áreas de mayor investigación es recomendado desde el asesoramiento de los impactos económicos y sociales en comunidades locales como resultados de los sismos del 5 de Marzo de 1987. Estas incluyen la extensión de asistencia técnica para la construcción, personalmente y en forma de materiales escritos, que llegue a la población afectada y los factores que contribuyen a su efectividad; la extensión a esfuerzos activos para distribuir materiales instructivos especiales en el manejo de la vivienda y necesidades de salud de víctimas de desastres a personas a nivel local que puedan asumir responsabilidades para programas de emergencia, y la relación entre varios tipos de asistencia de recuperación y la promoción de desarrollo económico local o nacional y desarrollo político para este aspecto Otras recomendaciones se dan en el Capítulo 7.

Interacción Organizacional en Respuesta y Recuperación. La interacción organizacional es particularmente interesante en este evento, dadas las múltiples localizaciones geográficas del daño debidas al desastre, los múltiples niveles jurídicos involucrados en actividades de respuesta y recuperación ante desastres y las múltiples perspectivas requeridas para una asistencia apropiada y a tiempo de las poblaciones afectadas.

Los sismos generaron consecuencias de diferente tipo y magnitud en tres localidades geográficas del Ecuador. La zona del impacto principal, que incluyó los epicentros de los sismos cerca al volcán El Reventador, se localizó en la parte occidental de la Provincia oriental del Napo. En esta zona, las mayores pérdidas de vida fueron causadas por repentinas inundaciones generadas por deslizamientos masivos y flujos de escombros. El mayor daño ocurrió a los sistemas de infraestructura. En las pequeñas ciudades afectadas por el desastre, la primera respuesta de las organizaciones locales estuvo dirigida hacia el conocimiento de las necesidades humanas de las víctimas. Los siguientes problemas mayores se dirigieron a las interacciones organizacionales sobre la distribución de la infraestructura. Estos problemas incluyeron (1) reconstrucción de la tubería de petróleo en territorio geológicamente inestable, (2) pérdida de los ingresos petroleros y su consecuente impacto sobre la economía nacional, (3) pérdida de vías, puentes y caminos secundarios para viajes seguros y actividades económicas de la población residente, y (4) reorientación y

reasentamiento de residentes locales, severamente golpeados emocional y económicamente por el desastre, y preocupados con preguntas sobre un incierto futuro en una zona de alto riesgo sísmico.

La zona de impacto secundario del desastre fue la Sierra, donde el principal problema fue la vivienda. Aproximadamente 60.000 hogares fueron dañados o considerados inhabitables. Peor aún, lo que pareció ser un evento moderadamente severo para algunos grupos económicos en esta zona probó ser un desastre para aquellos del nivel económico más bajo, cuyas casas fueron mucho más vulnerables al riesgo sísmico y quienes tuvieron pocos recursos para su reconstrucción. La tercera zona de impacto incluyó la ciudad de Lago Agrio y comunidades adyacentes en la Provincia oriental del Napo. Estas comunidades sufrieron un pequeño daño estructural y no tuvieron pérdida de vidas. El mayor problema generado por los sismos en esta zona fue el aislamiento y devacle económico resultante de la destrucción del oleoducto y de la mayor ruta de transporte terrestre. Los efectos acumulativos a largo plazo fueron aislamiento, desempleo, y falta de acceso a los mercados y suministros, los que empeoraron con un prolongado período requerido para la reconstrucción de la infraestructura necesitada por la economía local, basada en la producción de petróleo y la agricultura

Especialmente vulnerables fueron las comunidades indígenas a lo largo de los ríos Coca, Aguarico, Dué, Salado y Papallacta. Se depende de los ríos para agua potable, comida y transporte, estas comunidades sufrieron serias privaciones y en la pérdida de estos recursos vitales debido a la polución y obstrucción de los ríos. Fue un juego de condiciones interactivas que, por no ser resueltas, empobrecieron y agotaron progresivamente los recursos locales de los residentes y comunidades de la zona.

Las diferentes consecuencias generadas en las tres zonas de desastre requirieron de maneras particulares de acciones organizacionales para una respuesta a tiempo y oportuna Como resultado, el Presidente del Ecuador estableció un comité nacional de emergencias, encabezado por el Secretario del Consejo de Seguridad Nacional y un funcionario del Ejército Ecuatoriano para dirigir la operación nacional de desastre. Sin embargo, las necesidades simultáneas de las poblaciones en las tres zonas y el impacto masivo sobre la economía nacional debido a la pérdida combinada de los ingresos por las exportaciones de petróleo y costo de reconstrucción del oleoducto y rutas de transporte requirieron recursos más allá de la propia capacidad del Ecuador. Como resultado, cerca de 22 naciones respondieron a estas necesidades. Sin embargo, los requerimientos para la coordinación y comunicación entre las naciones participantes y entre los niveles ecuatorianos y la jurisdicción gubernamental en la deliberación simultánea de servicios a las tres zonas de desastre mostraron la complejidad de la interacción organizacional.

El comité nacional de emergencia tuvo también la responsabilidad de coordinar actividades para las organizaciones voluntarias e internacionales que participaron en la operación de desastre. En realidad, la complejidad de las operaciones y la falta de medios de comunicación entre funcionarios nacionales y el gobierno local necesitó que mucho del trabajo actual sea realizado localmente lo que limitó la contribución desde un nivel nacional.

Como resultado, las organizaciones voluntarias jugaron un rol importante en este desastre, particularmente a nivel comunitario Estas organizaciones, unidas a la comunidad internacional, proveyeron recursos que no estuvieron disponibles inmediatamente dentro del Ecuador e iniciaron el diseño e implementación de actividades de asistencia ante desastres

El patrón resultante de una red internacional, a veces traslapada, a veces operando independientemente o sin coordinación, parece ser función de al menos cuatro factores: (1) complejidad del medio del desastre, (2) requerimientos diferentes de tecnología y recursos para los problemas mencionados, (3) número y diversidad de organizaciones participantes, y (4) facilidades limitadas, personal y entrenamiento para coordinación de las comunicaciones en manejo de desastres.

Se identificaron varias necesidades en este estudio de campo. Se incluye la necesidad de (1) mejorar las comunicaciones, (2) una mejor coordinación de acciones entre las múltiples organizaciones para mejorar las operaciones en caso de desastres, (3) desarrollar y diseminar información más completa y sistemática para un amplio sector de organizaciones involucradas en manejo de desastres, (4) ser especialmente sensibles en la asistencia durante el desastre a las víctimas en las comunidades con estándares económicos marginales, y (5) evaluar el rendimiento en operaciones de desastre y proveer conocimientos constructivos a las organizaciones participantes para mejorar su eficiencia en futuros desastres.

Este estudio también recomienda varios tópicos que prevengan futuros esfuerzos investigativos: (1) diseño y desarrollo de un sistema de información interactivo para toma de decisiones en manejo de desastres, (2) diseño de operaciones simuladas postdesastres interorganizacionales e interjurídiccionales como medio de explorar los límites y capacidades de los procesos de decisión humanos en medios de desastre, (3) inquirir en el diseño y desarrollo de redes con formas apropiadas de organización para la rápida movilización, implementación y evaluación de manejo ante desastres, y (4) fomentar en el manejo de fondos económicos que faciliten la participación interorganizacional.

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[1] (Figura 1.1), aproximadamente 100 km al ENE de Quito y 25 km al N del volcán El Reventador (Figuras 1.2, 1 3).

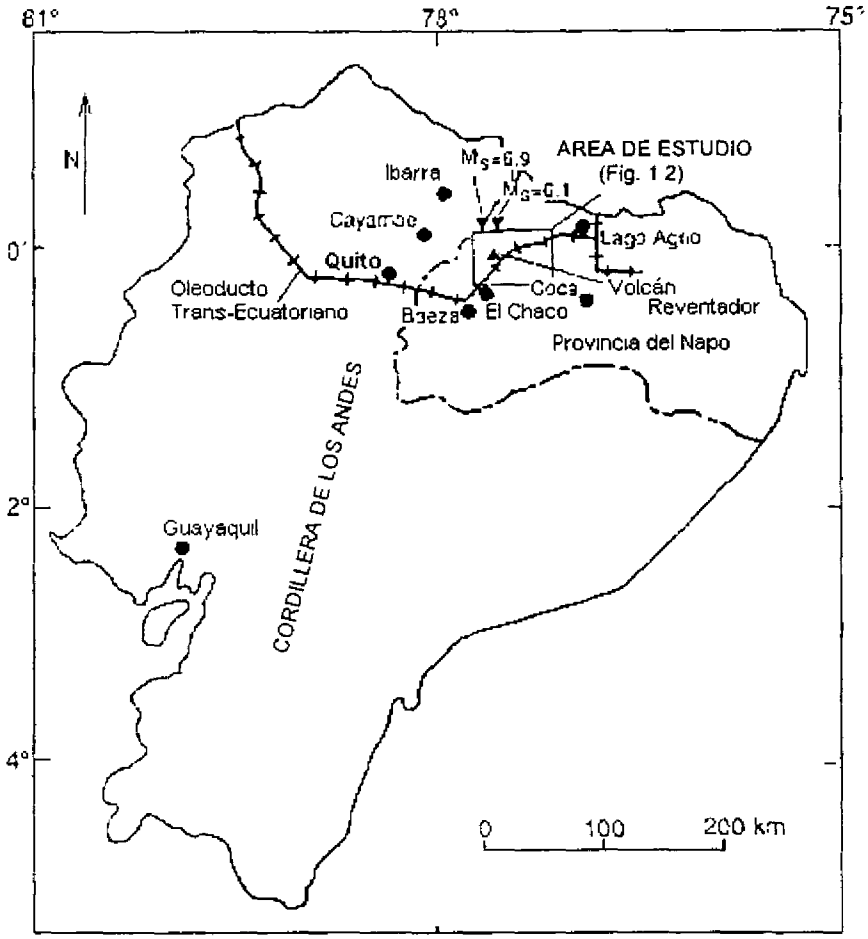


FIGURA 1.1 Mapa índice del Ecuador mostrando localidades de la Provincia de Napo, las montañas de los Andes, el volcán El Reventador (triángulos rectos), epicentros de los terremotos de 1987 (triángulos invertidos), el oleoducto trans-ecuatoriano, pueblos y caseríos (círculos negros) que sufrieron daños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

---

[1] *Actualmente la zona de los epicentros corresponde a la nueva Provincia de Sucumbíos*

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).

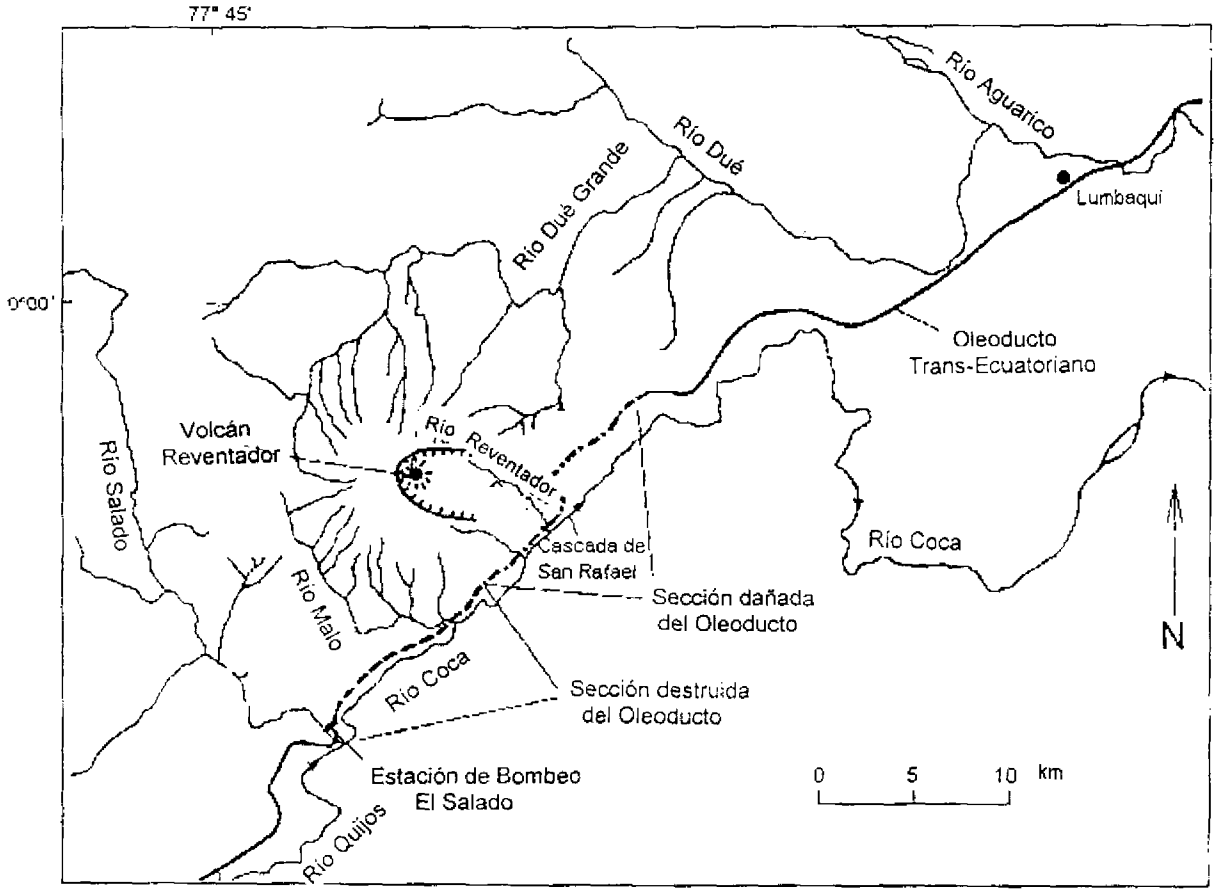


FIGURA 1.2 Area estudiada de los grandes deslizamientos en masa e inundaciones provocados por los terremotos de 1987, mostrando secciones del daño al oleoducto trans-ecuatoriano.

En el pueblo de El Chaco (50 km al S de los epicentros), un gimnasio con armazón 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-ecuatoriano 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.

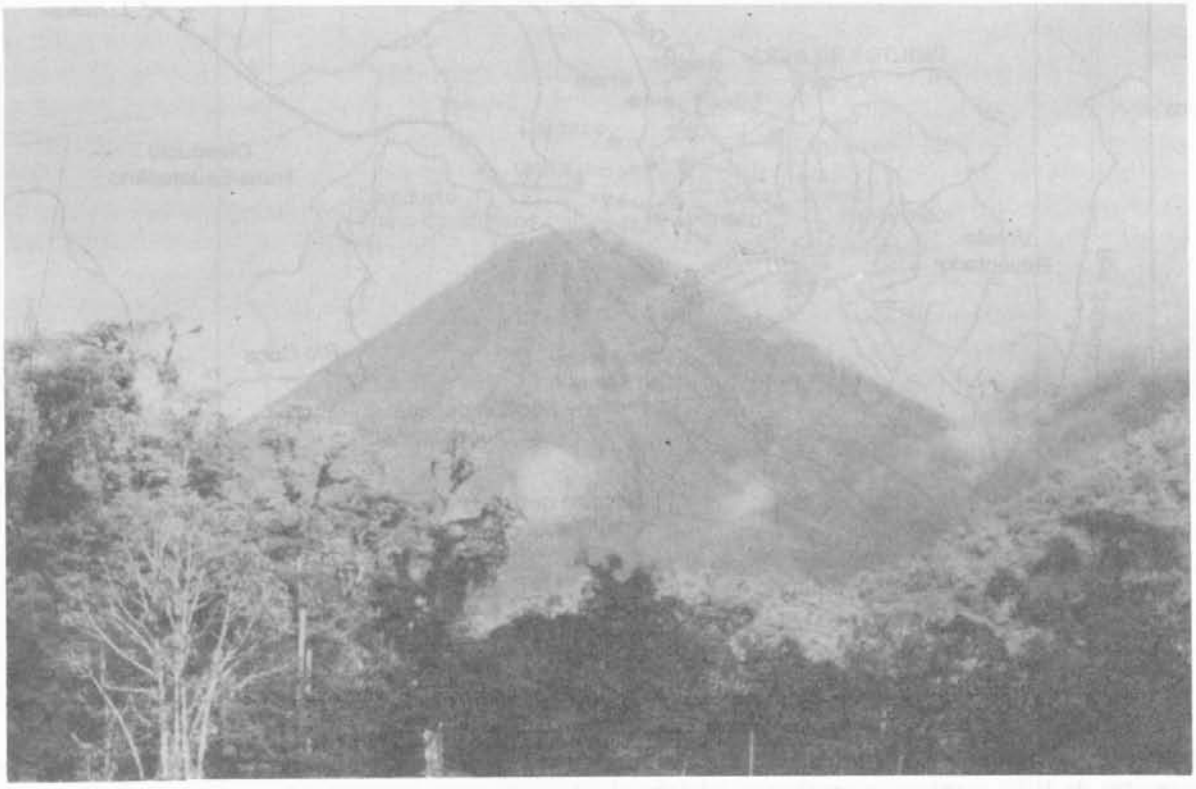


FIGURA 1.3 Volcán El Reventador (altura 3.562 m.) (Fotografía por S.D. Schwarz, 1978).

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

económicas (Keefer, 1984). En algunos casos, han denudado miles de kilómetros cuadrados de pendientes inestables de colinas. Particularmente sorprendente ha sido la denudación de pendientes saturadas en agua, cubiertas de vegetación selvática en áreas tropicales (Pain, 1972; Garwood et al., 1979).

FIGURA 1.4 Cruz erigida en memoria de los nueve empleados de la Compañía Rodio S.A. que se ahogaron en el río Coca, cerca del río Malo, mientras trataban de escapar de la inundación provocada por los terremotos del 5 de Marzo de 1987.

Otro riesgo secundario provocado por los grandes deslizamientos en masa inducidos por los terremotos es la formación de represas por derrumbe. Estas obstrucciones a corrientes naturales provocan inundaciones aguas arriba por represamiento de las corrientes, y frecuentemente se rompen catastróficamente, provocando inundaciones aguas abajo. Algunas de las inundaciones más devastadoras a nivel mundial se produjeron como resultado de la ruptura de grandes represamientos formados por deslizamientos en masa provocados por terremotos (Schuster y Costa, 1986; Costa y Schuster, 1988). En una revisión de más de 400 casos de represamientos históricos debido a deslizamientos en masa, Costa y Schuster (1991) notaron que cerca del 35 por ciento de estos represamientos se formaron debido a deslizamientos en masa provocados por terremotos.

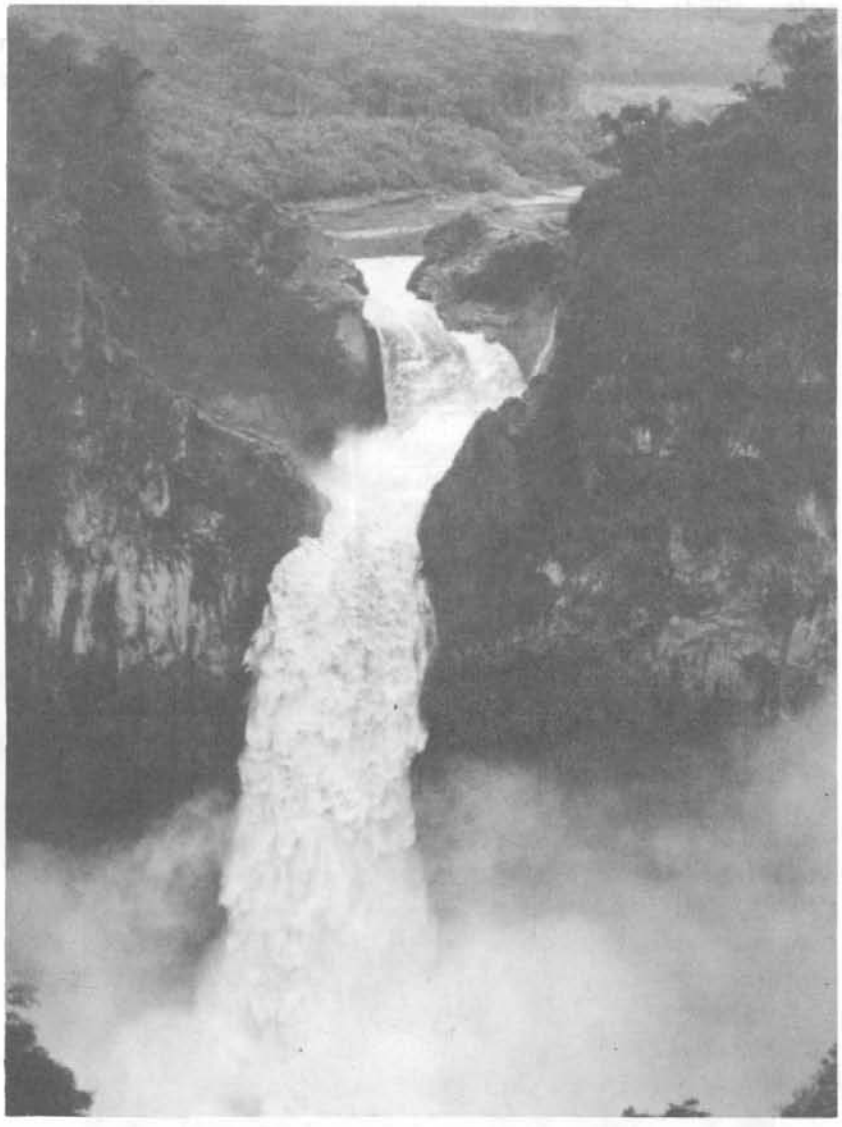


FIGURA 1.5 Cascada de San Rafael (altura aproximada 120 m.) en el río Coca aguas abajo del volcán El Reventador. El borde de la cascada está formado por flujos de lava resistentes a la erosión. Esta cascada es el límite aproximado aguas abajo de los graves daños debido a los deslizamientos/inundaciones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

FIGURA 1.7 Pared NE del valle del rio 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 km^2 (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 km^2 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 km^2 (12 por ciento de la región afectada de 450 km^2). 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 km^2 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-ecuatoriano 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 acarreando 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.

Keefer, 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 fur 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. Mabbut, 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.

GEOLOGIA GENERAL DEL NORORIENTE ECUATORIANO

A. S. Nieto, Departamento de Geología, Universidad de Illinois, Urbana.

La geologia de la parte nororiental del Ecuador así como los procesos físicos actuales relacionados con la geología están influidos por los mecanismos tectónicos responsables del desarrollo de las montañas andinas. Tanto la geología como los procesos físicos activos (deslizamientos, volcanismo, erosión, meteorización) son complejos y variados. El lector puede consultar estudios clásicos sobre esta materia (Tschopp, 1953; Lewis et al, 1956; Ham y Herrera, 1963, Feininger, 1975, Hall, 1977; Baldock, 1982a,b; Feininger, 1987; etc.). La exploración de petróleo y minerales ha impulsado estudios detallados de la geología del nororiente ecuatoriano. En base a las fuentes anteriormente citadas se han redactado con cierta libertad los siguientes párrafos.

Los Andes han creado tres zonas geológicas y geomorfológicas: (1) las planicies costeras (Costa) al O, (2) el área central montañosa o Andes propiamente dicho (Sierra); y (3) las zonas bajas del E (Oriente) (Figuras 2.1 y 2.2). La figura 2.1 presenta un esquema geomorfológico-geológico del Ecuador. La Costa es una región con bajo relieve y altura, ubicada al O de la Cordillera Occidental, la cual es uno de los dos mayores brazos de los Andes ecuatorianos Gran parte de los terrenos superficiales de la Costa consiste de suelos volcánicos y aluviales cuaternarios que pueden ser inestables bajo la acción de cargas sísmicas. Sin embargo, la energía irradiada por los sismos del 5 de Marzo de 1987, alcanzó niveles insignificantes al llegar a la Costa. Por esta razón, esta región no será analizada aquí. Solamente la geología de las dos terceras partes ubicadas al E del Ecuador (Sierra y Oriente) se discutirán en este capítulo, debido a que se trata del área más afectada por los sismos

LA SIERRA

La Sierra está limitada al O por una zona de sutura (falla Jubones), la misma que marca el límite oriental de la Costa y al E por el cinturón de fallas y pliegues de tras-arco de la provincia oriental (Figura 2 1). La Sierra corre a lo largo del país aunque tiene solo 150 km de ancho, siendo mucho más delgada que el resto de los Andes. En la Sierra existen tres zonas geológicas-geomorfológicas: la Cordillera Occidental, el Valle Interandino y la Cordillera Real.

Existen por lo menos dos interpretaciones sobre el origen de la Cordillera Occidental. Baldock (1982a) interpretó la zona como una secuencia de sedimentos de arco volcánico (formación Macuchi), los cuales fueron depositados desde el Cretácico Tardío hasta el Eoceno y posteriormente fueron emplazados tectónicamente. El basamento es de corteza continental, excepto en el extremo norte. Feininger (1987) también interpretó los sedimentos como de origen volcánico. Sin embargo, la presencia de altas anomalías gravimétricas de Bouguer a lo largo de la Costa y la Cordillera Occidental llevaron a Feininger a considerar que toda el área ubicada al O del Valle Interandino por el N, así como la parte superior de la cuenca Amazónica por el S, constituyen terrenos alóctonos subyacidos por corteza oceánica

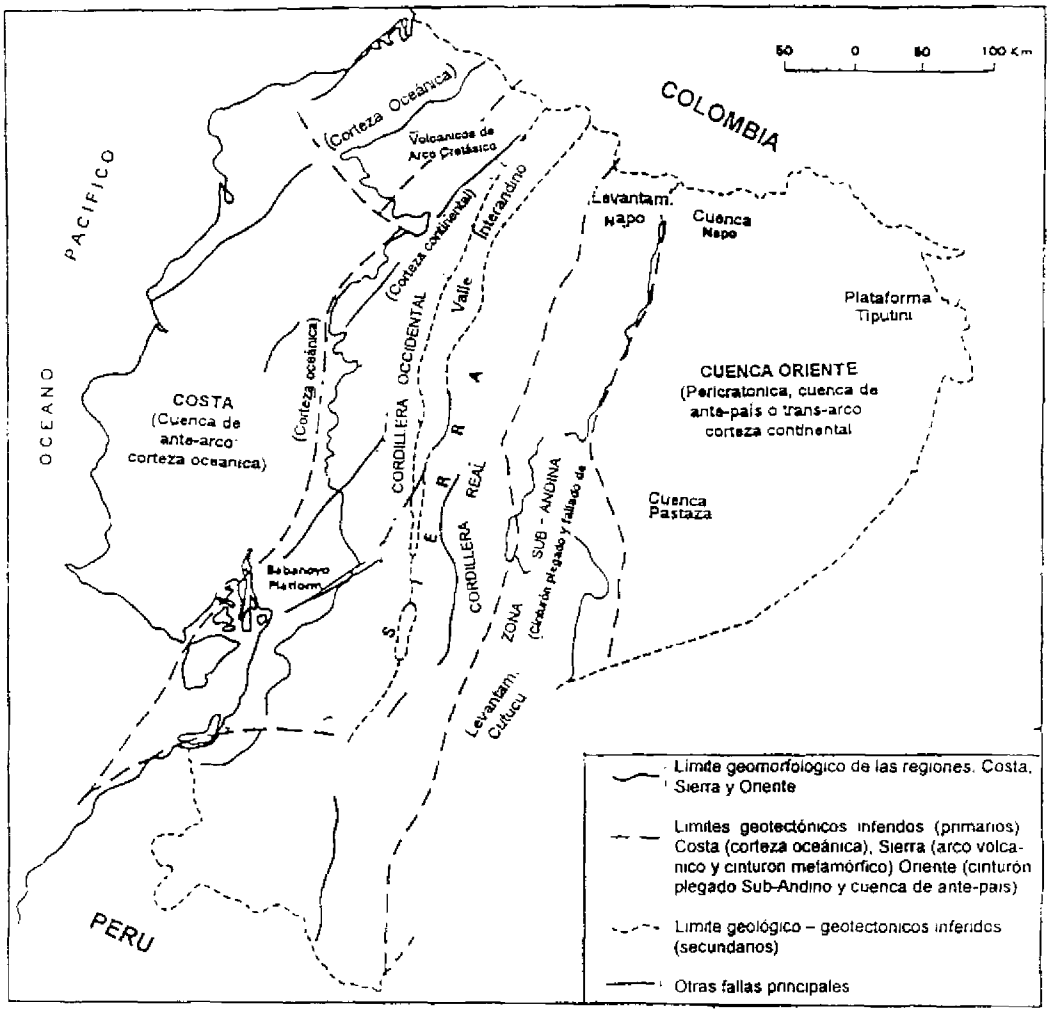


FIGURA 2.1 Esquema geológico-geomorfológico del Ecuador (tomado de Baldock, 1982b).

La formación Macuchi consiste de una gruesa secuencia de depósitos volcanoclásticos andesiticos y lavas en forma de almohadilla. Esta formación está recubierta por sedimentos marinos y volcanoclásticos del Paleoceno al Eoceno. En algunas áreas, sedimentos del Mioceno cubren a la formación Macuchi, la cual es cortada por pequeños cuerpos intrusivos del Terciario Tardío En las partes más altas de esta zona, depósitos volcánicos del Neógeno al Cuaternario recubren a la formación Macuchi.

El Valle Interandino es un graben situado entre las dos cordilleras (Figura 2.1). Las cuencas intramontañosas que ocupan esta región son más notorias en el N y se vuelven más pequeñas y menos continuas en el S. Estos valles altos (2.500 a 3.000 metros de elevación) están rellenados con sedimentos y depósitos piroclásticos del Cuaternario. El más importante de estos depósitos volcánicos está constituido de ceniza y es conocido como "cangahua". Esta ceniza, fino granular de origen eólico, es fundamentalmente no estratificada y débilmente cementada. A veces toma la apariencia de loess o de una arenisca muy porosa y levemente cementada La cangahua es un material propenso a derrumbes superficiales.

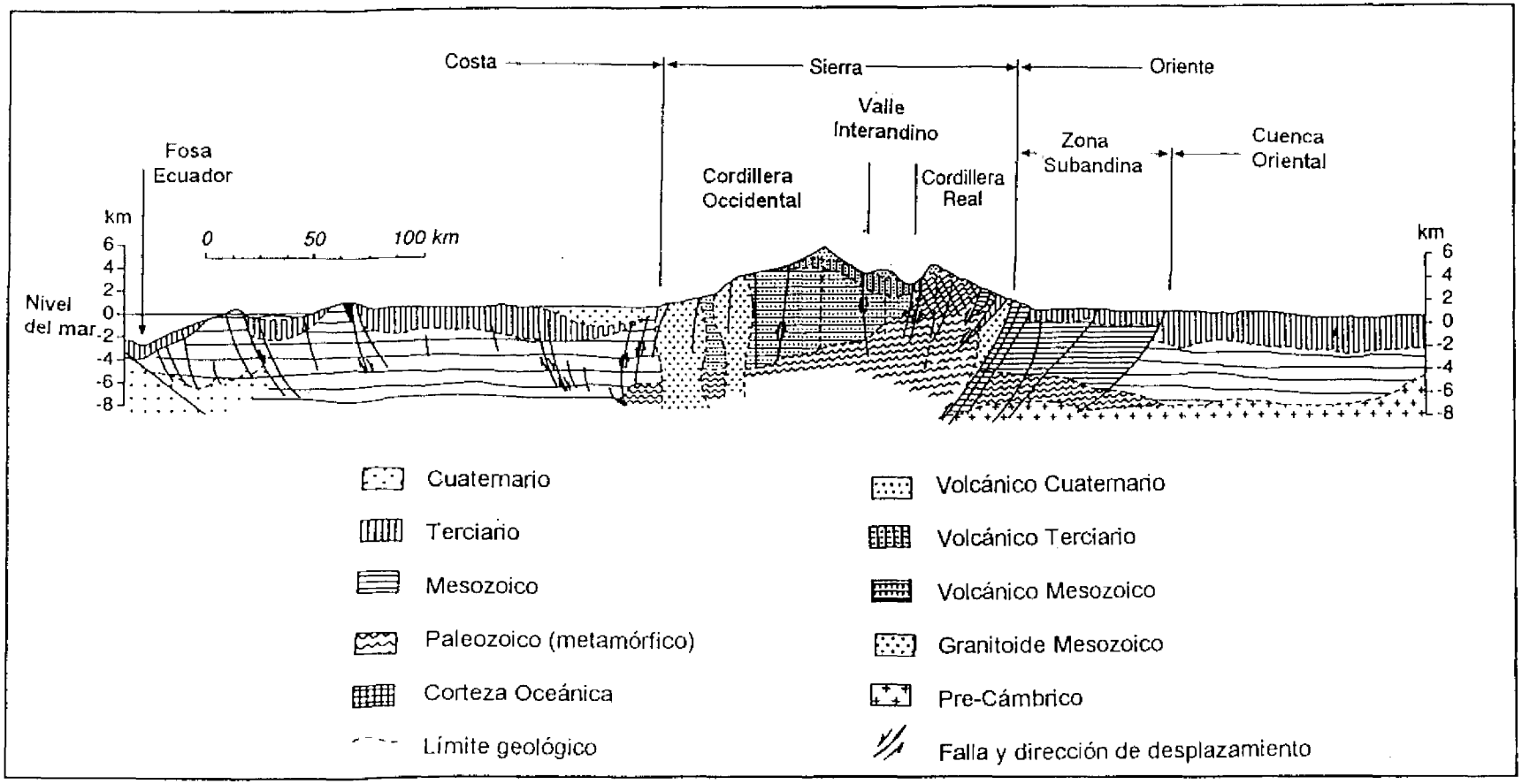


FIGURA 2.2 **Corte geológico E-W de Ecuador a una latitud aproximada de 1°30' S (tomado de Baldock, 1982b; simplificado por Hakuno y otros, 1988).**

La Cordillera Real está limitada al O por el Valle Interandino y al E por la zona sub-Andina. Rocas metamórficas del Paleozoico, o a veces más antiguas, son dominantes en esta región. Estas rocas metamórficas fueron probablemente formadas durante un evento de la orogenia Caledoniana (Baldock, 1982a). Eventos orogénicos posteriores, incluyendo las orogenias Laramídica y Andina seguramente afectaron también a las rocas de la Cordillera Real. Las litologías presentes en la región contienen una gruesa secuencia de esquistos con moscovita y biotita del Paleozoico y una secuencia de esquistos micáceos y esquistos cloríticos (Grupo Llanganates). Solamente en pocas áreas se ha observado plegamiento isoclinal en estas rocas. El clivaje de crenulación formado después del plegamiento puede implicar la acción de un evento orogénico posterior. La mayoría del fracturamiento es el resultado de los efectos de la orogenia Andina y del levantamiento producido en el Neógeno. La región está esporádicamente cubierta por rocas volcánicas cuaternarias (lavas) y sedimentos (cangahua), los cuales son a menudo discordantes con las rocas metamórficas subyacentes.

EL ORIENTE

El Oriente (Figuras 2.1 y 2.2) consiste de dos zonas estructurales y provincias fisiográficas distintas: la cuenca oriental y la zona sub-Andina. Fisiográficamente, la zona sub-Andina consiste de colinas de piedemonte que alcanzan elevaciones de hasta 2.000 m. Los ríos con drenaje hacia el E han cortado profundamente a estas colinas de piedemonte. El clima varía desde tropical en las zonas orientales hasta subtropical en las zonas más altas del O. Las precipitaciones son altas en toda la región, como consecuencia, las tasas de meteorización son generalmente altas. La zona sub-Andina, la cual limita con la Cordillera Real (Figuras 2.1 y 2.2), es un cinturón de cabalgamiento y plegamiento de tras-arco, tectónicamente asociado con los Andes (Baldock, 1982a). Dos elementos plegados, el levantamiento Napo al N y el levantamiento Cutucú al S, están separados por el arco Loracachi. El volcán El Reventador está localizado sobre el levantamiento Napo.

La cuenca oriental (o Amazónica) está ubicada al E de la zona sub-Andina. Se trata de una región levemente ondulada que posee una historia tectónica más estable que la de la zona sub-Andina. La estratigrafía de las dos zonas es similar.

El Escudo Guayanés (rocas cristalinas del Precámbrico) constituye el basamento de la cuenca oriental. Parte del Oriente experimentó transgresiones y sedimentación durante el Paleozoico Temprano. La orogenia Caledoniana afectó a la región oriental solo con el cambio hacia el E de los ejes de sedimentación. Las litologías Paleozoicas incluyen lutitas y areniscas cuarcíticas de la formación Devoniana Pumbuiza y calizas de la formación Carbonífera Macuma. Tres eventos tectónicos ocurridos durante el Mesozoico y el Terciario Tardío tuvieron poco efecto tectónico en el Oriente. De manera similar, la orogenia Laramídica del Eoceno Tardío y el Oligoceno tuvo una mínima influencia en el Oriente. La sedimentación de cuencas terminó en la depositación de litologías continentales y de agua dulce. Las "capas rojas" (formación Chapiza) y clastos y piroclastos (miembro Misahuallí de la formación Chapiza), todos del Jurásico Medio al Cretáceo Tardío subyacen a las formaciones Cretácicas Hollín, Napo y Tena. En el área de El Reventador, el miembro Misahuallí tiene un mayor espesor y es predominantemente volcánico Los tipos de roca asociados con el grupo Hollín-Napo-Tena incluyen areniscas cuarcíticas (formación Hollín), las cuales son las rocasreservorios para el petróleo en el nororiente ecuatoriano. La sobreyacente formación Napo consiste de lutitas, calizas y areniscas, todas de origen marino. Las areniscas también pueden ser consideradas como rocas repertorios La formación Tena también está compuesta

de "capas rojas" y lutitas. Las "capas rojas" y algunas areniscas y arcillas representan una fase de depositación durante el Cenozoico Temprano

La mayor deformación en la zona sub-Andina ocurrió en el Mioceno Tardío y Plioceno. El sobrecorrimiento y levantamiento ocurridos durante dicho tiempo fueron responsables de la actual separación de las dos zonas en el Oriente. Las mayores fallas inversas asociadas con este evento tienen generalmente un rumbo NNE-SSW (Figuras 2.1 y 2.2). En el área del volcán El Reventador, localizado en el levantamiento Napo, se ha observado dos conjuntos adicionales de fallas o fracturas (INECEL, 1987). Hay indicios de metamorfismo de bajo grado asociado con algunas de las grandes fallas inversas (NNE-SSW) en el área del volcán El Reventador del levantamiento Napo.

La sedimentación clástica del Cuaternario en el Oriente contiene una variedad de depósitos, desde lavas y piroclastos con todos los tamaños de grano hasta materiales coluviales y aluviales (abanicos de piedemonte) y rellenos aluviales.

Dos grandes áreas de volcanismo Cuaternario se encuentran en la zona sub-Andina (Hall, 1977) (Figura 2.1). El volcán Sumaco (a 20 km al SE de Baeza, Figura 1.1) depositó basaltos alcalinos subsaturados. El volcán El Reventador (Figuras 1.1 y 1.3) exhibe una muestra más típica de litologías; incluyendo basaltos andesíticos y una significativa cantidad de depósitos de lahares y piroclastos. Los dos volcanes están situados en el levantamiento Napo y cubren a las rocas Cretácicas. Aunque los volcanes Sumaco y El Reventador son considerados activos, solo El Reventador ha tenido una frecuente actividad histórica. La evolución morfológica del volcán El Reventador comenzó en el Plioceno. Inicialmente, el cono volcánico original (Paleo Reventador I) colapsó posiblemente en el Plioceno; los restos de este colapso crearon el "Complejo Volcánico Basal" de INECEL (INECEL, 1987). La actividad se reanudó en el Holoceno y culminó con el colapso del otro cono (Paleo Reventador II) hace aproximadamente 20.000 años; este segundo cono ha sido nombrado como "Paleo Reventador" por INECEL. Este segundo colapso represó al río Coca y causó la depositación de 20 m de sedimentos lagunares que han sido datados por INECEL utilizando métodos radioactivos. El material de los dos colapsos alcanzó la ribera derecha del río Coca creando terrenos de escombros volcánicos que están presentes actualmente en dicha zona.

REFERENCIAS

Baldock, J.W., 1982a. Geology of Ecuador - Bulletin of the National Geological Map of the Republic of Ecuador. Ministerio de Recursos Naturales y Energía, Dirección General de Geología y Minas, Quito, 70 pp.

Baldock, J., 1982b. National Geological Map of the Republic of Ecuador. Ministeno de Recursos Naturales y Energía, Dirección General de Geología y Minas, Quito, Escala 1:1'000 000

Feininger, T., 1975 Origin of petroleum in the Oriente of Ecuador. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 59(7): 1166-1175.

Feininger, T., 1987. Allochtonous terranes in the Oriente of Ecuador and northwestern Peru. Canadian Journal of Earth Sciences 24: 266-278.

Hakuno, M., Okusa, S y Michiue, M., 1988. Study Report of Damaged Done by the 1987 Earthquakes in Ecuador 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 62601022), Research Report on Unexpected Disasters No. B-62-2, 38 pp.

Hall, M.L., 1977. El Volcanismo en el Ecuador Publicación del I.P.G H , Sección Nacional del Ecuador, Quito, 73-80.

Ham, C.K and Herrera, L.J , 1963. Role of the Subandean Fault System on tectonics of Eastern Peru and Ecuador. Pp 47-61 in Backbone of the Americas - Tectonic History from Pole to Pole O E. Childs and B W Beebe, eds American Association of Petroleum Geologists Memoir 2

INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación), 1987 Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair - Estudios de Factibilidad Ministerio de Energía y Minería, República del Ecuador, 24 pp. más figuras

Lewis, G.E., Tschopp, H J and J G , Marks, 1956. Ecuador, pp 250-291 in Handbook of South American Geology - an Explanation of the Geologic Map of South America. W F Jenks, ed Geological Society of America Memoir 65.

Tschopp, H.J., 1953 Oil explorations in the Oriente of Ecuador, 1938-1950 Bulletin of American Association of Petroleum Geologists 37(10). 2303-2357.

3

TECTONISMO Y SISMICIDAD

A. F. Espinosa, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Denver, Colorado
M. L. Hall, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
H. Yepes, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

INTRODUCCION

El Ecuador está continuamente expuesto a sufrir terremotos y otros riesgos geológicos. En particular, el potencial de terremotos ha constituido siempre una amenaza para los habitantes del Ecuador, de tal modo que la coexistencia con la actividad sísmica ha pasado a ser parte de la cultura ecuatoriana.

Desde el punto de vista de riesgos, uno debe diferenciar entre terremotos de origen tectónico y aquellos asociados con volcanismo. En los últimos 80 años algunos grandes terremotos (eventos interplaca) han ocurrido en la zona de subducción del Ecuador, y sus mecanismos de ruptura fueron varios (Kanamori y McNally, 1982). Eventos intraplaca de poca profundidad, como el terremoto de Marzo de 1987, ocurren en los Andes, distantes de la zona activa de subducción Estos terremotos crean serios problemas socioeconómicos para el pais y provocan cientos de riesgos geológicos asociados: deslizamientos en masa, subsidencia, licuefacción, represamiento de ríos y otros efectos comunes a terremotos que han ocurrido en condiciones geológicas similares (Espinosa, 1979).

Aunque han ocurrido varios terremotos destructivos intraplaca, no se han realizado estudios sistemáticos probabilísticos para conocer el peligro de los terremotos. Utilizando información macrosísmica de crónicas del siglo XVI (Egred, 1988), un epicentro aproximado a 0.14°S y 78.27°W fue asignado a un terremoto que tuvo lugar en Abril de 1541 con una magnitud de 7.0. El 16 de Agosto de 1868, un gran terremoto ocurrió a 0.31°N y 78 18°W con una magnitud de 7 7. El 23 de Junio de 1925, tuvo lugar un terremoto con una magnitud de 6.8 con una profundidad de foco de 180 km y fue localizado a 0.0°, 77°W. Un gran terremoto interplaca con M_w=8.8 tuvo lugar el 31 de Enero de 1906, con un alcance de ruptura del orden de 500 km (Kanamori y McNally, 1982). Otros grandes terremotos interplaca han ocurrido en el noroccidente ecuatoriano, incluyendo aquellos del 14 de Mayo de 1942 (M_s=7.9) y el 19 de Enero de 1958 (M_s=7.8). El 5 de Marzo de 1987[1], el evento principal (M_s=6.9) ocurrió en el Ecuador interior, en una zona altamente fallada de rocas intrusivas Jurásicas y metamórficas Cretácicas. Este terremoto y su mayor premonitor (M_s=6.1) son el tema de este capitulo.

[1] *Horas y fechas en este capitulo se basan en hora local ecuatoriana excepto cuando se ha especificado como U.T C (Hora Universal Coordinada), la cual es equivalente a la hora de Greenwich (GMT)*

MARCO TECTONICO

Una sismicidad activa ocurre continuamente en más de 6000 km a lo largo del borde occidental de América del Sur. La placa oceánica Nazca invariablemente está siendo subducida en dirección E bajo el continente a lo largo de la bien definida zona de Wadati-Benioff. La característica tectónica más notable en la placa Sudamericana es la cordillera de los Andes, que comparte un patrón tectónico común desde Colombia en el N hasta Chile en el S. Las principales características fisiográficas de los Andes son el resultado de la subducción de la litosfera del Pacífico bajo el continente Sudamericano.

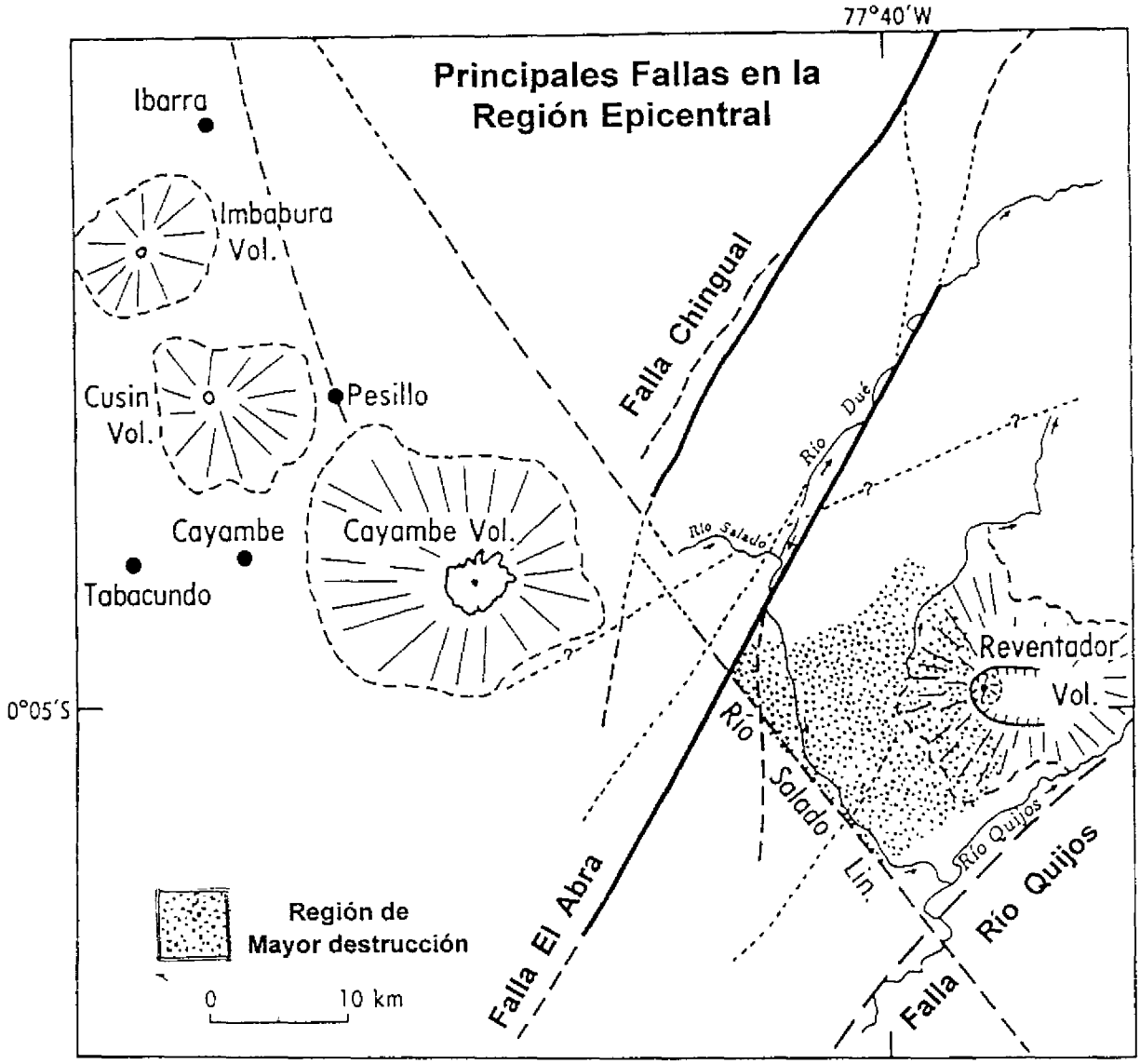


FIGURA 3.1 Mapa que presenta el sistema de fallas alrededor de la región epicentral (Imagen LANDSAT No. 010060, identificación e interpretación por M.L. Hall, 1986, no publicada).

Tres regímenes tectónicos distintos caracterizan a la placa Nazca en dirección al océano en Colombia y Ecuador Entre las latitudes 1° y 7°N, la fisiografía del fondo oceánico es casi plana. Sus edades varían progresivamente de 10 a 26 millones de años hacia el N (Lonsdale y Klitgord, 1978), su subducción hacia el E, bajo Colombia, coincide con una hilera de estratovolcanes activos. Entre las latitudes 2° y 4°S, el fondo oceánico frente a la fosa ecuatoriana es una zona fracturada y compleja, de 230 km de ancho. Esta región está atravesada por varias zonas de fractura oceánicas con rumbo NE, identificadas como las fracturas Grijalva, Alvarado y Sarmiento Como esta región es subducida bajo el continente Sudamericano, ésta puede comportarse como una microplaca separada e independiente de las placas adyacentes (Pennington, 1981; Hall y Wood, 1985).

En medio de estos dos regímenes tectónicos, entre las latitudes 1°N y 2°S, una cordillera montañosa submarina llamada la Cordillera de Carnegie, la cual fue creada por material generado por el punto caliente de Galápagos, choca contra el continente Sudamericano. Esta cadena montañosa tiene aproximadamente 300 km de ancho y 3 km de alto, y descansa sobre corteza oceánica antigua de más de 16 millones de años. Durante los últimos 25 millones de años, la placa Nazca se ha desplazado hacia el E con una velocidad relativa de 5 cm/año (Pilger, 1983), subduciendo la Cordillera de Carnegie orientada E-O bajo la parte central del Ecuador. Lonsdale (1978) estimó que la subducción de la Cordillera de Carnegie comenzó hace cerca de 2 o 3 millones de años, mientras Pennington (1981) estimó un comienzo aún más temprano. Probablemente su subducción comenzó hace 5 o 6 millones de años, cuando, debido a la dificultad de subducir este gran rasgo fisiográfico, el desplazamiento en dirección E de la placa Nazca disminuyó, lo que permitió finalmente que el crecimiento continuo de los volcanes gracias a la constante alimentación de lava por el punto caliente de Galápagos alcance la superficie del mar antes de que la placa se desplazara hacia adelante (J.W. Spence y M L. Hall, com. pers., 1987).

Donde tiene lugar la subducción de la Cordillera de Carnegie, la fosa es somera, la región costera está siendo levantada y en los Andes ocurre un volcanismo extenso y químicamente diverso. El tipo de fallamiento y sismicidad de la región puede estar relacionado con la subducción de la Cordillera de Carnegie. Otros rasgos tectónicos pueden ser también atribuidos a esta subducción, como la gran altura de los Andes ecuatorianos en esta zona, la formación de estratovolcanes, y las activas fallas transcurrentes (Hall y Wood, 1985). La zona de fractura Yaquina (Lonsdale y Klitgord, 1978) no es paralela al rumbo de las fallas de transformación N-S adyacentes en la cuenca de Panamá, pero gira hacia el occidente a medida que se acerca a la Cordillera de Carnegie, sugiriendo que la subducción de la placa Nazca en esta región ha sido considerablemente disminuida, debido muy probablemente a la dificultad en subducir un rasgo fisiográfico tan grande como la Cordillera de Carnegie (Hall y Wood, 1985) La colisión de la Cordillera de Carnegie con el Ecuador continental ha alterado la distribución de los esfuerzos tectónicos a lo largo de este margen convergente, dando como resultado la formación de muchas fallas con direcciones NO-SE y NE-SO. Sistemas de fallas bien conocidos con orientación NE-SO incluyen aquellas del Golfo de Guayaquil, Pallatanga y las fallas del valle Alausí-Guamote entre otras. Varios de los terremotos destructivos que han ocurrido en Ecuador, en Riobamba, 1797 y en Alausí, 1961, entre otros, han sido correlacionados con estas fallas de rumbo NE-SO. Lineamientos mayores y fallas con orientaciones NO-SE han sido identificados por Hall y Wood (1985) delimitando regiones de segmentación tectónica, siendo los lineamientos más importantes el de Esmeraldas-Pastaza y el del río Mira-Salado La intersección de varios juegos de fallas conjugadas ocurre en el Valle Interandino, una región bien conocida por su alta sismicidad y terremotos destructivos,

como el terremoto de Ibarra de 1868, el terremoto de Ambato de 1949 y los terremotos de Pastocalle de 1944 y 1976.

En la región del terremoto del 5 de Marzo de 1987, cuatro juegos principales de fallas y lineamientos han sido claramente identificados en imágenes de satélite (LANDSAT No. 010060, identificación e interpretación por M.L. Hall, 1986, no publicada) como lo muestra la Figura 3.1. La falla Abra se orienta con rumbo N40°E y pasa a través del pie occidental del volcán El Reventador (Figura 3.1). Esta falla tiene una expresión superficial de al menos 180 km de largo como ha sido identificada en las imágenes LANDSAT. Lineamientos paralelos con una longitud de hasta 80 km son visibles aproximadamente 10 km al NO de la primera falla. Otra falla que yace al E del volcán El Reventador con rumbo paralelo al de las fallas anteriores es conocida como falla del río Quijos (Figura 3.1) Todas estas fallas son consideradas fallas inversas paradas. El cuarto sistema está asociado con el lineamiento del río Mira-Salado; este sistema tiene rumbo N29°O y tiene 260 km de largo. Algunos de estos rasgos tectónicos se muestran también en la Figura 3.2, junto con la ubicación del volcán El Reventador

SISMICIDAD Y MECANISMOS FOCALES

La sismicidad somera de la región desde la latitud 5°S a 5°N y longitud 75° a 85°O, para el período comprendido desde 1962 hasta 1987, se muestra en la Figura 3.3A. En esta Figura, a todos los terremotos someros registrados por medio de instrumentos con profundidades inciertas, se les ha asignado una profundidad de 33 km; estos son probablemente someros, ya que las fases de profundidad no están bien diferenciadas Están ploteados los sismos con magnitudes de onda de cuerpo y/o superficiales iguales o mayores a 4 5. La sismicidad más alta ocurre en la zona entre Ecuador y Colombia desde las latitudes 1° a 4°N y longitudes 77° a 80°O, muchos de los cuales son réplicas que siguieron al terremoto del 12 de Diciembre de 1979 (M_s=7.7). Existe también una zona sísmica difusa en el interior del Ecuador que no muestra ningún patrón definido que pueda ser directamente asociado con las estructuras tectónicas regionales a esta escala. La distribución de los sismos para profundidades de foco entre 33 y 100 km, y entre 100 y 300 km, se muestran en las Figuras 3.3B y 3.3C respectivamente La actividad tectónica representada en la Figura 3 3B muestra una concentración de sismicidad máxima en la parte SO del Ecuador. La litosfera en la parte N de la placa Nazca tiene un ángulo de subducción moderado, y su configuración geométrica no es uniforme debido a la presencia de la Cordillera de Carnegie que está subduciéndose. La mayor sismicidad a profundidades mayores de 100 km se muestra en la Figura 3.3C y está concentrada entre la latitud 1° y 2°S y longitud aproximada de 78°O. Los terremotos destructivos de tiempos históricos han sido grandes y poco profundos cuyos epicentros estuvieron cerca a las áreas urbanas.

Estudios del potencial de terremotos, utilizando probabilidad condicional estimada (Nishenko, 1989), han mostrado una probabilidad del 66 por ciento para la ocurrencia de un gran terremoto (M_s = 7.7) que tendría lugar a lo largo de la zona de subducción entre latitud 0.5°S y 1.2°N en el período comprendido entre 1989-1999. El último gran terremoto a lo largo de esta zona de subducción ocurrió el 14 de Mayo de 1942 con una magnitud de onda superficial de 7.9. La probabilidad condicional estimada fue evaluada utilizando catálogos de sismicidad histórica e instrumental de la región; sin embargo, el registro histórico para esta región es pobre (Heaton y Hartzell, 1986).

Los epicentros y las magnitudes para el premonitor y para el evento principal del 5 de Marzo de 1987, determinados luego por el Centro Nacional de Información Sísmica del Servicio Geológico de los Estados Unidos (NEIC), se presentan en la Tabla 3.1. Estos parámetros fueron utilizados para determinar las soluciones del mecanismo focal para estos terremotos. El momento sísmico (M_0) para el premonitor fue de $5x10^{26}$ dinas-cm, y para el evento principal fue de $6.4x10^{26}$dinas-cm. Los epicentros anteriores fueron recalculados luego por el NEIC, los nuevos parámetros de los terremotos se listan en la Tabla 3.2. Las ubicaciones para el premonitor, el evento principal y las réplicas fueron determinadas utilizando la red local de estaciones desplegada y mantenida por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito; la determinación de los parámetros de los terremotos se presentan en la Tabla 3.3

La Figura 3.2 muestra en estrellas obscuras los epicentros de los terremotos del 5 de Marzo listados en la Tabla 3.1; sus epicentros relocalizados listados en la Tabla 3 2 en estrellas claras; y su relación con la geología regional y los principales sistemas de fallas alrededor de la región del epicentro[2].

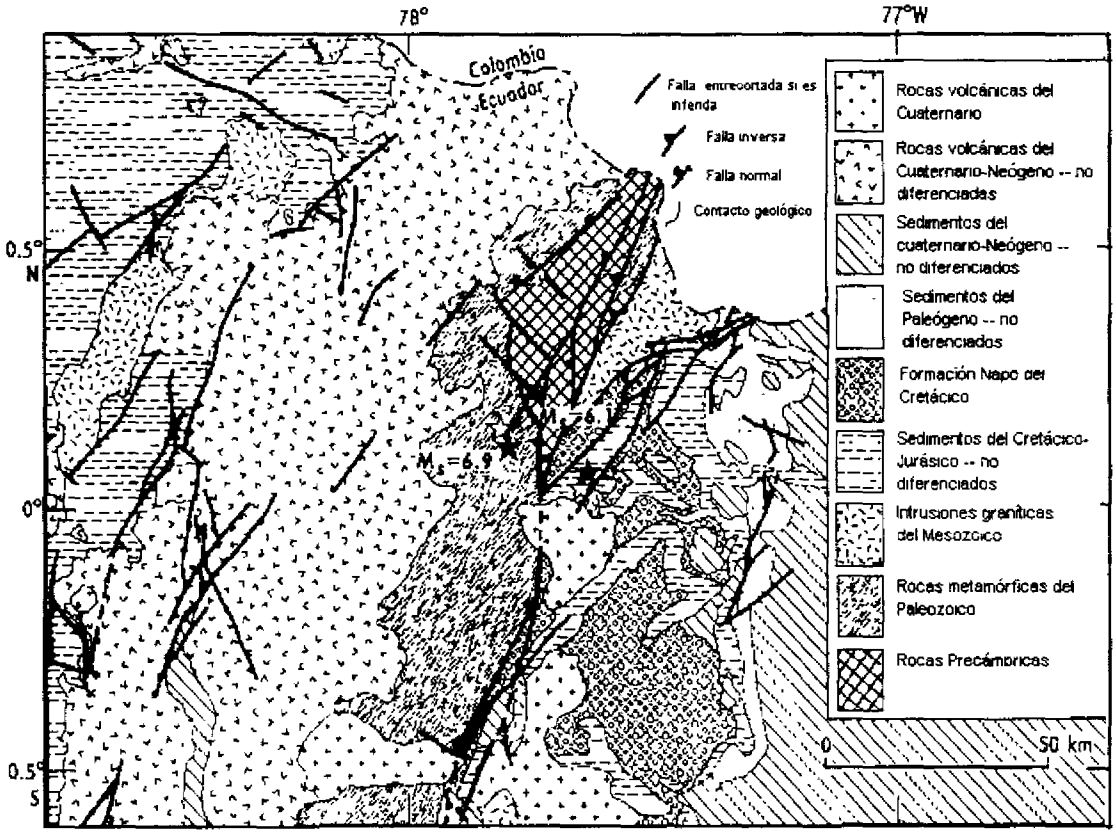


FIGURA 3.2 Mapa que presenta los principales sistemas de fallas en y alrededor de la región epicentral. Se muestran también las unidades geológicas principales y la ubicación de los epicentros del evento mayor (M_s=6.9) y del premonitor más importante (M_s=6.1) en estrellas obscuras y sus epicentros relocalizados en estrellas blancas. Sus parámetros hipocentrales se listan en las Tablas 3.1 y 3.2.

---

[2] *En base de los datos obtenidos de su red sismográfica telemétrica ubicada 30 km al SO de la zona afectada, el Instituto Geofísico localizó los epicentros unos 25 km al Sur de los ubicados por el USGS, los cuales corresponden mejor con la zona de mayor intensidad Durante los 6 meses luego del terremoto, el Instituto Geofísico registró un total de 18.000 réplicas*

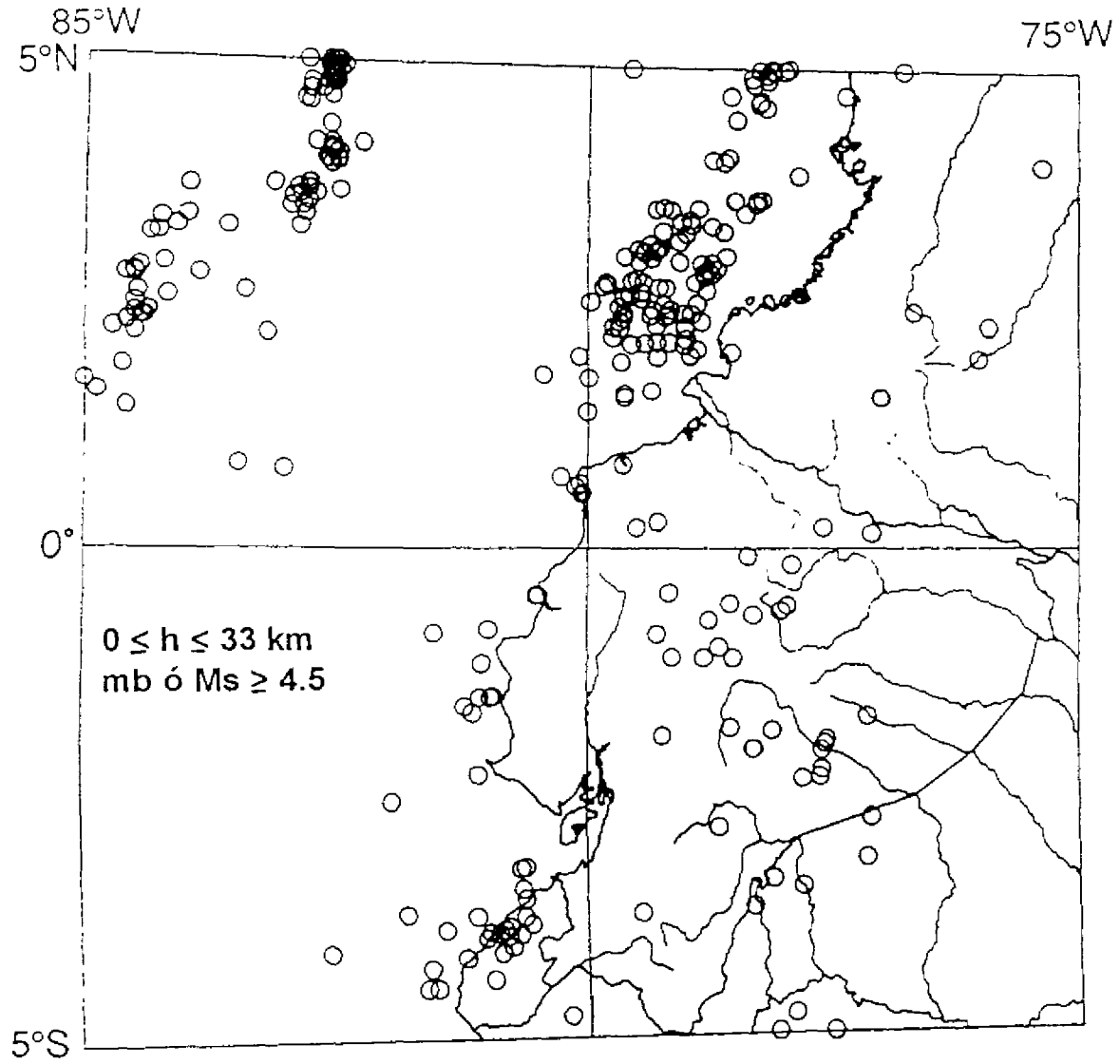


FIGURA 3.3A

FIGURA 3.3 Sismicidad de la región de latitud 5°N a 5°S, longitud 75° a 85°W, para el período 1962 a 1987. Proyección del mapa Oblicuo Mercator. Los epicentros han sido determinados usando 10 o más estaciones con magnitudes Mb o Ms iguales o mayores a 4.5, y para profundidad focal, (A) *h* desde superficial a *h* igual o menor a 33km; (B) para *h* mayor a 33 km a *h* menor o igual a 100 km; y (C) para *h* mayor a 100 km a *h* menor o igual a 300 km.

En la Figura 3 4 se muestra el número de réplicas como función del tiempo después del evento premonitor a las 20:54 del 5 de Marzo. Como se puede ver, la actividad sísmica decreció rápidamente durante las primeras 38 horas. El número de réplicas por hora, inmediatamente después del premonitor, fue alrededor de 64 eventos, los cuales aumentaron hasta cerca de 80 eventos antes del terremoto principal, y luego decrecieron a un promedio de 40 eventos por hora durante las 14 horas siguientes. El número de eventos disminuyó a un promedio de 30 por hora durante las subsiguientes 13 horas y decrecieron aún más hasta un

promedio de 15 eventos por hora, durante las siguientes 18 horas. El número total de réplicas en este lapso de 38 horas fue de 1 240. Se realizaron reubicaciones para 36 réplicas que ocurrieron entre las 20:54 y 23:10 horas del 5 de Marzo, para los cuales los tiempos de llegada de la onda *S* pueden ser leídos claramente.

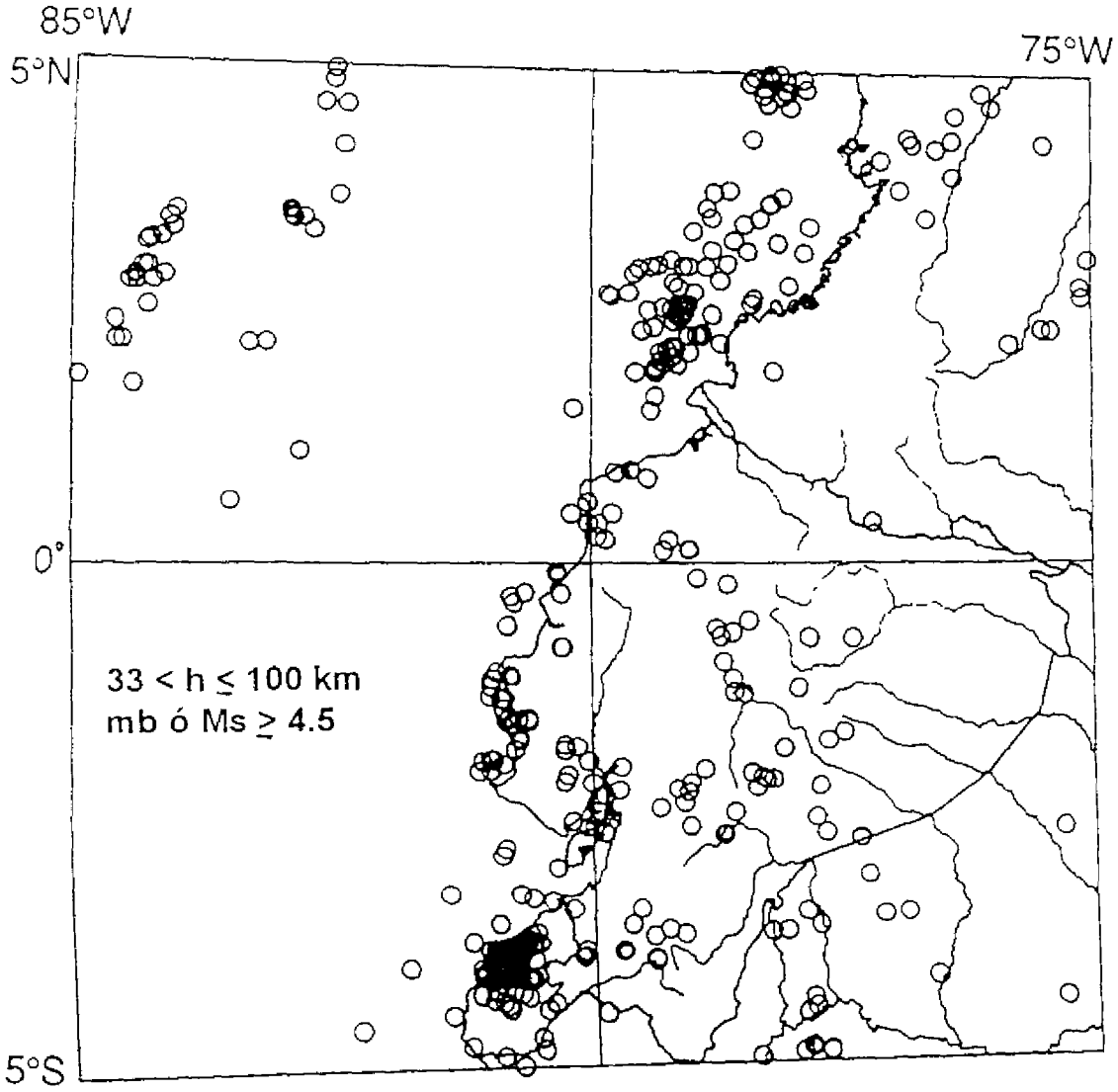


FIGURA 3.3B

El primer grupo de 19 réplicas, las cuales ocurrieron entre las 21:11 y 21.56, cae en una línea muy cercana a la dirección NO, N49°O. Esta orientación es paralela al lineamiento del río Salado, que se muestra en la Figura 3.1. Estas réplicas ocurrieron en la región que soportó el más alto grado de detrimento al ambiente y a las estructuras construidas por el hombre Sin embargo, el segundo grupo de 17 réplicas, el cual ocurrió entre las 21:57 y 23:03, no se correlaciona con ninguna de las fallas conocidas en la región; no obstante, las ubicaciones de sus epicentros están dispersas en toda el área meizosísmica y no siguen ningún rumbo geológico o tectónico. No se hizo ningún intento para obtener soluciones en conjunto de los mecanismos focales de las réplicas observadas.

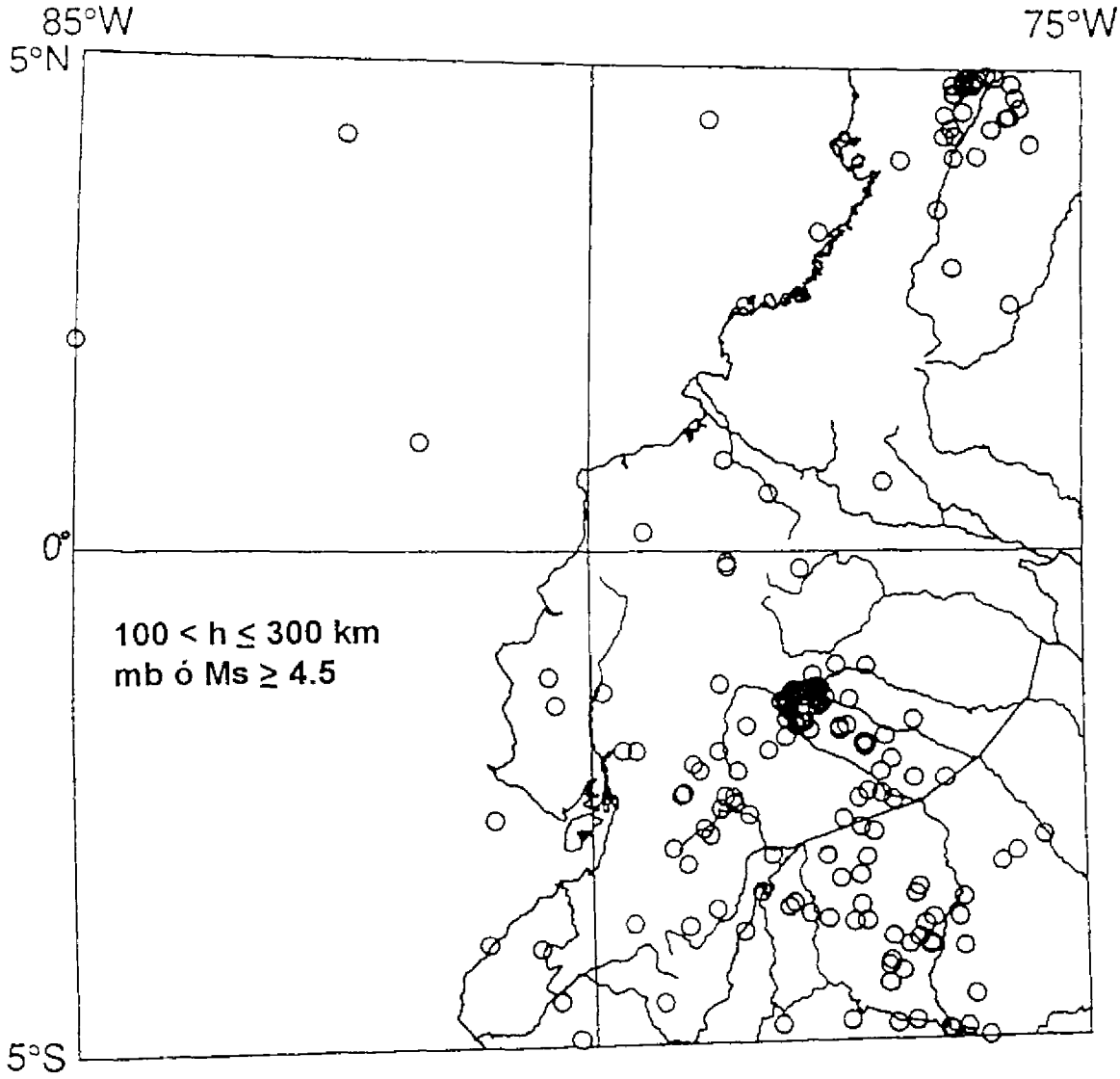


FIGURA 3.3C

TABLA 3.1 Parámetros iniciales de los terremotos determinados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Fecha	Hora local	Lat.	Long.	Prof. (km)	No. Obs.	M_s	m_b
5 Marzo 1987	20·54	0.070°N	77.640°W	11	557	6.1	6 1
5 Marzo 1987	23·10	0.120°N	77.800°W	13	594	6.9	6 4

TABLA 3.2 Parámetros revisados de los terremotos calculados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Fecha	Hora local	Lat	Long.	Prof. (km)	No. Obs.	M_s	m_b
5 Marzo 1987	20:54	0.048°N	77.653°W	14	354	6.1	6.1
5 Marzo 1987	23:10	0.151°N	77.821°W	10	344	6.9	6.5

TABLA 3.3 Parámetros de los terremotos calculados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Fecha	Hora local	Lat.	Long.	Prof. (km)
5 Marzo 1987	20:54	0.142°S	77.871°W	3
5 Marzo 1987	23:10	0.087°S	77.841°W	12

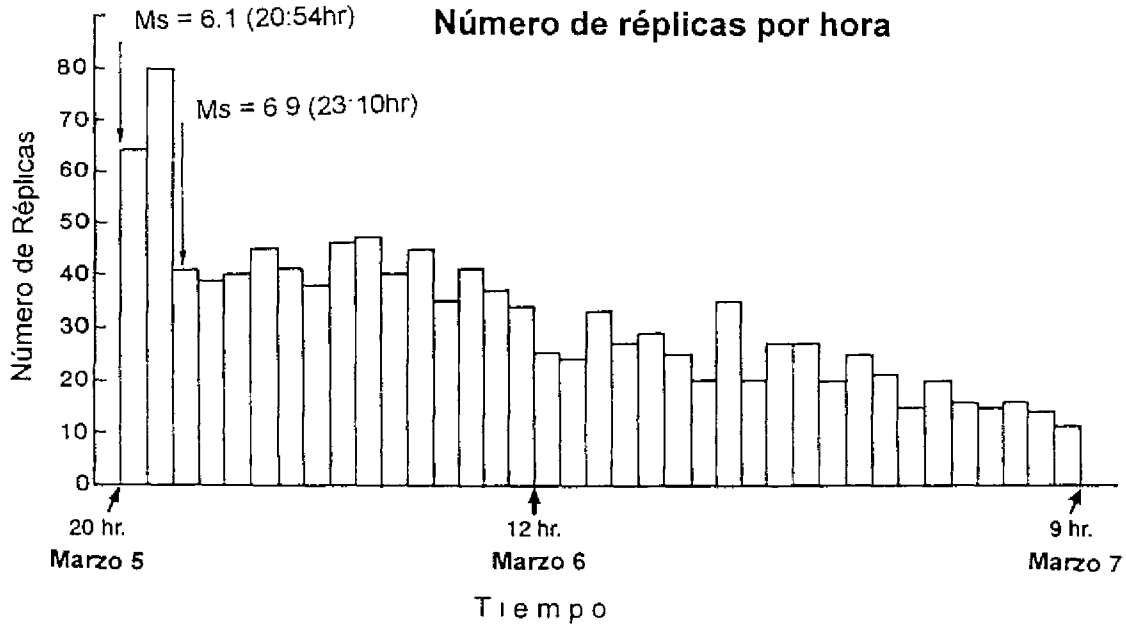


FIGURA 3.4 Número de réplicas/hora registradas por sismógrafos portátiles en las cercanías de El Reventador durante las primeras 38 horas después de los terremotos. El número total de réplicas llegó a 1240.

En las Figuras 3.5 y 3.6 se muestran las soluciones del mecanismo focal obtenidas del estudio de los primeros impulsos para el premonitor y el terremoto principal. La Tabla 3.4 muestra las soluciones de los planos de falla para estos terremotos. Los terremotos de las 20:54 y 23:10 del 5 de Marzo de 1987 tienen soluciones de mecanismo focal similares. La incertidumbre de cada uno de los parámetros de los mecanismos focales se da en las Figuras 3.5 y 3.6. Para el evento principal, el número de polaridades utilizadas es de 125 y la solución es muy estable. Las incertidumbres en los parámetros para la solución del mecanismo focal del premonitor son levemente mayores que para el evento principal. Las soluciones presentadas en las Figuras 3 5 y 3.6 muestran buena correlación con las fallas regionales que se presentan en la Figura 3.2.

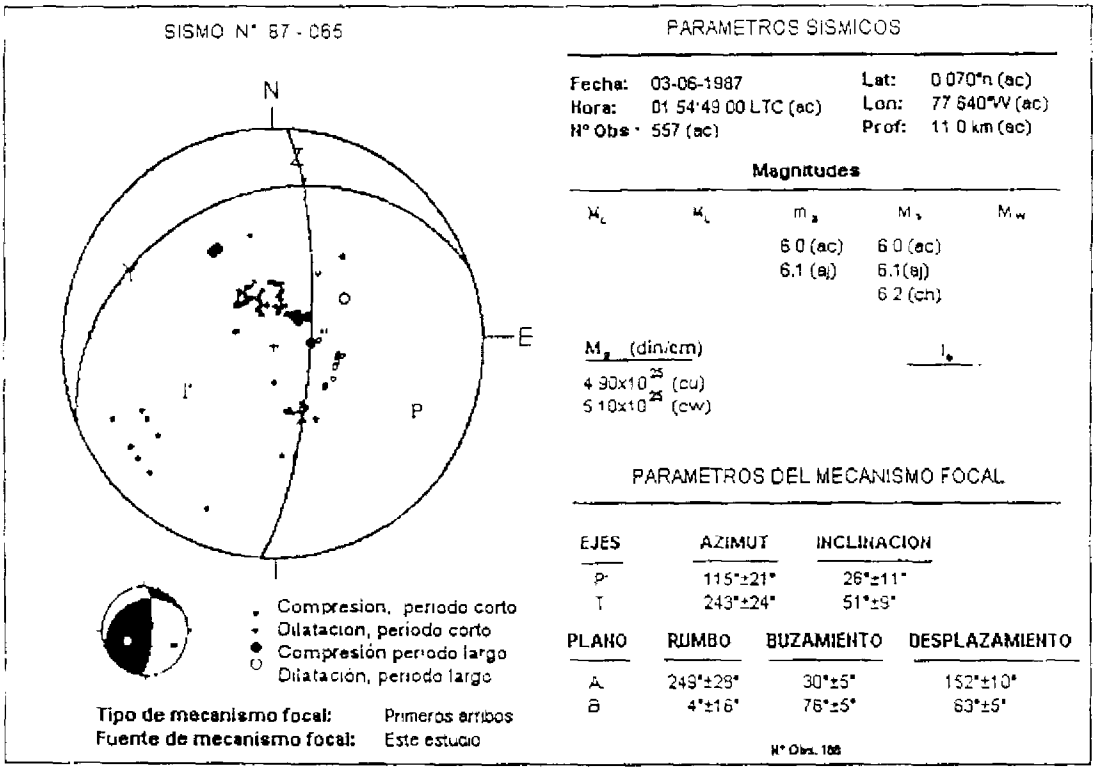


FIGURA 3.5 Solución del mecanismo focal para el terremoto del Ecuador del 5 de Marzo de 1987 a las 20:54, con M_s= 6.1, utilizando 188 observaciones de la onda P. La magnitud y el momento sísmico se listan como fueron obtenidos por diferentes investigadores. Los parámetros son los mismos que se listan en la Tabla 3.1. Bajo el título de "mecanismo focal", se listan los ejes P y T y los planos de falla A y B, junto con la incertidumbre de cada parámetro.

TABLA 3.4 Parámetros sísmicos de la fuente

Evento N°.	Plano A			Plano B			
	Rumbo	Buzamiento	Desplaz.	Rumbo	Buzamiento	Desplaz.	N° obs.
1	N 69° E	30°W	152°	N 4° E	76°E	63°	188
2	N 81° E	47°W	159°	N 6° E	75°E	45°	125

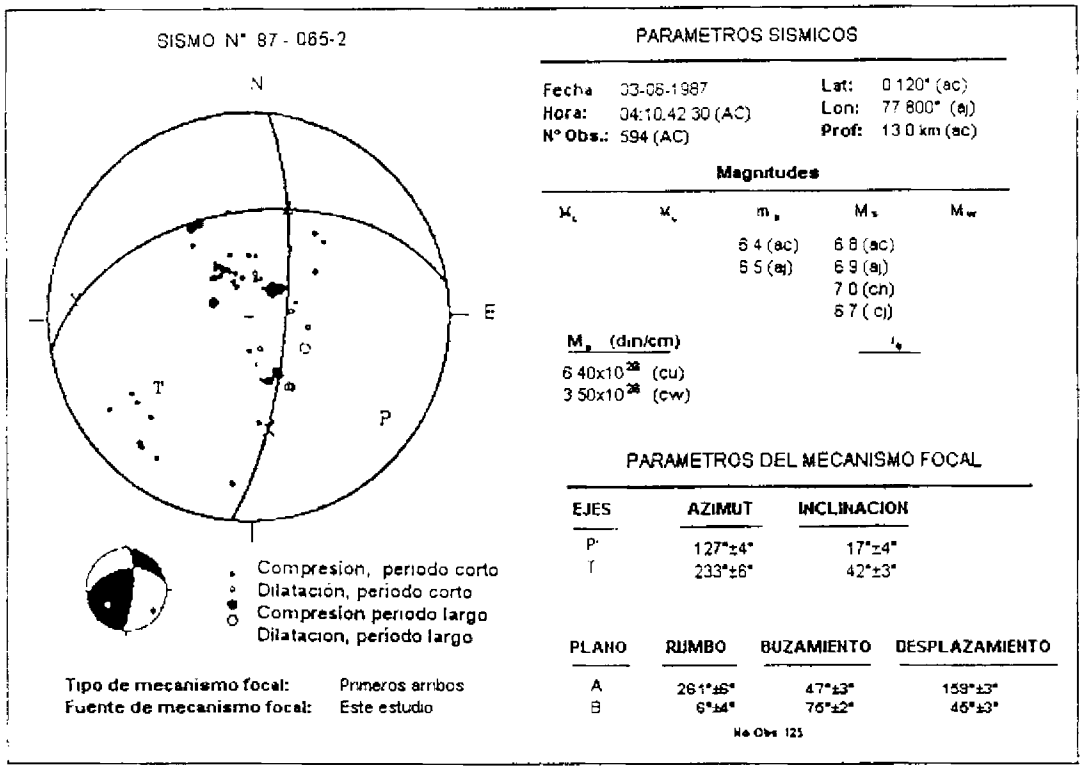


FIGURA 3.6 Solución del mecanismo focal para el terremoto del Ecuador del 5 de Marzo de 1987 a las 23:10, con M_s= 6.9, utilizando 125 observaciones de la onda P. La magnitud y el momento sísmico se listan como fueron obtenidos por diferentes investigadores. Los parámetros son los mismos que se listan en la Tabla 3.1. Bajo el título del "mecanismo focal", se listan los ejes P y T y los planos de falla A y B, junto con la incertidumbre de cada parámetro.

Las soluciones del mecanismo focal, que se muestran en la Figuras 3.5 y 3.6 representan una solución de fuente puntual y por ello no representan la estructura finita del proceso de ruptura (dislocación) en el campo cercano Como se indica en el estudio intensidad-distribución post-terremoto por Espinosa et al. (Capítulo 4), el pueblo de Olmedo (Figura 4.3), al O de los epicentros del premonitor y del evento principal, soportó mayor destrucción a la infraestructura que otros pueblos al N o S de los epicentros. Las isosistas VI y VII (Figura 4.5) muestran una distribución azimutal preferencial al NO, lo que podría indicar un fenómeno de directividad debido a una dislocación moviéndose en esta dirección. Un proceso similar, muy bien definido por la distribución de isosistas, fue observado después del terremoto de Guatemala de 1976 (Espinosa et al., 1976)

RECOMENDACIONES

En vista de los resultados que se han obtenido en el estudio post-terremoto creemos que existe una necesidad urgente para evaluar el peligro sísmico en el Ecuador. Se recomienda las siguientes actividades:

1. Recopilar un catálogo de terremotos más extenso e históricamente detallado para terremotos intra e interplaca en el Ecuador.
2. Recopilar un catálogo de terremotos históricos para eventos asociados con volcanismo.

3. Realizar estudios paleosísmicos en la parte NO del Ecuador, especialmente en la región de Jama (latitud 0.5°S a 1.2°N), con el propósito de encontrar las ocurrencias pasadas de terremotos grandes y/o muy grandes en esta región de alto potencial sísmico

4. Desplegar instrumentos sismológicos sensibles en la región (latitud 0 5°S a 1.2°N) a fin de conocer el nivel de sismicidad y estudiar los mecanismos focales

5 Estudiar las características y edades de terrazas marinas con el fin de entender mejor las pasadas ocurrencias de grandes terremotos en la región

6. Evaluar el modo de subducción y su geometría en la zona de Wadati-Benioff bajo el Ecuador, con el propósito de crear un modelo litosférico tridimensional y mapear la distribución del esfuerzo horizontal máximo en la placa. Esta tarea ayudará a identificar las regiones de alto potencial sísmico.

7. Evaluar las soluciones de mecanismo focal para todos los terremotos grandes y muy grandes en el Ecuador.

8. Basándose en los resultados anteriores, resaltar un modelo del régimen tectónico de la región.

REFERENCIAS

Egred, J 1988. Terremoto de la Provincia del Napo, Marzo 5, 1987. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 56.

Espinosa, A F. 1979. Geologic Hazards. Pp 119-144 in Energy Resources of Peru U.S. Geological Survey Project Report: Peru Investigations (IR) PE-6.

Espinosa, A.F., R. Husid, y A. Quesada. 1976. Intensity distribution and source parameters from field observations of the February 4, 1976, Guatemala earthquake. Pp 52-66 in The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976, a Preliminary Report. A.F. Espinosa, ed U.S. Geological Survey Professional Paper 1002.

Hall, M y C. Wood. 1985. Volcano-tectonic segmentation of the northern Andes. Geology 13:203-207.

Heaton, T.H. y S H. Hartzell. 1986. Source characteristics of hypothetical subduction earthquakes in the northwestern United States Bulletin of the Seismological Society of America 76:675-708.

Kanamori, H. y K C McNally. 1982. Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast. Bulletin of the Seismological Society of America 72:1241-1253.

Lonsdale, P. 1978. Ecuadorian subduction system. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 62(12).2454-2477.

Lonsdale, P y K. Klitgord. 1978. Structure and tectonic history of the Eastern Panama Basin Geological Society of America Bulletin 89:981-999.

Nishenko, S P 1989. Circum-Pacific Seismic Potential, 1989-1999. U S. Geological Survey Open-File Report 89-86 126.

Pennington, W 1981. Subduction of the Eastern Panama Basin and seismotectonics of northwestern South America. Journal of Geophysical Research 86:10753-10770.

Pilger, R. 1983 Kinematics of the South American subduction zone from global plate reconstructions. American Geophysical Union, Geodynamics Series 11.113-125.

4

DISTRIBUCION DE INTENSIDADES Y DAÑOS

A. F. Espinosa, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Denver, Colorado
J. Egred, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
M. García-López, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
E. Crespo, Universidad de Cornell, Ithaca, New York

INTRODUCCION

El terremoto del 5 de Marzo de 1987, fue sentido a las 23:10 (tiempo local), sobre un área de al menos 93.000 km^2. Este tuvo su origen en la Provincia de Napo, en la región montañosa del NE del Ecuador; el epicentro estuvo localizado aproximadamente a 75 km al NE de Quito. Hubo algunas indicaciones someras de fallamientos superficiales; sin embargo, las condiciones climáticas y lo accidentado del terreno impidieron una positiva identificación de efectos de fallamiento superficial. El sentido del movimiento, determinado por medio de instrumentos sismológicos, es transcurrente con un componente inverso que tiene un rumbo casi N-S Una solución similar del mecanismo de la fuente fue obtenida en base a un sismo premonitor y dos réplicas ocurridas varios meses después. El oleoducto trans-ecuatoriano, nervio central de la economía ecuatoriana, sufrió un alto grado de daño.

El evento principal fue precedido por un premonitor el 5 de Marzo de 1987, a las 20.54, tiempo local. Este tuvo un foco superficial, una magnitud de ondas de cuerpo (m_b) de 6.1 y una magnitud de ondas superficiales (M_s) de 6.1 (Figura 4.1). El terremoto destructor principal ocurrió a unos 20 km al O del epicentro premonitor. Este tuvo una magnitud de ondas de cuerpo (m_b) de 6.1 y una magnitud de ondas superficiales (M_s) de 6.9. La máxima intensidad Mercalli Modificada (Io) fue IX en la región mezosísmica inmediata.

Este artículo es un reporte preliminar sobre el área dañada por los terremotos que fue estudiada inmediatamente después de que ocurrió el evento principal. El objetivo fue obtener información donde era accesible, cerca y alrededor de la zona epicentral, cubriendo un radio de aproximadamente 80 km, a fin de delinear la distribución de intensidades, daños en las construcciones tipo adobe, aceleraciones y riesgos geológicos ocasionados por la liberación de energía del terremoto y fenómenos asociados.

RELACION DE DAÑOS EN LOS EDIFICIOS COMPARADOS CON LA PRACTICA CONSTRUCTIVA ACTUAL

Con el fin de evaluar la distribución de las intensidades con datos obtenidos en el campo, es necesario identificar los tipos de construcciones en el área examinada.

Al E de Quito, en la zona mejor conocida como la región oriental, el tipo predominante de construcción es el de estructura de madera. Hay además en esta región una técnica de construcción mixta: por ejemplo, combinación de estructura de madera y ladrillo, madera y

bloque, y en menor cantidad, el reemplazo de ladrillo por adobe. En algunas de las poblaciones importantes, tales como los campos de exploración petrolera, las estructuras son de concreto reforzado, generalmente de no más de cuatro plantas de altura. La mayoría de cubiertas en las poblaciones grandes son de planchas de zinc corrugado; el uso de tejas es muy limitado. Casi todas las estructuras en las áreas rurales y pequeños caseríos son edificios de piedra de una planta. Para esta región oriental del Ecuador, un conteo preliminar de las estructuras con daños substanciales en las poblaciones de Baeza, Lumbaqui, El Chaco, El Reventador, Lago Agrio, y Díaz de Pineda (Figuras 4.2 y 4.3) totaliza 1.976: 818 tuvieron daños irreparables (al menos hasta el 13 de Mayo de 1987)

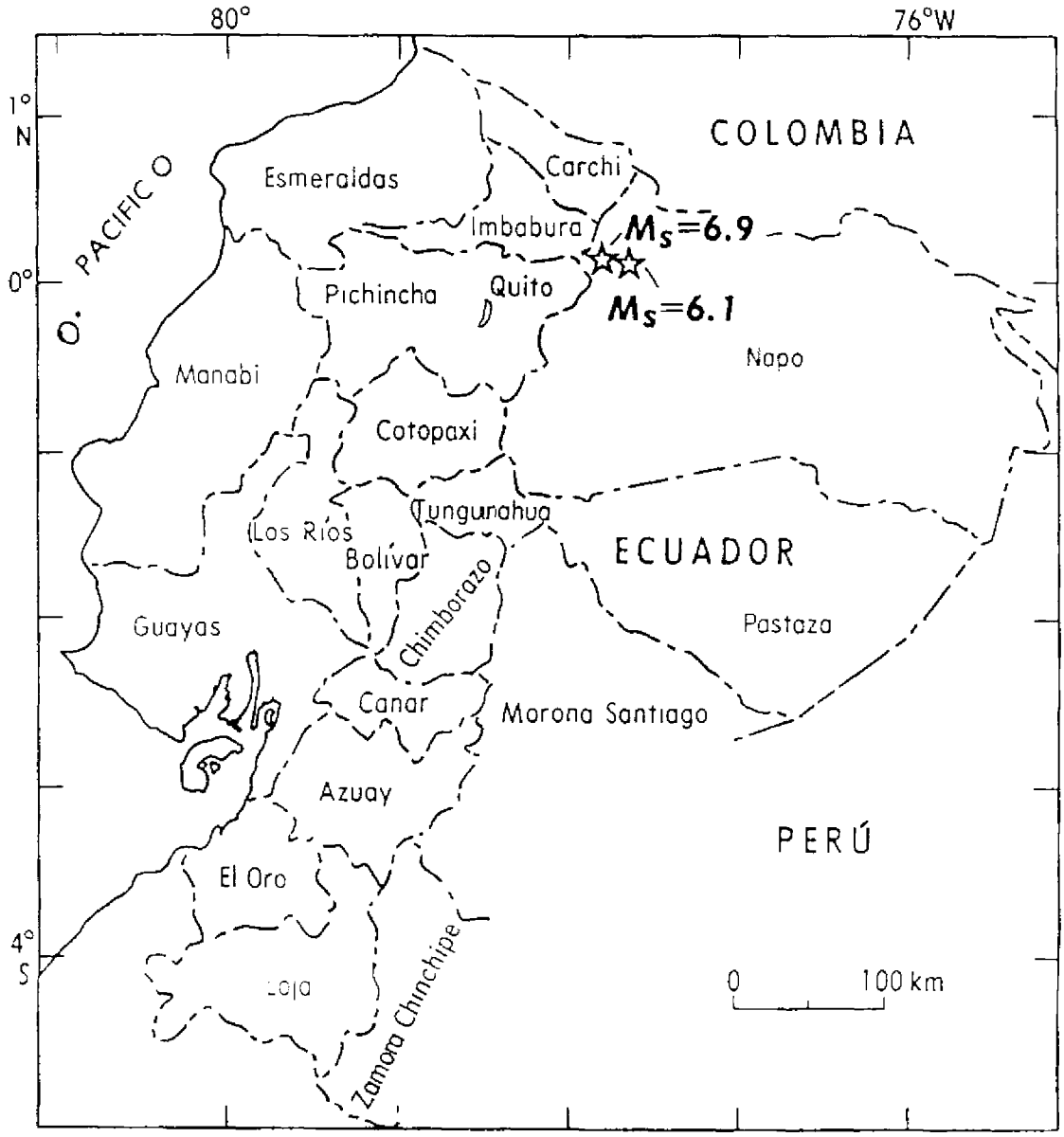


FIGURA 4.1 Localización epicentral del terremoto del 5 de Marzo de 1987 (M_s=6.9) y del premonitor (M_s=6.1) que ocurrió 3 horas antes del terremoto principal. Además se muestra la división provincial del Ecuador.

Al N, en las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi (Figura 4.1), el tipo predominante de construcción de casas es conocido como tapial, en el cual las viviendas no tienen refuerzos en sus esquinas, y comúnmente no poseen paredes interiores o columnas de refuerzo. El material de construcción más común para paredes es el adobe y bahareque (adobe es una mezcla de barro y paja; bahareque es una mezcla de barro y largas varas de caña de azúcar o algún material similar). Pocos edificios están construidos de ladrillo y/o bloques. En esta parte del Ecuador, conocida como la Región Interandina (sector N), se acostumbra cubrir los techos con tejas. Las paredes son sumamente gruesas; algunas son aproximadamente de 1 m de espesor y en algunas de las viejas iglesias históricas, ellas son aún más gruesas.

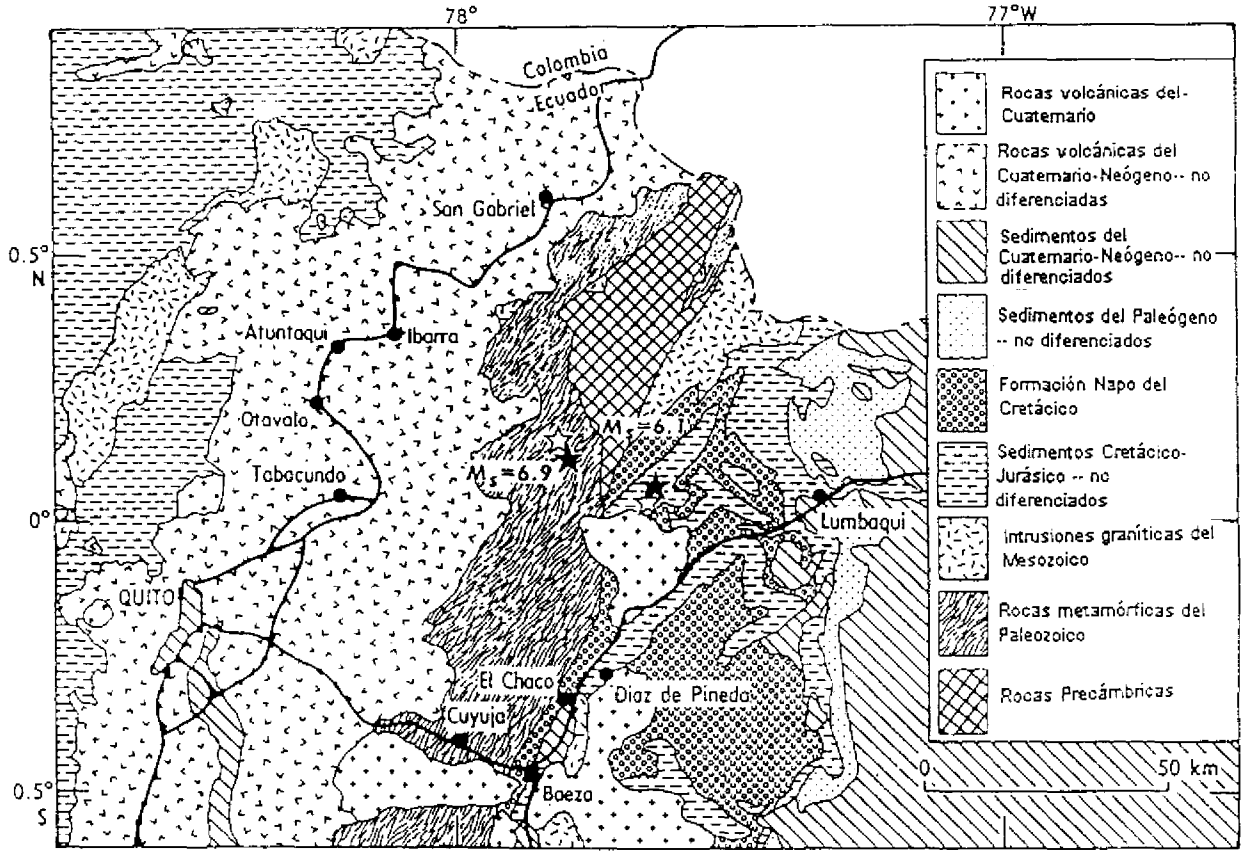


FIGURA 4.2 Mapa que muestra las unidades geológicas más importantes en la región epicentral. Además están indicados los epicentros del evento principal (M_s=6.9) y del premonitor (M_s=6.1), así como las principales vías de acceso al E y N de Quito.

Las poblaciones grandes y las ciudades del Ecuador emplean una gran variedad de tipos de construcción, desde edificios de adobe hasta concreto reforzado y de diferentes alturas. Además, la edad de las estructuras varía grandemente.

Al 13 de Mayo de 1987, el número de viviendas que presentaban daños en la Región Interandina totalizó 12.083; 2.308 estructuras fueron dañadas irreparablemente. Por ejemplo, en el pueblo de Olmedo (Figura 4.3), directamente al O de los epicentros del 5 de Marzo, 1.631 residencias presentaron substanciales daños irreparables.

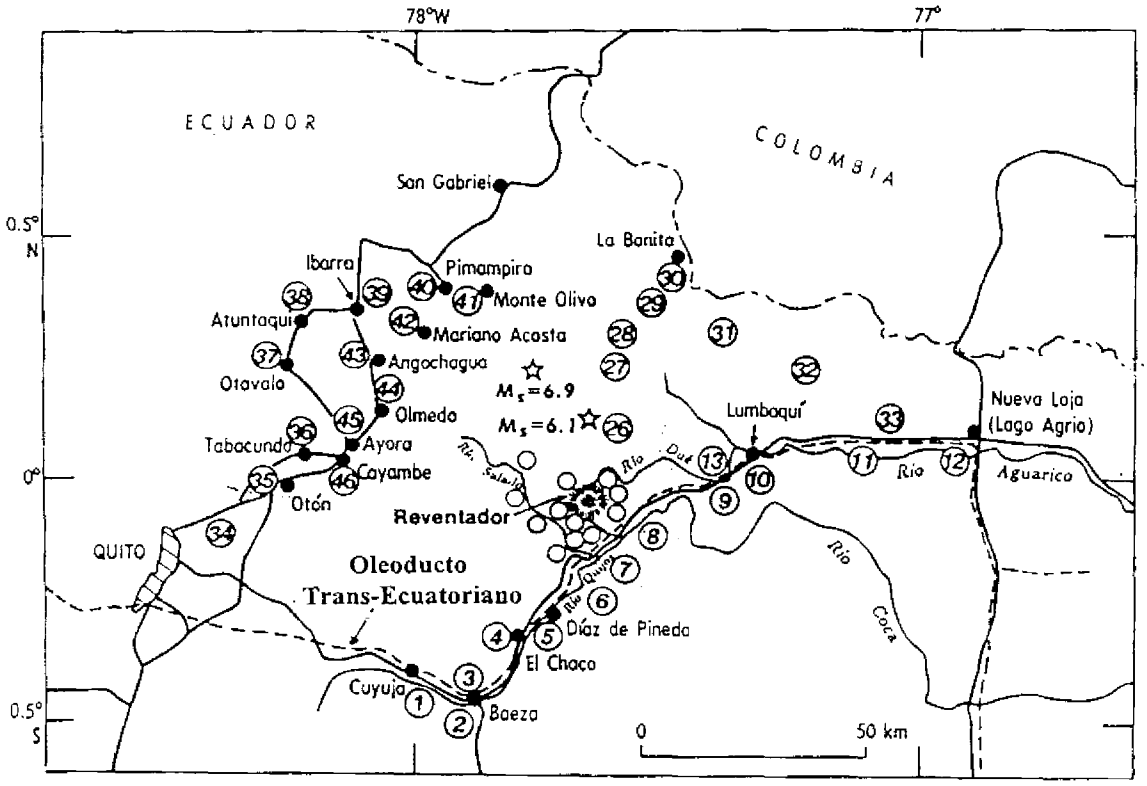


FIGURA 4.3 Mapa de los puntos de control de las intensidades obtenidas en este estudio, tanto alrededor del volcán El Reventador como a lo largo de las principales vías de acceso al N y E de Quito. Además están representadas aquellas áreas en las cuales fueron evaluadas las intensidades por medio de vuelos de reconocimiento en helicóptero. Los números en los cuadrados representan las áreas donde los daños a las viviendas y al medio ambiente fueron documentados usando cámaras de video y fotografías de 35 mm.

Las poblaciones de Cangahua y Ayora (Figura 4.3), justo al N y S de Olmedo, tuvieron daños en 1.300 y 323 viviendas, respectivamente; 570 y 302 de estas residencias presentaron daños irreparables. En las poblaciones de Tabacundo y Cayambe (Figura 4.3), las cuales están al SO de los epicentros, ocurrieron mucho menos daños. Al NO sucedieron los daños per capita más altos en Ibarra, donde aproximadamente 814 residencias fueron afectadas con daños irreparables. Más al N, en San Gabriel (Figura 4.3), los daños decrecieron a 220 estructuras que fueron afectadas con daños irreparables.

La distribución de daños de este terremoto presenta un cuadro bastante uniforme, si, y solo si nosotros estudiamos las mismas clases de estructuras. Similares resultados fueron documentados en el campo por Espinosa et al. (1976b) después del terremoto de Guatemala del 4 de Febrero de 1976. En el evento en Guatemala, el mapeo de la distribución de las estructuras afectadas reflejó el daño sostenido en construcciones de adobe, equivalente a la intensidad VII en la escala MMI. En Guatemala, la distribución de daños de edificios de construcción de adobe parece estar directamente relacionada con la distribución de intensidades (MMI) (Espinosa et al., 1976b). En Ecuador, en el área de fuertes deslizamientos, muchas casas de adobe y estructuras de madera no presentaron daños. Numerosas viviendas esparcidas cerca de los deslizamientos, a lo largo de la carretera principal al E de la región afectada, no fueron dañadas.

DISTRIBUCION DE INTENSIDADES

Los autores visitaron pueblos en áreas de alto, intermedio y bajo daño; y por medio del uso de cuestionarios y una cámara de video, obtuvieron datos que fueron utilizados para evaluar las intensidades MMI en toda la región afectada (Figuras 4.3 y 4.4). En estas figuras, los números dentro de los círculos identifican aquellas áreas donde los daños tanto a las estructuras hechas por el hombre como por el medio ambiente fueron fotografiados y otras áreas donde fueron tomados registros de video por los autores, documentando los efectos posteriores de los terremotos.

Las máximas intensidades MMI están concentradas en el área mezosísmica, alcanzando un Io = IX (Egred, 1988; García-López, 1988). En esta área, sin embargo, la mayoría de los daños pueden ser clasificados como intensidades VII y VIII. El problema encontrado en el proceso de evaluación de intensidades es el de "inconsistencias" en las escalas de intensidad MMI y Medvedev-Sponhauser-Karnik (MSK). Grandes deslizamientos, que fueron abundantes en la región montañosa alta, cerca y alrededor del volcán El Reventador, igual como en otras regiones inestables de los Andes altos (Nieto et al., Capítulo 5 de este informe), sugieren una intensidad mayor de IX. Otro factor que indica altas intensidades (>IX) es el fallamiento superficial, ejemplos de los cuales fueron observados en la localidad de Cascabel (cerca del círculo 25, Figura 4.4), próxima a la región epicentral. Otro factor aún, que supone intensidades más altas (X), según la escala de intensidades, son "deslizamientos desde las orillas de los rios y empinadas pendientes, debido en algunos casos a suelos saturados de agua, arenas perturbadas, y lodos, así como agua rebasada sobre las orillas". Además, "puentes destruidos" implican un grado de intensidad XI, y si bien un puente fue verdaderamente destruido (pero por inundación), estructuras de madera cercanas no presentaron daños. Similares problemas en la inconsistencia inherente en la escala MMI, han sido documentados por varios estudios post-terremotos en Caracas, Venezuela; Lima, Perú; Guatemala; y El Asnam, Algeria (Espinosa, 1969, 1976, 1981; Espinosa y Algermissen, 1972, 1973; Espinosa et. al., 1976a, 1976b).

Los datos obtenidos a través de cuestionarios y notas de campo, reunidos después del terremoto del 5 de Marzo, han sido clasificados usando la versión abreviada de la escala MMI (Richter, 1958) con las siguientes excepciones: los deslizamientos no están considerados en este informe como indicador de una intensidad X, el "suelo claramente agrietado" y las "cañerías subterráneas rotas" no son considerados como indicadores de intensidad IX; "arena y fango perturbados al igual que salpicaduras de agua sobre las orillas" no son considerados como indicadores de intensidad X; "fisuras anchas en el terreno y puentes destruidos" no son considerados como indicadores de intensidad XI. Espinosa et al. (1976b) han propuesto que estas excepciones y otros efectos de deterioro del suelo se los consideren efectos de segundo orden que no representan la intensidad de un terremoto basada en efectos puramente vibratorios. Una propuesta similar está siendo implementada por el Comité Soviético de Intensidades en la revisión de la escala de intensidades MSK (L Shebalin, 1986, com pers.; D Mayer Rosa, 1988, com. pers.) Otros efectos secundarios como licuefacción del suelo, subsidencia, roturas superficiales, deslizamientos masivos, deslizamientos de rocas, flujos de escombros, y "represamiento" de rios, fueron observados en el campo en las cercanías del volcán El Reventador y los rios tributarios de la región. De acuerdo con la escala de intensidades MSK, la clasificación, si se sigue al pie de la letra, sugeriría intensidades mucho más altas que aquellas observadas y asignadas en el campo y basadas en los efectos vibratorios producidos por el terremoto.

La Figura 4.4 presenta la localización del volcán El Reventador y las áreas mencionadas arriba que sufrieron alto daño en el medio ambiente. El número de deslizamientos en esta área alrededor y sobre el volcán fue muy alto, y varios grandes deslizamientos que más probablemente fueron causados por saturación de agua, ocurrieron al E de la región epicentral, sin embargo, muy pocos ocurrieron al N

Las isosistas en la Figura 4.5 muestran una distribución preliminar del terremoto principal del 5 de Marzo de 1987 en el Ecuador. Las isosistas para intensidades VIII, VII y VI siguen el sentido general de un sistema de fallas orientadas N-S. Las intensidades se atenúan sobre una corta distancia, más rápidamente hacia el SO, y más lentamente hacia el S y hacia el NNO. El mapa de isosistas fue ploteado sobre un mapa geológico del Ecuador a escala 1:1'000.000 (Baldock, 1982a,b), y no se encontró una correlación fácil entre la geología superficial regional y la distribución de intensidades.

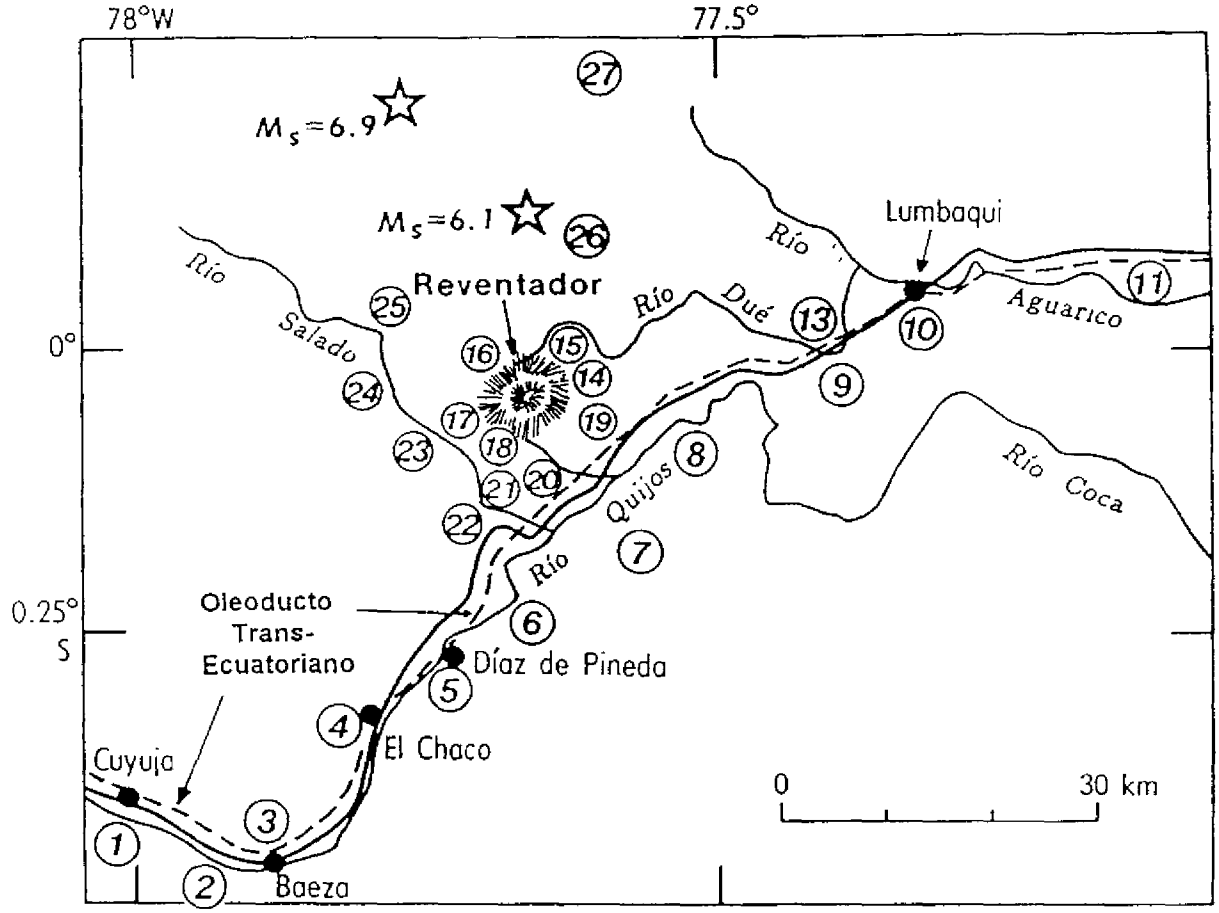


FIGURA 4.4 Distribución de los puntos de control de intensidades alrededor del volcán El Reventador y en la región alrededor de los ríos Salado, Quijos y parte del Aguarico. Se explicó la presencia de los números en los cuadrados en la Figura 4.3.

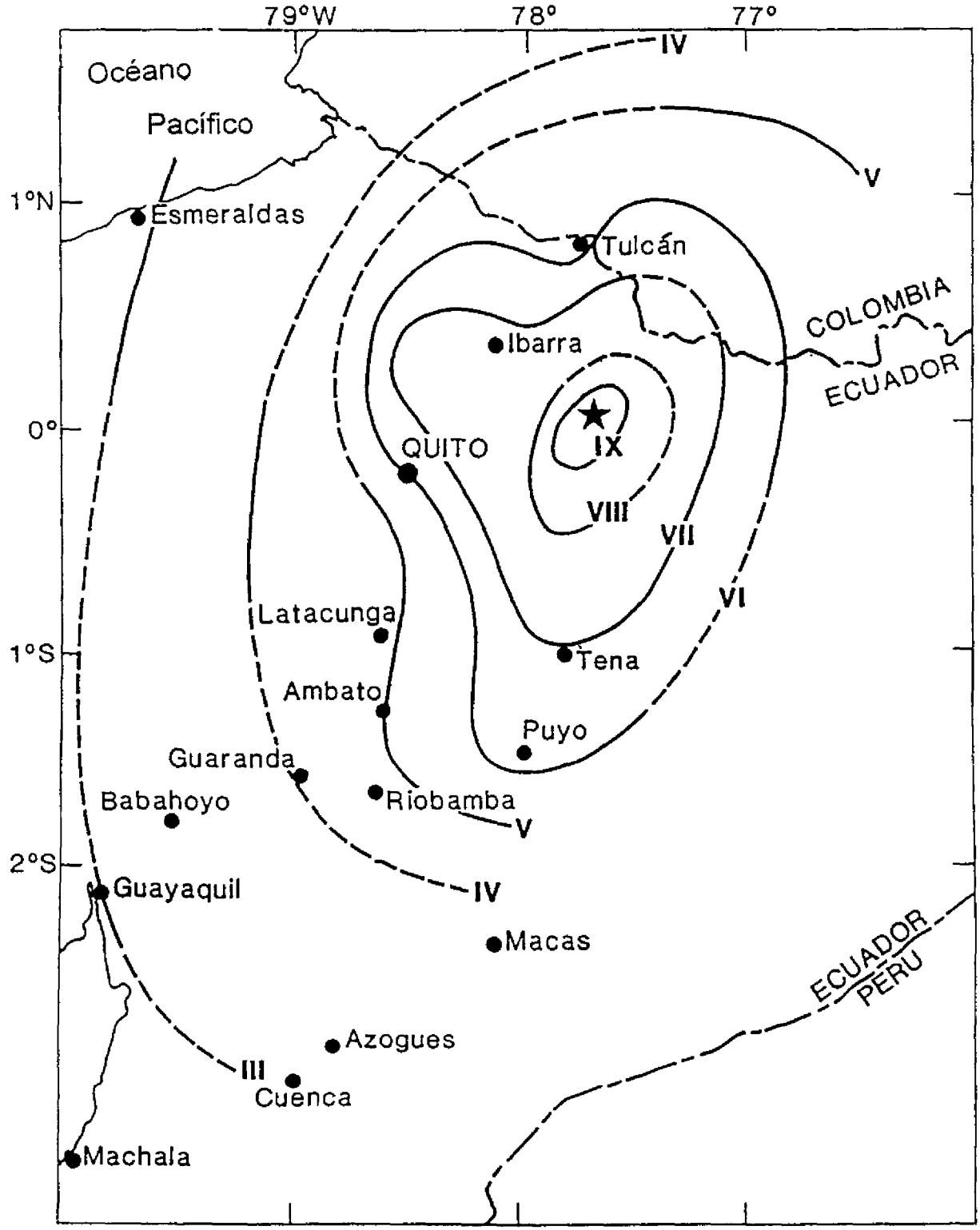


FIGURA 4.5 Distribución de intensidades en el Ecuador por el terremoto del 5 de Marzo de 1987. La estrella en negro indica el epicentro. Las líneas entrecortadas indican la extensión de las isosistas aproximadas o su continuación. Además presenta la localización de ciudades importantes del Ecuador.

La solución del mecanismo focal obtenida por Espinosa et al. (Figura 3.5 y 3.6) para el evento principal, tiene un rumbo para los planos de falla A y B de 261° y 6°, respectivamente. Las isosistas VII y VI muestran un lóbulo al NO que puede indicar un efecto debido a una fuente en movimiento en el área cercana. No hay suficiente resolución de datos de intensidades en esa región, por inaccesibilidad en esta época, para establecer o inferir la dirección de la máxima energía liberada en estos azimuts. La intensidad de la sacudida para MMI = VII tiene un certero componente direccional, sugiriendo una ruptura unilateral desde el E hacia el O. Como se señaló anteriormente, el pueblo de Olmedo (Figura 4.3) presenta mayores daños en su infraestructura, que otros municipios al N y S de Olmedo.

Otros factores que pueden intervenir en el patrón de distribución de intensidades presentado en la Figura 4.5, son los efectos de amplificación sísmica, amplificación topográfica de la onda sísmica, influencia de las condiciones superficiales del suelo y profundidad del nivel freático. Además, las técnicas de construcción en esta parte del país son muy variadas y en las áreas montañosas los asentamientos poblacionales son pequeños y dispersos.

REFERENCIAS

Baldock, J N. 1982a. Geology of Ecuador-Explanatory Bulletin of the National Geological Map of the Republic of Ecuador Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, Quito, 54

Baldock, J. N 1982b Mapa Geológico del Ecuador. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, Quito, escala 1:1,000,000.

Egred, J. 1988 Terremoto de la Provincia del Napo, Marzo 5, 1987. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 56

Espinosa, A. F. 1969. Ground amplification of short-period seismic waves at two sites near Bakersfield, California Earthquake Notes 40.3-20

Espinosa, A F. 1981. The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976. U S Geological Survey Professional Paper 1002, 90.

Espinosa, A F. 1981 The Algerian earthquake of October 10, 1980-A preliminary report Earthquake Information Bulletin 13.23-33.

Espinosa, A. F. y S. T. Algermissen 1972. A Study of Soil Amplification Factors in Earthquake Damage Area, Caracas, Venezuela. Environmental Research Laboratories TR-280-ESL-31, 201.

Espinosa, A. F. y S. T. Algermissen. 1973. Ground amplification studies in the Caracas Valley and the northern coastal area of Venezuela. Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome 2· 106.

Espinosa, A. F., R. Husid, S T Algermissen y J. de las Casas. 1976a The Lima earthquake of October 3, 1974, intensity distribution. Bulletin of the Seismological Society of America 67 1429-1440.

Espinosa, A. F., R Hudis y A Quesada. 1976b Intensity distribution and source parameters from field observations of the February 4, 1976, Guatemalan earthquake, in The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976, a Preliminary Report, A F Espinosa, ed. U S Geological Survey Professional Paper 1002, 52-66.

García-Lopez, M. 1988 Evaluación de los problemas de inestabilidad del terreno causados por los sismos del 5 de Marzo de 1987 Bogotá Universidad Nacional de Colombia, 41.

Richter, C.F 1958 Elementary Seismology. San Francisco Freeman, 768

La solución del mecanismo focal obtenida por Espinosa et al. (Figura 3.5 y 3.6) para el evento principal, tiene un rumbo para los planos de falla A y B de 261° y 6°, respectivamente. Las isosistas VII y VI muestran un lóbulo al NO que puede indicar un efecto debido a una fuente en movimiento en el área cercana No hay suficiente resolución de datos de intensidades en esa región, por inaccesibilidad en esta época, para establecer o inferir la dirección de la máxima energía liberada en estos azimuts. La intensidad de la sacudida para MMI = VII tiene un certero componente direccional, sugiriendo una ruptura unilateral desde el E hacia el O Como se señaló anteriormente, el pueblo de Olmedo (Figura 4 3) presenta mayores daños en su infraestructura, que otros municipios al N y S de Olmedo.

Otros factores que pueden intervenir en el patrón de distribución de intensidades presentado en la Figura 4.5, son los efectos de amplificación sísmica, amplificación topográfica de la onda sísmica, influencia de las condiciones superficiales del suelo y profundidad del nivel freático. Además, las técnicas de construcción en esta parte del país son muy variadas y en las áreas montañosas los asentamientos poblacionales son pequeños y dispersos.

REFERENCIAS

Baldock, J N 1982a Geology of Ecuador-Explanatory Bulletin of the National Geological Map of the Republic of Ecuador. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, Quito, 54.

Baldock, J. N. 1982b Mapa Geológico del Ecuador Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas. Quito. escala 1:1,000,000

Egred, J. 1988. Terremoto de la Provincia del Napo, Marzo 5, 1987. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 56.

Espinosa, A. F. 1969. Ground amplification of short-period seismic waves at two sites near Bakersfield, California. Earthquake Notes 40.3-20

Espinosa, A. F. 1981. The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976 U S Geological Survey Professional Paper 1002, 90.

Espinosa, A F. 1981. The Algerian earthquake of October 10, 1980-A preliminary report Earthquake Information Bulletin 13 23-33

Espinosa, A. F. y S. T Algermissen 1972 A Study of Soil Amplification Factors in Earthquake Damage Area, Caracas, Venezuela. Environmental Research Laboratories TR-280-ESL-31, 201

Espinosa, A. F. y S. T. Algermissen 1973 Ground amplification studies in the Caracas Valley and the northern coastal area of Venezuela Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome 2· 106.

Espinosa, A F, R Husid, S. T. Algermissen y J. de las Casas 1976a. The Lima earthquake of October 3, 1974, intensity distribution Bulletin of the Seismological Society of America 67: 1429-1440.

Espinosa, A. F., R. Hudis y A. Quesada 1976b. Intensity distribution and source parameters from field observations of the February 4, 1976, Guatemalan earthquake, in The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976, a Preliminary Report, A. F Espinosa, ed U.S. Geological Survey Professional Paper 1002, 52-66.

García-Lopez, M 1988 Evaluación de los problemas de inestabilidad del terreno causados por los sismos del 5 de Marzo de 1987. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, 41.

Richter, C.F. 1958 Elementary Seismology San Francisco. Freeman, 768.

5

DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES

A. S. Nieto, Departamento de Geologia, 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

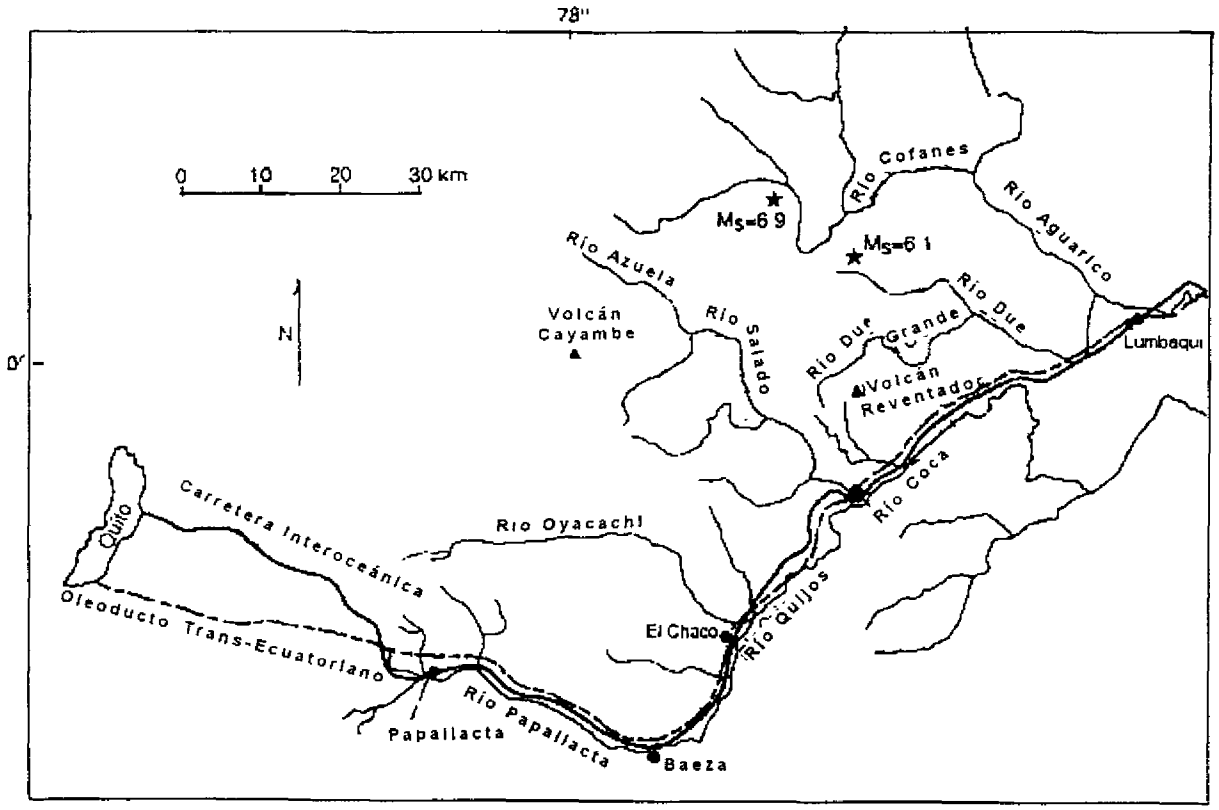


FIGURA 5.1 Mapa del área al Este de Quito mostrando la localización de los epicentros de los sismos del 5 de Marzo de 1987, el oleoducto y carretera trans-ecuatorianos, los volcanes El Reventador y Cayambe, y ríos y ciudades mencionados en este capítulo.

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. Unicamente 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 rio Coca al SE, el río Quequno 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.

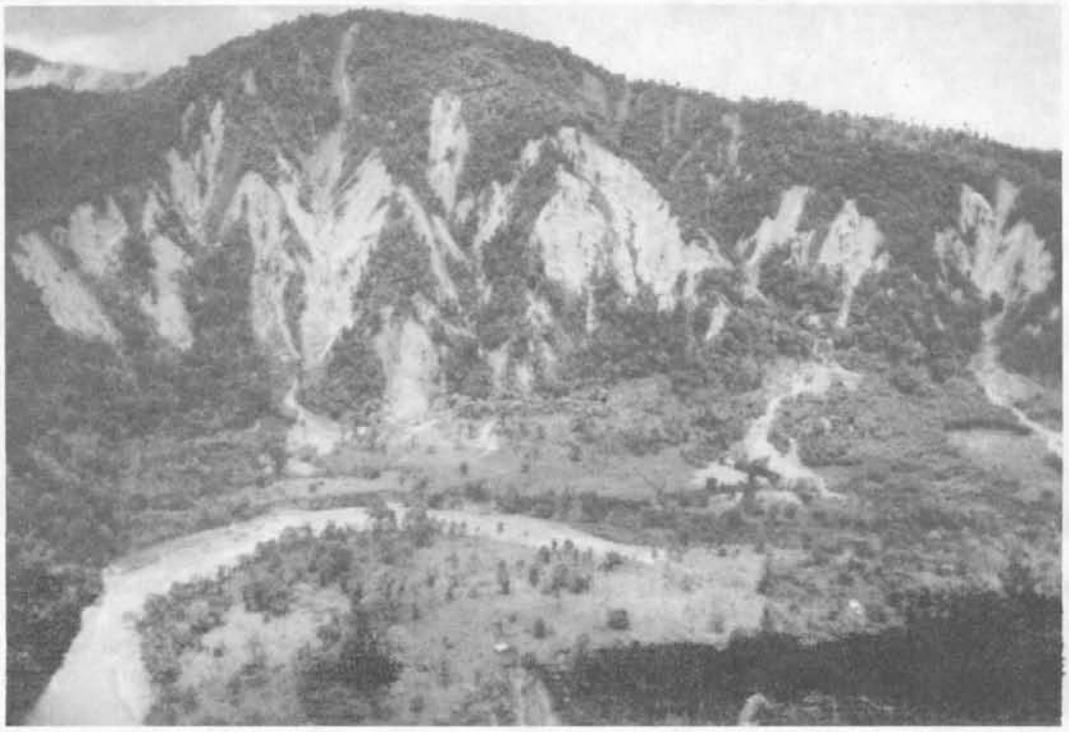


FIGURA 5.4 La actividad de los deslizamientos en el NO (izquierda) de la pared del valle del río Quijos justamente aguas arriba (SO) de su confluencia con el río Salado. Los deslizamientos generados por los sismos empezaron como movimientos pequeños en la cabecera más pendiente de las paredes (45 a 50°) 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

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 m^3/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 m^3/s a las 17 horas del 5 de Marzo; el caudal estimado a las 23 horas fue de 600 m^3/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-ecuatoriana 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.

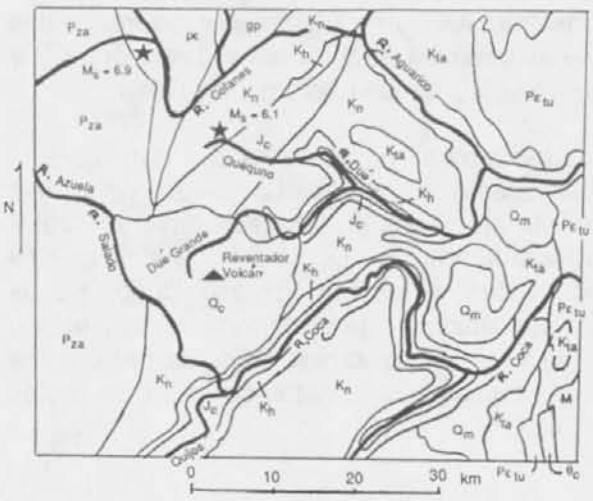


FIGURA 5.6 Mapa geológico del área del volcán El Reventador (modificado de Baldock, 1982).

LEYENDA		
Cuaternario	Qc	Grupo Cotopaxi (estratovolcán) Andesita, lavas, piroclásticos
	Qm	Formación Mera (50-200m) Depósitos de terrazas (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	Ptu	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 Hollín (35-200m) Arenisca cuarzosa.
Jurásico	Jc	Formación Chapiza (1.000-45.000m) (incluyendo miembro Misahuallí: lavas, piroclastos). Areniscas y lutitas rojas.
¿Jurásico	gP	Granito, grano diorita.
Paleozoica Inferior	Pza	Grupo Ambuqui. Esquistos, Filitas, cuarcitas.
Precámbrico	pC	No diferenciado

FIGURA 5.7 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.

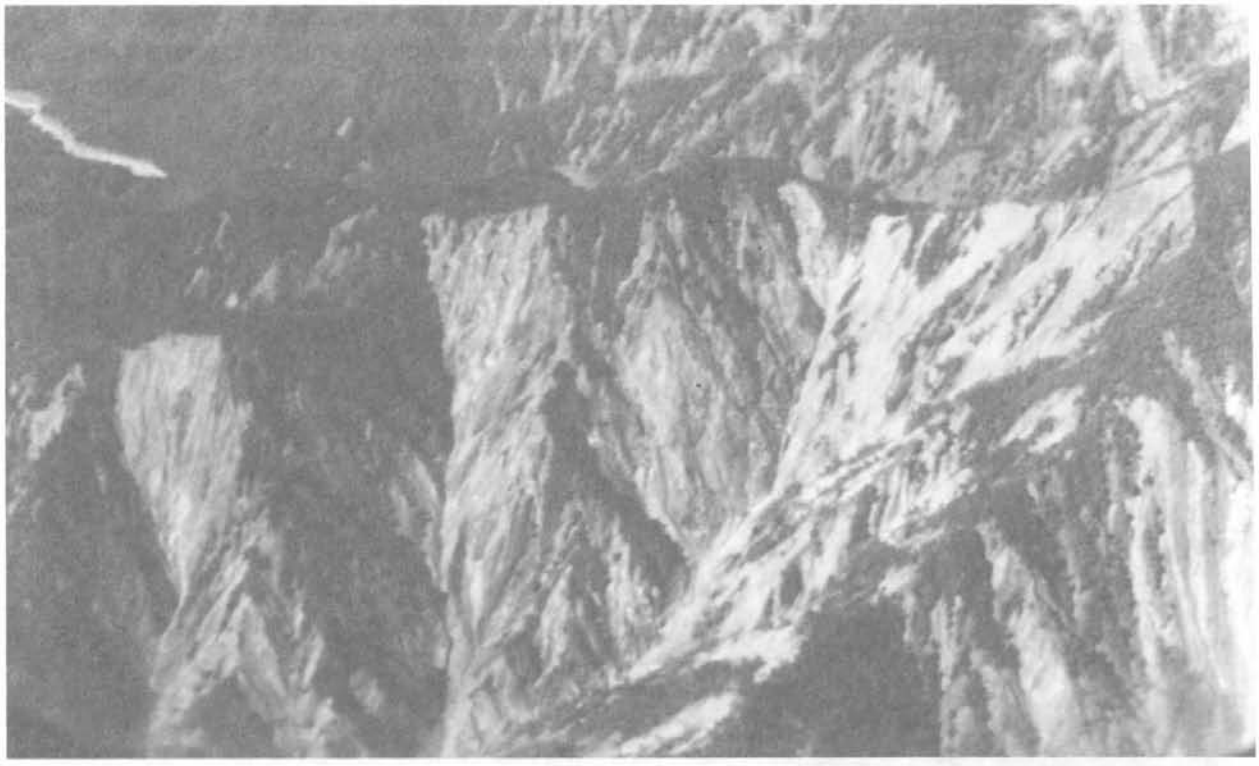


FIGURA 5.8 Cuchilla NO del volcán El Reventador donde la vegetación de la jungla ha sido removida por deslizamientos generados por los sismos. La falla de los taludes empezó como deslizamientos superficiales en su parte superior con mayor pendiente (cerca de 50°). Posteriormente se movieron hacia abajo, 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 Quequno, 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.

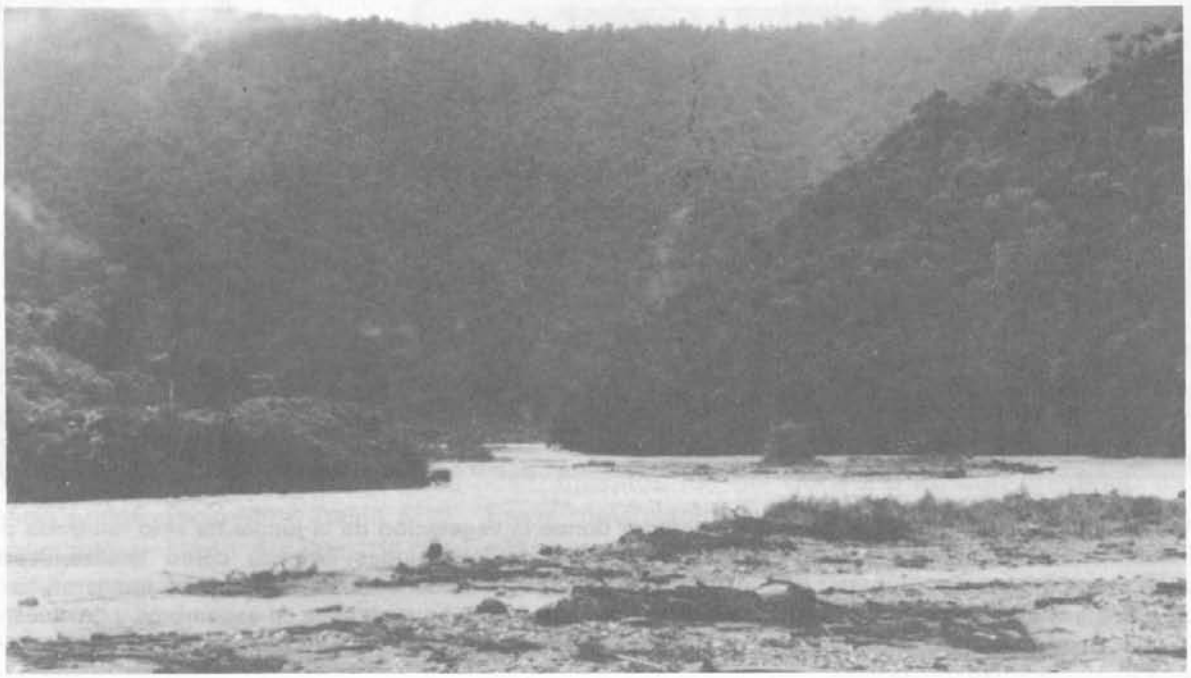


FIGURA 5.9 A Vista de 1978 mostrando la jungla cubierta a la derecha (SE) las paredes del valle del río Coca en la confluencia (Fotografía por S. D. Schwarz).

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 envolvieron 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.

FIGURA 5.9 B Vista de Abril de 1987 de las paredes del mismo valle mostrando la gran denudación debido a los deslizamientos del 5 de Marzo.

FIGURA 5.9 C Vista en Junio de 1990 de las mismas paredes del valle mostrando un recubrimiento parcial de la vegetación en las cicatrices de los deslizamientos de 1987. Nótese el puente reconstruido de la carretera trans-ecuatoriana cruzando el río Salado.

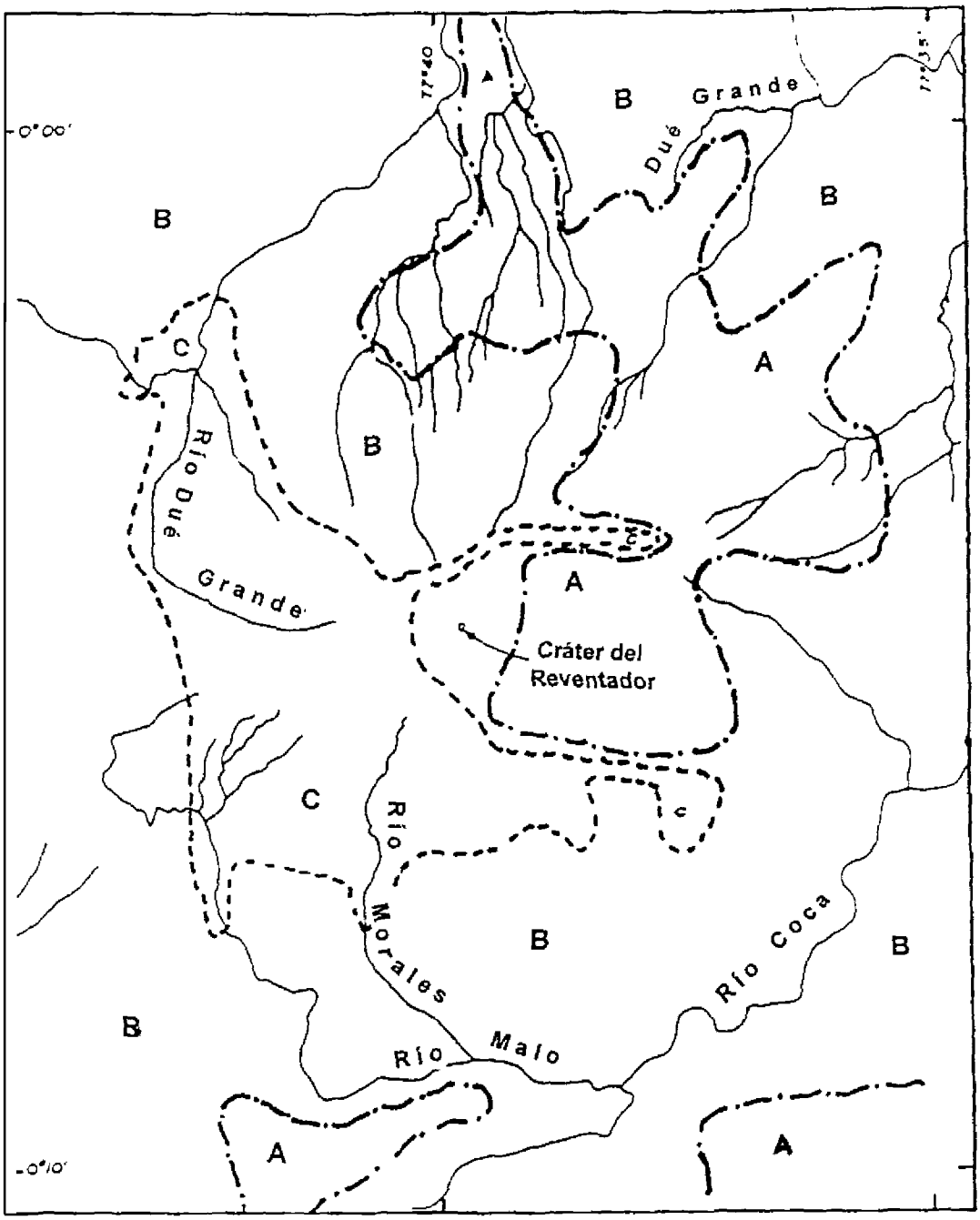


FIGURA 5.10 Mapa que muestra los porcentajes de denudación de la vegetación debido a los deslizamientos del 5 de Marzo de 1987 en la vecindad del volcán El Reventador.

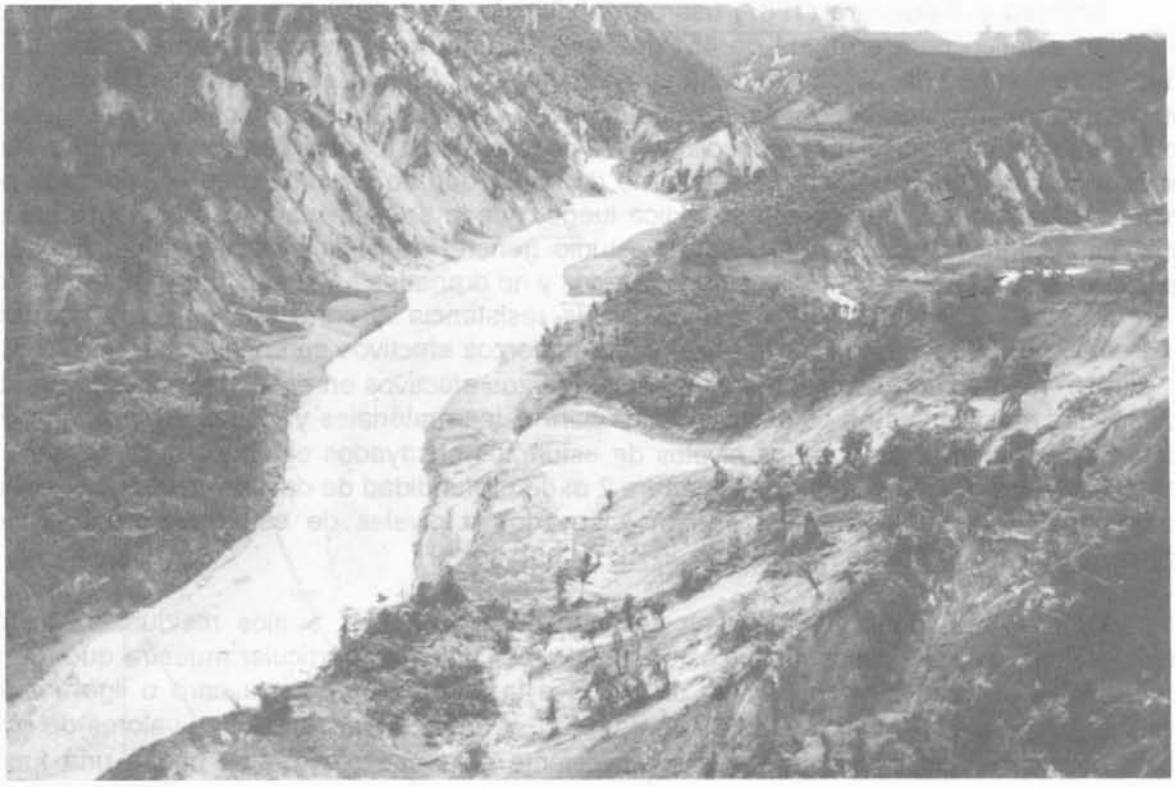


FIGURA 5.11 Vista aguas arriba del río Salado mostrando los remanentes (al frente, al centro) de los flujos de escombros que ingresaron al río desde la pared del valle derecho (NE). Es probable que este flujo de escombros represó brevemente el río en este punto.

La evaluación de la estabilidad de los taludes en el área de El Reventador bajo cargas sísmicas provee una idea general del comportamiento de la resistencia al corte de estos suelos en particular y de suelos residuales en general. La estabilidad de los suelos residuales en taludes altos y de gran pendiente puede ser analizada por un modelo de talud infinito. Además, los efectos de un sismo pueden ser evaluados someramente introduciendo una fuerza horizontal pseudoestática que modele la máxima aceleración horizontal. El análisis fue llevado a cabo en términos de esfuerzos totales debido a que la evaluación de la presión de poros a la falla es imposible. Así, el factor de seguridad (FS) puede ser definido como:

$$FS = \frac{c/\cos\alpha + \gamma H(\cos\alpha - k sen\alpha)\tan\varphi}{\gamma H(sen\alpha + k\cos\alpha)}$$

donde:

φ,c = parámetros de resistencia al corte consolidados, no drenados
H = profundidad de la superficie de falla
γ = peso unitario del suelo
α = ángulo del talud
k = factor sísmico (máxima aceleración horizontal).

Ishihara y Nakamura (1987) usaron c=0.3 kg/cm² y φ=30° para calcular el factor de seguridad estático para un talud de 45° que falló durante los sismos y destruyó parte de la estación de bombeo del oleoducto trans-ecuatoriano en El Salado. El valor de la cohesión fue obtenido por ensayos de cono y asumiendo un factor de reducción. El valor de φ_{cu} (ángulo de fricción interna en condiciones consolidadas - no drenadas) podría parecer a primera vista demasiado alto para condiciones de falla no drenada (que se presumió fue considerada por Ishihara y Nakamura), pero como se indica luego, puede ser adecuado para estas fallas en particular. Landivar et al. (1986), en su estudio general de suelos lateríticos del Ecuador, realizó ensayos triaxiales isotrópicos consolidados y no drenados en suelos fuera de la zona de El Reventador. Ellos obtuvieron parámetros de resistencia al corte en esfuerzos efectivos desde 0.05 a 0 08 kg/cm² para c' (cohesión en esfuerzos efectivos en ensayo drenado) y 32 a 34° para φ' (ángulo de rozamiento interno en esfuerzos efectivos en ensayo drenado). Se han dibujado las envolventes en esfuerzos totales para estos materiales y, como se esperaba, los valores de φ_{cu} promedios para los niveles de esfuerzos ensayados están en el rango de 5 a 10°. Los niveles de esfuerzos normales para 2 m de profundidad de deslizamiento no exceden los 0.5 kg/cm²; así, estos suelos fueron ensayados a niveles de esfuerzos varias veces mayores que las condiciones de campo en El Reventador.

Una revisión de la literatura en suelos cohesivos (loess, suelos residuales, arcillas sensibles) en general y casos históricos de suelos residuales en particular muestra que a muy bajos niveles de esfuerzos la presión de poros a la falla es cercana a cero o ligeramente negativa (Vargas, 1974; Quigley, 1980; Lum, 1982). Como consecuencia, los valores de φ_{cu} y φ' son muy cercanos, implicando que la envolvente en esfuerzos totales posee una fuerte curvatura a bajos niveles de esfuerzos. Para nuestro rango de interés, 0 a 0.5 kg/cm², los valores de φ típicos varían de 0 a 35°, y los valores de c son generalmente menores a 0.1 kg/cm². Por eso, se han ajustado las envolventes de las curvas de los datos de Landivar y se obtuvieron valores de φ_{cu} entre 30 y 38° y valores de c entre 0.1 y 0.2 kg/cm². Estos valores son en verdad muy similares a los parámetros en esfuerzos efectivos para otras localidades mencionadas anteriormente.

La Figura 5.12 muestra la variación del factor de seguridad como una función del ángulo del talud para condiciones estáticas y aceleraciones máximas horizontales de 150, 250 y 350 gales. Se utilizó un valor de α=30° (φ_{cu}=30°), y el valor de c=0.14 kg/cm² concuerda bien con los valores de c obtenidos por Landívar et al. (1986). Parece ser que el rango de validez de la ecuación (1), o valores entre 30 y 60° (que también puede ser el rango de los ángulos de los taludes en el campo), si la inestabilidad se asume a φ_{cu}=30° y k=0.35, la inestabilidad empezará a α=40° para k=0.25 y a α=45° para k=0.15. De las observaciones de campo, estos valores parecen ser razonables para toda el área de El Reventador, donde el rango de k probablemente cae dentro de esos límites. En comparación, la Figura 5.13 muestra una familia de curvas similares, donde φ_{cu} se asumió ser muy bajo (5°), como se comparó con hipótesis comunes para condiciones no drenadas y análisis de esfuerzos totales. Otra vez, se obtuvo un c=0 26 kg/cm² para un cálculo regresivo asumiendo un FS = 1 y k = 0.35. El uso de estos parámetros de resistencia no explica las fallas para ángulos mayores a 45° para k=0.35 y, más significativamente, no predice deslizamiento alguno con aceleraciones más bajas.

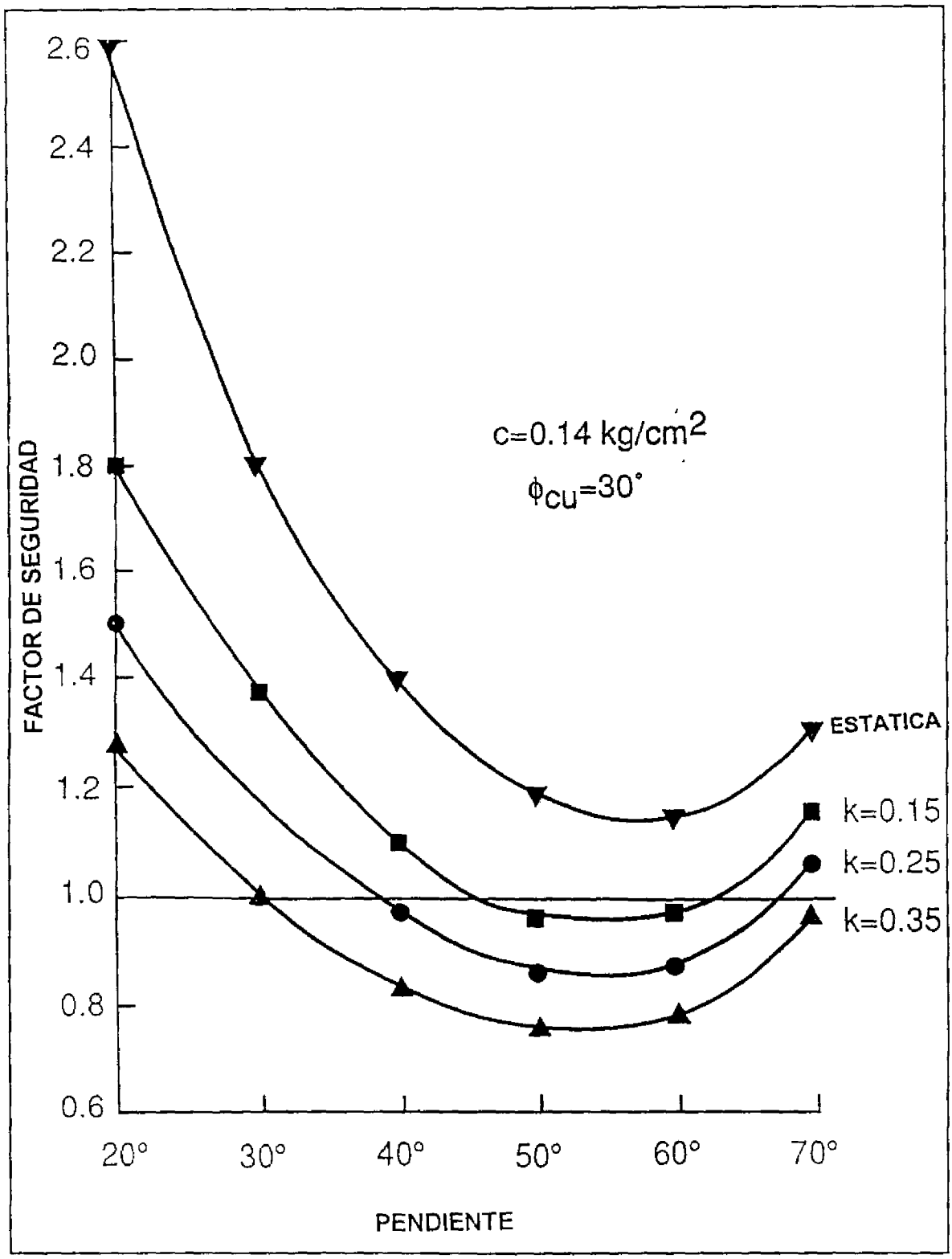


FIGURA 5.12 Factores de seguridad estáticos y pseudoestáticos vs. ángulo del talud para φ_{cu} = 30° y c = 0.14 kg/cm².

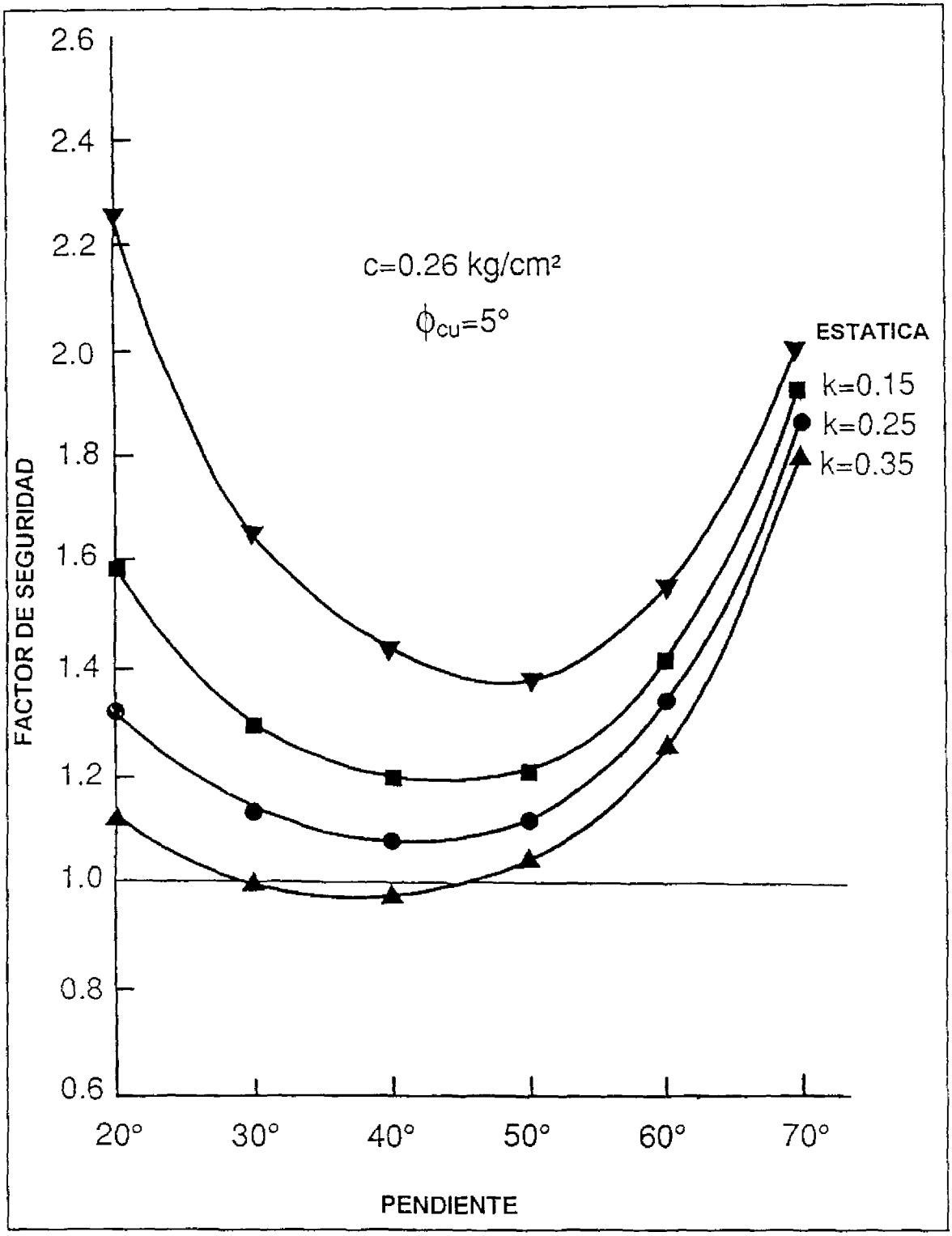


FIGURA 5.13 Factores de seguridad estáticos y pseudoestáticos vs. ángulo del talud para φ_{cu} = 5° y c = 0.26 kg/cm².

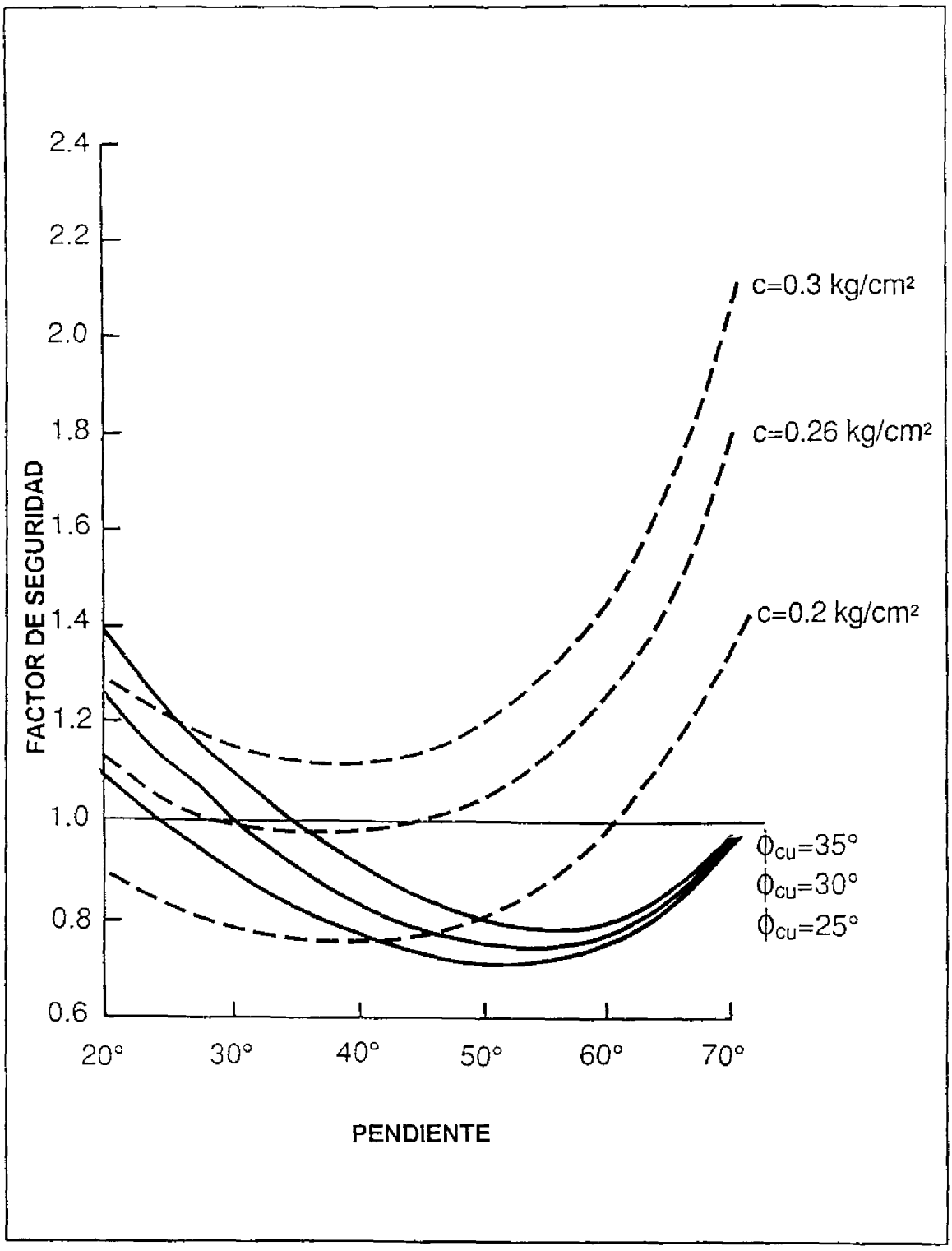


FIGURA 5.14 Dibujo comparativo mostrando la influencia de la variación en φ_{cu} y c sobre el factor de seguridad para k = 0.35.

Además, asumiendo variaciones naturales en los parámetros de resistencia, φ_{cu} bajo y c alto no explican las observaciones de campo. La Figura 5.14 es un dibujo comparativo en que el FS (factor de seguridad) fue calculado para k=0.35 y variando los parámetros de resistencia Cuando se asume un φ_{cu}=5°, una variación de cerca del ±0.05 kg/cm², o del 20% del valor original de 0.14 kg/cm², da las curvas punteadas mostradas en la Figura 5.14. En un caso, sin importar el ángulo del talud, ninguno de los taludes fallarían, mientras en el otro caso todos los taludes lo harían. Sin embargo, aún en las áreas de máxima denudación, existe una buena correlación entre el ángulo del talud y la falla. En cambio, cuando se asume un φ_{cu}=30°, una variación en el ángulo del talud de ±5°, o cerca del 20% del valor original de 30°, los resultados se muestran con líneas continuas en la Figura 5.14. Estas líneas indican que la inestabilidad para k=0.35 empieza en taludes de 35 y 25° respectivamente; estos ángulos de los taludes todavía parecen ser razonables en vista de las observaciones de campo.

Debido a que estos son deslizamientos superficiales, el valor de la cohesión que se ha asumido influye grandemente sobre el factor de seguridad aún en el caso de un alto φ_{cu}. Por ejemplo, el valor de c=0.3 kg/cm² usado por Ishihara y Nakamura (1987) puede explicar los 5 m de profundidad del plano de falla en la estación de bombeo de El Salado con un valor de k=0.35, pero no puede explicar los frecuentes movimientos superficiales (comúnmente entre 1 y 2 m) observados en los alrededores.

Relación entre la Intensidad de Denudación y el Epicentro

Hakuno et al. (1988) cuestionaron la precisión de las localizaciones de los epicentros estimados por los sismólogos debido a que los mayores deslizamientos ocurrieron unos 30 km de los epicentros reportados. Ishihara y Nakamura (1987) colocaron los epicentros entre 5 y 10 km de la cabecera del río Malo y entre 10 y 15 km de la parte superior del río Salado, presumiblemente en base a la intensidad de denudación.

Mientras que la posición de los epicentros puede estar abierta a un cuestionamiento, nosotros sugerimos que el incremento en la denudación cerca al volcán El Reventador puede también ser causada por otros factores como el relieve, condiciones de humedad, altura y composición del suelo. Las áreas de denudación casi total en el talud SO del cono antiguo corresponden a una zona con una densa y profunda disección por parte de arroyos paralelos. Aquí, casi todas las superficies tienen pendientes mayores a 35 y 40°. Una denudación casi total en áreas disectadas por arroyos también tuvo lugar a lo largo de las paredes en los profundos cañones de los ríos Malo (Figura 5.15), Morales, Dué Grande y tributarios al N del Dué Grande. En contraste, los taludes en la parte N del cono antiguo, los mismos que no son disectados profundamente, fueron los menos afectados por los deslizamientos, aún estando más cerca a los epicentros y a menos de dos kilómetros del área de denudación casi total. A lo largo de las paredes del río Coca, los taludes son cóncavos y por eso tienen pendientes muy pronunciadas en su parte superior y una mayor densidad de arroyos con fuertes pendientes que aquellos taludes convexos, por todo ello tienen la mayor concentración de deslizamientos. Las mismas consideraciones se aplican a las paredes del valle del río Salado. Así, parecería que la intensidad de la denudación está fuertemente controlada por la densidad y profundidad de la disección, debido a que estos factores determinan el porcentaje de superficie de talud mayor que los valores límites.

Otro factor que está controlando la denudación puede ser las diferencias locales en el grado de saturación de los materiales residuales. El grado de saturación influye grandemente

en la cohesión (Brand, 1982; Ho y Fredlund, 1982), que, como se indicó anteriormente, afecta el factor de estabilidad pseudoestático. El área alrededor del cono de El Reventador tiene un microclima más húmedo que el resto de la zona (E. Aguilera, com. pers., 1987); la estación de INECEL cerca al volcán El Reventador tiene una precipitación media anual de 6.868 mm.

Finalmente, pero no menos importante, los materiales alrededor del volcán El Reventador, siendo principalmente suelos residuales formados sobre material piroclástico, pueden simplemente ser más susceptible a la falla.

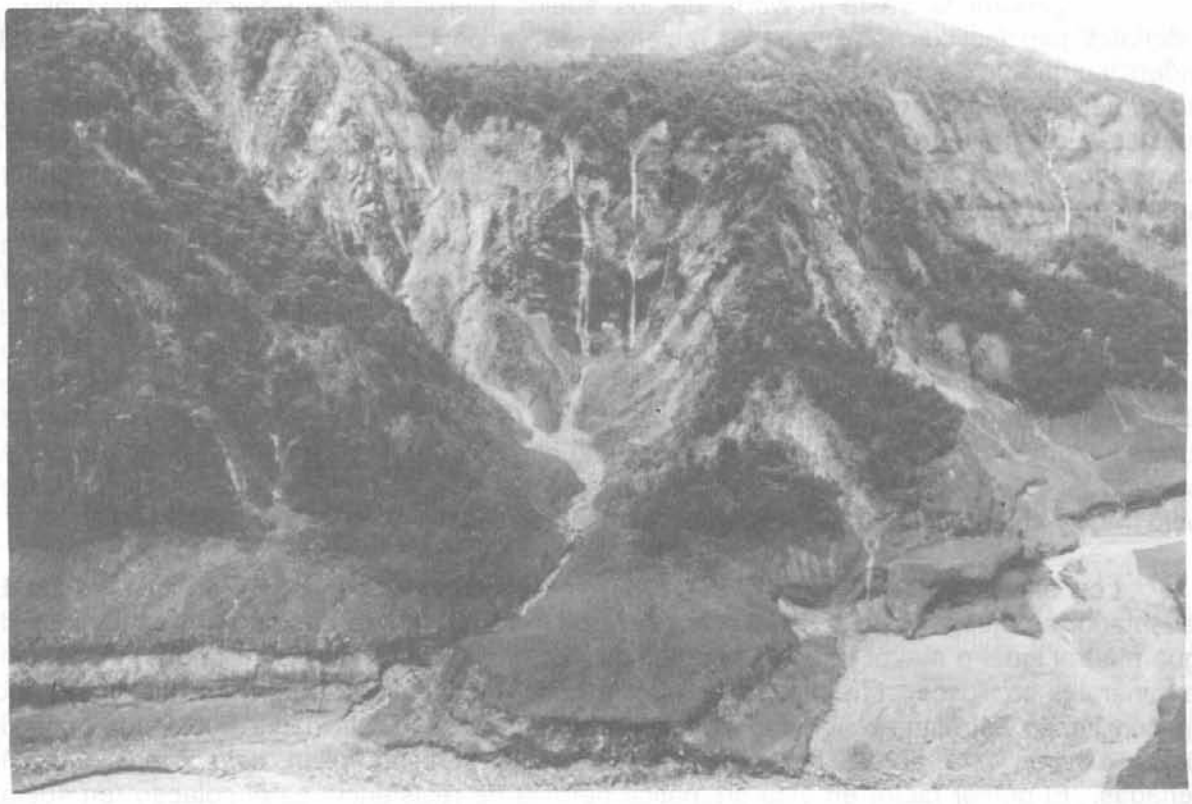


FIGURA 5.15 Vista aérea de la pared del valle NE del río Malo mostrando la denudación extrema de los taludes debido a los deslizamientos/avalanchas/flujos y del fondo del valle debido a flujos de escombros e inundaciones. Nótese que la línea de vegetación que indica la máxima altura del flujo/inundación de escombros, alcanzó cerca de 25 m sobre el nivel normal del río.

EVOLUCION DE LOS PROCESOS DEL DESLIZAMIENTO

Una de las más sorprendentes características de los deslizamientos causados por los sismos del 5 de Marzo de 1987 fue la efectividad del transporte de materiales desde los taludes de los tributarios de menor orden a las llanuras de inundación de los ríos mayores. Como se mencionó anteriormente, algunos llegaron a los ríos principales alcanzando 20 m de sedimentos (medidos en el centro de las llanuras de inundación), siendo la mayoría producidos por los deslizamientos generados. Si asumimos una sección triangular para los sedimentos en el fondo del valle, un ancho promedio de 600 m para la planicie de inundación del río Coca, y un valle con una longitud de 20 km entre la boca del río Salado y la cascada de San Rafael, nosotros calculamos un volumen total de 120 x 10^6 m^3. Si asumimos una profundidad

promedio de deslizamiento de 2 m (un valor razonable basado en las observaciones de campo), el área denudada fue cerca de 60 km². El volumen calculado concuerda bien con el volumen total (100×10^6 m^3) de movimiento de masas obtenido por Hakuno et al. (1988). Este volumen demuestra la fluidez del flujo de avalanchas y la efectividad de los tributarios en el transporte de dichos materiales. Nosotros sugerimos la existencia de dos factores que pudieron haber contribuido a este gran volumen. El primero es la naturaleza de los suelos envueltos en la falla de los taludes, y el segundo es la morfología general del área de El Reventador.

En general la vasta mayoría de los suelos fueron suelos tropicales residuales y materiales piroclásticos relativamente recientes de varios tamaños de grano (ceniza, lapilli, cinders y pómez). Estos tipos de suelos tienen estructuras característicamente abiertas con un alto contenido de agua cuando están saturados. El contenido natural de agua es típicamente muy cercano o mayor que el límite líquido. Los materiales piroclásticos tienen límites líquidos e índices de plasticidad relativamente bajos. Sin embargo, los suelos residuales, estando usualmente en estados avanzados de laterización, tienen altos límites líquidos (hasta de 300%) e índices plásticos (hasta 150%). La plasticidad de tales suelos es el resultado no de las arcillas de alta actividad, sino de la presencia de sesquióxidos hidratados de Al y Fe en estado de gel. En efecto, las lateritas residuales tienen un contenido muy pequeño de arcilla (Mitchell y Sitar, 1982) Si están presentes, las arcillas tienden a ser de tipo halloisita. Tanto los sesquióxidos como la halloisita sufren cambios irreversibles cuando están secas, y los suelos adquieren un dramático decrecimiento en plasticidad (Mitchell y Sitar, 1982). Estos materiales hidratados que proveen plasticidad, se comportan como elementos cementantes que imparten cohesión física a los suelos. Las estructuras abiertas son preservadas y el resultado es un suelo frágil y abierto con alta capacidad para absorber agua.

Los ensayos de Hakuno et al. (1988) mostraron que los suelos en el área de El Reventador se ajustan bien a esta caracterización. Estos autores encontraron contenidos de agua natural igual o mayor que el límite líquido, un amplio rango de plasticidades, y ausencia de minerales arcillosos. Los materiales piroclásticos, particularmente aquellos de grano fino, también tienen estructuras abiertas y de relativamente baja plasticidad. Estos dos tipos de suelos exhiben una pérdida extrema de resistencia si ellos fallan bajo condiciones no drenadas. El primer factor en esta dramática pérdida de resistencia es el colapso (en suelos residuales deshidratados); el segundo factor es el incremento en la presión de poros y el consecuente decaimiento del esfuerzo efectivo.

El escenario postulado para el transporte de los materiales deslizados es el siguiente. (1) Falla por corte en la superficie basal con una profundidad promedio de 2 m, probablemente al fondo del perfil del suelo residual y el tope de la roca meteorizada. (2) Comportamiento contractante del suelo fallado. Esta contracción disminuye los esfuerzos efectivos hasta que una resistencia estable es alcanzada (Poulos et al., 1985, Ellen y Fleming, 1987; Fleming et al , 1989). Dado el comportamiento altamente contractante de los suelos en esta área, podemos suponer que la resistencia final de estos suelos es muy baja. (3) Flujos de alta velocidad bajaron los taludes de mayor pendiente recorriendo varias decenas hasta algunos cientos de m. (4) Movimiento de flujos de escombros a los cauces de los tributarios que no tienen planicies de inundación. El flujo entonces fue canalizado y conducido efectivamente a canales de corrientes de mayor orden.

INUNDACIONES DE LOS VALLES EN LA VECINDAD DEL VOLCAN EL REVENTADOR

Crespo et al. (1987) estimó de manera general que "los movimientos de tierra originaron deslizamientos de lodo y avalanchas de roca cerca del volcán envolviendo más de 100 millones de yardas cúbicas [76 x 10^6 m^3] de suelo y roca." Basado en estudios sobre fotografías aéreas de la denudación de los taludes en la vecindad del volcán El Reventador, Hakuno et al. (1988) estimó que el volumen total de fallas por taludes es cerca de 110 x 10^6 m^3, pero hizo notar que esta aproximación fácilmente podría tener un error mayor al 50%. A pesar de que estas estimaciones son más o menos precisas, un gran porcentaje de esta inmensa masa de material combinada con el agua de los ríos Coca y Aguarico y sus tributarios formaron flujos de escombros de gran espesor que descendieron a través de los ríos de la parte superior del Amazonas.

Debido a que estos flujos de escombros ocurrieron durante la noche, por lo que no fueron fácilmente observados, no estamos seguros de su carácter. No conocemos si ellos actuaron realmente como flujo de escombros, o si pueden ser designados como "flujos hiperconcentrados" o "flujos de lodo." Sin embargo, basados en (1) profundidades de los sedimentos depositados en los ríos, (2) señales en las paredes más bajas del valle, que indicaron las alturas a las que los ríos alcanzaron cuando pasaron los flujos de escombros (trimlines), y (3) daño al oleoducto y carretera trans-ecuatorianos debido a la depositación y erosión, conocemos que ocurrió una inundación considerable (Figuras 5 16A,B, 5.17A,B y 5.18). La Figura 5.19 indica las profundidades estimadas de la inundación y el espesor de los sedimentos depositados por la misma en varias localizaciones claves a lo largo de los ríos Coca y Aguarico y sus tributarios.

Dado que con la remoción de los materiales de los taludes también se removió cobertura vegetal (principalmente árboles y arbustos), estos grandes flujos de escombros indudablemente fueron cargados con madera, similar a aquellos que descendieron por el río Toutle en el O del estado de Washington como resultado de la erupción del monte Santa Elena en 1980 (Schuster, 1983). El aumento de estos escombros de madera indudablemente afectó el carácter físico del flujo de escombros, y como se discute más adelante, probablemente impidió su paso a través de lechos rocosos angostos y restringidos a estrechos valles.

Hakuno et al. (1988) indicaron que un residente local quien vivía a lo largo del río Coca aproximadamente a 30 km de los epicentros (probablemente entre la boca del río Malo y la cascada de San Rafael) reportó que el río Coca llegó a estar completamente seco un poco antes de los sismos lo que ocurrió cerca de las 21 horas y 23 horas del 5 de Marzo. El flujo empezó otra vez con un gran caudal cerca de las 3h00 del 6 de Marzo Hay una fuerte posibilidad que esta interrupción del flujo del río Coca fue el resultado de un represamiento natural del río y/o sus tributarios como resultado de los sismos. Nosotros creemos que un represamiento de corta duración ocurrió en dos formas: (1) represamiento "hidráulico", en que el flujo de la corriente, altamente cargada con escombros, fue impedido de pasar a través del lecho rocoso angosto moviéndose en canales de corriente, y (2) obstaculización de las corrientes por flujos de escombros fluyendo en las corrientes principales desde sus tributarios.

FIGURA 5.16A

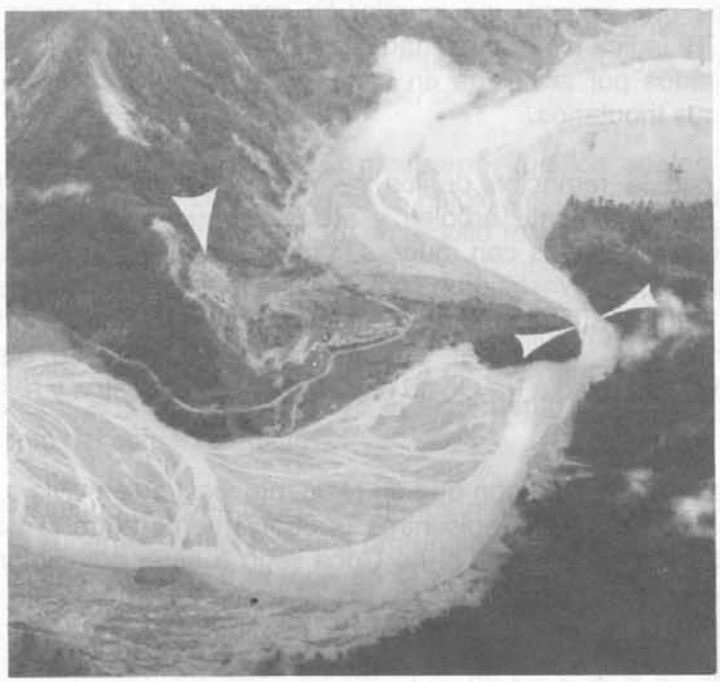


FIGURA 5.16B

FIGURA 5.16 Vista aérea oblicua mostrando aguas abajo de la confluencia de los ríos Salado y Quijos para formar el río Coca. (A) Vista de 1978 (Fotografía por William Savage, Pacific Gas and Electric). (B) Vista en Abril de 1987 ilustrando los depósitos de los flujos e inundaciones de escombros (con 20 m de espesor) cubriendo la mayor parte de la terraza de inundación. El estrechamiento del río Coca (indicado por las dos flechas a la derecha) probablemente causó el represamiento "hidráulico" de corta duración del río que contribuyó a una inundación y sedimentación aguas arriba. Nótese el deslizamiento (flecha cerca del centro de la foto) que dañó la planta de bombeo de El Salado del oleoducto trans-ecuatoriano.

FIGURA 5.17A

FIGURA 5.17B

FIGURA 5.17 Vista aguas arriba del río Salado desde la confluencia de los ríos Salado y Quijos. (A) Foto de 1978 mostrando el puente de la carretera trans-ecuatoriana (flecha) cruzando el río Salado. Note que el oleoducto trans-ecuatoriano zigzaguea la montaña a la izquierda del cruce en la embocadura del río Salado (Fotografía por William Savage, Pacific Gas and Electric). (B) Fotografía en Abril de 1987 mostrando la gran sedimentación en los canales de los ríos Quijos, Salado y Coca debido a los flujos de escombros e inundaciones del 5 de Marzo de 1987. Nótese la ausencia del puente de la carretera del río Salado que ha sido llevado por la corriente.

Hemos notado evidencia del represamiento "hidráulico" en cuatro localidades del drenaje del río Coca (Figura 5.19): (1) 7 km aguas arriba del río Salado desde su confluencia con el río Quijos/Coca (Figura 5.20), (2) en el río Malo y sus cascadas 1 km aguas arriba de su embocadura, (3) en el río Coca en la península del lecho rocoso que aparece hacia el S de la estación de Bombeo de El Salado, y (4) en el río Coca en la cascada de San Rafael. En cada una de estas localidades, la ocurrencia del represamiento es indicada inmediatamente aguas arriba por (1) trimlines que muestran el nivel más alto del flujo y (2) extensos depósitos de sedimento. Los sedimentos probablemente fueron depositados en lagos de corta duración que se formaron como resultado del represamiento antes que los tapones de escombros fueran lavados.

La formación de obstáculos temporales en las corrientes por flujos de escombros procedentes de los tributarios resultando en el represamiento de los ríos principales ha ocurrido en otras partes del mundo. Por ejemplo, Montandon (1933) señaló que el río Upper Rhine en Graubunden Canton, Suiza, fue brevemente represado en 1585, 1807, y 1868 por flujos de escombros flotando desde el Nolla Torrent. El río Xiao al N de la provincia Yunan, China, ha sido brevemente represado siete veces en este siglo por grandes flujos de escombros que flotaban desde Jiangjia Gully, un tributario mayor del Xiao. Cada uno de estos obstáculos de corta duración del río Xiao tuvo alturas de cerca de 10 m y la mayoría de ellos fueron sobrepasados y fallaron dentro de pocos días (Li et al., 1986). El río Colorado en el Gran Cañón fue brevemente represado en 1966 por un flujo de escombros generado por un aguacero desde Crystal Creek (Webb et al , 1988) En el área de El Reventador, el único caso de represamiento por flujos de escombros que fue identificado como tal fue causado por un flujo que vino desde el río Malo y entró en el río Coca durante la noche del 5 y 6 de Marzo. Aparentemente, este obstáculo no fue mayor que unos pocos metros de altura y probablemente fue sobrepasado y erosionado en una o dos horas después de haber sido formado. Sin embargo, esta presa, pequeña y de corta duración, debe haber sido la causa principal de la gran cantidad de sedimentos (espesor estimado: 20 m) que fueron depositados en el canal del río Coca inmediatamente aguas arriba de la embocadura del río Malo (Figura 5.21) Posiblemente otro obstáculo de flujos de escombros ocurrió donde el río Salado entra el río Quijos-Coca, debido a la gran cantidad de sedimentos depositados en este punto (Figuras 5.16 y 5.17). El mismo proceso probablemente ocurrió en pequeña escala en otras localidades donde profundos arroyos desembocan en los ríos Salado (Figura 5.11), Malo y Dué Grande.

Antes del sismo de 1987, INECEL había planificado construir una presa de tierra de 60 a 70 m de altura en la confluencia anteriormente mencionada de los ríos Coca y Salado. Esta presa debería haber formado un reservorio para servir de fuente de agua para una compuerta subterránea que ingresaría al río Coca en una casa de máquinas aguas abajo de la cascada de San Rafael (Figura 5 7). Afortunadamente, la construcción de esta presa no empezó en el tiempo en el que el sismo ocurrió, y el proyecto fue diferido para después. Sin embargo, INECEL está considerando nuevamente este sitio para construir la represa (El Comercio, 1990) El nuevo proyecto podría tener una altura de 5 m en el mismo sitio del río Coca; esta presa podría reservar agua para la compuerta antes mencionada y una planta hidroeléctrica.

FIGURA 5.18 Evidencia de la inundación del 5 de Marzo de 1987 en la orilla izquierda (N) del rio Aguarico cerca del pueblo de Lumbaqui. La inundación ha removido la mayoría de la cobertura vegetal en las terrazas bajas como se muestra al frente de la foto.

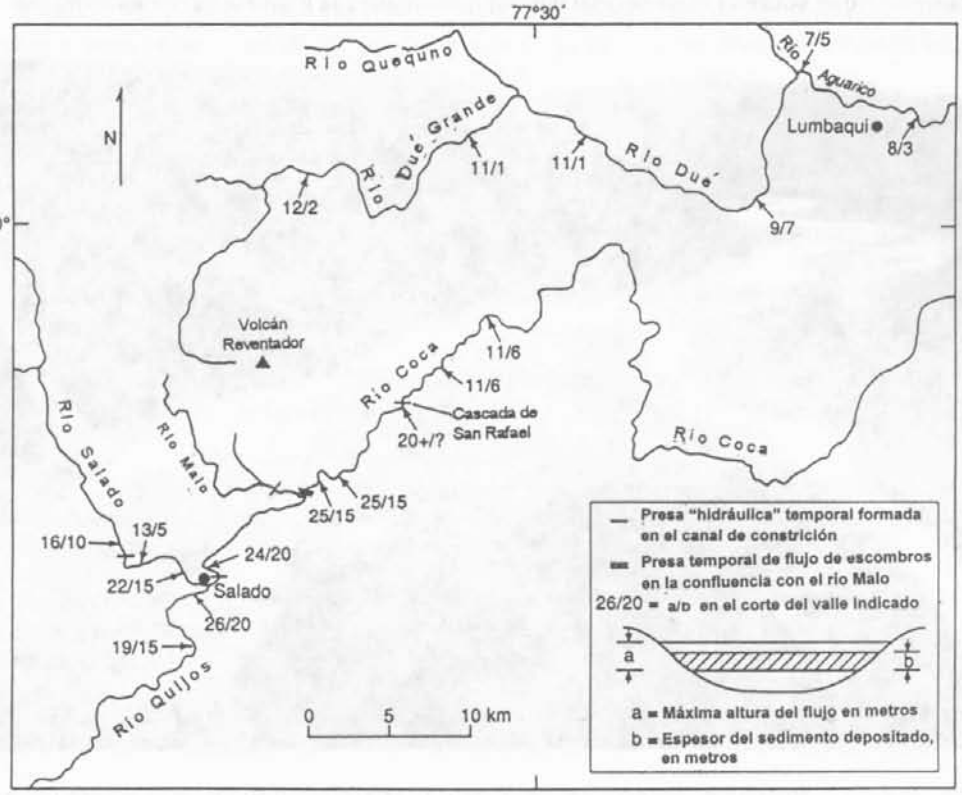


FIGURA 5.19 Profundidades estimadas de inundación y sedimentación en los canales de los ríos en el área de El Reventador. Las estimaciones fueron basadas en observaciones superficiales desde un helicóptero.

FIGURA 5.20 Vista aguas abajo del río Salado mostrando la localización del estrecho de roca (flechas) que causó el represamiento de corta duración del río. Nótese la línea en la jungla que cubre a lo largo de las paredes del valle izquierdo aguas arriba del estrecho del río. Esta señal indica la máxima altura (aproximadamente 10 m sobre el nivel normal del río) que alcanzó la inundación de escombros.

FIGURA 5.21 Vista aguas debajo de la confluencia del río Malo (fluyendo desde la parte izquierda inferior) con el río Coca. Un flujo de escombros procedente del río Malo durante la noche del 5 de Marzo de 1987, formó una presa de corta duración en el río Coca, resultando en la depositación de una gran cantidad de sedimentos en el canal del Coca como se ve hacia la derecha en la parte frontal de la foto.

REFERENCIAS

Baldock, J. 1982 Mapa Geológico del Ecuador. Dirección General de Geologia y Minas, Quito, escala 1:1,000,000

Brand, E W. 1982. Analysis and design in residual soils American Society of Civil Engineers, Geotechnical Engineering Division Proceedings of Specialty Conference on Engineering and Construction in Residual and Tropical Soils, Honolulu, January 1982, 89-143

Crespo, E. y H. E Stewart. 1987. Stability of cut slopes in Ecuadorian volcaniclastic deposits. Proceedings 8th PanAmerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cartagena, Colombia, 3:39-49

Crespo, E., K. J. Nyman y T D O'Rourke 1987. Ecuador earthquakes of March 5, 1987. Earthquake Engineering Research Institute. EERI Newsletter, 21(7) 1-4.

El Comercio (Quito) June 24, 1990 Coca será una realidad

Ellen, S D y R. W. Fleming 1987 Mobilization of debris flows from soil slips, San Francisco Bay region, California, in J. E. Costa and G F. Wieczorek, eds , Debris Flows/Avalanches: Recognition and Mitigation, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology 7:31-40

Fleming, R. W., S D. Ellen y A. A. Mitchell. 1989. Transformation of dilative and contractive landslide debris into debris flows-an example from Marin county, California. Engineering Geology 27:201-223

Hakuno, M., S Okuna y M Michiue 1988. Study Report of Damage Done by the 1987 Earthquakes in Ecuador Research Field Group, Natural Disasters and the Ability of the Community to Resist Them, Japan, Research Report on Unexpected Disasters No. B-62-2, 38

Hall, M. L. 1977. El volcanismo en el Ecuador. Publicación del I.P G H., Seccion Nacional del Ecuador, Quito, 120

Ho, D. Y F. y D. G. Fredlund 1982 Increase in strength due to suction for two Hong Kong soils American Society of Civil Engineers, Geotechnical Engineering Division. Proceedings of the Specialty Conference on Engineering and Construction of Tropical and Residual Soils, Honolulu, 263-295.

Ishihara, K y S Nakamura. 1987. Landslides in mountain slopes during the Ecuador earthquake of March 5, 1987. Proceedings of US-Asia Conference on Engineering for Mitigating Natural Hazards Damage; P Karasudhi, P. Nutalaya, and A N L. Chiu, eds , Bangkok, 14-18 December C6-1 to C6-11.

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

Landívar, H., C Luque, O. Ripalda, R. Maruri y A. Fuentes. 1986 Los suelos lateriticos en el Ecuador. Universidad Católica de Guayaquil, Ecuador, 39 más apéndices.

Li Tianchi, R L. Schuster y Wu Jishan 1986 Landslide dams in south-central China, in Landslide Dams: Processes, Risk, and Mitigation, R. L Schuster, ed , American Society of Civil Engineers Geotechnical Special Publication No 3, 146-162.

Lum, W. B 1982. Engineering problems in tropical and residual soils in Hawaii American Society of Civil Engineers, Geotechnical Engineering Division. Proceedings of the Specialty Conference on Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils, Honolulu, January 1982, 1-12

Mitchell, J. K y N Sitar 1982. Engineering properties of tropical residual soils. American Society of Civil Engineers, Geotechnical Engineering Division. Proceedings of the Specialty Conference on Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils. Honolulu. January 1982, 30-57.

Montandon, F. 1933 Chronologie des grands égoulements alpins, du début de l'ere chrétienne a nos jours, in Matériaux pour l'Etude des Calamités, Société de Géographie Geneve 32:271-340

Poulos, S. J , G Castro y J W. France. 1985 Liquefaction evaluation procedure Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers 111(6) 772-792.

Quigley, R. M. 1980. Geology, mineralogy and geochemistry of Canadian soft soils. a geotechnical perspective Canadian Geotechnical Journal 17 261-285

Schuster, R. L 1983. Engineering aspects of the 1980 Mount St. Helens eruptions. Bulletin of the Association of Engineering Geologists 20(2) 125-143.

Vargas, M. (1974). Engineering properties of residual soils from south-central region of Brazil. Proceedings of the Second International Conference of the International Association of Engineering Geology, Sao Paulo, Brazil. 1.

Webb, R H., P T. Pringle, S. L Reneau y G. R. Rink. 1988. Monument Creek debris flow, 1984· Implications for formation of rapids on the Colorado River in Grand Canyon National Park Geology 16·50-54.

6

EFECTOS SOBRE LAS LINEAS VITALES

E. Crespo, Universidad de Cornell, Ithaca, New York
T.D. O'Rourke, Universidad de Cornell, Ithaca, New York
K.J. Nyman, Universidad de Cornell, Ithaca, New York

OBSERVACIONES GENERALES

Desde el 19 de Marzo al 3 de Abril de 1987 se envió personal de la Universidad de Cornell al Ecuador en misión de reconocimiento para evaluar los efectos de los sismos del 5 de Marzo de 1987, sobre las líneas vitales Una visita adicional se realizó entre el 17 y 27 de Agosto para recolectar datos concernientes a los efectos de los deslizamientos e inundaciones sobre las principales líneas vitales y observar los esfuerzos de reconstrucción en las áreas mayormente afectadas. Aunque el objetivo principal de la misión de reconocimiento fue el oleoducto trans-ecuatoriano, se realizaron esfuerzos para conseguir información sobre otros tipos de líneas vitales. Las visitas fueron realizadas a la ciudad de Quito y poblaciones de las provincias de Pichincha, Imbabura y Napo (Figura 4.1). Se realizaron entrevistas con los trabajadores del gobierno y municipios así como con gente de las zonas afectadas.

El daño a las líneas vitales fue severo en áreas cercanas a los epicentros. Específicamente, el daño fue mayor en las tuberías del oleoducto (petróleo crudo) y poliducto (gas propano) trans-ecuatorianos, así como en las principales vías de acceso que unen Quito y Lago Agrio (Figura 6.1), principal ciudad de la región productora de petróleo en el Ecuador. El daño a las líneas vitales en otras áreas fue relativamente leve y está brevemente explicado en los siguientes subcapítulos.

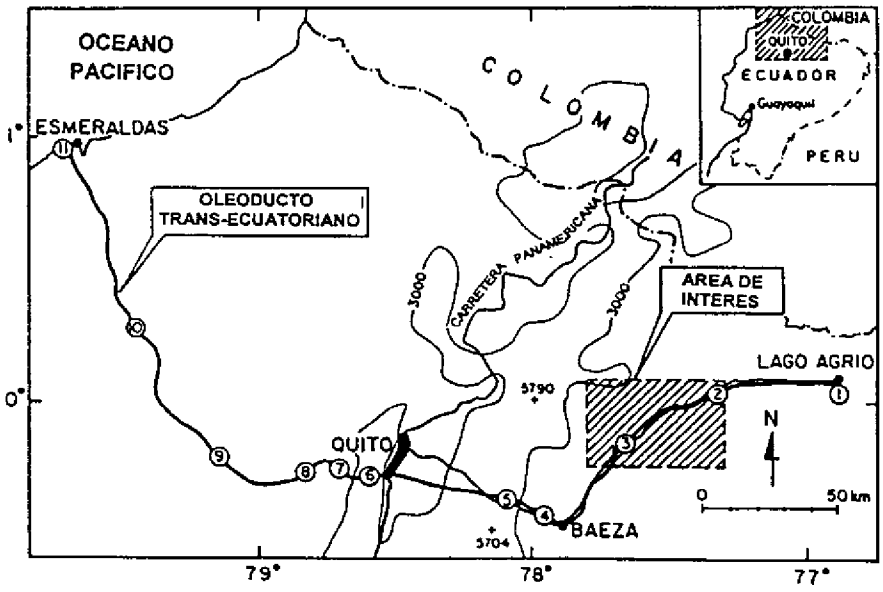


FIGURA 6.1 **Ruta y localización de las estaciones del oleoducto trans-ecuatoriano.**

Sistemas de Distribución de Agua

Se entrevistó a los personeros de la EMAP, la agencia municipal responsable por el suministro de agua para Quito. Ellos reportaron que no se produjeron daños en la red de tuberías, estaciones de bombeo y reservorios que sirven a la ciudad de Quito. El único daño que se observó en el sistema de agua subterránea fue en la ciudad de Baeza (Figura 6.1) que está aproximadamente a 60 km de los epicentros. Esta observación se realizó en una localidad donde una tubería de PVC de 150 mm de diámetro estaba siendo reparada. El daño total de la tubería en Baeza no pudo ser determinado; sin embargo, existieron daños considerables en estructuras de uno y dos pisos, principalmente construcciones de mampostería reforzada.

Sistemas de Energía Eléctrica

Se contactó con personeros de la EEQ que es la empresa municipal de electricidad de Quito. Ellos indicaron que la electricidad se interrumpió en todos los barrios de Quito por más de 2 horas después del segundo sismo (M=6.9). Esta interrupción se atribuyó al funcionamiento del sistema de control de seguridad. Una inspección del equipo eléctrico, posterior a los sismos, determinó que se necesitaba mantenimiento y reparaciones menores.

INECEL, el Instituto Ecuatoriano de Electrificación, no reportó daños sobre los servicios hidroeléctricos. Se visitó una pequeña planta hidroeléctrica privada en la ciudad de Papallacta (Figura 6.1, Tabla 6.1), localizada aproximadamente a 50 km de los epicentros No se detectaron daños en la planta de energía o en sus servicios de bombeo.

TABLA 6.1 Lista de las estaciones de bombeo y reductoras de presión del oleoducto trans-ecuatoriano

N°	Nombre	Elevación (m)
1.	Estación de bombeo de Lago Agrio	296
2.	Estación de bombeo de Lumbaqui	842
3.	Estación de bombeo de El Salado	1,268
4	Estación de bombeo de Baeza	2,001
5.	Estación de bombeo de Papallacta	3,007
6.	Estación reductora de San Juan	3,496
7.	Estación reductora de Chiriboga	1,997
8.	Estación reductora de La Palma	1,612
9.	Estación reductora de Santo Domingo	566
10.	Estación de bombeo de Quinindé	96
11.	Terminal marino de Balao	0

Carretera Panamericana

La carretera Panamericana es la mayor vía de transporte que conecta las ciudades y los pueblos de la región andina Los sismos causaron deslizamientos en depósitos volcanoclásticos e interrumpieron el tráfico entre las ciudades de Quito y Cayambe (Figura 1.1). La mayoría de estos deslizamientos afectaron taludes muy pendientes de los cortes de la carretera y se envolvieron materiales relativamente superficiales, deslizando y rodando arenas cementadas, ceniza y roca suave

El transporte entre Quito y la ciudad de El Quinche (20 km al ENE de Quito) fue interrumpido por un deslizamiento relativamente grande, una semana después de los sismos Este deslizamiento ocurrió en depósitos volcanoclásticos en cortes muy pendientes de la carretera. Se requirieron aproximadamente 24 horas para limpiar la carretera en esta zona.

Suministro de Gas Natural

El gas natural en el Ecuador es utilizado principalmente para cocinar y es suministrado en cilindros presurizados y tanques de propano. No existe una red de distribución de gas natural en el Ecuador. Hay varias líneas de transmisión que son utilizadas para llevar gas propano, una de éstas, conocida como el poliducto, fue dañada por los sismos. Una descripción más detallada de esta línea y su daño asociado se explica más adelante.

Aunque el daño de los sismos sobre las líneas vitales fue pequeño en la mayor parte del país, el daño cerca de los epicentros fue tan grande y tan amplio que tuvo un gran impacto sobre la economía del mismo e incluso con repercusiones mundiales. Aproximadamente 40 km del oleoducto trans-ecuatoriano tuvieron que ser reconstruidos, haciendo de esto la tragedia más extensa sobre una sola tubería en la historia. Debido a la escala e importancia del daño, este capítulo se concentra en las características de las observaciones posteriores a los sismos, relacionadas con el oleoducto trans-ecuatoriano, con descripciones suplementarias del poliducto y vías de acceso adyacentes.

CARACTERISTICAS DEL OLEODUCTO Y POLIDUCTO TRANS-ECUATORIANOS

El oleoducto trans-ecuatoriano está compuesto principalmente de una tubería de 660 mm de diámetro y sistemas de bombeo y estaciones reductoras de presión. La tubería entró en funcionamiento en 1972 Está construida con hierro de grado X-60, de paredes desde 9.5 a 20.6 mm de espesor. La tubería es el principal medio de transporte de crudo en el país, transportando virtualmente todo el petróleo de los campos del Oriente al puerto marítimo cerca de Esmeraldas en el Océano Pacífico (Figura 6.1). La tubería opera a una presión interna máxima de 9.7 MPa y mueve de 250.000 a 300.000 barriles diarios de petróleo.

El poliducto está compuesto por una tubería de 150 mm de diámetro y una estación con un equipo compresor con regulación de presión. El espesor de sus paredes es de 7.1 mm. Esta línea fue construida después del oleoducto trans-ecuatoriano y corre paralelamente a él El poliducto presta varios servicios. Lleva diferentes tipos de hidrocarburos en distintos tiempos, incluyendo gas propano La tubería se extiende desde Lago Agrio en el Oriente hasta Quito.

La Figura 6 1 muestra un plano del oleoducto trans-ecuatoriano con estaciones de bombeo localizadas en los puntos 1 al 5 y el 10, y estaciones reductoras localizadas en los puntos 6 al 9. El final del oleoducto en el terminal marítimo de Balao cerca de Esmeraldas es el punto 11. La tubería transporta petróleo desde una altura inicial de 296 m en la estación de bombeo en Lago Agrio hasta una elevación máxima de 4060 m en las montañas al E de Quito para llegar al terminal marítimo de Balao a nivel del mar. Las elevaciones relativas a nivel del mar de varias bombas y estaciones reductoras están resumidas en la Tabla 6.1. A fin de clarificar la figura, el poliducto no está dibujado, sin embargo sigue la misma dirección del oleoducto en la ruta desde Lago Agrio hasta Quito.

La longitud total del oleoducto trans-ecuatoriano es de 498 km desde Lago Agrio hasta Esmeraldas. Aproximadamente 200 km, desde Lago Agrio hasta la mitad de la vía entre Quito y la estación de bombeo de Papallacta, pasa subaéreamente sobre el terreno. A lo largo de este tramo, la tubería está soportada cada 12 m por un marco en forma de "H" o por un pedestal cimentado en concreto. El marco soportante consiste de dos pilotes de 150 mm de diámetro hincados 6 m bajo tierra y un travesaño soldado entre ellos. El oleoducto descansa sobre dicha viga y se ajusta a una placa central. El pedestal de concreto consiste de una cimentación de 1 m^2 con un tipo de soporte sostenido verticalmente a la losa. La sección vertical de concreto tiene 50 mm de alto y está fabricada de forma circular en su tope, actuando como una tenaza para soportar la tubería. Los soportes sobre el terreno no tienen aspectos especiales para restringir el movimiento de la tubería lateral o longitudinalmente. Sin embargo, en terrenos con mucha pendiente se utilizan seguros longitudinales para prevenir deslizamientos de la tubería montaña abajo a través de los soportes.

Los restantes 298 km de la tubería desde el E de Quito hasta Esmeraldas se encuentran enterrados. Una sección de la línea, en las localizaciones 8 y 9 de la Figura 6.1, está compuesta de una tubería de 150 mm de diámetro. Todas las otras secciones están conformadas por tubería de 660 mm de diámetro.

El área de mayor ruptura se muestra en la zona sombreada de la Figura 6.1. Esta fue la zona donde los deslizamientos e inundaciones producidos por los sismos dañaron la tubería y la estación de bombeo de El Salado (localización 3).

DAÑO EN EL OLEODUCTO

La Figura 6.2 muestra una vista expandida de la zona sombreada identificada en la Figura 6.1. Esta región incluye la ruta del oleoducto desde su cruce en el río Aguarico hasta su cruce con el río Salado. La tubería sigue un curso en dirección SO a lo largo del drenaje del río Coca. Entre los ríos Aguarico y Salado, la tubería alcanza una altura máxima de 1700 m, para después descender aproximadamente 500 m a la planicie de inundación del río Coca y seguir la ribera N del río hacia la estación de bombeo de El Salado.

El río Coca está profundamente encañonado y bordea las faldas SE del volcán El Reventador. Este volcán es un gran estratovolcán activo caracterizado por un cono en forma de nido en un anillo que se abre hacia el E. Este cono compuesto es la expresión de una reciente fase volcánica En 1976, el volcán produjo flujos de lava que se extendieron hasta 2 km del oleoducto.

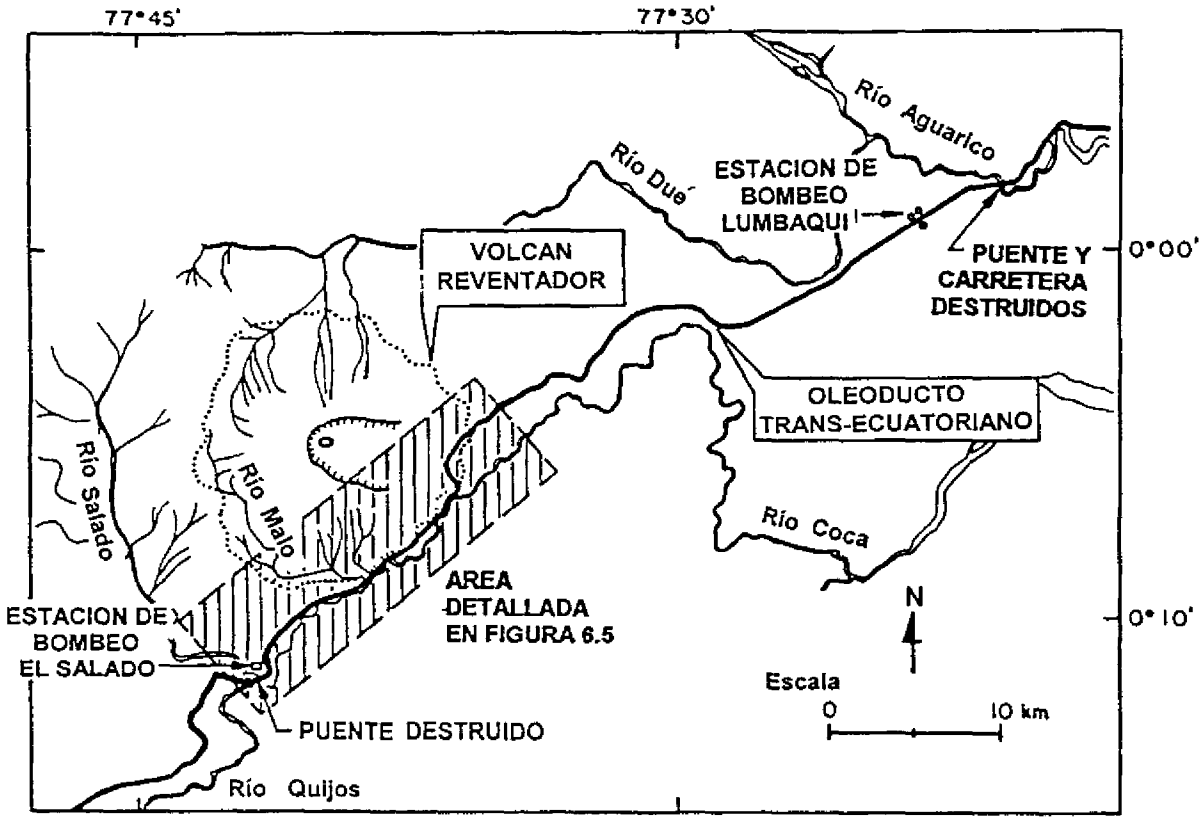


FIGURA 6.2 Area de mayor daño del oleoducto.

Los dos sismos del 5 de Marzo de 1987 ocurrieron después de un mes de fuertes lluvias, durante las cuales se midieron hasta 600 mm de precipitación. El fuerte sacudimiento inició el deslizamiento de rocas y suelos, avalanchas y flujos de lodo. Los flujos y las inundaciones resultantes fueron drenados hacia el N en el río Dué y hacia el S y el E en los ríos Salado y Coca.

La inundación a lo largo del río Dué ingresó al río Aguarico y destruyó el oleoducto y el puente que cruzaba el Aguarico, aproximadamente a 50 km al NE de la estación de bombeo de El Salado. Las aguas de la inundación alcanzaron una altura de 5 m sobre el piso del puente. La Figura 6.3 muestra un segmento de la tubería enterrada, la misma que fue dañada en el lado O del río en la unión entre el puente y el pilar de concreto. La Figura 6.4 presenta una vista del lado E del río donde el oleoducto ingresó sobre el pilar como una estructura superpuesta. Al O de esta localización, el oleoducto fue presionado longitudinalmente y desplazado fuera de sus soportes en una distancia de 4 km.

El puente de la carretera que cruzaba el río Salado fue completamente destruido. El oleoducto trans-ecuatoriano en esta zona había sido construido excavando una trinchera de 3 a 4 m de profundidad en el fondo del río y enterrado en ella La tubería fue protegida con concreto para evitar efectos de flotación La tubería no fue dañada en el cruce del río Salado y este segmento de la línea fue incorporado sin reparaciones durante la reconstrucción del sistema del oleoducto

FIGURA 6.3 **Oleoducto trans-ecuatoriano cortado por las inundaciones, orilla E del río Aguarico.**

FIGURA 6.4 **Oleoducto trans-ecuatoriano al O del río Aguarico empujado hacia el Sur por la inundación. Nótese el pilar remanente y la cimentación del puente en la ribera.**

La Figura 6 5 presenta una vista expandida del área (zona sombreada en la Figura 6 2) de mayor daño de la tubería. Aproximadamente 12 km de la tubería fueron destruidos a lo largo de las riberas del río Coca, desde el E de la estación de bombeo de El Salado hasta 12 km al E de la confluencia de los ríos Salado y Coca. A lo largo de este segmento, el daño fue generado por deslizamientos y flujos de escombros en suelos residuales y rocas ígneas de los flancos de las montañas del lado N del río Salado. Sin embargo, el mayor daño fue originado por la inundación del río Coca, lo cual se muestra en el área punteada en la figura. La inundación afectó la alineación de la tubería dando como resultado una severa socavación y remoción de la misma. Dos secciones del oleoducto, cada una de aproximadamente 1 a 2 km de largo, quedaron intactos a lo largo de esta porción del río. Estas secciones fueron recuperadas durante la reconstrucción y usadas como bases provisionales para el restablecimiento del flujo en la línea reparada.

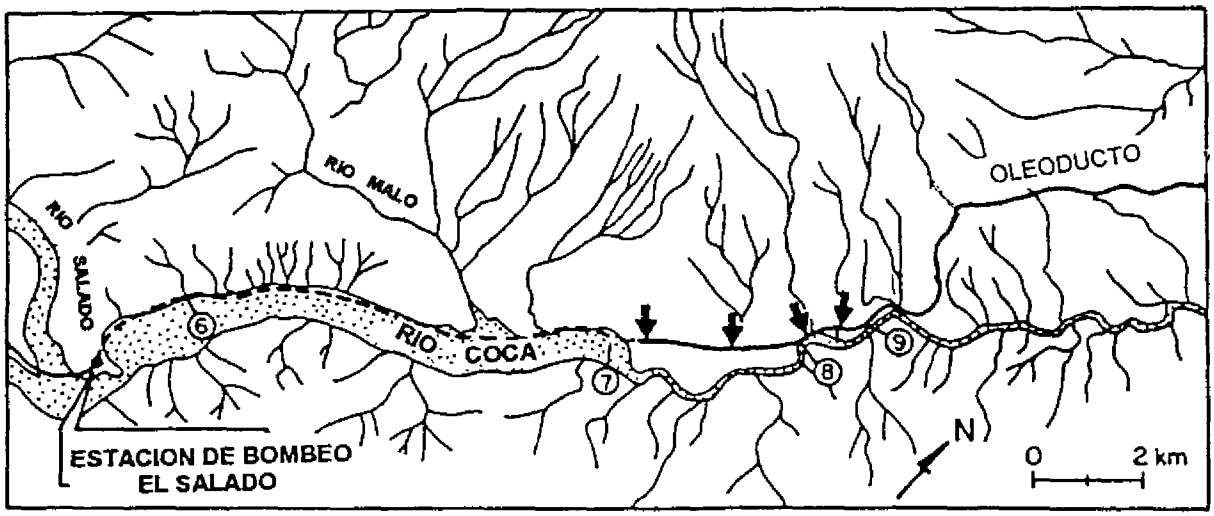


FIGURA 6.5 Area de inundación, deslizamientos y flujos de escombros.

Como se describió anteriormente, la tubería de 150 mm de diámetro del poliducto seguía aproximadamente la misma ruta que el oleoducto trans-ecuatoriano, por lo que el primero fue destruido y dañado aproximadamente en los mismos sitios que el segundo.

Aproximadamente 5 km del oleoducto trans-ecuatoriano, inmediatamente al E de la sección descrita arriba, fueron dañados por deslizamientos y flujos de escombros que interceptaron la línea. Las flechas negras en la Figura 6.5 muestran los puntos de mayor daño donde el oleoducto fue totalmente cortado. La mayoría de los deslizamientos y flujos de escombros fueron originados en depósitos volcanoclásticos jóvenes que rodean al volcán El Reventador a una altura entre 1.400 y 2.000 m

La tubería fue dañada por deslizamientos y flujos de escombros en otras dos localizaciones aproximadamente a 7 y 10 km al E del área mostrada en la Figura 6.3. En una de ellas, la tubería fue interrumpida por un deslizamiento de escombros volcánicos de un talud con una fuerte pendiente inmediatamente adyacente a la línea. En la otra zona, la tubería fue dañada por un flujo de escombros que se originó como un deslizamiento de un talud muy pronunciado de lutitas finas.

Las Figuras 6.6 a 6.9 muestran las fotografías tomadas durante el reconocimiento realizado en helicóptero, aproximadamente 3 semanas después de los sismos. Los sitios de las fotografías son identificados como 6 a 9 en la Figura 6.5 correspondiendo cada número a la fotografía respectiva.

FIGURA 6.6 **Oleoducto roto por un flujo de escombros que erosionó hasta 6 m por debajo de la tubería**

FIGURA 6.7 **Inundación a lo largo del río Coca. Nótese la tubería rota y deformada al lado izquierdo de la fotografía.**

FIGURA 6.8 **Tuberías del oleoducto y poliducto (en blanco) trans-ecuatorianos interrumpidas por flujos de escombros y erosión profunda a lo largo del río Coca.**

FIGURA 6.9 **Planicie de un gran flujo de escombros con el oleoducto trans-ecuatoriano deformado en la dirección del movimiento.**

DAÑO EN LA ESTACION DE BOMBEO DE EL SALADO

La estación de bombeo de El Salado está localizada cerca de la confluencia de los ríos Salado y Coca sobre depósitos aluviales a 25 m sobre el nivel del río. En este punto, arenas aluviales, gravas y bloques se extienden hasta una profundidad de aproximadamente 200 a 300 m bajo la planicie de inundación del río Coca (Almeida y Cruz, 1986).

Una vista en planta de la estación se muestra en la Figura 6.10. Daños severos en la estación fueron causados por un deslizamiento que ocurrió sobre granodiorita meteorizada y depósitos aluviales localizados aproximadamente 80 m sobre la estación Los escombros de este deslizamiento viajaron aproximadamente 240 m al E, donde rompió el tanque principal de la estación y sepultó la válvula principal de las compuertas. El sitio del deslizamiento y del flujo de escombros se muestra en el diagrama insertado en la Figura 6.10.

Como se muestra en la Figura 6 10, la estación de bombeo de El Salado está compuesta de varias estructuras, las más importantes incluyen la válvula principal, casa de control, generadores, casa de bombeo, tanque de agua, tanque de petróleo, equipo de comunicaciones y vivienda del personal Cada una de estas estructuras está indicada en dicha figura. Las características físicas y operacionales de estas estructuras y una breve descripción de su condición luego de los sismos se explican a continuación

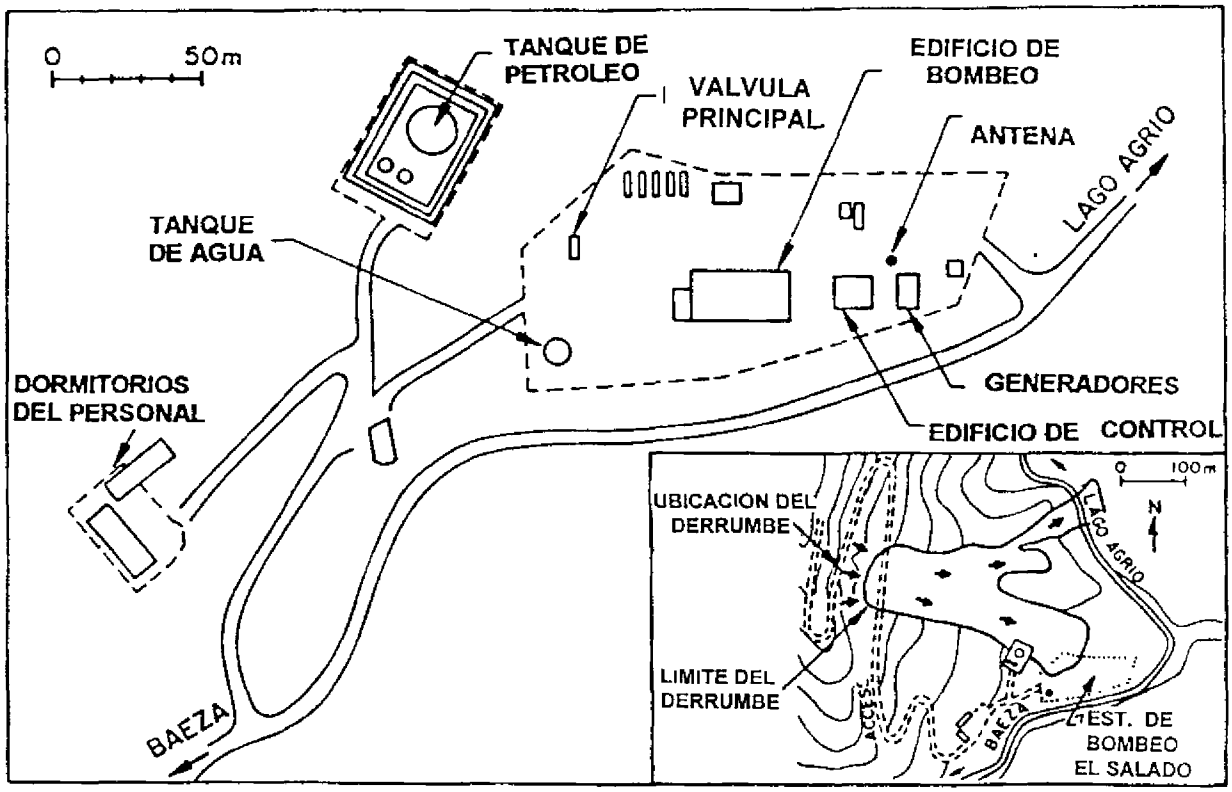


FIGURA 6.10 **Vista en planta de la estación de bombeo de El Salado.**

Válvula Principal

La válvula principal controla el flujo desde la estación y, por tanto, la presión en la línea. En caso de emergencia permite cerrar el oleoducto. Los escombros producidos por los deslizamientos sepultaron completamente este dispositivo. Debido a que el sistema de control remoto de la estación se perdió, enterrado bajo los escombros. se operó manualmente la válvula. Como consecuencia de esto, un desconocido pero significativo volumen de crudo en la línea al E de la estación de bombeo, se perdió por flujo desde las secciones rotas al O de dicha estación.

Centro de Control

El centro de control fue una estructura de un piso de concreto reforzado cimentado sobre una losa de concreto. Contenía el equipo de control necesario para la operación correcta de la estación de bombeo. Los daños visibles a esta estructura consistieron de una fractura de 12 mm de ancho a lo largo del piso de la losa. Los operadores de la sala de control indicaron que los paneles de control habían sido dañados por los sismos. La energía eléctrica se suspendió en la estación inmediatamente después del segundo evento principal (M=6.9) El equipo de reserva y los generadores de emergencia fallaron.

Generadores

Dos generadores de diesel fueron usados como fuente principal de energía eléctrica para la estación Aproximadamente 12 mm de asentamiento diferencial y más de 25 mm de desplazamiento horizontal se observaron en la losa de concreto de uno de los generadores. Durante el reconocimiento del sitio, aproximadamente 3 semanas después de los sismos, este generador todavía estaba siendo reparado. Además, uno de los tanques elevados de diesel para los generadores se volteó como consecuencia de los sismos

Casa de Bombeo

La casa de bombeo contenía cinco bombas de diesel, cada una de ellas soportadas en bloques de concreto y descansando sobre pilotes de acero de 300 mm de diámetro. El asentamiento relativo del suelo de los pilotes soportantes varió de 35 a 100 mm Este asentamiento aparentemente contribuyó a movimientos diferenciales entre los motores de las bombas y los intercambiadores de calor, los cuales fueron soportados sobre cimentaciones superficiales. Este asentamiento diferencial causó desajustes en las conexiones giratorias. La Figura 6.11 muestra la casa de bombeo durante la reconstrucción de la estación. En la fotografía, la excavación a lo largo del costado de la estructura ha expuesto la cimentación compuesta por pilotes.

Equipo de Comunicación

La principal antena de radio se dobló y llegó a ser inoperable. Esta antena era utilizada para transmitir información continua sobre las operaciones y constituía el principal medio de comunicación de emergencia.

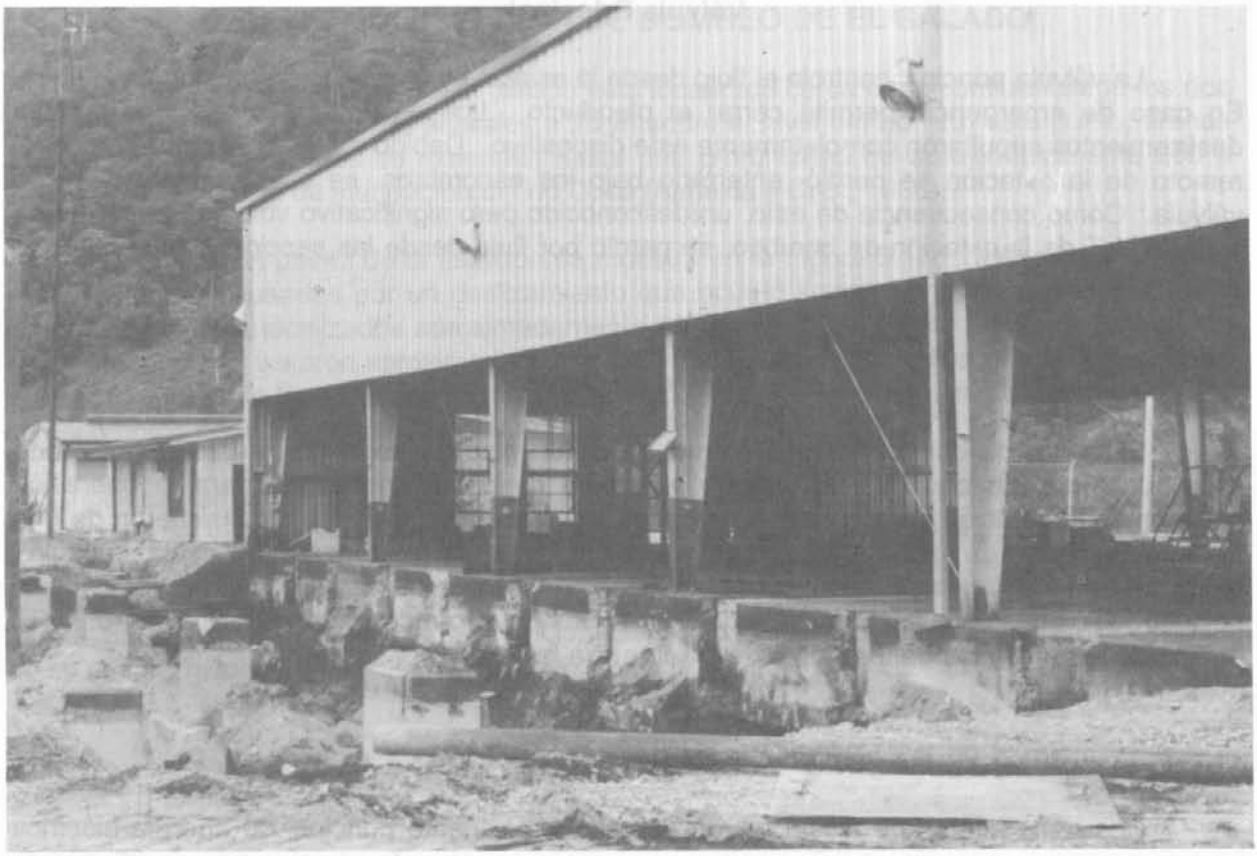


FIGURA 6.11 Casa de bombeo en la estación de El Salado. Nótese el asentamiento del suelo relativo a los bloques de los pilotes de cimentación.

Tanque de Agua

El tanque de agua principal era de 10 m de diámetro y 5.5 m de altura; fue construido con láminas de acero de aproximadamente 7 mm de espesor. Su propósito era el suministro de agua para combatir incendios. El tanque de 2.000 barriles estaba completamente lleno al momento de los sismos. Como se muestra en la Figura 6.12, ocurrió un arrugamiento cerca de la cresta del tanque, aparentemente en respuesta al movimiento violento del agua. Una gran protuberancia circunferencial, o "pata de elefante", se desplegó en la unión entre el tanque y su pared de anillo de concreto (Figura 6.13). La tubería principal salió fuera del tanque empujada por una cupla compresiva, desconectando el tanque de la red de bombeo.

Tanque de Petróleo

El tanque de petróleo de 15 m de diámetro, que dio liberación de presión y sirvió como reservorio, estuvo lleno hasta la mitad durante los sismos. El tanque fue construido con placas de acero de 12 mm de espesor y tenía aproximadamente 10 m de altura. Los escombros producidos por el deslizamiento golpearon el tanque causando su colapso y derramando 4.500 barriles de petróleo sobre toda la estación. La Figura 6.14 muestra una foto del tanque

colapsado y dos tanques pequeños de gasolina que fueron destruidos también por el deslizamiento y el flujo de lodo. La excavación y la inspección durante la reconstrucción revelaron que el petróleo se había filtrado subterráneamente al río Coca, localizado a 100 m de distancia, y que los suelos infiltrados alcanzaron una profundidad de aproximadamente 10 m. Un incendio con el crudo se produjo cerca del tanque dañado durante la reconstrucción de la estación, 2 meses después de los sismos.

Vivienda del Personal

Los dormitorios y comedores eran estructuras de un piso de concreto reforzado. Se observaron fuertes daños superficiales en las viviendas. Igualmente, se observó algún daño estructural a las vigas de concreto reforzado en los comedores.

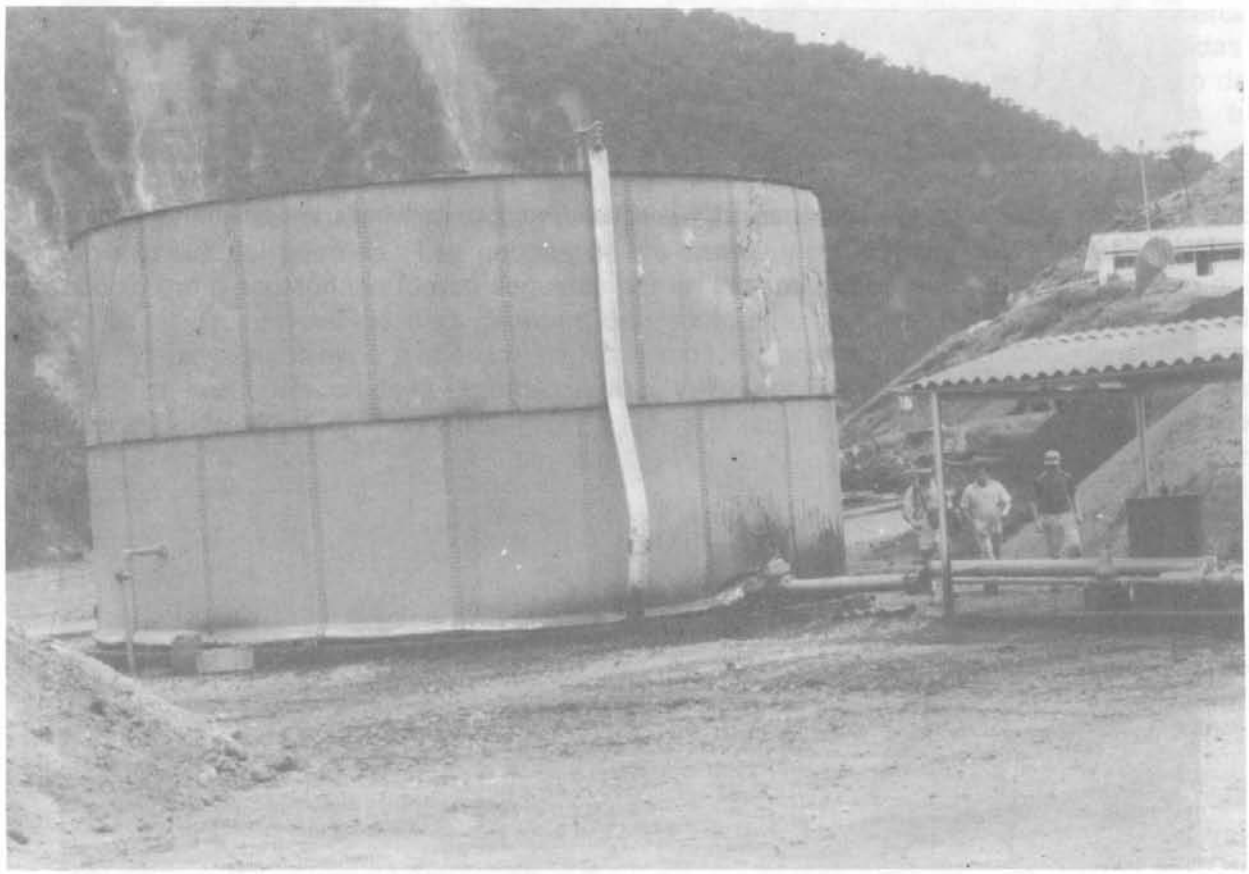


FIGURA 6.12 Tanque de agua dañado en la estación El Salado.

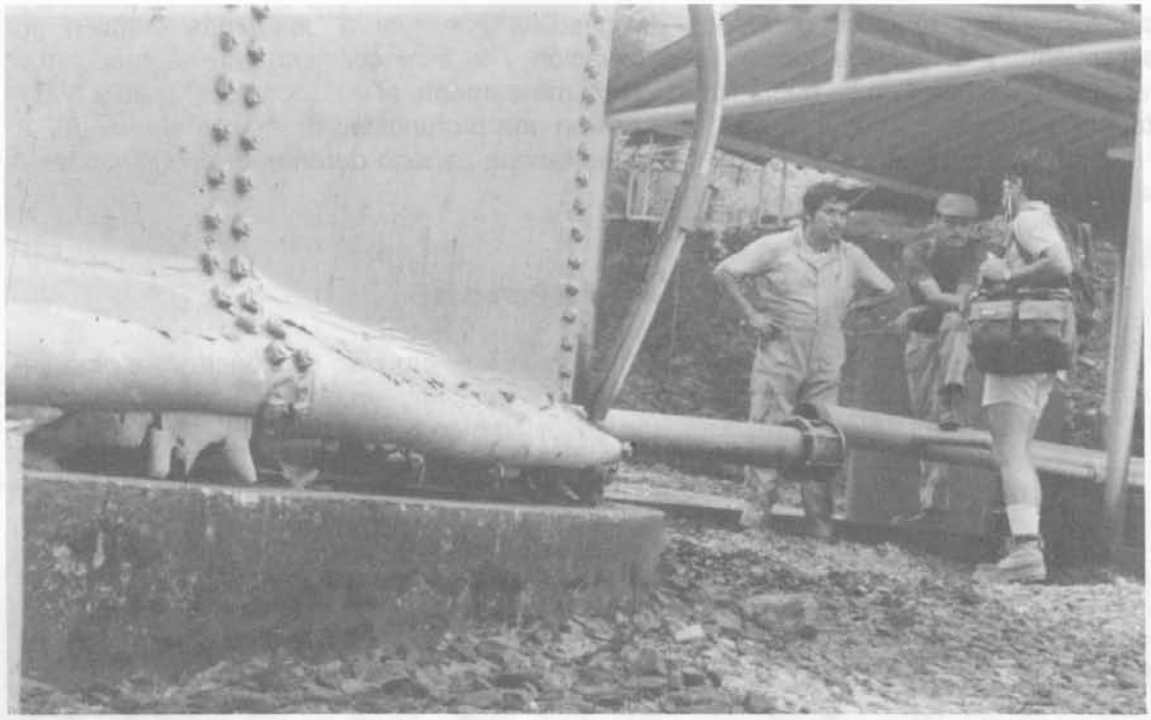


FIGURA 6.13 Abultamiento circunferencial y desplazamiento de la tubería del tanque de agua de la estación de bombeo de El Salado.

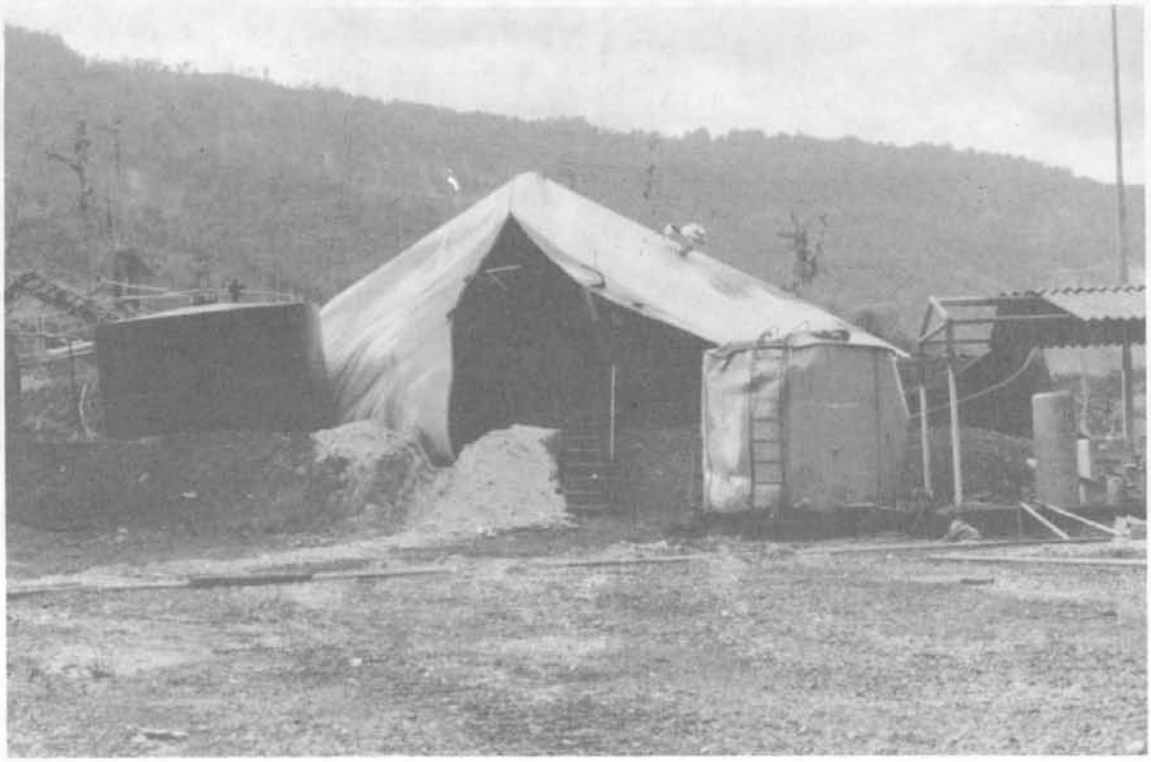


FIGURA 6.14 Tanque de petróleo destruido por escombros del deslizamiento en la estación de bombeo de El Salado.

CARRETERA TRANS-ECUATORIANA DESDE BAEZA HASTA LAGO AGRIO

La carretera paralela a las tuberías (Figuras 5.1, 6.1, 6.2) es la principal arteria de transporte entre Quito y los campos petroleros del Oriente. Las inundaciones destruyeron los puentes de la via en los rios Salado y Aguarico así como largos tramos de camino entre los ríos Salado y Malo. Más de 6 meses después de los sismos, esta carretera todavía estaba interrumpida y la región oriental aún soportaba suplicios debido a la pérdida de este medio de transporte. La única alternativa de transporte a Lago Agrio fue por avión o por una combinación de viaje entre carretera y río. (El puente del río Salado fue reemplazado en 1988 por un puente Bailey que es usado constantemente.)

CONSECUENCIAS ECONOMICAS

La pérdida del oleoducto trans-ecuatoriano privó al Ecuador del 60% de sus ingresos provenientes de exportaciones Como consecuencia, la pérdida de esta sola línea vital tuvo un efecto dramático en la economía del país. Suponiendo que la tubería podía transportar cerca de 250.000 barriles diarios a un precio promedio de 19 dólares por barril, el total de pérdidas, entre el 5 de Marzo y el primer uso provisional de la línea reconstruida el 18 de Agosto de 1987, fue de aproximadamente 790 millones de dólares. El costo estimado en la reconstrucción de la tubería es de cerca de 50 millones de dólares.

El precio del crudo intermedio West Texas es usado a menudo como un índice del precio mundial del petróleo. Las noticias de los sismos y de las pérdidas asociadas con el oleoducto trans-ecuatoriano fueron seguidas por un incremento en un 6.25% en el precio del crudo West Texas hasta 4 días después de ocurridos los sismos. Aunque el precio del petróleo había ido subiendo a la época de los sismos, los analistas del mercado afirmaron que la noticia de la suspensión de la exportación de petróleo por Ecuador inició una escalada en los precios del petróleo Como consecuencia, los efectos económicos de la falla del oleoducto no estuvieron confinados a un solo país, sino que fueron sentidos a nivel mundial por especulación en el mercado.

RESUMEN

Los daños sísmicos al oleoducto trans-ecuatoriano representan la mayor pérdida producida en un solo oleoducto en la historia Aunque los sismos del 5 de Marzo de 1987 hayan ocurrido en una remota región, sus consecuencias en términos de la falla de una línea vital tuvieron repercusiones nacionales e internacionales.

El movimiento sísmico tuvo únicamente un efecto limitado sobre la tubería, mientras que las deformaciones permanentes del terreno tuvieron una extensa y grave influencia. Los deslizamientos y flujos de escombros causaron la mayoria de los daños y contribuyeron virtualmente a todas las rupturas y deformaciones de la línea. Los daños producidos por los deslizamientos y flujos de escombros fueron causados directamente por la falla de los suelos y material rocoso que interceptaron la línea, o indirectamente por ríos hinchados con escombros que inundaron la línea y erosionaron la tubería.

El daño a la estación de bombeo de El Salado fue extenso. Casi todos los sistemas de la estación de bombeo fallaron para operarla correctamente después de los sismos. El daño

estructural más severo fue causado por un deslizamiento que destruyó el tanque de petróleo en la estación, derramando miles de barriles de crudo sobre la misma. Se observaron asentamientos diferenciales y desplazamientos horizontales permanentes en la mayoría de cimentaciones, los mismos que fueron responsables en parte del mal funcionamiento del equipo de control, conexiones entre bombas e intercambiadores de calor y generadores. El daño por el movimiento sísmico fue especialmente severo en el tanque de reserva de agua y en la antena de comunicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al soporte logístico de CEPE/Texaco, Inc. Se agradece especialmente a los empleados de CEPE/Texaco, Inc.: Dr. Juan Quevedo, Gerente General; Sr. Bob Paulsell, Superintendente; Sr Bill Spear, Superintendente de Campo en el Chaco; y Sr. Jerry Isacks, Superintendente en Quito. El Sr. Gustavo Freile de Harbert Engineers brindó asistencia crítica durante las dos visitas de reconocimiento. El Ing. Iván Núñez de INECEL ayudó con información invaluable. Agradecemos a los Srs. "Swamp" Smith y Bill Spencer de Will Bros. Construction Company por su ayuda y hospitalidad. Deseamos expresar nuestra gratitud al Cap. Francisco Hidalgo de la Aviación de la Armada del Ecuador. Un agradecimiento y reconocimiento especial para el Prof. John M. Bird de la Universidad de Cornell por su ayuda y visión durante la segunda visita de estudio.

REFERENCIA

Almeida, E. y M. Cruz. 1986. Estudio geológico del Volcán Reventador, INECEL, Proyecto Geotérmico, Quito.

7

CONSECUENCIAS ECONOMICAS Y SOCIALES A NIVEL LOCAL

P. A. Bolton, Instituto Batelle, Seattle, Washington

INTRODUCCION

Aunque no tuvieron mayor atención en los medios de comunicación de América del Norte, los sismos que ocurrieron en el nororiente ecuatoriano en la noche del 5 de Marzo de 1987 tuvieron una importancia considerable en Ecuador. A nivel nacional, la ya deteriorada economía del país sufrió un gran impacto cuando la producción ecuatoriana de petróleo fue seriamente afectada por daños del oleoducto trans-ecuatoriano relacionados con el sismo. De acuerdo con la Comisión Económica de Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (ECLAC, 1987), los campos petrolíferos ecuatorianos habrían producido alrededor del 60% de las divisas de exportación del país. Así, fue severamente afectada la capacidad del Ecuador de hacer frente a sus costos de operación interna y realizar los pagos de los intereses de su deuda externa. Dentro de la semana siguiente a los sismos, el Gobierno Nacional dictó algunas severas medidas económicas, incluyendo la suspensión del pago de la deuda externa a los bancos privados, incrementó los precios de los combustibles, un plan nacional de austeridad y un congelamiento de los precios de un conjunto seleccionado de productos esenciales.

Las consecuencias sociales del sismo y las consiguientes demandas para una asistencia de respuesta y recuperación fueron relativamente inusuales con respecto a su variedad y al alcance geográfico. El daño al oleoducto trans-ecuatoriano causó el mayor costo de la reconstrucción así como la mayor pérdida de rentas públicas. El daño a viviendas se extendió sobre una gran área y estuvo mayoritariamente distribuido entre propietarios de limitados recursos. La pérdida de una importante ruta de transporte creó problemas para miles de habitantes quienes aparte de eso no sufrieron un daño directo.

A un nivel más básico, los sismos fueron particularmente amenazantes para las poblaciones más directamente afectadas. Ningún sismo de una magnitud similar había ocurrido en el área afectada por más de 30 años. Los dos mayores sismos, separados por 3 horas, dejaron en su cuenta no solo una variedad de tipos de daño y consecuencias sociales, sino también un considerable peligro adicional en forma de miles de edificios dañados y la amenaza de deslizamientos adicionales. Afortunadamente, en los meses siguientes no se presentaron importantes réplicas, aunque casi 20 de las miles de éstas fueron sentidas por las personas presentes.

Este capítulo describe las consecuencias a nivel local de los terremotos, las mismas que fueron anotadas durante breves visitas a tres de las provincias afectadas Las observaciones aquí reportadas son principalmente basadas en visitas a varias comunidades afectadas para ver los daños y en conversaciones con una variedad de autoridades locales, representantes de programas de recuperación y residentes locales encontrados a lo largo de la ruta. Algunos documentos y periódicos también fueron revisados. La información de las comunidades fue recolectada durante aproximadamente 16 semanas después de los sismos y

las mismas mayoritariamente se refieren a las consecuencias experimentadas y las acciones ejecutadas hasta mediados de Junio de 1987 en las áreas afectadas por el desastre.

Las comunidades mencionadas están localizadas en las regiones del Ecuador conocidas generalmente como el Oriente y la Sierra (Figura 2.1). El Oriente se extiende desde los flancos de los Andes hacia el E y forma parte de la cuenca amazónica En general el daño en las comunidades de la región Andina, conocida como la Sierra, ocurrió en la zona densamente poblada del Valle Central localizada al N de Quito.

Como se describió en los capítulos anteriores, los fenómenos de destrucción en masa provocados por los sismos ocurrieron en las montañas al límite occidental del Oriente en las cercanías del volcán El Reventador (Figura 1 1). Las comunidades visitadas en esta región (Figuras 1.1, 1.2 y 4.3) fueron Lago Agrio en el extremo norte del área afectada, Baeza en el extremo sur y algunas aldeas más pequeñas localizadas entre Baeza y el sitio del puente donde el río Salado confluye con el río Coca. Estas comunidades están localizadas en la Provincia de Napo (actual Provincia de Sucumbíos).

En la Sierra, donde el daño fue principalmente circunscrito a tipos especificos de construcciones afectadas por la vibración del terreno, algunas visitas exploratorias fueron realizadas a partes de la ciudad de Quito, al pueblo de Tabacundo, la parroquia de Olmedo y a la ciudad de Ibarra y sus alrededores (Figura 4.3). Estas comunidades están en el N de la Provincia de Pichincha y en el S de la Provincia de Imbabura (Figura 4.1). La Provincia del Carchi (Figura 4.1), al N de la Provincia de Imbabura, también fue considerada parte del área de desastre pero no fue visitada.

CONSECUENCIAS INMEDIATAS Y TEMAS SOBRE LA RESPUESTA A LA EMERGENCIA

Hubo pocos daños de consideración en las estructuras de Quito, aunque algunas personas reportaron espectaculares rayos luminosos que acompañaron a los cortocircuitos en el sistema de energía, a consecuencia del primer movimiento fuerte del terreno. Dentro de pocas horas los servicios de electricidad y teléfono volvieron a la normalidad Posteriormente, las estimaciones de daños revelaron pequeños agrietamientos en varios edificios alrededor de la ciudad y algunos daños más serios en varias iglesias de la época colonial en la parte más antigua de Quito, así como en algunas de las casas más viejas.

Los sismos fueron sentidos en Quito con suficiente intensidad para alertar a las agencias nacionales e internacionales de la posibilidad de serias consecuencias y de la necesidad de iniciar una evaluación inmediata de la situación. Varios indicios ambientales condujeron a cierto grado de incertidumbre en las primeras horas. Por ejemplo, las estimaciones preliminares de los daños tuvieron que ser reexaminadas, una vez que el segundo y más destructivo sismo (Ms = 6.9) ocurrió 3 horas más tarde. También hubo una preocupación inicial debido a la localización de los epicentros y reportes de deslizamientos, así como si hubiera ocurrido una erupción volcánica o si ésta pudiese ser esperada. En segundo lugar, aún antes del amanecer la atención de los equipos de evaluación y respuesta a emergencias fue inicialmente enfocada en el área inmediatamente al E del volcán El Reventador (Figura 1 2) la cual fue ampliamente afectada pero es escasamente poblada, debido a la evidencia de deslizamientos que resultaron en inundaciones a lo largo de los ríos Coca y Aguarico y a la ruptura del oleoducto a lo largo del Coca. El destacamento militar

ecuatoriano de Lago Agrio estuvo primero en el sitio, al amanecer del día viernes 6 de Marzo, iniciando sus misiones de reconocimiento y de búsqueda y rescate

El sábado, 7 de Marzo, se realizaron evaluaciones por expertos estadounidenses. Este día, ya había sido evidente la extensión de los daños en las casas de la Sierra. En la mayor parte de la Sierra, las casas afectadas no colapsaron inmediatamente y por consiguiente no se perdieron vidas, ni se necesitaron esfuerzos de búsqueda y rescate.

Los mayores efectos, que fueron determinados, son de tres tipos generales:

- Efectos directos de los deslizamientos, flujos de escombros e inundaciones sobre la infraestructura de la zona, lo que incluye daños a carreteras y puentes y en particular al oleoducto trans-ecuatoriano y al poliducto. Este daño tuvo también efectos secundarios tanto en la economía local como nacional.

- Efectos directos del movimiento del terreno en las viviendas y en algunos edificios públicos en comunidades al N de Quito y además, en alguna extensión en el Oriente.

- Efectos indirectos sobre la población de la Provincia de Napo que quedaron sin acceso por tierra al resto del país, como resultado de que la única carretera que comunicaba al pueblo de Lago Agrio con la Sierra y la capital del país se volvió intransitable.

Este capítulo provee una breve revisión de los aspectos relacionados con la respuesta a la emergencia y de las más importantes características del período de emergencia así como sus diferencias en el Oriente y la Sierra Luego se describen los impactos a largo plazo dados por la emergencia observados en Junio de 1987, seguidos por las secciones sobre los impactos sociales y económicos y las actividades de recuperación observadas en el Oriente y en la Sierra

EL PERIODO DE EMERGENCIA EN EL ORIENTE

Comenzando con los efectos en la Provincia del Napo, la mayoría de las evidencias directas de daño físico ocasionado por el terremoto estuvieron en las faldas del volcán El Reventador y en las planicies de inundación de los sistemas de drenaje en esta área montañosa. Virtualmente todas las pérdidas de vida asociadas con el evento ocurrieron en la Provincia del Napo. La estimación más común del número de muertos relacionados con los sismos es alrededor de 1.000. Quienes perdieron sus vidas fueron sorprendidos por los deslizamientos o fueron arrastrados por los ríos repletos de flujos de escombros de suelos saturados, restos de rocas y vegetación de los empinados flancos volcánicos. Estas víctimas fueron generalmente residentes de plantaciones o pequeños asentamientos localizados en las colinas o en las planicies de inundación ubicadas entre Baeza y Lumbaquí (Figura 7.1).

En general, el área había sido recientemente ocupada por agricultores impulsados por los programas nacionales de reforma agraria y colonización. Previamente el área fue habitada por varios grupos indígenas que en gran parte fueron empujados a internarse más en la selva y así la tierra fue entregada a los nuevos colonos. El número estimado de colonos fallecidos o perdidos a causa del sismo varía considerablemente debido a que no existían datos confiables acerca de las personas que estuvieron viviendo en el área afectada por los deslizamientos, ya que se asume que muchos cuerpos no pudieron ser recuperados de los ríos. No se encontró

información específica sobre si los asentamientos indígenas fueron incluidos dentro de aquellos que se destruyeron.

FIGURA 7.1 Viviendas típicas de antes del sismo a lo largo del oleoducto trans-ecuatoriano y de la carretera cerca al volcán El Reventador (fotografiado en 1978 por S.D. Schwarz).

Aquellos que afortunadamente no fueron alcanzados por los deslizamientos y flujos de escombros quedaron aislados, si se encontraban en el lado norte del río Coca entre el puente en la confluencia de los ríos Coca y Salado y el puente sobre el río Aguarico. La mayoría de quienes estuvieron aislados fue evacuada por helicópteros uno o dos días después de los sismos, debido a que se consideraba que el área era demasiado peligrosa para la permanencia de ellos.

Estas evacuaciones y las operaciones de búsqueda y rescate fueron llevadas a cabo por la Fuerza Aérea Ecuatoriana y por las Fuerzas Especiales. Se utilizaron conventos, escuelas y casas privadas como refugios provisionales hasta que se establezcan campamentos con tiendas de campaña en Lago Agrio y en los poblados entre el puente del río Salado y Baeza. Se estimó que fueron evacuadas entre 4.000 y 5.000 personas. Entre 500 y 1.000 fueron llevadas a campamentos en Quito y 1.000 permanecieron en los campamentos del Oriente. Seguramente la mayoría de los evacuados se trasladaron a las casas de sus parientes o amigos cerca del área de desastre o en otras partes del Ecuador. Algunas familias permanecieron en Lumbaqui y en otros asentamientos cercanos pero hubo que dotarles de provisiones con un puente aéreo sobre el río Aguarico. Eventualmente este puente aéreo fue sustituido por canoas y en un corto tiempo por un puente peatonal (el cual después se destruyó). Los puentes aéreos para provisiones estuvieron coordinados por un comité de

operaciones de emergencia que se reunía diariamente en Lago Agrio y fueron llevados a cabo por la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Lago Agrio en sí misma no sufrió inundaciones o daños por el terremoto

En el área más duramente afectada por los deslizamientos se perdió gran cantidad de vegetación de los flancos de las montañas, dejando el área aún más vulnerable a futuros deslizamientos. Las plantaciones, tierras de pastoreo y otras facilidades agrícolas y ganaderas también fueron destruidas por los deslizamientos, flujos de escombros e inundaciones. Algunos vehículos también se perdieron o dañaron y otros fueron abandonados en el área hasta que la carretera pudo ser reabierta. Esto causó grandes problemas a los sobrevivientes que dependían de sus vehículos para su subsistencia.

Los sedimentos en los ríos provenientes de los deslizamientos y flujos de escombros causaron considerable daño a la pesca hasta grandes distancias aguas abajo. Además, alrededor de 100.000 barriles de petróleo se derramaron en el río cuando se rompió el oleoducto; el efecto ambiental que pudo haber tenido fue minimizado por la cantidad de los sedimentos y otros escombros en el agua La destrucción de la población de peces sin duda tuvo consecuencias negativas especialmente para los grupos indígenas comprometidos con la pesca de subsistencia. Existieron también reportes de que los sedimentos y otros tipos de contaminación en los ríos causaron problemas de salud de corto plazo e hicieron inutilizable el agua hasta que los ríos se aclararon.

Se dijo que algunos establecimientos de turismo resultaron afectados por corto tiempo a causa de la carga de escombros en los ríos, ya que una de las atracciones en la Provincia del Napo son las excursiones en bote a lo largo de los ríos de la selva Sin embargo, la mayoría de esta actividad está concentrada en poblados que se hallan más al E o S; así, los efectos económicos no se sintieron en Lago Agrio.

En algunos pequeños pueblos al S del área más afectada por los deslizamientos, varias residencias fueron dañadas por las vibraciones del terreno. En particular, casas edificadas con bloques de concreto sufrieron daños más severos, puesto que la mayoría de ellas habían sido deficientemente construida. En gran cantidad, éstas casas fueron de personas que habían progresado suficientemente para cambiar sus tradicionales casas de madera. Pocas casas de madera sufrieron algún grado de deformación o tuvieron daños en sus cimientos de concreto. Baeza, el pueblo más grande al S del área de deslizamientos presentó los ejemplos más significativos de un amplio daño a las casas de bloques de concreto (Figura 7.2), así como a algunas de las estructuras de madera

Aunque no fueron establecidos en Baeza los campamentos de largo plazo para los evacuados de la zona de deslizamientos, algunos de los propios residentes del pueblo fueron desalojados de sus casas dañadas o colapsadas y tuvieron que encontrar otro alojamiento o construir refugios temporales cerca de sus casas dañadas. Varios pueblos más pequeños se convirtieron en lugares para los campamentos de tiendas de campaña que ocuparon los evacuados del área de deslizamientos que no tuvieron a donde ir o que prefirieron permanecer cerca de sus propiedades (Figura 7.3). Un equipo Italiano de respuesta médica a emergencias estableció un hospital de campo en Baeza inmediatamente después del desastre, el cual más tarde donaron a la comunidad.

FIGURA 7.2 Domicilio de bloque de concreto dañado en Baeza. Provincia del Napo.

FIGURA 7.3 Carpas para refugiados en la zona de deslizamientos e inundaciones ubicadas en la plaza del pueblo de Quijos.

EL PERIODO DE EMERGENCIA EN LA SIERRA

El daño causado en las comunidades al N de Quito fue característico de lo que más comúnmente ocurre en un evento sísmico como el del 5 de Marzo. Los patrones de daños estuvieron relacionados con la distribución de edificios con determinadas características de diseño de construcción y calidad, aunque con algunas variaciones dependiendo del tipo de suelos y la orientación de la estructura con respecto al epicentro.

El más extenso daño en la Sierra ocurrió en casas construidas con ladrillos de adobe o tapial (lodo vertido en moldes para formar paredes y luego secado al sol in situ), y particularmente en aquellas construidas de acuerdo a las tradicionales prácticas de edificación en áreas rurales. Consecuentemente, la mayoría de los propietarios directamente afectados fueron aquellos de más bajos ingresos. Estos propietarios típicamente estuvieron ubicados en los barrios más marginales de las ciudades grandes o en aldeas predominantemente indígenas y en asentamientos rurales Otros tipos de casas y edificios públicos también fueron dañados, particularmente aquellos construidos en el siglo XIX o con prácticas de construcción inadecuadas.

En la mayoría de los casos, las casas no colapsaron completamente aunque pudieron haber presentado fallas en una o dos paredes o el colapso de una porción del techo. No se reportaron muertes a causa del colapso de las construcciones. Sin embargo, las casas que resultaron dañadas quedaron seriamente debilitadas y algunas más tarde colapsaron o fueron demolidas a propósito.

Muchas escuelas fueron dañadas o destruidas debido a que habían sido construidas de la misma forma que las casas. Una proporción mucho menor de centros de salud tuvo daños importantes, puesto que estos fueron probablemente edificios más nuevos que los de las escuelas. En algunos casos los centros de salud sirvieron como refugios en la primera semana aproximadamente

Aunque en los años pasados algunos movimientos se habían sentido en la Sierra, ninguno había sacudido el área con la intensidad de aquellos ocurridos el 5 de Marzo Se conocieron relatos de que los residentes de los poblados mostraron un gran miedo, algunos se dedicaron a rezar, creyendo que los sismos eran una especie de castigo por sus faltas. Sin embargo, estos fueron típicamente reportes de segunda mano, haciendo difícil determinar si ellos fueron descripciones exactas del comportamiento de los pobladores o si el comportamiento de algunos individuos fue atribuido a toda la población rural con el objeto de subrayar el impacto local del evento

Pacientes de centros de salud en la Provincia de Imbabura fueron evaluados por síntomas de problemas de salud mental 10 o 12 semanas después de los sismos Aunque la información no fue analizada hasta Junio de 1987, la impresión preliminar de investigadores de la División Nacional de Salud Mental del Ministerio de Salud Pública fue que el 25% de las víctimas tratadas exhibieron problemas emocionales, en un alto grado relacionados con los sismos.

Después de los sismos, muchas personas prefirieron dormir fuera de sus casas por algunas semanas, aún cuando el clima se volvió lluvioso y frío un día después de los movimientos Esta adaptación racional es común en áreas golpeadas por sismos destructores Así como en situaciones de otros sismos la vulnerabilidad de muchas viviendas fue aparente,

creando dudas sobre si lo peor había pasado o no, aún cuando no habían ocurrido muertes y que las ligeras réplicas pudieron ser sentidas por algunas semanas. Se reportó también que personas cuyas casas no fueron dañadas habían dormido fuera de sus casas por algún tiempo.

Más de 1.000 carpas fueron eventualmente suministradas a las familias en las áreas afectadas de la Sierra. Algunas familias durmieron en edificios públicos tales como centros de salud, hasta que se pudieron preparar otros refugios. Otras familias improvisaron refugios cerca de sus residencias dañadas usando hojas de plástico facilitadas a las víctimas por agencias asistenciales.

Se establecieron algunos campamentos de carpas para refugiados; en otros casos se ubicaron las carpas o refugios hechos de hojas de plástico en lotes privados cerca de las viviendas afectas. Las actividades del período de emergencia y la distribución de bienes de socorro mayoritariamente fueron coordinadas por equipos provinciales de la Defensa Civil del Ecuador, aunque varios observadores notaron que no estaba aún muy experimentada en dichas actividades. Pocos días después del desastre hubo alguna distribución de comida y ropa, pero estas actividades fueron de corta duración y se hicieron en muchos casos sin ningún intento sistemático de identificar quienes fueron o no las víctimas. La distribución de provisiones fue llevada a cabo de varias maneras en las diferentes localidades, por ejemplo en algunos lugares la distribución involucró solo a la Defensa Civil, en otros a un pastor o sacerdote. Aparentemente la mayoría de las actividades de asistencia al desastre, durante el período de emergencia, estuvieron dirigidas a las áreas más urbanizadas

Tres campamentos de refugiados se establecieron en la periferia de Ibarra, la ciudad más grande de la Provincia de Imbabura, dando alojamiento temporal a los residentes cuyas casas fueron destruidas. Estos campamentos aparentemente fueron establecidos y mantenidos bajo la dirección de un médico local, quien entregó su tiempo a este esfuerzo y a tratar las necesidades de salud de las víctimas en el primer mes después del desastre Las carpas de este campamento vinieron del exterior y fueron distribuidas por la Defensa Civil a la oficina local de la Cruz Roja. Este médico trabajando con los asistentes médicos de emergencia de la Cruz Roja (socorristas), planificó y estableció el campamento y los procedimientos para la alimentación de los refugiados y el mantenimiento de las condiciones sanitarias. El Ejército se encargó de mantener la disciplina y seguridad. El médico indicó que él conocía que hubo libros entregados por las organizaciones internacionales para guiar el establecimiento de campo de refugiados, pero que él tuvo muchas dificultades en obtenerlos lo suficientemente pronto para poder usarlos. Eventualmente él los obtuvo al ir a Quito y comprarlos por su cuenta, pero esto fue después de que la mayor parte del trabajo inicial había sido realizado.

Se hizo una pequeña mención de los heridos a causa del sismo. Sin embargo, el médico ibarreño anotó que fueron comunes los problemas respiratorios entre las personas que vivieron en el campamento o en quienes habían estado viviendo fuera de sus viviendas bajo la lluvia y el frío.

Se mencionaron problemas con el turismo en la Sierra. Los residentes notaron que el número de turistas que visitan los mercados indígenas cerca de Cayambe e Ibarra disminuyeron en cierto porcentaje después de los sismos. pero esto duró poco tiempo. Además, se señaló que una persona creía que la oficina de turismo había hecho esfuerzos para minimizar los daños en la región así como para disminuir las consecuencias económicas

a establecimientos y mercados Se expuso la preocupación de que por minimizar los reportes de daños, la posibilidad de que el área reciba la necesaria ayuda económica sea afectada. Este dilema ha sido anotado en otros desastres y se recomienda un estudio adicional en futuros desastres.

NUEVOS IMPACTOS DE LARGO PLAZO

Cuando consideramos los impactos a largo plazo que al parecer emergieron en las comunidades visitadas, es importante reconocer todo el contexto económico en el cual ellos ocurrieron. Aunque el inicio de la producción de los campos petrolíferos amazónicos hace algunos años dio un importante impulso a la economía del país, al mismo tiempo el Ecuador se había convertido en un país muy dependiente de las rentas petroleras. Así cuando en 1986 los precios del petróleo cayeron, el crecimiento económico anual cayó bajo el 2%, se incurrió en un gran déficit fiscal y cayó al excedente comercial (ECLAC, 1987, p.2).

Incluyendo el anticipado corte de 6 meses en la producción petrolera mientras se estaba reparando el oleoducto trans-ecuatoriano, el costo total al país fue estimado, poco tiempo después del desastre, en aproximadamente 1 billón de dólares (ECLAC, 1987, p.26). Casi al mismo tiempo que los sismos del 5 de Marzo y sus deslizamientos resultantes, una gran inundación (no relacionada con los sismos) ocurrió en las cercanías de Guayaquil (Figura 1.1). Una considerable infraestructura fue afectada por todas estas catástrofes, poniendo demandas adicionales en el presupuesto nacional. Las necesidades de reconstrucción creadas por los desastres, solo incrementaron las ya serias dificultades económicas y más bien fueron necesarias especiales estrategias de financiamiento para intentar solucionar esta situación.

En estas circunstancias, es importante considerar los proyectos diseñados para ayudar a generar ingresos locales. Las estrategias nacionales e internacionales para este fin no han sido examinadas en el breve estudio de reconocimiento; sin embargo, donde se implementen, merecen una evaluación de su efectividad y transferibilidad en otros escenarios post-desastres.

Para las personas de las comunidades afectadas, quienes ya habían comenzado a sentir en sus bolsillos las consecuencias de los problemas económicos nacionales antes de los sismos, hubo algo de escepticismo acerca de que los problemas económicos y las medidas de austeridad nacional atribuidas a los sismos fueron realmente originados por éstos. Es difícil decir cuál de los problemas económicos evidenciados después del desastre a nivel de la comunidad, pudo haber sido experimentado aún sin un terremoto, ya que el gobierno nacional luchaba por largo tiempo con sus problemas. Claramente los desastres naturales empobrecieron esta situación.

Las consecuencias de los sismos afectaron a la mayor parte de personas que ya habían experimentado difíciles circunstancias económicas. Gran parte del daño sucedió en áreas rurales que tuvieron una infraestructura muy limitada y que carecían de servicios básicos aún antes del terremoto, así se mezclaron aspectos de reconstrucción con los de desarrollo Por ejemplo, una demostración de insatisfacción con el progreso de la recuperación del desastre fue cubierta por los periódicos de Quito (Hoy, Junio 16, 1987; El Comercio, Junio 17, 1987). Los reportes describieron un contingente de empleados locales de gobierno y residentes marchando a Quito desde la capital de la Provincia del Napo para pedir una

asistencia adicional para la reconstrucción; sin embargo, el pedido fue más general que solo cosas que ayudarían a la reconstrucción a unas condiciones pre-desastre de las comunidades golpeadas por el desastre. Nuevamente, aquí no se ha intentado hacer un análisis a profundidad de este aspecto del proceso de recuperación, pero la relación existente entre reconstrucción y desarrollo es un aspecto de interés en el diseño de asistencia al desastre en países en desarrollo (Bates, 1982; Cuny, 1983).

El incremento de precios de los artículos de primera necesidad fue parte de los cambios económicos totales que se reportaron en todos los sitios del área del desastre. Se racionó la gasolina durante un período corto después de los sismos. El precio de la gasolina subió en alrededor del 80% y se mantuvo en este nivel hasta Junio de 1987. Esto a su vez, incidió en los pasajes de los buses y los costos de transporte de productos agrícolas y otros bienes, también se incrementó el precio del gas de cocina en las áreas urbanas. El pueblo reportó el incremento de algunos, pero no todos, los productos comestibles. También hubo escasez de azúcar al inicio de Junio, pero esto fue atribuido a acciones de parte de los productores de azúcar con el objeto de elevar los precios.

Algunas personas mostraron escepticismo sobre las razones para el incremento de precios y dijeron que el sismo estaba siendo usado por el gobierno como un pretexto para instituir medidas económicas que tenía planeado dictarlas de cualquier forma. Sin embargo, el hecho de que la nación no pudo haber cumplido sus propias necesidades internas de petróleo después de la ruptura del oleoducto, no puede ser ignorado en relación con el incremento de precio de los combustibles.

PROGRAMAS DE RECUPERACION E IMPACTOS EN EL ORIENTE

Hasta mediados de Junio de 1987, poco se había logrado en la tarea de reconstrucción en Baeza y otras comunidades, a lo largo de la carretera hacia el puente del río Salado. Los pobladores de Baeza que habían sido evacuados de sus casas, estuvieron la mayor parte del tiempo, viviendo bajo refugios en sus propiedades o compartiendo las casas de sus parientes. Algunas personas aparentemente habían abandonado el área, pero nos contaron que muchas personas en Baeza, tenían empleos gubernamentales y, por tanto, sus ingresos no fueron afectados aunque ellos sí pudieron haber tenido problemas de alojamiento. Es posible que los negocios de restaurantes y hoteles hayan disminuido algo con la reducción del tráfico entre Baeza y Lago Agrio.

El hospital de campaña, que había donado el equipo médico Italiano, fue operado por el Ministerio de Salud Pública con el objeto de proveer un cuidado gratuito de salud que anteriormente no había sido disponible en el área. También hubo en Baeza un hospital católico privado. Al hospital de campaña se destinaron dos enfermeras que vivían en Baeza y dos médicos que se trasladaban diariamente desde Quito. Eventualmente, el plan fue trasladar el hospital a un edificio permanente. Una de las enfermeras señaló que la principal dolencia que tuvieron que tratar fue la sarna, la cual fue común entre las personas que habían estado viviendo en carpas, por lo menos 3 meses.

Un programa de crédito para vivienda ofrecido por el Banco Ecuatoriano de la Vivienda comenzó en el Oriente a mediados de Junio de 1987. El plan contó con cuatro delegados técnicos del Banco. Estos delegados visitarían a los pobladores, ofrecerían créditos y darían asesoría técnica para la construcción. Adicionalmente, había cuatro trabajadores sociales,

quienes revisarían las capacidades familiares para calificar a los créditos y ayudarían a ellos a encontrar soluciones para cualquier problema financiero que pudiera surgir más tarde (el programa de crédito se tratará en la siguiente sección).

En la población de El Chaco (Figuras 1 1 y 4 3) nos contaron que los delegados de Defensa Civil estuvieron el mismo día repartiendo una funda de cemento a cada familia que tenía una casa dañada, pero se conocieron pocos detalles adicionales del programa. Fueron evidentes en la comunidad varios edificios dañados, pero poco trabajo visible de construcción o reparación fue llevado a cabo Sin embargo, se debe indicar que el tiempo estuvo lluvioso en forma diaria lo cual pudo influir en la disminución de dichas actividades en la comunidad.

Conversando con algunas personas de los pueblos de El Chaco y Quijos (en el río Quijos, 4 km aguas abajo desde El Chaco), fue evidente que en las comunidades con campamentos de carpas para evacuados hubo 3 distinciones usadas para las víctimas del desastre: 1) personas de otros pueblos que vivían en los campamentos; 2) personas que vivían en dichos pueblos cuyas casas habían sido seriamente dañadas o destruidas. y 3) personas que no habían sufrido daños. Aquellos del último grupo no habían recibido ningún tipo de asistencia de desastre, pero a menudo fueron afectados en una forma indirecta Los impactos reportados incluyeron disminución de los ingresos como resultado de una voluntaria reducción en la producción agrícola, debido a la imposibilidad de transportar los productos agrícolas al mercado, una reducción en los ingresos normalmente obtenidos por la venta de abarrotes y comida, durante el tiempo que las víctimas del desastre estuvieron recibiendo comida gratis y, en general, un decrecimiento de los negocios debido a que la destrucción de la carretera trans-ecuatoriana, al E del río Salado, redujo el tráfico por esta vía hasta el punto que muchos pobladores, habían dejado el área para tratar de encontrar oportunidades de empleo en otros sitios.

Se reportó que casi todos los operarios que anteriormente trabajaron en las estaciones de bombeo habían salido del área. Sin embargo, hubo un campamento para los trabajadores de la construcción en la población de Quijos, quienes estuvieron reubicando el puente sobre el río Coca en Lumbaqui (Figura 1.2). Una persona señaló que a estos trabajadores se les pagó muy buenos salarios, pero describió las consecuencias de esto en términos negativos debido al alborotador comportamiento de ellos fuera de sus tareas. Sin embargo, existieron indudablemente algunos beneficios por tener dichos salarios y trabajos en el área.

Otros comentarios fueron hechos por residentes locales sobre las relaciones entre varios grupos, por ejemplo, entre evacuados y residentes, católicos y evangelistas, damnificados y no damnificados, personas con dinero y personas sin él, etc. Estos comentarios sugieren que más adelante, un estudio a profundidad podría indicar que estas comunidades tienen una cohesión social bastante débil Más de un observador destacó el carácter social diferente de gente del Oriente en comparación con la de la Sierra.

En general, a más de los habitantes indígenas del Oriente, quienes no fueron encontrados durante la visita al área del desastre, los pueblos y plantaciones habían sido colonizados recientemente por gente que en general habían salido de otras partes del país con el objeto de buscar oportunidades económicas como colonos en esta área. Así, estos residentes no tenían quizás un ancestral apego al lugar, ni tenían grandes ni fuertes lazos sociales como otros residentes del área. El dueño de un almacén local recalcó que, justo después del sismo, los pobladores se habían ayudado unos a otros, pero ahora las cosas "han regresado a lo normal"

Otro notable aspecto de los efectos del sismo en el Oriente fue el impacto en la Provincia del Napo, debido a la pérdida de los puentes de los ríos Salado y Aguarico. Primero, la inaccesibilidad de la zona a lo largo de un tramo de aproximadamente 67 km de carretera, entre los dos puentes mencionados, creó dificultades a los agricultores sobrevivientes y a los propietarios de plantaciones que habían sido evacuados del área. Además de la destrucción de los puentes, las carreteras en el área entre los puentes fueron bloqueadas en muchos lugares por deslizamientos y por inundaciones y fue alta la amenaza de deslizamientos posteriores, haciendo a esta área difícil y muy riesgosa para un reasentamiento en dicha época, aún si éste pudiera haber sido factible por aire o por río. Segundo, una gran proporción de los 75.000 habitantes de la Provincia del Napo fue efectivamente aislada del resto del Ecuador por el daño de la carretera entre Baeza y Lago Agrio.

Los efectos en los habitantes de Lago Agrio (Figura 1 1) y en las áreas al N y al E de la Provincia del Napo fueron en su mayor parte indirectos. Existió un daño directo significativamente pequeño, debido al movimiento del terreno en la parte oriental de la Provincia del Napo. Sin embargo, los productores agrícolas de la región sufrieron significativos impactos económicos como resultado de la imposibilidad de transportar sus cosechas al mercado. Por ejemplo, se estimó que las pérdidas de la producción después del terremoto por abandono de tierra o pérdida de acceso a los mercados, sumaron alrededor de siete millones de dólares (ECLAC, 1987, pp.18-19). Este estimado se basó en la suposición de que el acceso a la tierra sería restablecido a fines de Junio lo cual no ocurrió. El principal enlace con el resto del país hasta Junio de 1987 fue por aire, un medio de transporte que es demasiado costoso para la mayoría de productos agrícolas.

Sin ingresos por agricultura en el área los comercios y servicios sufrieron una reducción en el volumen de los negocios. Personas familiarizadas con Lago Agrio antes de los sismos, señalaron que el número de puestos de comercio minorista había disminuido significativamente y también creyeron que los pobladores salieron del área para buscar trabajo en otros lugares.

Una consulta sobre los impactos en el empleo debido a la fuerte reducción petrolera, reveló que los trabajadores de las instalaciones de CEPE-Texaco, cerca de Lago Agrio, jugaban un papel poco importante en la economía del pueblo, tanto antes como después de los sismos. El campamento CEPE-Texaco operaba casi como un equipo de perforación costa afuera, con los trabajadores ocupando dormitorios y comiendo en el comedor de la compañía por varios días cada vez, para luego volar de regreso a sus hogares en Quito cuando terminaba el turno. En su mayor parte los trabajadores de Texaco fueron trasladados desde los sitios de producción a los de mantenimiento, mientras el oleoducto estuvo en reparación.

Con excepción de los grupos indígenas, los colonos del área dependen de los artículos de comida y gasolina suministrados desde fuera de la Provincia del Napo. También los servicios médicos y algunos tipos de negocio pudieron encontrarse en las ciudades más grandes. El puente aéreo que existió en Junio de 1987 fue usado principalmente para pasajeros y para llevar artículos de primera necesidad. El servicio aéreo estuvo a cargo de aerolíneas nacionales y creó considerables incertidumbres a las personas que trataron de usarlos para abandonar el área Hubo sólo pocos vuelos diarios a pesar de la elevada demanda de este servicio. El pasaje debía ser pagado por adelantado pero los asientos no podían ser reservados, por esto, cientos de personas hicieron largas filas para cada vuelo fuera del área, y a menudo ellos no podían conseguir un cupo a pesar de haber esperado uno o dos días.

Una fuente indicó que los productos podían ser transportados desde y hacia la parte oriental de esta provincia en canoas motorizadas hasta el río Napo, luego continuando desde la población de Coca (también conocida como Puerto Francisco de Orellana) a Lago Agrio por bus (Figura 1.1). Este fue preferentemente el medio utilizado para llevar gasolina al área y pudo ser usado para sacar algunos productos. Otra fuente sugirió que había una considerable extorsión para obtener transporte por aire o río, para que cualquier producto pueda salir del área.

La pérdida temporal de la carretera entre Lago Agrio y otros centros comerciales del Ecuador hizo difícil que muchos puedan mantenerse económicamente por sí mismos mientras subsistió esta situación. Más importante aún, no hubo información específica para los habitantes de esta región sobre cuando la carretera sería reparada. De hecho, una carretera alternativa (ver capítulo 8), se había propuesto y había comenzado su construcción, la cual si se hubiese completado, habría resuelto el problema de una ruta de transporte para los productos agrícolas, pero hubiese causado problemas a largo plazo a los propietarios de terrenos a lo largo de la ruta original.

El dilema de, si fuese reparada la ruta original o si se estableciese una nueva ruta, no fue resuelto hasta la fecha de nuestra visita al área de desastre. Ciertamente, la carretera existente se localizaba en un área muy peligrosa, la cual se había hecho aún más peligrosa por los deslizamientos causados por los sismos. Aunque la carretera y el oleoducto trans-ecuatoriano corren en forma paralela entre Baeza y Lago Agrio y algunas rutas de acceso son necesarias para el mantenimiento del oleoducto, se notó que era necesaria una carretera mínima para atender el mismo. Así los esfuerzos llevados por CEPE y Texaco para la construcción de la carretera con objeto de tener acceso al oleoducto no necesariamente terminaría en una carretera del mismo tamaño y calidad que la existente antes de los sismos.

Una continua incertidumbre sobre los plazos y la localización de una carretera a Lago Agrio, hizo imposible que los habitantes de esta aislada región tomen decisiones adecuadas sobre las mejores acciones que debían tomar para proteger sus propios intereses económicos. Para la mayoría la única opción fue abandonar el área con el objeto de sobrevivir económicamente. Esto tampoco fue una opción particularmente promisoria ya que significaba abandonar la propia parcela de tierra.

Otro tipo de consecuencias se suscitó con respecto al acceso a las haciendas o pequeñas propiedades de tierra, ubicadas a lo largo de la carretera Baeza-Lago Agrio y también el acceso a Lago Agrio. Primero, algunos colonos (aproximadamente 80 familias) quienes habían estado cultivando en la zona de deslizamientos y flujos habían expresado su interés en una relocalización. Entre las razones que exponían para esto señalaban que la tierra de cultivo estuvo arruinada en dicho momento o que ellos consideraban que retornar era muy peligroso. Sin embargo, existieron dificultades para obtener otros terrenos en el Oriente que estuvieran disponibles para ellos. El Instituto de Reforma Agraria y Colonización (IERAC) indicó que había grandes problemas para ser resueltos, tanto para las familias que estuvieran dispuestas a permanecer en la zona del desastre como para aquellas que deseaban ser relocalizadas.

El obtener nuevas tierras en el nororiente ecuatoriano demanda realizar progreso en cuanto a la reforma agrícola. Tanto si las familias regresan a las plantaciones previas al sismo o si son reasentadas en nuevas tierras, se necesitan recursos para proveer la necesaria infraestructura de carreteras, puentes, escuelas, centros de salud, etc. Para lograr cualquiera

de estas opciones, varias agencias a nivel nacional debían trabajar conjuntamente para conseguirlo en una forma oportuna. Así, al menos 200 familias que habían cultivado la tierra entre los puentes del Salado y el rio Aguarico permanecieron sin saber nada sobre sus futuros 4 meses después del sismo, viviendo muchos sin ingresos ni un alojamiento permanente.

PROGRAMAS DE RECUPERACION E IMPACTOS EN LA SIERRA

En la Sierra, algunas familias con casas demolidas o seriamente dañadas construyeron simples refugios en sus parcelas, y en Junio de 1987 estuvieron listas para reconstruir sus casas. Otras compartieron sus habitaciones con parientes por un corto tiempo hasta que ellos pudieran reconstruir Parte de la construcción de viviendas fue llevada a cabo con una supervisión técnica y otra parte no. Debido a que no existieron mecanismos para determinar los edificios riesgosos, también hubo preocupación de que algunas familias continúen viviendo en casas que fueran aún más vulnerables a futuros sismos de lo que ellas fueron antes de los terremotos. El dilema de la reconstrucción de una manera oportuna versus otra, tomando el tiempo y empleando los recursos necesarios para proveer viviendas seguras y otras facilidades, ya se había observado en muchos otros desastres (Haas et al, 1977; Bates, 1982).

Los periodos de reconstrucción proveen una de las mejores oportunidades para el mejoramiento de las viviendas y para hacerlas más seguras, debido a que el nivel de concientización es alto. En las aldeas afectadas del N de la Provincia de Pichincha (Figura 4.1), la oficina provincial de la Defensa Civil coordinó la reconstrucción de las viviendas con el Banco Ecuatoriano de la Vivienda (BEV) y otros grupos. Ellos desarrollaron un plan para la reconstrucción que atendía principalmente a las víctimas más pobres

Un listado de proyectos en la Provincia de Pichincha mostró tres tipos diferentes de proyectos:

1.- Las comunidades en las cuales la reconstrucción fue financiada por la Defensa Civil.

2.- Las comunidades financiadas por organizaciones internacionales de asistencia.

3.- Las comunidades que habían sido diseñadas para un proyecto, pero que todavía no tenían fondos.

Los proyectos a ser implementados por la Defensa Civil y el BEV o constructores privados fueron programados para empezar en Octubre de 1987. Para estos proyectos, los materiales de construcción fueron entregados a los propietarios quienes pusieron la mano de obra con la asistencia de la Defensa Civil o del BEV. La maquinaria necesaria sería prestada por los municipios. Al momento de la visita de reconocimiento del autor no fue posible establecer si alguno de los programas planeados de vivienda sería implementado o en que sitios esto ocurriría.

El pueblo de Tabacundo (Figura 4.3) fue un ejemplo de comunidad, en la cual algunas etapas de la reconstrucción se podían apreciar al mismo tiempo. Las viviendas temporales que fueron usadas variaron desde simples chozas provisionales a carpas de donantes extranjeros y hasta pequeñas casas de tabla. Algunas parcelas habían sido limpiadas completamente de las estructuras dañadas y se había iniciado la construcción (Figura 7.4) Algunos residentes estuvieron reconstruyendo con sus propios recursos, mientras alrededor de 120 propietarios

habían recibido de una organización Alemana estructuras de metal para sostener las paredes hechas de ladrillo. Otras personas estuvieron construyendo las casas de adobe tradicionales. La comunidad había recibido una máquina para compactar ladrillos y adobe con el fin de hacerlos mas sismoresistentes y la asistencia técnica de agencias ecuatorianas estuvo a disposición de la comunidad Los pobladores pedían a la Defensa Civil determinados materiales de construcción, los cuales eran entregados en camiones del municipio.

En la mayoría de las pequeñas comunidades andinas, la población de descendencia indígena normalmente usa la minga, la cual es una tradicional práctica social de trabajo en grupo para realizar proyectos comunitarios Un proyecto específico es seleccionado y un grupo de trabajo, involucrando a la mayoría de los pobladores, es formado y lo ejecuta. En Tabacundo, la tradicional minga fue empleada en la reconstrucción de las viviendas. Por ejemplo, se observó una minga para hacer ladrillos de adobe usando la nueva máquina de compactación (Figura 7.5).

Varias entrevistas señalaron que hubo alguna controversia sobre cuál política de reconstrucción sería menos problemática. Directores gubernamentales indicaron que los indígenas tuvieron suficiente tiempo para trabajar también en la reconstrucción de las viviendas de sus comunidades, a pesar de que ellos eran fundamentalmente agricultores. El empleo de los pobladores para tener mano de obra hizo más baratos a los proyectos y supuestamente les dio a ellos un sentido más fuerte de propiedad Otros observadores sintieron que los trabajos de construcción terminaron el trabajo agrícola y que esto podría causar problemas en el futuro si la producción de alimentos no era la adecuada. Otros argumentaron que no fue la mejor idea encargar a los pobladores la construcción, ya que si las casas no son diseñadas y construidas apropiadamente, serán más propensas a sufrir daños en futuros terremotos.

La provisión de asistencia técnica e instrucción es una forma de contrarrestar el hecho de que la población local sea desconocedora del diseño adecuado de edificaciones y de los procedimientos de construcción Los planes de reconstrucción de la Dirección Nacional de Defensa Civil y del BEV incluyeron el suministro de instrucción y asistencia técnica a los pobladores de las comunidades. Además, se tenían libros disponibles con gráficos sencillos y descripciones de cómo reparar o construir casas de adobe sísmicamente resistentes, para ser distribuidos en las comunidades dedicadas a la reconstrucción. Dos folletos que estuvieron disponibles, habían sido preparados conjuntamente por la Junta Nacional de la Vivienda y las Naciones Unidas (Junta Nacional de la Vivienda y el Centro para Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas - Hábitat; 1987a, 1987b). Un tercero sobre construcción con tapial (paredes de lodo resecado), había sido publicado después del sismo por el Centro Andino de Acción Popular (CAAP) en 1987. Sería útil documentar cuán ampliamente distribuidos y usados fueron los mencionados folletos y cuán necesaria es la asistencia técnica para apoyar el uso de tales materiales de instrucción.

Otro ejemplo del programa de reconstrucción de viviendas fue observado en la Provincia de Imbabura (Figura 4.1). Allí, la Cruz Roja se propuso construir mil casas luego del desastre, las cuales se iban a donar a las familias más necesitadas. Este proyecto terminó en 1987 con fondos suficientes para la construcción de 600 casas. Se usaron dos diseños: 1) casas de estilo urbano con una estructura de metal y mampostería de bloques y, 2) casas de estilo rural con una viga de madera vista a lo largo del centro de la casa en la cual se podían suspender las cosechas recolectadas, como era la costumbre. Para este programa, los materiales de construcción fueron adquiridos localmente y se emplearon contratistas locales para construir las casas con supervisión de especialistas en el sitio, como parte del proyecto

(Figura 7.6). Los técnicos del programa encontraron algunas familias que no creían que alguien estuviera donándoles una vivienda gratuitamente, y una de las tareas iniciales fue ganar la credibilidad de los potenciales beneficiarios. Los variados programas de reparación y reconstrucción de viviendas en el altiplano andino del Ecuador sirven a ellos mismos como un valioso estudio de los impactos sociales diferenciales sobre las distintas maneras de involucrar a los habitantes en la construcción de viviendas.

FIGURA 7.4 Alojamiento temporal de cubiertas de plástico usadas como residencial mientras la familia construye una nueva casa empleando una estructura de metal en Tabacundo, Provincia de Pichincha.

En la Sierra se dio una especial atención a la preservación de varios edificios dañados que se consideraba tener valor histórico y cultural para el país. Estos fueron considerados importantes tanto para los ciudadanos ecuatorianos como para el turismo. Se usaron recursos nacionales para la reparación de estas edificaciones, la mayoría de los cuales se localizó en las ciudades de Quito e Ibarra. También se usaron fondos gubernamentales para reparar escuelas y clínicas de salud que estaban bajo la responsabilidad de instituciones nacionales. Sin embargo, la mayoría de los edificios públicos locales no estaba contemplada bajo ninguno de estos programas y hubo preocupación en las comunidades más pequeñas sobre cómo serían reparados.

Se escucharon también inquietudes sobre la necesidad de asistencia para los arrendatarios. Por ejemplo en Ibarra (Figura 4.3), la mayoría de las familias que abandonó los campamentos de carpas después de varios meses fueron arrendatarias al momento de los terremotos. Por esto, ellos no podían recibir asistencia para reparar su vivienda inicial y generalmente tuvieron que trasladarse. Las viviendas que ellos habían estado habitando

fueron las menos costosas de la comunidad y quedaban pocas viviendas económicas en un mercado donde la demanda de habitaciones había aumentado. Los ocupantes de las carpas habían pedido la donación de las carpas, pero el capítulo local de la Cruz Roja había expresado su intención de reclamar las carpas con el objeto de que ellas puedan ser usadas en futuras emergencias. Los campamentos no pudieron ser mantenidos indefinidamente, y no estuvo claro cuáles soluciones fueron consideradas, si es que habían, para suministrar viviendas a estas víctimas.

FIGURA 7. 5 Una minga (tradicional trabajo comunitario en grupo) para hacer ladrillos de lodo compactado usando una máquina compactadora de ladrillos que había sido donada a la comunidad, Tabacundo, Provincia de Pichincha.

Se diseñó un programa de créditos para ayudar a los propietarios, por parte del Banco Ecuatoriano de la Vivienda, basado en la transferencia de algunos fondos del banco desde programas regulares de crédito para viviendas hacia los programas dirigidos a las víctimas del terremoto. Los préstamos fueron entregados por bancos locales y los receptores de los créditos pudieron emplear el dinero en la reparación o reconstrucción de las viviendas. Inicialmente, se estimó que el programa podría ayudar a alrededor de 7.000 propietarios afectados. Sin embargo, surgieron los problemas sobre si el banco podía usar los fondos en la manera especificada en el programa de crédito o no, y resultó que mucho menos préstamos fueran otorgados. Además, en Junio de 1987 parecía probable que los créditos inicialmente propuestos para las viviendas, no serían implementados para personas de muy bajos ingresos.

El Banco estimó que alrededor del 70% de los propietarios afectados tenían muy bajos ingresos como para calificar para los préstamos. Se estimó que alrededor del 20% de los propietarios afectados tenían suficientemente altos ingresos para que ellos califiquen solo para los préstamos con una tasa normal, pero algunos seguramente encontraron que la tasa de interés del 19% era inaceptablemente alta. Solo alrededor del 10% de las víctimas eran elegibles para las tasas preferenciales más bajas establecidas por el programa. Así, el programa, tal como se diseñó, tuvo un valor limitado.

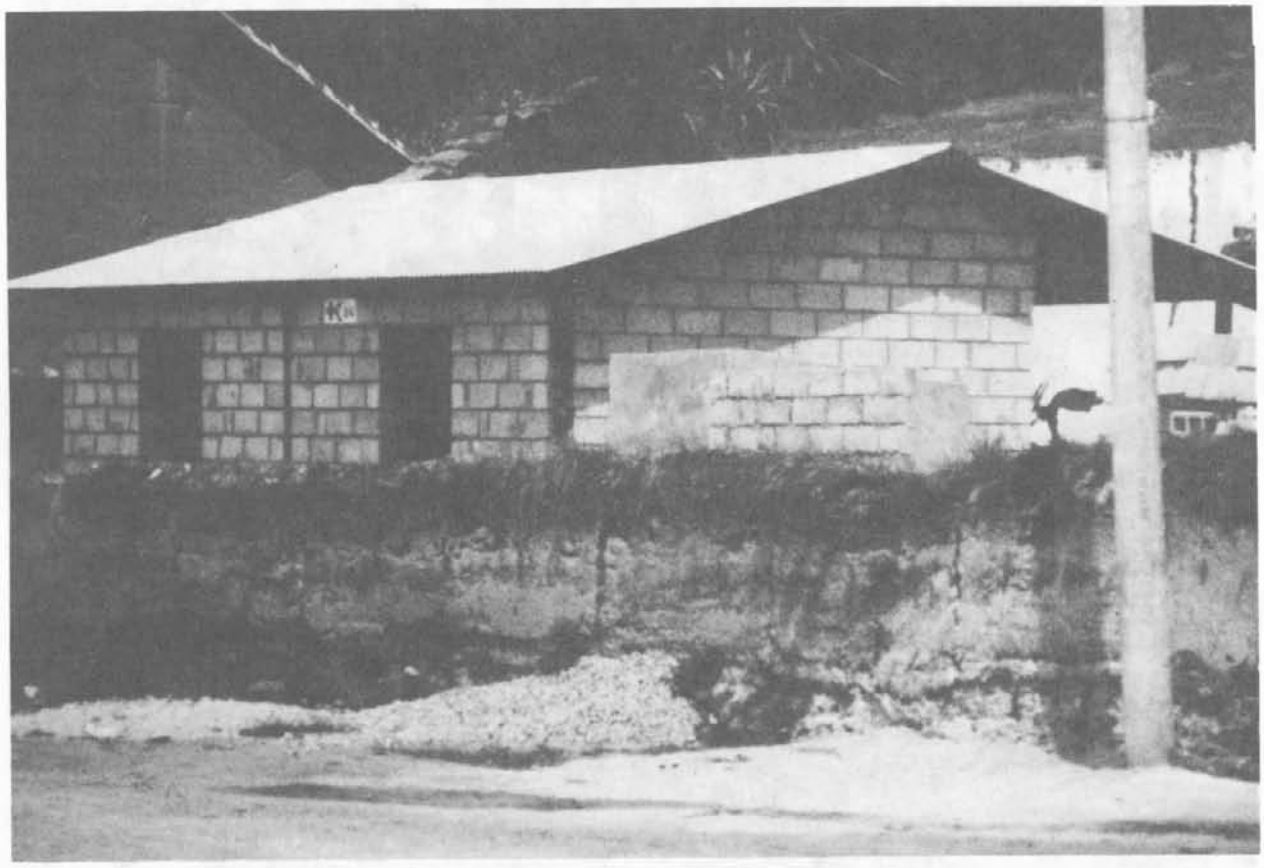


FIGURA 7.6 Una casa de tipo urbano del proyecto de la Confederación de Sociedades de la Cruz Roja en la Provincia de Imbabura.

RESUMEN

Al momento de nuestra visita, a los tres meses después del desastre, los tres mayores problemas en el Oriente fueron: 1) reparación del oleoducto, 2) la decisión de cuáles actividades de rehabilitación eran adecuadas para un área tan claramente identificada como peligrosa, y 3) decidir sobre la solución para proveer de una carretera que conectaría la parte nororiental de la Provincia del Napo con el resto del país. Por supuesto, el problema de la reparación del oleoducto afectó no solo al Oriente, sino al país entero.

En la Sierra, el momento fue bueno para mejorar la resistencia sísmica de las viviendas de la región. Falta comprobar si los programas para la reparación y sustitución de viviendas

dañadas son implementados tan amplia y efectivamente para reducir de manera significativa el peligro sísmico para los habitantes de la región.

Las observaciones realizadas en Junio de 1987 revelaron muchas áreas en las cuales se pueden obtener lecciones de éste o los futuros desastres sísmicos en naciones en desarrollo. Las recomendaciones para una más profunda investigación incluyen los estudios que señalamos a continuación·

1.- El grado a que la asistencia técnica para la construcción, tanto personal como de materiales escritos, alcanzó a las poblaciones afectadas, y qué factores contribuyeron a su efectividad.

2.- El grado en el cual los esfuerzos activos son realizados con el fin de distribuir material instructivo, para solucionar las necesidades de vivienda y salud de las víctimas del desastre, a personas a nivel local que puedan asumir responsablemente los programas de emergencia.

3.- El desarrollo de técnicas de asistencia que enfaticen en la generación de ingresos locales versus aquellas que requieren del suministro de bienes y servicios por organizaciones del exterior.

4.- Las consecuencias económicas y sociales de varios tipos de programas de reparación o reconstrucción de viviendas.

5.- Las relaciones entre varias clases de asistencia para recuperación y la promoción del desarrollo económico local o nacional y las políticas de desarrollo para este fin.

6.- Los efectos sobre las decisiones de reconstrucción y relocalización de las víctimas al proveer o no información sobre los planes gubernamentales para reemplazar la infraestructura.

7.- Las políticas que ayuden o perjudiquen a arrendatarios de bajos ingresos versus propietarios cuyas viviendas fueron dañadas o destruidas.

8.- Las formas en las cuales la industria del turismo puede tratar el dilema de no desalentar a los visitantes mientras no interfiera el acceso de la ayuda a la región y el grado a que los desastres verdaderamente afecten al turismo.

REFERENCIAS

Bates, F L , (editor) 1982 Recovery, Change and Development A Longitudinal Study of the 1976 Guatemalan Earthquake. Final Report. Athens: University of Georgia

Centro Andino de Acción Popular. 1987. Construir la casa campesina: hagamos casas de tapia más seguras Quito.

Cuny, F.C. 1983 Disasters and Development. New York: Oxford University Press.

Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) 1987. The Natural Disaster of March 1987 in Ecuador and its Impact on Social and Economic Development Report #87-4-406, United Nations, Geneva.

El Comercio (Quito). Junio 17, 1987

Haas J.E. R W Kates y M J Bowden (eds) 1977. Reconstruction Following Disaster. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press

Hoy (Quito). Junio 16, 1987

Junta Nacional de la Vivienda y Centro de Naciones Unidas para Asentamientos Humanos-Hábitat 1987a. Cómo hacer nuestra casa de adobe Quito, United Nations Project ECU-87-004

Junta Nacional de la Vivienda y Centro de Naciones Unidas para Asentamientos Humanos-Hábitat. 1987b Cómo arreglar nuestra casa. Quito, United Nations Project ECU-86-004.

INTERACCION ENTRE ORGANIZACIONES EN TAREAS DE RESPUESTA Y RECUPERACION

L. K. Comfort, Escuela Post-Graduados para Asuntos Públicos e Internacionales, Universidad de Pittsburgh, Pennsylvania.

INTRODUCCION

En este capítulo se examina la interacción entre organizaciones que ocurrió en las fases de respuesta y recuperación del desastre sísmico del 5 de Marzo de 1987 Esta interacción fue particularmente interesante en este evento, dadas las múltiples áreas geográficas de daño ocasionado por el desastre, los diversos niveles jurisdiccionales involucrados en actividades de respuesta y recuperación del desastre y las múltiples perspectivas requeridas para dar una ayuda oportuna y apropiada a las poblaciones afectadas Además. la complejidad de los requerimientos institucionales en algunos aspectos del proceso de las operaciones del desastre aumentó progresivamente con el tiempo, dado que los problemas no resueltos a tiempo durante la fase de reacción, generaron efectos secundarios y terciarios mas serios en la fase de recuperación y reconstrucción.

Una perspectiva organizativa ofrece al mismo tiempo valores como limitaciones en un estudio de reconocimiento de las operaciones del desastre. Su valor principal consiste en la presentación de una visión completa del proceso de operaciones para el desastre, identificando ambos procesos de macro y micro nivel dentro de la respuesta y recuperación. Esta perspectiva permite a los directores e investigadores delinear las acciones que se dieron en respuesta al desastre actual y examinar los esfuerzos y debilidades en estos sistemas organizativos para mejorar el diseño y la implementación de futuros programas de respuesta y recuperación ante los desastres. Las limitaciones se deben al hecho que la interacción entre organizaciones en un desastre es inherentemente compleja, y este capítulo está basado en datos que, por razones de tiempo y recursos limitados, pueden estar incompletos.

Este capítulo presenta un perfil inicial de sistemas humanos en acción que ilustra la integración básica de jurisdicciones administrativas, formas organizativas y disciplinas científicas en operaciones de respuesta y recuperación ante desastres. Los investigadores de otras disciplinas pueden encontrar útil la perspectiva organizativa, al señalar cómo la información de sus respectivas disciplinas afecta y amplía la capacidad de respuesta de una comunidad ante un desastre

Este informe persigue cuatro objetivos

1.- Proveer un listado breve y descriptivo de los principales tipos de organizaciones involucradas en actividades de respuesta y recuperación en el desastre de acuerdo a la localización geográfica, nivel jurisdiccional, tipo de autoridad o fuente de financiamiento y perspectiva de decisión

2.- Presentar un breve perfil de las principales redes institucionales que están involucradas en un ampliamente definido sistema de manejo del desastre en respuesta a las múltiples necesidades generadas por el mismo, determinando el foco del problema de las respectivas redes y los tipos de información necesarios para proveer acciones apropiadas y oportunas.

3.- Identificar áreas de positiva acción así como áreas que necesitan un adicional desarrollo en el grupo de redes institucionales que conformaron el sistema de respuesta y recuperación del desastre en operación después de los terremotos del 5 de Marzo de 1987.

4.- Presentar recomendaciones para nuevas investigaciones para mejorar la coordinación interinstitucional y la capacidad de acción de los sistemas de manejo de desastres.

Los terremotos del 5 de Marzo de 1987 produjeron una serie de inusuales eventos que acumulativamente dieron como resultado un gran desastre para la nación* [1]. Este desastre es un importante caso de estudio porque ilustra la interacción entre el ambiente físico, las organizaciones sociales, los costos económicos y la experiencia humana. El siguiente grupo de complejas interacciones revela tanto las oportunidades y costos en el desarrollo de un sistema integral de manejo de desastres, así como también los efectos acumulativos de los problemas generados por el desastre a través de los campos disciplinarios de niveles jurisdiccionales y de expertos.

HIPOTESIS

Puesto que las operaciones relacionadas con desastres son muy complejas, es necesario limitar este estudio a aspectos centrales para el trabajo de organizar la acción de respuesta y recuperación ante el desastre. Este aspecto enfoca particularmente el contenido e intercambio de información para facilitar u obstaculizar la interacción entre organizaciones. Está basado en una serie de suposiciones con relación al rol de las organizaciones en actividades de respuesta y recuperación ante desastres y es útil hacer explícitas estas suposiciones. Brevemente, son:

1.- Los desastres son eventos complejos que generan múltiples necesidades físicas, técnicas, sociales, económicas y sicológicas para las poblaciones afectadas.

2.- Las organizaciones constituyen los mecanismos para coordinar las acciones y recursos a las necesidades, en las actividades de respuesta y recuperación

3.- La efectiva acción de organizaciones depende de la puntualidad, exactitud y alcance de la información disponible, para quienes toman las decisiones relacionadas con las actividades de respuesta y recuperación ante desastres.

4.- Los requerimientos de información para una efectiva acción de organizaciones varían con las perspectivas de decisión y las fases de tiempo del proceso de manejo del desastre.

---

* *Ver notas al final del capítulo*

5.- Las tres funciones del proceso de información: búsqueda de información, transferencia de información y aprendizaje organizativo, son claves en la capacidad de una organización para que pueda tomar una acción apropiada en actividades de respuesta y recuperación[2]

6.- La identificación de los puntos críticos para la búsqueda de información, para la transferencia de información y para el aprendizaje organizativo dentro y entre las organizaciones comprometidas en las actividades de respuesta y recuperación es esencial para aumentar la eficiencia y rendimiento en el proceso del manejo del desastre[3].

Este conjunto de hipótesis guió la selección de los temas para el estudio, así como la organización y presentación de resultados para este capítulo. Otros temas pueden ser explorados en operaciones de respuesta y recuperación en desastres, pero caen fuera del propósito de este capítulo.

INTERDEPENDENCIA ENTRE ORGANIZACIONES ANTE LAS CONSECUENCIAS DEL DESASTRE

Los terremotos ecuatorianos del 5 de Marzo de 1987 iniciaron un complejo grupo de eventos que demuestran claramente la interdependencia de acciones entre organizaciones en respuesta y recuperación de las consecuencias del desastre. Problemas críticos generados por los terremotos y los deslizamientos e inundaciones asociados, ilustran importantes puntos de elección para un proyecto adecuado del proceso interorganizacional de manejo del desastre Además, la interacción entre los problemas ocasionaron condiciones subsecuentes que se produjeron por el extraordinario impacto de este desastre natural sobre la sociedad ecuatoriana, así como sobre la economía política internacional, debido a los requerimientos de la reconstrucción técnica del oleoducto trans-ecuatoriano y la recuperación económica de los prolongados efectos de la enorme pérdida en los ingresos nacionales[4]. La interdependencia en acción entre organizaciones en respuesta y recuperación ante desastres se deriva de la complejidad de los problemas y la secuencia de las consecuencias que siguen a la interrupción de los principales sistemas como transporte, producción económica y distribución en la sociedad ecuatoriana.

Campos de Acción Organizativa

Dada la magnitud del impacto de este desastre sobre los sistemas económico, social y técnico de la nación, es útil considerar el grupo total de operaciones de desastre como un macrosistema compuesto de subgrupos o microsistemas interactuantes Este paso reconoce la estructura conceptual de un sistema naciente en manejo de desastres que abarca todas las operaciones de respuesta y recuperación comprometidas a asistir a los grupos afectados en la sociedad ecuatoriana, a la vez que se reportan proyectos y programas específicos que fueron iniciados por múltiples agencias en varios lugares. Dentro de la perspectiva de manejo del grupo total de operaciones de desastres, la acción organizativa sucedió en tres distintos dominios o campos de acción: (1) localización geográfica, (2) jurisdicción administrativa y (3) perspectiva de decisión. Adicionalmente, las organizaciones como mecanismos de acción en operaciones de desastres pueden ser clasificadas de acuerdo a su estructura facultativa o misión y fuente de financiamiento en tres categorías básicas: (1) organizaciones públicas con

responsabilidad legal para la respuesta y recuperación de desastres, (2) organizaciones privadas con responsabilidad y/o interés en restaurar la actividad económica, y (3) organizaciones voluntarias (privadas, sin lucro) con una misión de asistencia humanitaria y de servicio social Esta sección identifica problemas fundamentales generados por el desastre según los campos de acción organizativa e ilustra el concepto desarrollado de un sistema de manejo de desastres impulsado por eventos interactuantes y procesos interdependientes.

Localización Geográfica

Los terremotos generaron consecuencias de diferentes tipos y magnitudes en tres localizaciones geográficas del Ecuador, como se muestra en la Figura 8.1.

Zona 1: Parte Occidental de la Provincia del Napo

El área de impacto primario, la cual incluye el epicentro del terremoto en las inmediaciones del volcán El Reventador, se localizó en el occidente de la Provincia del Napo[5]. En esta zona, dos problemas fundamentales fueron generados por los terremotos. Primero, el occidente de la Provincia del Napo sufrió la mayor pérdida de vidas, como resultado de las violentas inundaciones generadas por los masivos deslizamientos y flujos de escombros Voceros oficiales establecieron en 1.000 la tasa de mortandad para las tres zonas del desastre y en 5 000 el número de los que quedaron sin vivienda o que requerían un reasentamiento[6]. Otras opiniones fluctúan entre 300 y 1.000 muertes[7]. Mientras varían las fuentes de información, todos los expertos acuerdan que no es posible determinar con exactitud el número de muertos debido a que existía un censo no confiable de las personas que vivían en el área antes de los terremotos[8]. Esta observación es particularmente aplicable a la parte occidental, ya que es principalmente un territorio inexplorado y recientemente abierto a los colonos para colonización y cultivo.

En segundo lugar, el daño principal ocurrió en la infraestructura, incluyendo la destrucción de aproximadamente 30 km del oleoducto trans-ecuatoriano, así como también la destrucción de aproximadamente 40 km de la carretera principal de Quito a Lago Agrio, vías secundarias, la estación de bombeo de El Salado y siete puentes[9]. Estas condiciones se describen en detalle en capítulos anteriores y no se repiten aquí.

Estos problemas precipitaron diferentes tipos de respuesta organizativa. A nivel local, la primera respuesta de las organizaciones locales (concejos municipales, los comités de defensa civil e iglesias parroquiales) se dirigió a satisfacer las necesidades humanas de abrigo, comida y cuidado médico para los sobrevivientes del desastre[10].

Después que se atenuó el trauma inicial, relacionado con la pérdida de vidas y viviendas, un segundo grupo de problemas se surgió por la destrucción de la infraestructura grande a nivel nacional Estos problemas incluyeron: (1) reconstrucción del oleoducto en terrenos geológicamente inestables, (2) pérdida de ingresos petroleros y su consecuente impacto sobre la economía nacional, (3) pérdida de la carretera, puentes y vías secundarias, aspectos fundamentales para el libre desplazamiento y la actividad económica de la población, y (4) reorientación y, de ser necesario, reasentamiento de los residentes locales quienes fueron severamente afectados emocional y económicamente por el desastre y tuvieron que enfrentar inquietudes relacionadas a un futuro incierto en una zona con alto riesgo sísmico[11]

El tamaño y alcance de este segundo grupo de problemas necesariamente trasladó la acción organizativa a los niveles nacionales e internacionales de operación. Las consecuencias de estas operaciones afectaron, en cambio, la capacidad de las comunidades pequeñas para sostener a sus poblaciones de residentes.

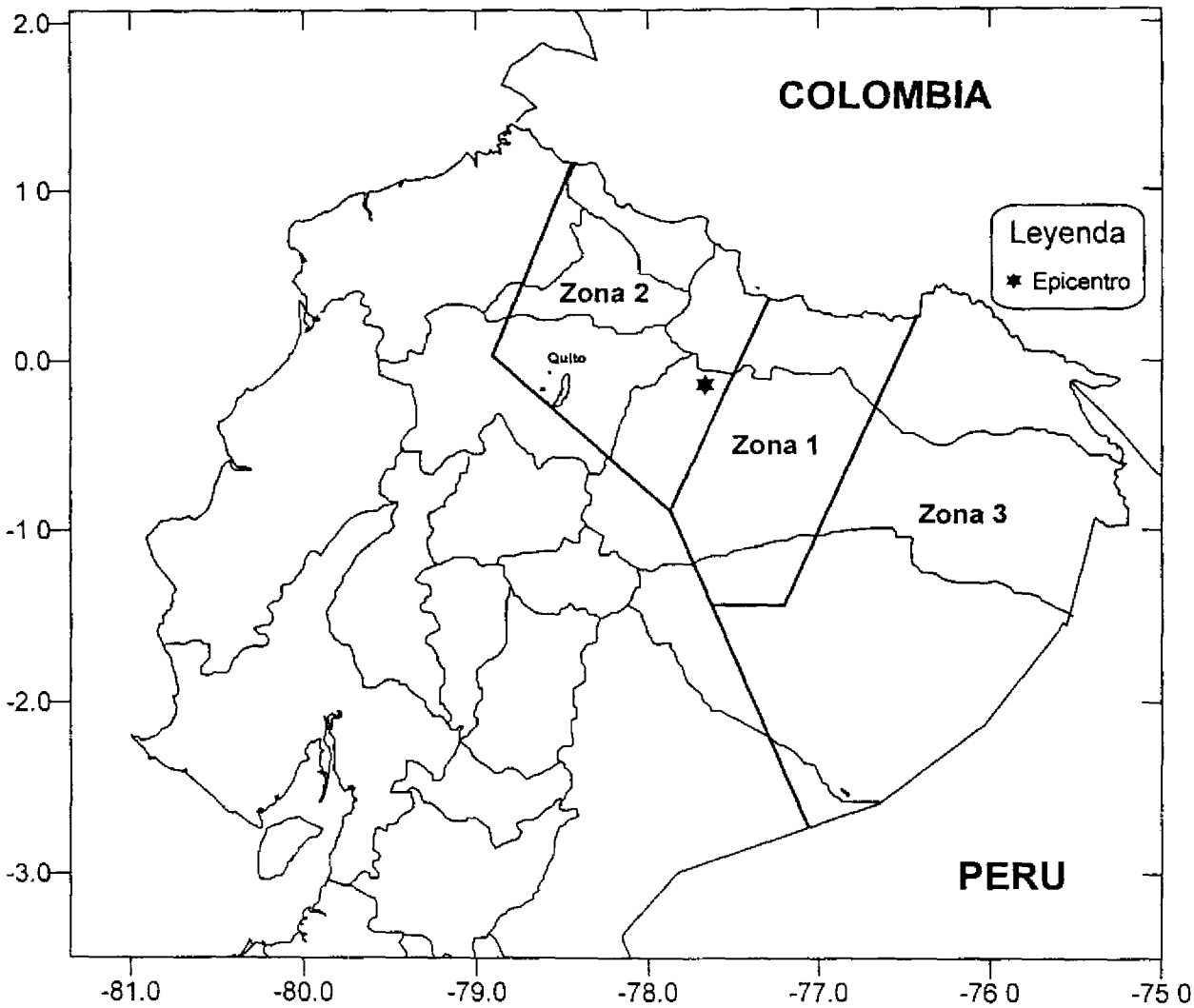


FIGURA 8.1 Tres zonas de operaciones postdesastre, terremoto de Marzo 5, 1987. Zona 1: oeste de la Provincia del Napo. Zona 2: Provincias del Carchi, Imbabura y Pichincha (tierras altas). Zona 3: este de la Provincia del Napo.

Zona 2: La Sierra

La Sierra fue la zona de impacto secundario del desastre, específicamente la serranía andina de las provincias de Imbabura, Carchi y Pichincha En esta zona el problema principal fue la vivienda No hubo reportes de muertes causadas por los terremotos, pero aproximadamente 60 000 viviendas se dañaron o se volvieron inhabitables. Los terremotos

produjeron efectos diferentes para residentes de distintas condiciones económicas. Fue un "terremoto para los pobres"[12], ya que las casas más severamente dañadas fueron aquellas hechas de barro secado al sol, sin refuerzos o flexibilidad para resistir movimientos sísmicos. Puesto que ésta es la forma predominante de construcción de casas para los residentes pobres del área, el mayor impacto de los terremotos cayó sobre este grupo de pobladores que ya vivía en un nivel económico marginal y, por consiguiente, menos capacitado para enfrentar los altos costos físicos, económicos y sicológicos generados por el evento. Lo que parecía ser un suceso moderadamente severo para otros grupos económicos en esta zona, resultó ser ciertamente un desastre para aquellos del nivel económico más bajo, con viviendas vulnerables a riesgos sísmicos y con pocos recursos para la reconstrucción.

Un grupo secundario de problemas emergió en estas aldeas y pueblos serranos ocasionados por el daño del terremoto a la infraestructura básica para la vida de la comunidad. Escuelas, hospitales, iglesias y otros edificios públicos sufrieron daños estructurales, así como también las infraestructuras rudimentarias de suministro de agua y los canales de aguas servidas[13]. Fue muy severamente dañada la ciudad de Ibarra en la Provincia de Imbabura, con daños estructurales en su basílica, escuelas y edificios comerciales en su parte central[14]. También fueron fuertemente dañadas las municipalidades de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo y comunidades vecinas en el N de la Provincia de Pichincha[15]. Estos tipos de daño estructural perjudicialmente afectaron la capacidad de estas comunidades, de llevar a cabo las funciones normales de vida social y económica (educación, agricultura y comercio, atención de salud y servicios religiosos). Consecuentemente, en familias individuales aumentó el peso de enfrentar las necesidades diarias de nutrición, abrigo y cuidado físico. Para aquellos que ya estaban en circunstancias marginales, estas necesidades no pudieron ser resueltas únicamente por los sistemas locales de ayuda económica y social.

Cada parroquia, que es la unidad administrativa del gobierno local en estas provincias, preparó un sumario de los daños causados por los terremotos y estimó los costos de reparación. Las parroquias, con limitados recursos, requerían de ayuda externa para enfrentar estas necesidades, las cuales, en cambio, fueron remitidas a niveles jurisdiccionales más altos del gobierno cantonal, provincial y nacional[16]. Estas peticiones de recursos y ayuda para vivienda e infraestructura comunitaria en la Zona 2, sucedieron simultáneamente con las demandas de ayuda por parte de las comunidades e infraestructuras fuertemente afectadas en la Zona 1. Se experimentaron las necesidades de reconstrucción primeramente a nivel local, que luego trasladaron a niveles nacionales e internacionales de acción organizativa, como los encargados en distintos niveles buscaban ayuda económica y técnica para reconstruir sus comunidades.

Zona 3: Parte Oriental de la Provincia del Napo

La tercera zona de impacto del desastre incluyó la ciudad de Lago Agrio y comunidades adyacentes al oriente de la Provincia del Napo Estas comunidades sufrieron leves daños estructurales y no hubo pérdidas de vidas. El principal problema generado por los terremotos en esta zona fue el aislamiento y las consecuencias económicas generadas por la destrucción del oleoducto y la carretera Quito - Lago Agrio, que era la ruta principal de transporte terrestre[17]. Estas comunidades sobrevivieron al acontecimiento inicial de los terremotos sin consecuencias severas, pero los efectos acumulativos de largos periodos de aislamiento, desempleo y falta de acceso a los mercados y provisiones, se agravaron en el

prolongado período requerido para la reconstrucción de la infraestructura tan necesaria, para mantener la economía local que se basaba en la producción petrolera y la agricultura.

Las comunidades indígenas localizadas a lo largo de los ríos Coca, Aguarico, Dué, Salado y Papallacta fueron especialmente vulnerables. Por ser dependientes de los ríos para su agua potable, nutrición (el pescado es un importante elemento en su dieta) y transporte, estas comunidades sufrieron una seria privación en cuanto a pérdidas de la salud y recursos económicos, a consecuencia de la contaminación y obstrucción de los ríos[18]. El quebrantamiento de los sistemas económico, social y de transporte, causado por los terremotos, produjo en los meses subsiguientes un creciente desastre económico y social para los residentes de esta zona Fue un grupo interactivo de condiciones que al no resolverse, empeoró progresivamente y consumió los recursos locales de los residentes y comunidades de esta zona. Sin ayuda externa, las comunidades locales no pudieron afrontar las condiciones generadas por los terremotos y la necesidad de una acción organizada pasó a los niveles de operación provinciales, nacionales e internacionales.

Resumiendo las consecuencias del desastre por la situación geográfica, los terremotos generaron diferentes tipos de efectos físicos en las tres zonas geográficas, los cuales, por turno, elevaron el impacto del desastre para la nación como un todo. Cada tipo de problema requirió formas específicas de acción organizativa para una respuesta apropiada y oportuna. Las necesidades simultáneas de las poblaciones afectadas en las tres zonas y el impacto masivo en la economía nacional por la pérdida combinada de los ingresos por la explotación petrolera y los costos de reconstrucción del oleoducto y rutas de transporte requerían recursos que estaban más allá de la capacidad únicamente del Ecuador.

La interacción de diferentes necesidades en las tres zonas del desastre[19], cada una con un diferente grado de urgencia, aumentaron las dificultades impuestas por la escasez de recursos y personal entrenado en respuesta dentro de este complejo ambiente institucional. El proceso fue dinámico, y en la fase inicial de respuesta al desastre los parámetros de operación fueron inciertos en cuanto a las necesidades, recursos, personal y por consiguiente, su acción. Bajo estas condiciones, cualquier acción nacional de manejo de desastres llega a ser una importante medida de capacidad. El hecho de que se reportaron problemas en la coordinación y entrega de ayuda para el desastre no es sorprendente[20]. Más bien la complejidad de esta situación merece particular atención para entender el diseño y la dinámica de la coordinación interinstitucional en el manejo de desastres.

Jurisdicciones Administrativas

Los aspectos jurisdiccionales involucrados en las actividades de respuesta y recuperación en desastres en las tres zonas afectadas reflejan las características interdependientes de respuesta institucional. El daño de los terremotos atrajo respuestas en cinco niveles de jurisdicción administrativa. parroquial, cantonal, provincial, nacional e internacional. Aunque cada nivel cumple con funciones específicas en la respuesta al desastre, ningún nivel podía, por sí solo, enfrentar todas las necesidades generadas por los terremotos Necesidades insatisfechas en un nivel apuraron las demandas de acción al siguiente nivel administrativo, en una búsqueda creciente de recursos y conocimientos prácticos que llegaron fuera del sistema formal de manejo de desastres. Esta sección presenta en forma breve, la respuesta del sistema formal de manejo de desastres, así como también la

respuesta informal de las organizaciones privadas y de voluntarias encargadas de fines humanitarios.

La responsabilidad de la misión para el manejo de desastres a nivel nacional en Ecuador, incumbe a la Defensa Civil. Esta es una organización en desarrollo, establecida por primera vez en 1962[21]. La estructura para un sistema de defensa civil en toda la nación existe en todos los niveles jurisdiccionales de administración en Ecuador (parroquial, cantonal, provincial y nacional). Sin embargo, en los niveles locales, las funciones de la defensa civil se cumplen mayormente como una responsabilidad añadida para los consejos cantonales o parroquiales existentes. Los presidentes de los concejos municipales son, casi siempre, también los directores locales de defensa civil A nivel cantonal, la posición del director puede ser ocupada por un oficial del Ejército Ecuatoriano, como en Lago Agrio, donde el Comandante del Batallón de Selva es también el director del consejo cantonal de defensa civil[22]. Tanto en el nivel parroquial como cantonal, la organización nacional de Defensa Civil busca vínculos con las instituciones existentes dentro de las comunidades, ya que por sí sola tiene pocos recursos. Las oficinas locales del gobierno, en particular, asumen estas responsabilidades con poco material y menos entrenamiento en la mitigación y prevención de desastres.

La Defensa Civil ha experimentado numerosos cambios de liderazgo y rumbo, cuando viene enfrentando sucesivos desafíos de manejo de desastres que afectaron a la nación, como el violento terremoto de 1976, las inundaciones en la costa de 1982 - 1983 y el incendio de Galápagos de 1984[23]. Ahora están definidas las responsabilidades legales y existe una clara estructura organizativa, pero la capacidad de tomar acción de esta organización relativamente nueva, está limitada por la escasez de recursos y personal entrenado en todo el sistema intergubernamental. Aunque es un país de alto riesgo sísmico, el manejo de desastres en el Ecuador ha sido limitado por la carencia de recursos para materiales y entrenamiento preventivo[24].

El desastre del 5 de Marzo de 1987, que involucró tres zonas geográficas con diferentes requerimientos de ayuda, lanzó demandas a la organización nacional de Defensa Civil, mayores que las que podía cumplir.

Reconociendo la magnitud del desastre y su impacto para la nación, el Presidente León Febres Cordero Rivadeneira declaró una emergencia nacional en las provincias de Carchi, Imbabura, Napo y Pastaza, bajo las disposiciones del Artículo 101 de la Ley de Seguridad Nacional[25]. También convocó a sesionar a los ministros de Salud, Finanzas, Obras Públicas, Energía, Bienestar Social y Medio Ambiente, al Director General de la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), al Director Nacional de Defensa Civil, al Comandante General de las Fuerzas Armadas y al director del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, con el objeto de evaluar el daño y planear la respuesta de emergencia[26]. Con esta acción, el Presidente movilizó a los más altos funcionarios del gobierno ecuatoriano en respuesta al desastre, dando prioridad al desastre en los asuntos nacionales. Además, constituyó este grupo como el Comité de Emergencia Nacional para dirigir las operaciones de desastre y para trabajar en conjunto con la Defensa Civil en la estimación del daño y la entrega de ayuda. El Presidente designó al General del Ejército Germán Ruiz, Secretario del Consejo de Seguridad Nacional, como director de las operaciones nacionales de desastre[27]. El General Ruiz sirvió como presidente tanto del Comité de Emergencia Nacional como también del Centro Nacional de Operaciones de Emergencia. El trabajó directamente con el director de la Dirección Nacional de Defensa Civil, General Antonio Moral Moral. Al establecer el Comité de Emergencia Nacional, el Presidente Febres Cordero, directa o indirectamente, comprometió virtualmente a

todos las organizaciones de la sociedad ecuatoriana en actividades de respuesta y recuperación[28].

Dada la limitada capacidad de la nación y las pérdidas masivas generadas por el desastre, el Presidente Febres Cordero también apeló a la comunidad internacional por ayuda para afrontar las necesidades técnicas y económicas para respuesta y recuperación[29]. Veintidós naciones respondieron a este llamado. Los siguientes requerimientos para la coordinación y comunicación entre las naciones participantes y entre los niveles ecuatorianos de jurisdicción gubernamental en la entrega simultánea de servicios a las tres zonas de desastre elevaron la complejidad de la interacción entre organizaciones todavía más lejos.

Cuando los recursos y la capacidad de las respectivas jurisdicciones gubernamentales eran incapaces de satisfacer las urgentes necesidades de las comunidades afectadas, algunos ciudadanos responsables acudieron por ayuda a algunas fuentes privadas y de voluntarios Por ejemplo, la comunicación es crucial en el manejo de desastres, especialmente en una situación compleja que involucra a tres áreas geográficas; sin embargo, las organizaciones de defensa civil en los niveles parroquial y cantonal en Quijos no poseían radios para reportar las noticias del desastre y la magnitud del daño a la oficina nacional de la Defensa Civil en Quito. A causa del desastre se interrumpieron las comunicaciones telefónicas, y tomó varios días para que la magnitud total del daño fue conocida a nivel nacional[30] La única radio disponible para comunicación era una estación operada por la Misión Evangélica en Quijos, que voluntariamente sirvió a esta importante función retransmitiendo mensajes desde y hacia las oficinas en Quito[31].

Organizaciones de tipo voluntario, religioso y comunal, con recursos propios y conocimientos prácticos, respondieron a las necesidades humanitarias a través de una red informal de contactos personales e instituciones. Estas agencias intentaron dar la ayuda que pudieron, pero su capacidad de hacerlo se limitó por la falta de recursos, material y preparación para operar dentro del ambiente de un desastre. No obstante, las organizaciones de voluntarios jugaron un rol importante en la respuesta y recuperación del desastre, particularmente a nivel comunitario. Otras organizaciones del país se unieron en una campaña nacional para ofrecer contribuciones voluntarias de ayuda en una destacable demostración de solidaridad con las víctimas del desastre[32] A través de enlaces con la comunidad internacional se obtuvieron recursos que no eran inmediatamente disponibles en el Ecuador para iniciar el plan y su implementación de las actividades de ayuda del desastre. La Cruz Roja Internacional, los Servicios Católicos de Socorro, Visión Mundial y otras organizaciones fueron importantes fuentes de expertos técnicos, recursos y personal en la intensa labor de ayuda comunitaria a las víctimas del desastre. Estas actividades se describen con mayor detalle en la siguiente sección.

En teoría, las organizaciones internacionales y de voluntarios coordinaron sus actividades con el Comité de Emergencia Nacional en el manejo del desastre. En la práctica, la complejidad de las operaciones del desastre y la falta de facilidades de comunicación entre oficinas nacionales y los campos de acción provinciales y cantonales forzaron mucho el trabajo que debía realizarse a nivel local, con limitadas contribuciones del nivel nacional.

En resumen, las organizaciones públicas con autoridad legal para responder al desastre con jurisdicciones a nivel parroquial, cantonal, provincial, nacional e internacional, se unieron en las actividades de respuesta y recuperación del desastre en las tres zonas afectadas. Las consecuencias del desastre, sin embargo, sobrepasaron las limitadas

capacidades de estas organizaciones, dejando a las comunidades afectadas con sustanciales cantidades de necesidades no satisfechas. Las organizaciones privadas y de voluntarios en cada nivel jurisdiccional ofrecieron su ayuda en operaciones de desastre, completando y fortaleciendo la capacidad de estas comunidades para recuperarse. Las organizaciones internacionales suministraron recursos y conocimientos prácticos que permitieron a las comunidades locales reconstruir viviendas y la infraestructura, y a la nación reconstruir el oleoducto y las principales rutas de transporte. Un engranaje de organizaciones, a través de jurisdicciones y tipos de misiones diferentes, contribuyó a un concepto desarrollado de un sistema integrado del manejo del desastre.

Perspectivas de Decisión

Para llevar a cabo un programa efectivo de ayuda y recuperación en cualquiera de las zonas afectadas por el desastre, las organizaciones de respuesta requerían del conocimiento y destrezas en múltiples disciplinas científicas. Las necesidades inmediatas de los sobrevivientes de las comunidades afligidas incluyeron asistencia médica. La apreciación de las necesidades en las comunidades afectadas requirió del conocimiento de ingeniería estructural y bienestar social. La obtención y distribución de suministros a las comunidades requirieron de conocimientos prácticos en organización, logística y administración. La reconstrucción del oleoducto, caminos y puentes requirió de habilidades técnicas en ingeniería, geología y geomorfología. El diseño e implementación de proyectos de reconstrucción requirió de habilidades y conocimientos financieros, administrativos y políticos La reconstrucción de casas y servicios públicos significó emparejar los recursos disponibles a las necesidades inmediatas tan adecuadamente como sea posible, lo cual requería el conocimiento de las condiciones sociales y económicas y de las habilidades organizativas a escala comunitaria. La gran inestabilidad de las zonas sísmicas dejó una conmoción sicológica en la población y un programa de recuperación para los residentes dominados por este miedo requirió habilidades en asesoramiento y sicología. Dado el rango de problemas involucrados en respuesta y recuperación, administradores de desastres necesitaban un conocimiento experto y destrezas en al menos cinco perspectivas de decisión: medicina, ingeniería, salud pública, economía y administración y política pública.

En el proyecto de desarrollo de un sistema de manejo de desastres, la labor organizativa fundamental en respuesta y recuperación es conectar los elementos dentro de cada campo de acción e integrar los campos dentro de un programa de operaciones coherente y efectivo. El objetivo es tejer una red productiva de organizaciones, buscando recursos y destrezas desde los niveles jurisdiccionales relevantes para resolver las necesidades de las comunidades afectadas. Esta labor requiere de flexibilidad e ingenio en todos los niveles Información y recursos de un campo de acción pueden ser de ayuda (a veces crucial) para otro campo. Es básica la comunicación rápida y precisa entre elementos de un dominio y entre dominios Este trabajo integrador se demostró claramente por el uso de *mingas* en el trabajo comunitario. La minga es una organización cooperativa de los residentes locales formada para llevar a cabo trabajos específicos en su comunidad. Es una forma organizativa que viene de los Incas y es bien conocida y aceptada en la cultura ecuatoriana Las necesidades generadas por el desastre, compartidas por la mayoría de los residentes de la comunidad, resultaron ser una oportunidad apropiada para organizar mingas. Una vez suministrados los limitados recursos de la organización nacional de Defensa Civil, como por ejemplo, una máquina para hacer bloques de cemento, y suministros de organizaciones benéficas internacionales, tales como sacos de cemento de la Cruz Roja Noruega, los residentes de las comunidades en la

serranía andina trabajaron en mingas para producir bloques de cemento para reconstruir las casas para todas las familias de la aldea[33]. La escasez de recursos y la urgencia de las necesidades requirieron de técnica innovadora para organizar la acción de las comunidades afectadas por el desastre, donde administradores responsables integraron elementos de diferentes dominios para resolver un problema compartido.

En resumen, la acción organizativa en actividades de respuesta y recuperación fue dirigida desde el nivel nacional por el Comité de Emergencia establecido por el Presidente del Ecuador. El Presidente Febres Cordero de hecho distinguió la función de las operaciones de desastre de aquellas de planeamiento y coordinación de desastres, llevadas a cabo por la Dirección de Defensa Civil, al crear un comité nacional distinto que tenía acceso directo a la experiencia, especialistas y facilidades de los principales ministerios de la nación Las dos entidades trabajaron en estrecha colaboración durante el período de operaciones del desastre, pero el Comité de Emergencia Nacional fue establecido como una entidad temporal con la responsabilidad específica sobre el problema de los terremotos del 5 de Marzo de 1987. La Dirección de Defensa Civil tiene la permanente responsabilidad legal en actividades de preparación y prevención de desastres en la nación. Los escasos recursos públicos para ayuda en desastres fueron completados con contribuciones voluntarias de tiempo, expertos, y material proveniente de organizaciones locales, nacionales e internacionales comisionadas para dar ayuda humanitaria a las comunidades afligidas. Fueron solicitados de agencias internacionales los recursos financieros para reconstruir el oleoducto y el poliducto, puentes y carreteras, así como que se postergarían el pago de las obligaciones de la deuda externa, exacerbados por la pérdida de los ingresos del petróleo. Para obtener créditos monetarios internacionales se requirió de una coordinación interorganizativa entre naciones, un problema que se discute más a fondo en la siguiente sección.

La característica sobresaliente de este desastre fue la complejidad de problemas generados por los terremotos y la interacción entre ellos La acción organizativa requerida para resolver simultáneamente estos problemas, fue correspondientemente compleja. Igualmente interesante es el grado de innovación con el cual la acción práctica se desarrolló al utilizar los escasos recursos al nivel local. En las parroquias de la Sierra y los centros poblados de la Provincia del Napo, el desastre creó una situación de actuación política, que incorporó la mayoría de elementos de la comunidad en respuesta a una necesidad compartida. Para los pobladores que viven en niveles económicos marginales, el desastre amenazó su existencia básica y presentó oportunidades, ya sea para reconstruir de manera más sismo-resistente o reubicarse en un territorio geológicamente más estable.

REDES ORGANIZATIVAS EN OPERACIONES DE RESPUESTA Y RECUPERACION

Al revisar la extensión, forma y resultados de la acción organizativa en las operaciones de respuesta y recuperación que siguieron a los terremotos del 5 de Marzo de 1987, emergió un patrón de redes interactuantes que operaron simultáneamente en referencia a problemas particulares. Varió el grado de comunicación y coordinación tanto dentro como entre las redes lo que dio efectos directos sobre los resultados de acciones tomadas en las operaciones del desastre.

En algunos casos, especialmente en las parroquias rurales, la comunicación y coordinación entre las redes locales, nacionales e internacionales de organizaciones

parecieron ser casi ausentes[34]. En otros casos, como en los proyectos de construcción de casas de emergencia emprendidos por organizaciones individuales de socorro en las comunidades afectadas de la Sierra, la comunicación y coordinación funcionaron muy bien entre los niveles de operación local, nacional e internacional para un proyecto particular, pero fracasó entre proyectos y entre otros tipos de organizaciones (públicas, privadas o de voluntarios)[35] Todavía en otros casos, la comunicación y coordinación entre tipos de organizaciones y niveles de operación se desarrollaron en torno a problemas dirigidos en común, pero fracasó entre conjuntos de problemas[36]. En cada conjunto de casos, las organizaciones involucradas encontraron límites de tiempo, facilidades y en entrenamiento esencial para llevar a cabo una efectiva coordinación y comunicación en el complejo y dinámico ambiente del desastre.

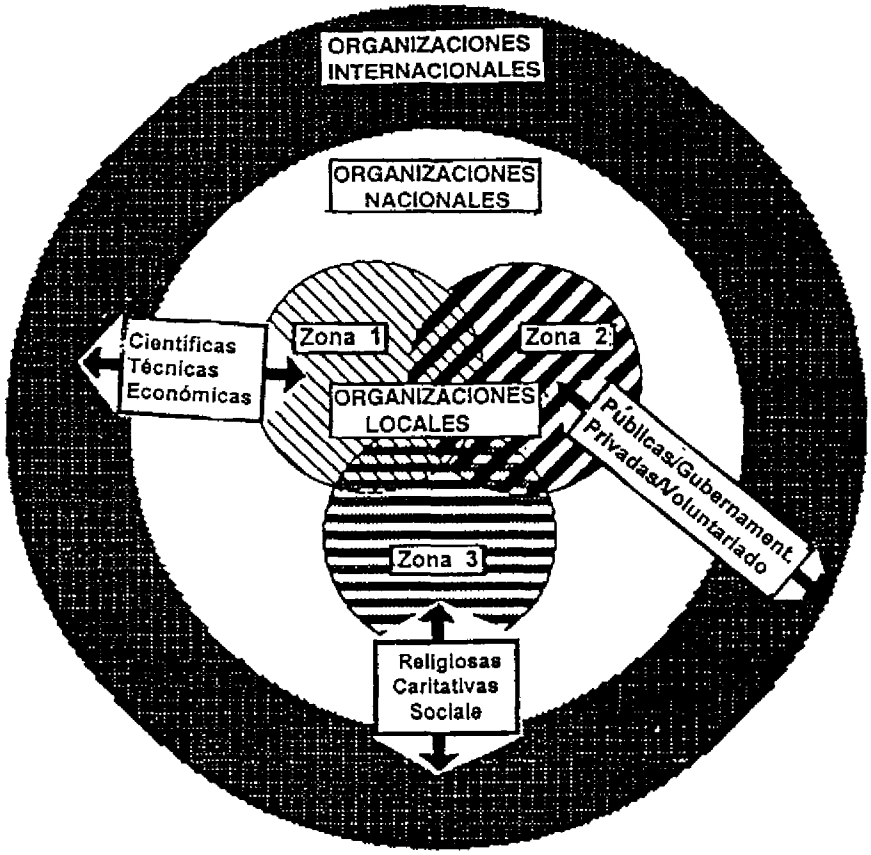
El patrón resultante de la acción de la red organizativa, unas veces encubriéndose y otras veces operando independientemente, parece ser una función de por lo menos cuatro factores: (1) la complejidad global del ambiente del desastre, (2) los diferentes requerimientos tecnológicos y de recursos para los problemas planteados, (3) el número y diversidad de las organizaciones participantes, y (4) las facilidades, personal y entrenamiento limitados para la comunicación y coordinación en manejo de desastres

Las redes de acción organizativa se centraron en las tres zonas del desastre, difiriendo en localización geográfica, condiciones físicas y climáticas y tipo de impacto sobre la vida nacional, comunal y familiar. Desde las familias y comunidades que sufrieron pérdidas personales o en propiedad, se extendieron redes de ayuda a las jurisdicciones parroquiales y cantonales de organizaciones no solamente públicas o gubernamentales, sino organizaciones religiosas, caritativas y de voluntarios dentro de las distintas comunidades. Esta red de organizaciones de comunidades, por turno, encajaron dentro de un grupo de organizaciones provinciales. Las organizaciones provinciales sirvieron de enlace entre el grupo de organizaciones nacionales, sean públicas, privadas o de voluntarios, las cuales movilizaron recursos a nivel nacional y los dirigieron a los problemas, comunidades y familias en las tres zonas del desastre. La red de organizaciones nacionales que respondió a las necesidades generadas por el desastre, en cambio, funcionó dentro del grupo de organizaciones internacionales que contribuyeron con ayuda financiera, técnica, material y organizativa a las operaciones de desastre. Estas redes traslapadas que caracterizaron las operaciones de respuesta y recuperación del desastre están representadas en el diagrama organizacional presentado en la Figura 8.2.

Los patrones de acción e interacción organizativa se traslaparon y necesitaron coordinación en por lo menos tres direcciones. (1) entre los niveles de jurisdicción local, nacional e internacional y/o las operaciones de desastre, (2) entre las fuentes públicas, privadas y voluntarias de financiamiento y de la dirección en cada nivel operacional, y (3) entre funciones técnicas, sociales y económicas atendidas por diferentes grupos de organizaciones en diferentes niveles de operaciones del desastre. Aunque ocurrieron crisis dentro de las categorías de operación entre organizaciones, se reportó que la acción fue significativamente mejor dentro de una red específica que entre distintas redes[37].

A través de la organización nacional para el manejo de desastres establecida por el Presidente Febres Cordero para satisfacer las necesidades generadas por los terremotos del 5 de Marzo de 1987, los principales ministerios fueron involucrados en diseñar e implementar las políticas apropiadas para la respuesta y recuperación, tal como se señaló antes. Once ministerios y diez institutos nacionales o unidades administrativas se incluyeron en este Comité

de Emergencia Nacional. Importantes funcionarios públicos fueron también invitados a participar en el Comité, incluyendo al Presidente del Congreso Nacional y al Presidente de la Corte Suprema. En los apéndices se incluye una lista completa de los ministerios e institutos nacionales que participaron en este comité



Organismos Científicos Económicos y Técnicos

Organismos Públicos Gubernamentales y Privados Voluntariados

Organismos Religiosos, de Caridad y Sociales

Todos los Organismos

Zona 1 Occidente de la Provincia del Napo
Zona 2 Carchi, Imbabura y Pichincha, Sierra
Zona 3 Oriente de la Provincia del Napo

Aunque todos los tipos de organismos tuvieron un rol en cada zona de desastre, se señala el patrón dominante de la interacción organizacional para las respectivas zonas El traslapamiento de patrones representa los procesos coordinativos entre niveles jurisdiccionales.

FIGURA 8.2 Redes de acción organizacional en operaciones postdesastre: terremotos ecuatorianos del 5 de Marzo de 1987.

Al establecer este Comité de Emergencia Nacional y el Centro Nacional de Operaciones de Emergencia, el Presidente Febres Cordero indicó efectivamente a la nación que las extraordinarias necesidades generadas por el desastre podrían ser afrontadas solamente con una respuesta de toda la nación y que esta respuesta requeriría de la

cooperación y contribución de todas las organizaciones y ciudadanos. Al comprometer a todos los elementos de la dirección política y económica de la nación en el cuerpo directivo de las operaciones de desastre, el Presidente dio pasos para dar credibilidad al concepto de una red nacional de respuesta a la emergencia.

La efectividad de esta red de operaciones de emergencia para atender a las necesidades de coordinación entre organizaciones en el manejo del desastre es una cuestión para un estudio posterior. Hay evidencia de tanto éxitos como fracasos de este sistema, llevados a cabo bajo la tensión del desastre, para lograr la coordinación en las actividades de respuesta y recuperación. Este informe sirve solamente para exponer el problema y ofrecer una estimación inicial de su procedimiento en el proceso global del manejo de desastres Un discernimiento más claro del problema de la coordinación interinstitucional en actividades de respuesta y recuperación de desastres puede ser ilustrado con un breve perfil de las actividades de organizaciones llevadas a cabo para enfrentar los principales problemas conocidos en las tres zonas del desastre.

Red No. 1 de Operaciones del Desastre: La Parte Occidental de la Provincia del Napo

En la parte occidental de la Provincia del Napo, la zona del principal impacto, tres problemas fundamentales generados por el desastre requirieron de respuestas y ayuda urgentes y simultáneas Además, los tres problemas, cada uno traumático, interactuaron para incrementar rápidamente las demandas de respuesta organizativa.

La necesidad más urgente fue de comida, vestuario, vivienda y atención médica para las víctimas del desastre, especialmente aquellas familias que sufrieron daños físicos y/o perdieron sus hogares y pertenencias en una cadena de eventos destructivos generada por los terremotos Dado el estado no desarrollado del territorio, la falta de facilidades de comunicación y las marginales condiciones económicas de la población residente, la tarea de enfrentar las necesidades humanas básicas de las víctimas requirió de ayuda externa. Esta tarea, sin embargo, se hizo más difícil por el rudimentario estado de los servicios públicos dentro de las comunidades y la falta de material, entrenamiento o experiencia en el manejo de desastres. En la mayoría de las comunidades, las iglesias locales habían establecido relaciones más fuertes con los pobladores que las que tenían con los comités de Defensa Civil, los cuales eran relativamente nuevos y todavía en proceso de desarrollo. Los miembros individuales de los comités de Defensa Civil de la comunidad estaban dispuestos a participar en actividades de respuesta a desastres, pero las responsabilidades no habían sido claramente definidas a nivel local y había pocos recursos o personal experimentado para dirigir el proceso[38]. Consecuentemente, los ciudadanos acudieron a sus confiables líderes religiosos en busca de guía tanto práctica como espiritual

El llevar ayuda a las comunidades locales de parte de fuentes nacionales y extranjeras generó todos los problemas de una acción no planeada en ambientes complejos y dinámicos. Los responsables locales reportaron una serie de dilemas mientras buscaban determinar las necesidades y distribuir apropiadamente los bienes de ayuda en sus respectivas comunidades. Las organizaciones nacionales e internacionales contribuyeron con provisiones, pero ¿cómo iba a ser distribuida esta ayuda? y ¿a quién? ¿Era ético, entonces, hacer distinciones entre niveles de miseria económica, tomando en cuenta que algunas familias que no perdieron sus viviendas en el desastre sufrieron agudamente de la consecuente pérdida de empleo o

ingresos por sus productos agrícolas? ¿Cómo se atendían las intangibles necesidades de la gente en la comunidad en cuanto a su seguridad emocional ante un ambiente geológicamente inestable? Las necesidades inmediatas de cuidado físico y protección básica de la familia de las víctimas del desastre fueron aumentadas por las necesidades económicas de todos los miembros de la comunidad y por la elevada dificultad en comunicación y transporte[39]. Estas cuestiones comprometieron a la Dirección de Defensa Civil, a los ministerios de Salud, Bienestar Social y Agricultura y Ganadería, al Instituto Ecuatoriano del Niño y la Familia y al Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización, así como también a la Cruz Roja Ecuatoriana, a los Servicios Católicos de Socorro, a la organización de servicio de la Iglesia Evangélica Hoy Cristo Jesús Bendice, a los voluntarios del Cuerpo de Paz de los Estados Unidos y a otras organizaciones internacionales que contribuyeron con ayuda al desastre[40].

Las necesidades básicas para las víctimas del desastre en la parte occidental de la Provincia del Napo fueron eclipsadas por el sorprendente golpe a la economía nacional debida a la destrucción del oleoducto trans-ecuatoriano y la consecuente caída de las exportaciones petroleras. El segundo problema, la reconstrucción del oleoducto y la carretera en un área geológicamente inestable, requirió del tratamiento de un grupo diferente de organizaciones (nacionales e internacionales) para tratar las cuestiones científicas concerniente a la probabilidad del riesgo sísmico, los peligros de desprendimiento de tierras y de inundaciones, problemas de ingeniería sobre diseño y factibilidad y cuestiones económicas sobre costos y créditos para el proyecto. Este problema atrajo la atención, cooperación y participación de algunas organizaciones nacionales e internacionales para determinar la factibilidad financiera y técnica de la reconstrucción del oleoducto y la carretera, las implicaciones para la acción económica nacional de rutas alternativas así como los costos asociados con cada una de ellas. Estas organizaciones incluían a aquellas con expertos científicos, tales como el INEMIN (Instituto Nacional de Minería); el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; la Misión Italiana, con su grupo de expertos geofísicos; el Servicio Geológico de los Estados Unidos; así como también a aquellas con acceso a créditos financieros, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Fondo Monetario Internacional

El problema también involucró sustanciales negociaciones entre representantes nacionales, tales como el Presidente del Ecuador y el Vicepresidente de los Estados Unidos, para lograr préstamos de respaldo financiero Además, comprometió negociaciones entre presidentes y ministros de Ecuador y Venezuela, como también de representantes de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, para arreglar que Venezuela asuma la cuota de producción del Ecuador y las obligaciones de exportación, entre Ecuador y Colombia para acordar la utilización por parte del Ecuador del oleoducto colombiano para mantener una producción parcial y el embarque de petróleo durante el período de reconstrucción; y entre Ecuador y México para acordar la ayuda técnica y material en la reconstrucción del oleoducto[41].

También se dieron conversaciones entre organizaciones particulares, tales como entre CEPE (Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana) y la Williams Brothers (la empresa de ingeniería de los Estados Unidos que construyó el oleoducto original) y entre CEPE y la compañía de petróleo Texaco (la compañía estadounidense comprometida con CEPE en la producción y embarque de petróleo, así como también en el mantenimiento de las facilidades mencionadas). Esta red de organizaciones científicas, financieras, comerciales y gubernamentales trabajando en la reconstrucción del oleoducto para reasumir la producción y exportación de petróleo, operó en su mayor parte independientemente del grupo de

organizaciones involucradas en la atención humanitaria al desastre. Las consecuencias de sus acciones afectaron a los pobladores de las comunidades a través de la pérdida o generación de empleos, acceso al transporte y los beneficios de mantenerse en la región.

Un tercer problema fundamental generado por el desastre en la parte occidental de la Provincia del Napo concernía a las decisiones políticas para futuras actividades económicas y agrícolas en la zona. El asunto de la reconstrucción de la infraestructura (oleoducto, caminos y puentes) estuvo sujeto a la información científica en cuanto a la estabilidad geológica de la zona y la probabilidad de futura actividad sísmica y/o volcánica allí. La factibilidad de reasentar a los colonos que vivían en la zona en áreas de menor riesgo sísmico involucró discernimientos sobre los costos económicos versus la responsabilidad social. El costo del daño ecológico de los ríos y los efectos a corto y largo plazo de este daño sobre las poblaciones humanas en la región también requirió de un estudio multidisciplinario y un programa para la acción. Aspectos relacionados con la viabilidad de continuar la actividad social y económica en la región fueron los más difíciles y problemáticos en términos de un plan político y su implementación. Las decisiones tomadas en cuanto a la infraestructura durante las etapas tempranas de respuesta y recuperación dieron forma a la formulación de futuras opciones y políticas para el desarrollo de la zona.

Las organizaciones involucradas en el proceso de determinar el desarrollo futuro de la zona y las alternativas para sus residentes, fueron las organizaciones científicas, tales como el INEMIN, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; la Misión Italiana, con su equipo de expertos en geofísica y volcanología; el Servicio Geológico de los Estados Unidos; y los ministerios de Agricultura y Ganadería, Bienestar Social, Salud, Medio Ambiente y Transporte; el IERAC (Instituto de Reforma Agraria y Colonización); el Instituto Ecuatoriano del Niño y la Familia; así como también organizaciones privadas y de voluntarios como los Servicios Católicos de Socorro/CATEC (Corporación de Ayuda Tecnológica y Comunicación), grupos ambientalistas y la Confederación de Nacionalidades Indígenas de la Amazonía Ecuatoriana (CONFENIAE) y la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE)

En resumen, tres problemas fueron generados por el desastre en la parte occidental de la Provincia del Napo que interactuaron entre sí para producir un conjunto aún más complejo y difícil en aspectos políticos para las organizaciones comprometidas en la respuesta y recuperación del desastre. Consisten en las necesidades por: (1) ayuda humanitaria inmediata para las víctimas y sus familiares, (2) reconstrucción de la infraestructura requerida para reasumir la producción y exportación de petróleo para la economía nacional, y (3) revisión y rediseño de futuras actividades económicas y sociales para la zona, tomando en cuenta el riesgo sísmico continuo. El ordenar alternativas constructivas para una acción determinada fue claramente un trabajo interorganizacional Ninguna agencia o entidad por sí sola podía manejarlo y el patrón de desarrollo de acciones incluía a agencias locales, nacionales e internacionales, esfuerzos públicos, privados y de voluntarios; y de los campos científicos, técnicos, administrativos, económicos y sociales. La complejidad de tareas en la respuesta y recuperación del desastre en gran parte aumentó las dificultades de diseñar una acción organizacional coordinada

Red No. 2 de Operaciones del Desastre: La Sierra - Las Provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi

El principal problema generado por los terremotos en la serranía andina de las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi fue la pérdida de viviendas. lo cual fue agravado por la pobreza existente Solamente en el cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha cerca de 3.000 casas se dañaron o destruyeron, dejando a 15.000 personas con una mínima protección en un clima frío y lluvioso[42]. En las tres provincias andinas, se reportaron aproximadamente 60.000 viviendas destruidas o dañadas, o el 81 8% del número total de 73 261 viviendas afectadas en las tres zonas del desastre[43]. El daño varía desde la destrucción total hasta solo pequeñas grietas. En esta zona aproximadamente 9.566 viviendas tuvieron que ser totalmente reconstruidas, siendo esta la proporción más grande del número total de casas (11.694) que estaban en necesidad de una completa reconstrucción Aproximadamente 47.828 personas, residentes de las casas dañadas, se quedaron sin hogar en esta zona, de las 58 470 personas dejadas sin casa a causa del desastre. Además, 33.947 personas en esta zona sufrieron el costo y la inconveniencia de reparar el daño de sus casas, de un total de 41.500 personas que reportaron reparaciones en las tres áreas del desastre.

En total, más del 80% del daño generado por el desastre a viviendas se reportó en la serranía andina, afectando a unas 81.755 personas, de entre aproximadamente 100 000 personas quienes reportaron daño en sus hogares en todas las zonas del desastre[44]. La extensa necesidad de vivienda en esta zona generó respuestas a nivel local, nacional e internacional, e involucró a organizaciones públicas, privadas y de voluntarios. Las perspectivas técnicas, económicas y culturales influyeron en el diseño de programas específicos de acción para enfrentar las necesidades de vivienda de las víctimas del desastre, así como también la aceptación e implementación de varios programas.

Las organizaciones locales iniciaron la respuesta a las necesidades de vivienda para los residentes de la comunidad, quienes perdieron sus hogares o sus viviendas sufrieron serios daños en los terremotos. Mientras el alcance y eficiencia de la respuesta varió de acuerdo a la comunidad, los Concejos locales de la mayoría de las comunidades emprendieron los censos de vivienda, identificando a aquellas familias que sufrieron daño en los terremotos[45]. Muchas comunidades, sin embargo, no tenían los recursos para reconstruir o reparar las viviendas dañadas. Consecuentemente, acudieron por ayuda a fuentes provinciales y nacionales, las cuales en cambio pidieron ayuda a fuentes internacionales[46].

Las organizaciones internacionales jugaron un papel importante en la reconstrucción de viviendas en esta zona. Primero, la vivienda era una necesidad obvia y tangible, que pudo ser atendida, dando materiales para vivienda, y para diseño y reconstrucción de las mismas de los residentes de estas comunidades rurales Mientras se mantuvo el esfuerzo inicial para comunicarse unos con otros y para coordinar sus programas de ayuda, las diferentes organizaciones internacionales procedieron a llevar a cabo su trabajo, independientemente en gran parte. La Oficina para la Asistencia en Desastres en el Extranjero (OFDA) de USAID distribuyó ampliamente mantas plásticas como una protección inmediata y temporal para las familias que dormían a la intemperie[47]. El gobierno Británico envió tiendas de campaña. La Cruz Roja Noruega envió materiales de construcción. El Comité Internacional de la Cruz Roja junto con la Cruz Roja Ecuatoriana diseñó y construyó un proyecto de vivienda bastante grande cerca a Ibarra Los gobiernos Alemán e Italiano seleccionaron ciertas comunidades y cumplieron con las necesidades de vivienda en ellas. Otros gobiernos y otras organizaciones internacionales de voluntarios contribuyeron con materiales de construcción, asistencia técnica

en diseño arquitectónico y dinero para ayudar a la reconstrucción o reparación de las viviendas en estas comunidades andinas. En Cayambe, por ejemplo, toda la reconstrucción y reparación de viviendas fue llevada a cabo gracias a la construcción y financiamiento, de parte de fuentes internacionales o nacionales antes del 30 de Junio de 1987[48]

La ayuda para el desastre por parte de los gobiernos extranjeros se envió al gobierno ecuatoriano y se transmitió al Centro Nacional de Operaciones de Emergencia (COEN). La organización de la Defensa Civil trabajando con el COEN fue responsable de la distribución de la ayuda internacional de gobiernos extranjeros a las comunidades necesitadas en las zonas del desastre. La ayuda de organizaciones de voluntarios internacionales, tales como Visión Mundial, Amigos de las Américas y Salvar a los Niños se transmitió a un comité establecido por el gobierno nacional, específicamente para recibir ayuda internacional para el desastre. Este comité fue dirigido por la Primera Dama del Ecuador, Sra. Eugenia de Febres Cordero. La Liga Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y sociedades extranjeras nacionales de la Cruz Roja trabajaron directamente con la Cruz Roja Ecuatoriana para conducir un extenso programa de vivienda. Otras organizaciones internacionales, como los Servicios Católicos de Socorro y la Hermandad Evangélica, transmitieron dinero, asistencia técnica y materiales para vivienda a través de sus respectivas organizaciones en el país.

En el nivel comunitario de las operaciones del desastre, las iglesias locales fueron frecuentemente el principal vehículo de distribución de suministros o movilización de servicios para atender a las víctimas del desastre. Largamente establecidos en las comunidades y dignos de confianza de los residentes de las mismas, los líderes religiosos de órdenes locales sirvieron en una función muy importante enlazando las necesidades de los residentes a las fuentes de ayuda de la comunidad internacional[49]. En el proceso, ellos sirvieron a la función igualmente vital de dar tranquilidad y esperanza para reconstruir sus vidas a los residentes de la comunidad, gravemente sacudidos emocionalmente por la repentina experiencia de destrucción en sus vidas[50].

En resumen, la interacción organizacional fue importante al dirigir el principal problema de vivienda en la zona de desastre de impacto secundario. Aunque las organizaciones internacionales jugaron un papel importante en los proyectos de reconstrucción iniciados para hacer frente a esta necesidad, ellas operaron principalmente independientes, con poca comunicación y coordinación entre proyectos. Cuestiones de diseño, costo y aptitud de vivienda para las necesidades locales de los residentes de las comunidades, el involucrar a los residentes en el verdadero desarrollo de los proyectos y en el trabajo de reconstrucción de sus propios hogares fueron reconocidos por los líderes locales, pero no fueron tratados sistemáticamente entre el grupo de organizaciones participantes[51].

La dificultad de establecer un medio viable de coordinación durante las operaciones fue también reconocida por los participantes en el proceso, quienes trataron de hacerlo así[52]. La oportunidad de utilizar el proceso de reconstrucción para atender a otras necesidades de la comunidad fue muy aparente en los proyectos de vivienda en la serranía andina. Se tomaron importantes iniciativas, pero otros problemas salieron a la superficie en el proceso. El papel apropiado de las comunidades en diseñar y construir sus propias viviendas debe ser cuidadosamente examinado El enlace entre las consecuencias destructivas del desastre y las oportunidades constructivas para fortalecer el desarrollo de la comunidad en la fase de reconstrucción está claramente ilustrado en los proyectos de vivienda emprendidos en esta zona de impacto secundario.

Red No. 3 de Operaciones del Desastre: La Parte Oriental de la Provincia del Napo

En la parte oriental de la Provincia del Napo, los principales problemas generados por el desastre fueron la interacción de aislamiento y desempleo resultantes de la destrucción de la infraestructura (la carretera y el oleoducto y gasoducto) y la contaminación de los ríos, con su consecuente impacto sobre la salud y la agricultura. Estos problemas fueron especialmente difíciles porque se profundizaron con el tiempo y fueron hechos más complejos por decisiones hechas en referencia a otros aspectos de reconstrucción y recuperación del desastre. La destrucción del oleoducto y gasoducto significó desempleo para muchos de los pobladores de estas comunidades orientales, dependientes directa o indirectamente de la producción de petróleo como la principal industria local. Además, decisiones tomadas en referencia a un desarrollo a largo plazo para la Zona 1 y la reconstrucción de la carretera y puentes en terrenos geológicamente inestables, afectaron adversamente el acceso a mercados y las provisiones para la población en las ciudades y poblados de la parte oriental de la provincia. El principal medio de transporte entre las ciudades orientales de Lago Agrio y Coca y los mercados metropolitanos de Quito era por avión, lo cual era costoso, o por agua, a través de una red de rios que conducían a carreteras, lo cual significaba un alto consumo de tiempo

Las redes de ayuda organizacional se desarrollaron para enfrentar estos problemas. Sin embargo, estas redes parecían agruparse aún más específicamente alrededor de los mismos, con poca coordinación entre ellas o reconocimiento de sus contribuciones mutuas al esfuerzo total de respuesta y recuperación del desastre. El primero y mayoritariamente reconocido fue el "puente aéreo" operado por la Fuerza Aérea Ecuatoriana entre Quito y Lago Agrio con asistencia internacional Los gobiernos de Gran Bretaña, Argentina, Estados Unidos y otras naciones contribuyeron con horas de avión y de tripulación para ayudar a la Fuerza Aérea Ecuatoriana en el transporte de suministros, productos y gente hacia y desde las poblaciones aisladas[53]. El factor principal que inhibía el uso del transporte aéreo, sin embargo, fue el costo, calculado en US$ 600 - 800 dólares por hora para un helicóptero militar con limitada capacidad de carga y muchas veces esa cantidad para un C-130 o un avión similar de carga[54]. Consecuentemente, los gobiernos extranjeros limitaron sus contribuciones a periodos específicos de tiempo o redujeron su participación al pasar los meses. Sin transporte terrestre viable, sin embargo, el aislamiento empeoró las condiciones económicas y sociales de las poblaciones en estas comunidades orientales, las cuales eran marginales aún antes del desastre.

Una segunda red se desarrolló entre las organizaciones indígenas y organizaciones religiosas que ofrecieron servicios a los colonos y comunidades indígenas que vivían en las áreas rurales o a lo largo de los ríos del Oriente de la Provincia del Napo. Estas poblaciones, casi desconectadas de la economía nacional y de la estructura de organizaciones de servicio público, ya habían desarrollado una red de relaciones enfocando a la auto-ayuda y asistencia voluntaria. Estas organizaciones incluían a. (1) la Federación de Organizaciones Indígenas del Napo (FOIN), la cual tenía un gran número de miembros cerca de Puyo, (2) la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE), que es la confederación nacional de organizaciones indígenas; y (3) la Federación de Comunas del Napo Ecuatoriana (FECUNAE), la cual tiene fuerte influencia en los poblados a lo largo del río Coca[55]. Los efectos ecológicos del desastre por la contaminación y taponamiento de los ríos tuvieron particularmente severas consecuencias para estas poblaciones, dependientes de los ríos para conseguir comida, agua y transporte. Nuevamente, estas comunidades eran particularmente vulnerables a la cadena de consecuencias adversas causadas por los terremotos por vivir en un territorio casi sin

desarrollo con una base económica marginal Sus pequeños recursos para competir con las condiciones del desastre fueron rápidamente agotados y necesitaron de ayuda externa para la recuperación y reconstrucción.

El enlace principal entre las organizaciones indígenas y comunales de la parte oriental de la Provincia del Napo y las fuentes nacionales e internacionales de asistencia al desastre eran las organizaciones religiosas y de voluntarios. Por ejemplo, la Misión Carmelita, situada fuera de Lago Agrio, a lo largo del río Coca, tomó un activo papel al contactar las comunidades indígenas a lo largo de los ríos y al organizar la distribución de víveres y la ayuda a ellos[56]. Los Servicios Católicos de Socorro también utilizaron contactos ya establecidos a través de un programa de asistencia técnica para mejorar las condiciones económicas y sociales de estas comunidades sin desarrollo[57]. Con gran experiencia en las comunidades indígenas y capacidad de lenguaje en Quechua, los líderes religiosos católicos pudieron comprometerse a evaluar las necesidades siguientes al desastre y en el diseño de estrategias para auto-ayuda con los pobladores de estas comunidades aisladas. Una misión Evangélica cerca a Lago Agrio desempeñó un rol similar Estos líderes misioneros fueron capaces de articular las necesidades generadas por el desastre en sus respectivas comunidades a las organizaciones nacionales e internacionales para movilizar los suministros necesarios y la ayuda para actividades de recuperación y reconstrucción. Las organizaciones religiosas y de voluntarios jugaron el vital rol de enlazar las necesidades locales con las fuentes de ayuda nacionales e internacionales en las operaciones de desastre en la parte oriental de la Provincia del Napo.

Una tercera red desarrollada para enfrentar el problema del aislamiento de la parte oriental de la Provincia del Napo, entre el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano, el Ministerio de Obras Públicas, la oficina USAID/OFDA y el Grupo Militar de los Estados Unidos en el Ecuador, el cual incluía personal militar del Ejército de los Estados Unidos (incluyendo el Cuerpo de Ingenieros y el Comando Meridional con base en Panamá) y de la Fuerza Aérea. Esta red se concernió a dos proyectos de construcción de carreteras para abrir nuevas rutas meridionales de Quito a las poblaciones y ciudades de la parte oriental de la Provincia del Napo. En el primer proyecto, la OFDA acordó adquirir los materiales y encargar al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos a construir 11 puentes requeridos para una carretera estando construida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano a encargo del Ministerio de Obras Públicas (MOP). La carretera, ya bajo construcción cuando ocurrió el desastre, fue planeada como una ruta alternativa de Quito al Coca, a través de terrenos que eran geológicamente más estables y menos vulnerables al riesgo sísmico que la carretera Quito - Lago Agrio. La ruta planificada, sin embargo, atravesaba montañas borrascosas y terrenos selváticos, y la fecha estimada de culminación de la vía fue de 3 años, dados los recursos ecuatorianos existentes. La terminación de la vía sería acortada en por lo menos 2 años con la provisión de siete puentes necesarios para cruzar los ríos del área. Como una mayor contribución a los esfuerzos ecuatorianos de recuperación y reconstrucción, la OFDA acordó financiar la construcción de los puentes requeridos. La construcción de los mismos, sin embargo, fue trasladada de la vía construida por el MOP a un segundo proyecto vital todavía más al S, llamado el proyecto de los "Blazing Trails", el cual iba a construirse como un proyecto de entrenamiento para los reservistas del Ejército de los Estados Unidos.

El proyecto controversial de los "Blazing Trails", conducido por el Ejército de los Estados Unidos en cooperación con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano, fue un segundo esfuerzo en cooperación intergubernamental Ecuatoriano-Estadounidense en asistencia al desastre El proyecto incluía la construcción de una segunda vía para conectar el sistema vial existente de Quito a las ciudades orientales de Coca y Lago Agrio en la Provincia

del Napo, situada más al S de la carretera del MOP. El proyecto fue diseñado como un ejercicio militar de los Estados Unidos en entrenamiento de selva conducido bajo contrato y con aprobación legítima del gobierno ecuatoriano. Se utilizarían los servicios de reservistas del Ejército de los Estados Unidos para hacer frente a una necesidad de ingeniería civil para Ecuador. En base a la cooperación planeada y a la información disponible para ellos, la OFDA decidió trasladar los puentes de la carretera del MOP e instalarlos en esta segunda vía donde sean necesarios. Esta decisión engendró una controversia política sustancial en el Congreso Nacional del Ecuador[58]. Percepciones equivocadas y desconfianza de los propósitos militares estadounidenses en traer reservistas al país para entrenamiento crearon una cierta tensión en círculos ecuatorianos acerca del proyecto. La dificultad de las condiciones de construcción y la inexperiencia de los reservistas que trabajaron en terreno selvático ocasionaron que quienes toman las decisiones en OFDA reconsideraran la decisión sobre la localización de los puentes en términos de donde más contribuirían para reabrir el transporte en el área.

Después de revisar más cuidadosamente el proyecto vial de "Blazing Trails" y las condiciones de construcción, la OFDA devolvió los puentes a la vía del MOP más al N[59]. Considerando la necesidad de facilitar el transporte a la aislada zona oriental de la Provincia del Napo, los directivos de OFDA concluyeron, por muchas razones, que la vía del MOP podría ser completada más rápidamente que la ruta meridional. El contexto político de las elecciones presidenciales ecuatorianas de Enero de 1988, anticipado en el desarrollo de las estrategias de campaña, pudo haber influido en el debate[60], pero la controversia distrajo tiempo, energía y atención que podían haber sido empleados para una cooperación más substancial entre las organizaciones estadounidenses y ecuatorianas en asistencia al desastre.

El proyecto es interesante porque ilustra un crítico dilema en cuanto al rol de la información en establecer la base de común entendimiento necesario para la coordinación interorganizacional en el dinámico contexto de la asistencia internacional al desastre. La controversia ilustró el dilema de intercambio técnico versus intercambio cultural de información entre los dos gobiernos en cuanto a la construcción de la carretera y a las siguientes acciones sobre la interacción organizacional El informar al público ecuatoriano sobre los objetivos culturales/humanitarios y recursos del proyecto militar estadounidense de construcción vial en referencia a la meta global de ayuda hubiera tomado tiempo y desatención del trabajo técnico del proyecto Sin embargo, al haber hecho un trabajo técnico en el proyecto sin informar plenamente a la población ecuatoriana en cuanto a su propósito cultural/humanitario generó dudas en la confianza pública, lo que inhibió cumplir totalmente el objetivo de asistencia al desastre. Dentro del complejo e incierto ambiente de las operaciones del desastre, este dilema ilustra la importancia de la búsqueda de información, transferencia de información y aprendizaje organizacional para crear un entendimiento común de los objetivos de la ayuda en desastres en proyectos internacionales sensibles a la posibilidad de dependencia

Este acuerdo significó un importante paso en una productiva coordinación inter-organizacional entre Ecuador y los Estados Unidos en un problema técnico crítico Además, demostró una importante coordinación interorganizacional dentro de la Misión de los Estados Unidos en Ecuador para utilizar la capacidad del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (Departamento de Defensa) para hacer frente a los fines humanitarios de asistencia internacional al desastre (Departamento de Estado).

En resumen, tres redes distintas de interacción organizacional se desarrollaron en relación a los problemas de aislamiento y transporte creados por los terremotos en la parte oriental de la Provincia del Napo Estas incluían (1) la red de gobiernos nacionales que

contribuyó a respaldar a la Fuerza Aérea Ecuatoriana en su mantenimiento del puente aéreo entre Quito y Lago Agrio, (2) la red de organizaciones religiosas y de voluntarios que enlazó a las comunidades indígenas y colonos a fuentes nacionales e internacionales de asistencia al desastre, y (3) la red de organizaciones gubernamentales ecuatorianas y estadounidenses involucradas en la asistencia técnica para la construcción de caminos por remotas áreas en la Provincia del Napo. Sin embargo, desde el punto de vista de conseguir una buena coordinación interorganizacional fue clave el relativamente bajo grado de comunicación y coordinación entre las tres redes, aunque cada una se desarrolló en respuesta al problema común de aislamiento y transporte de los habitantes de la parte oriental de la Provincia del Napo.

Regresando al concepto de un sistema emergente de manejo del desastre, se desarrollaron lazos a través de los contactos formales e informales entre las tres redes de operación del desastre. El grupo de redes se desarrolló a partir de los requerimientos prácticos de acción en respuesta y recuperación del desastre. Tomados en conjunto, ofrecen una base de destrezas adaptivas y de experiencia que pueden informar y reforzar un sistema integrado del manejo de desastres para el Ecuador. El grupo de redes está representado en la Figura 8.3

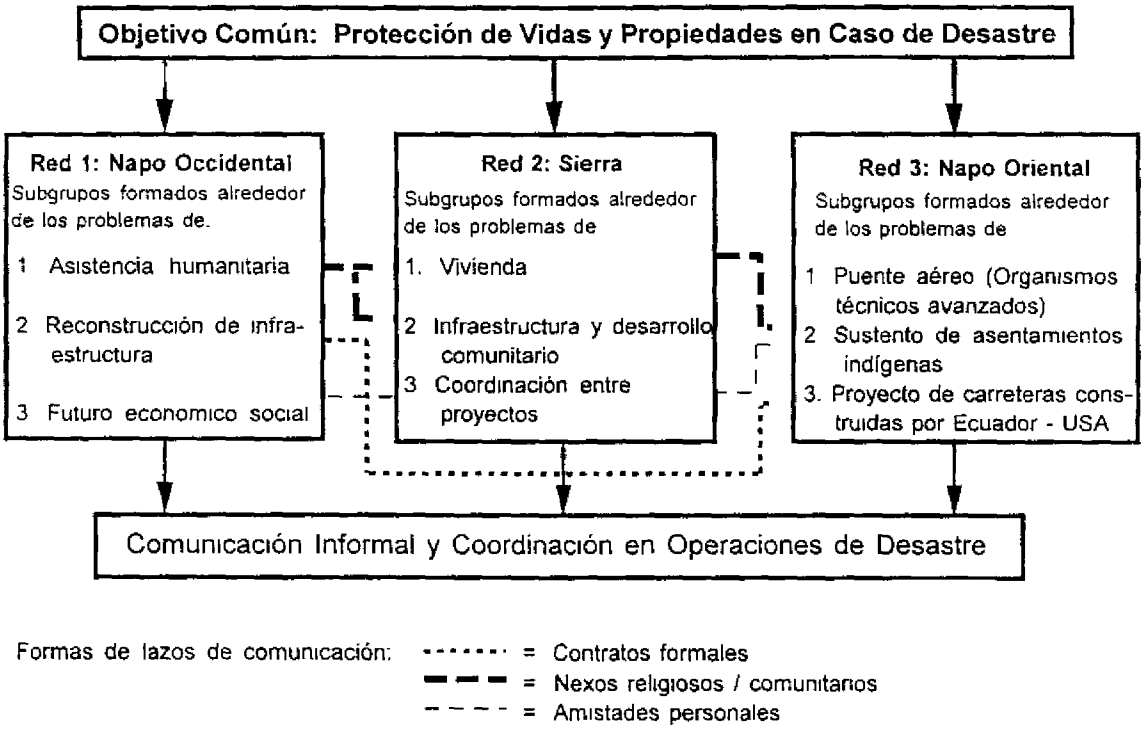


FIGURA 8.3 Evolución del sistema de manejo de desastres.

ATRIBUTOS Y NECESIDADES A DESARROLLARSE ADICIONALMENTE EN LA RED MAS AMPLIA DE OPERACIONES DE RESPUESTA Y RECUPERACION

ATRIBUTOS

Muchas ventajas surgieron del conjunto de interacciones organizacionales que caracterizaron las operaciones de respuesta y recuperación de desastre después de los terremotos del 5 de Marzo de 1987. Especialmente merecen atención cinco experiencias, ya que confirman los principios básicos del manejo de desastre o indican experiencias innovadoras desarrolladas en éste

1.- Este desastre inspiró una extraordinaria respuesta en contribuciones voluntarias de organizaciones en el país. Una muestra de buenas intenciones no es inusual después de un gran desastre, pero esta respuesta merece mención porque fue cuidadosamente movilizada y dirigida a través del uso de una campaña de televisión en toda la nación con transmisión internacional Virtualmente todas las principales organizaciones en el Ecuador (públicas, privadas y de voluntarios) participaron en la "Cruzada de Solidaridad" para recoger fondos y contribuciones para ayuda al desastre. El pedido, cuidadosamente estructurado, no se enfocó a la simpatía por las víctimas, pero sí al sentido de unidad nacional para hacer frente a los inesperados estragos del desastre. Tomando en cuenta el compromiso de acción tanto como las contribuciones, la campaña fue muy exitosa.

2 - Un análisis de las operaciones del desastre demuestra otra vez el valor fundamental de utilizar las instituciones, experiencias y conocimientos locales para involucrar a los residentes locales en las difíciles tareas de reconstruir sus vidas. El trabajo productivo de las mingas para construir nuevas viviendas, el valor de los lazos familiares y de amistad al momento de sobrellevar la desesperación de una pérdida intempestiva y los conocimientos de los funcionarios públicos locales y directores de campo de las organizaciones de desarrollo para diseñar estrategias efectivas de reconstrucción, todo esto indica la importancia de acoplar los requerimientos del manejo del desastre a los sistemas locales de entrega.

3.- La importancia de redes previas con objetivos comunes, experiencia de trabajo compartida y asociación profesional para facilitar la movilización de recursos y acción a través de líneas jurisdiccionales, fue demostrada vívidamente por la facilidad con la que viajó la comunicación y fluyó la acción dentro de tales redes como los Servicios Católicos de Socorro, la USAID/OFDA, Sociedades de la Cruz Roja, experiencia militar ecuatoriana e internacional y lazos entre las familias y la comunidad. Cada una genera el factor crítico de confianza, tan esencial para tomar decisiones en las inciertas condiciones del desastre. Caso contrario, la ausencia de experiencia compartida está ilustrada en las frecuentes crisis de comunicación y coordinación entre estas redes, dando como resultado frustrantes dificultades en la implementación de programas de ayuda al desastre.

4 - La evaluación de las necesidades es una técnica bien probada, pero cómo hacerla pronto, exacta y eficazmente para que sirva como una base de acción urgente, constituye un problema persistente en el manejo de desastres La estrategia de tener pagos en dinero en efectivo, disponibles para ubicar un equipo interdisciplinario de

expertos inmediatamente en el campo, funcionó muy bien con los Servicios Católicos de Socorro. Con experiencia anterior en el país y en desastres y un mancomunado conocimiento de múltiples perspectivas disciplinarias resultaron en una base sólida de información que permitió a la CRS/CATEC diseñar un programa de campo de ayuda y rehabilitación de emergencia que resultó muy efectivo en la Provincia del Napo. Este modelo es digno de repetirse.

5.- Un acercamiento sistemático a las víctimas del desastre para involucrarlos en el difícil proceso de reconstruir sus propias vidas y comunidades, muchas veces mostró ser más efectivo que la sujeción a una dependencia continua de distribución de ayuda, sin agradecimiento o retorno de la inversión. El trauma del desastre es perturbador al máximo y para la gente con recursos marginales y un futuro incierto puede ser devastador. Una combinación de cuidado, asistencia técnica y una supervisión clara a través de pasos sucesivos, funcionó muy bien en los programas comunitarios instituidos en Cayambe, a través del Comité de Emergencia de la comunidad y el programa de la CRS/CATEC en la Provincia del Napo. A la inversa, la distribución pobremente coordinada de suministros de auxilio por las organizaciones externas a veces tenía efectos adversos en las comunidades afectadas por el desastre, resultando en una negativa competencia por las mercancías y en una codiciosa distorsión de las necesidades personales

NECESIDADES

Claras necesidades para el desarrollo futuro en el manejo de desastres también fueron demostradas en este grupo de operaciones del desastre. Ellas incluyen.

Mejoramiento de la Comunicación

El mejoramiento de la comunicación es la más crítica necesidad para aumentar la efectividad en el manejo de desastres. Las organizaciones no pueden funcionar bien sin conocer las necesidades, recursos, limitaciones y secuencia en tiempo para la acción, tanto dentro de sus propias esferas de responsabilidad como entre las múltiples organizaciones comprometidas en el proceso. Este proceso puede ser realizado solamente a través de una comunicación interactiva y libre entre los líderes responsables comprometidos en actividades de respuesta y recuperación del desastre. Además, el proceso funciona mejor cuando ha sido diseñado y practicado antes de suceder el desastre. Son necesarias facilidades, material y entrenamiento para mejorar la comunicación, especialmente en operaciones a nivel local donde es muy elevado el peso de las responsabilidades pero los recursos son más limitados y, además, entre niveles jurisdiccionales de operación.

Incremento de la Coordinación de Acciones

Aumentar la coordinación entre las múltiples organizaciones comprometidas en operaciones de desastre es crítico para mejorar la acción. Las funciones de comunicación y coordinación son complementarias, y ambas son consistentemente vulnerables a fracasar en ambientes inciertos y complejos de desastres. Una base de conocimiento compartido de información, recursos, destrezas y participantes en el sistema de manejo de desastres es

crítico para permitir que organizaciones específicas ajusten respectivamente su acción a otras organizaciones comprometidas en un proceso de acción coordinado hacia la meta común de rescatar la vida humana y restaurar la propiedad.

Funciones de Información Avanzada

Las funciones de información para el más amplio grupo de organizaciones comprometidas en el manejo del desastre necesitan ser desarrolladas más a fondo y más sistemáticamente. En este desastre, muchas organizaciones condujeron búsquedas separadas de información, pero hubo dificultad para compartir la información y especialmente para obtener información precisa y oportuna en los sitios rurales del desastre. La representación de la información en un formato común y la transmisión de la misma a múltiples participantes en forma oportuna también son funciones críticas para mejorar el proceso central de comunicación y coordinación para una acción efectiva en manejo de desastres

Un Concepto Revisado de Ayuda en Desastres

La distribución de ayuda a las víctimas del desastre es especialmente sensible en comunidades con condiciones económicas marginales Necesitan ser reconsiderados el diseño y distribución de asistencia desde el punto de vista de las oportunidades que crea el reconstruir vidas y hogares de manera más fuerte y productiva. Las organizaciones que incorporan planteamientos para un futuro más fuerte con alivio inmediato de la destrucción del desastre son más efectivas en movilizar no solamente familias individuales sino también para lograr una participación más amplia en programas comunitarios para reducir la vulnerabilidad al desastre.

Aprendizaje Organizacional en Manejo de Desastres

La evaluación de la acción en operaciones de desastre y la realimentación constructiva a las organizaciones participantes es esencial para desarrollar la capacidad de estas organizaciones de mitigar las condiciones que pueden contribuir a futuros desastres. Desarrollar en toda la comunidad una orientación en dirección a reducir los riesgos y a conocer los procedimientos de emergencia, es un proceso vital para fomentar una acción cívica responsable en una zona de alto riesgo sísmico y de otros peligros naturales como deslizamientos de tierra e inundaciones. Esta realimentación es también esencial para organizaciones internacionales, ya que juegan un rol crítico en operaciones de desastres en países en desarrollo. Ya que organizar una participación efectiva a nivel internacional es necesariamente más complejo, la realimentación en un formato cuidadoso y constructivo es especialmente valiosa. Sin un plan, las organizaciones improbablemente aprenden de su experiencia pasada y pueden repetir acciones ineficaces en futuros desastres

RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

El problema fundamental que afrontan las organizaciones en las operaciones de desastres es diseñar una acción efectiva en este ambiente incierto y complejo. Cuatro recomendaciones para futuras investigaciones parecen especialmente prometedoras para desarrollar la capacidad organizacional que mejore la acción en este ambiente difícil y

dinámico Cada una enfoca el contenido e intercambio de información como los medios más productivos y menos costosos para mejorar la capacidad de aprendizaje organizacional y coordinación interorganizacional en condiciones de desastre. Estas son:

1.- El diseño y desarrollo de un sistema interactivo de información para apoyar las decisiones en el manejo del desastre. Tal sistema de información estaría fundamentado en una base de conocimientos interdisciplinarios con la posibilidad para una comunicación interactiva entre los múltiples usuarios. Esta investigación usaría nuevos desarrollos en tecnología de la información, radio y telecomunicaciones para resolver recurrentes problemas de comunicación y coordinación.

2.- El diseño de ejercicios interorganizacionales e interjurisdiccionales de simulacros de desastres como un instrumento para explorar los límites y capacidades de los procesos humanos para tomar decisiones en ambientes de desastres. Tales ejercicios podrían utilizar un sistema interactivo de información para explorar los vínculos entre la tecnología de la información y el aprendizaje organizacional en ámbitos complejos

3.- Evaluar el diseño y desarrollo de las redes como formas organizacionales apropiadas para una rápida movilización, implementación y evaluación de la acción en el manejo de desastres. Tales redes podrían cruzar líneas disciplinarias, organizacionales y jurisdiccionales para facilitar la acción en este ambiente complejo. La base para cada red sería un conocimiento compartido de problemas particulares en operaciones de desastre o en manejo de desastres. Un conjunto de redes podría organizar esta información en un modelo de manejo de desastres, el cual, en cambio, puede ser incorporado en un sistema de información interactivo y computarizado.

4.- Examinar las economías del manejo de los recursos que facilitarían la participación interorganizacional Los recursos podrían ser asignados para resolver problemas específicos, como transporte, y para organizaciones con relevante prestigio, material y capacidad para dirigir este problema podrían hacerse cargo de la posición establecida para los participantes designados de dicha red. Un sistema computarizado de información facilitaría el control de gastos para un proyecto multiorganizacional.

AGRADECIMIENTOS

La investigación para este capítulo fue financiada por fondos del Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos, así como también del Centro para Estudios Latinoamericanos y la Oficina de Investigación de la Universidad de Pittsburgh. El autor agradece a estas organizaciones por su apoyo financiero. Además, muchas personas en el Ecuador y en los Estados Unidos contribuyeron con su tiempo, esfuerzo y ayuda en la conducción de este estudio, y les agradezco a todos ellos.

En particular un número de personas ofreció su valiosa dirección, orientación y guía a este estudio y los agradezco profundamente por su ayuda. Entre ellos se incluyen: el Dr Blasco Peñaherrera, Vicepresidente del Ecuador; Ing. Horacio Rueda, Director General del INEMIN; Gral. Antonio Moral Moral, Director de la Defensa Civil del Ecuador; Ing. Hernán Orellana, Ing. Renán Herrera e Ing. Raúl Montalvo, del INEMIN; Prof. Guido Zambrone, Ministerio de Finanzas y Universidad Católica, Prof Alvaro Sáenz, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales e INFOC; Mayor Luis Aguas, Comandante del Batallón de Selva; Mario

Venegas, del CATEC; todos ellos del Ecuador. En la Misión de los Estados Unidos en Quito, Neil Meriwether, Ricardo Bermudez, Gordon Jones, Crnel. Paul Scharf, Crnel. Troy Scott, Mayor Howard Mayhew y Cap. Robert Parsons quienes colaboraron de manera muy especial. En la Universidad de Pittsburgh, Amy Jacob, Lynn Whitlock, Keun Namkoong y Elizabeth Bermant me ayudaron a manejar las tareas diarias referentes a la conducción y análisis de la investigación Aunque todos habían ofrecido generosamente su guía y ayuda, cualquier error de hecho o interpretación es exclusivamente del autor.

NOTAS

1. Hoy, Quito, Ecuador, 10 de Marzo de 1987, pag. 1. El Presidente León Febres Cordero expresa que ".. éste es el más serio desastre en la historia del Ecuador como nación".

2. Estas funciones son términos no técnicos que describen actividades prácticas emprendidas por cualquier director para enfrentar un nuevo grupo de eventos que requieren acción organizacional: buscar la mejor información disponible para evaluar la situación antes de actuar, comunicar esta información a personas relevantes u organizaciones involucradas o afectadas por la acción propuesta, y evaluar los efectos de las acciones tomadas para determinar apropiadamente los siguientes pasos Para una discusión más a fondo de estos términos ver en "Reasoning, Learning and Action" por Chris Argryis, 1982, Jossey-Bass, San Francisco.

3. Estas suposiciones son extraídas de una investigación previa en manejo de desastres, resolución del problema y teoría organizacional Ellas cuentan con el trabajo de muchos autores, pero especialmente Herbert A Simon en "The Sciences of the Artificial" (Cambridge. The MIT Press 1969, 1981). Allen Newell y Herbert A. Simon en "Human Problem Solving" (Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, 1972); Russell Dynes en "Organized Behavior in Disaster" (Columbus, Ohio: Heath-Lexington, 1974); Harold Linstone, editor en "Multiple Perspectives for Decision Making Bridging the Gap between Analysis and Action" (New York. Elsevier, 1984), Anthony Debons tal como lo presentó Isabel Cilliers en "Problems in Information Science" (Information Age, Vol. 7, No 3, Julio 1985, pp. 150-155), John Holland en "Adaptation in Natural and Artificial Systems" (Ann Arbor University of Michigan Press. 1975) y Louise K. Comfort en "The San Salvador Earthquake" incluido en el libro "Beyond Crises" editado por Uriel Rosenthal, Michael T Charles y Paul t'Hart (Chicago: Charles C. Thomas, 1989).

4. Hoy. Relatos de los impactos ecológicos, técnicos, económicos, sociales, políticos, culturales e internacionales de los terremotos se reportaron diariamente en los dos periódicos principales de Quito Hoy y El Comercio, durante Marzo de 1987 y en los meses siguientes. El autor leyó diariamente ambos periódicos durante el período de su estudio de campo, desde el 14 de Junio al 15 de Julio de 1987, y procuró obtener ediciones anteriores de ambos periódicos para el mes de Marzo de 1987 Lamentablemente no pudo obtener un grupo completo de ediciones pasadas de El Comercio en este período Consecuentemente, las referencias de periódicos en este análisis se extraen primeramente del Hoy durante Marzo de 1987, pero se refieren a ambos diarios durante Junio y Julio de 1987 La autora intentó encontrar por lo menos dos referencias para algunos puntos críticos en el análisis con el fin de evitar cualquier prejuicio de una sola referencia

5. Ver los mapas de las zonas de desastre presentados en los capítulos anteriores.

6 Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (ECLAC). El Desastre Natural de Marzo de 1987 en Ecuador y su Impacto en el Desarrollo Social y Económico. Informe # 87-4-406, 6 de Mayo de 1987, p. 1.

7. Hoy, 9 de Marzo de 1987. Cifras menores también se reportaron en los censos casa por casa realizados por las municipalidades. En el occidente de la Provincia del Napo, la zona de impacto primario del desastre, el equipo de evaluación del CATEC y los Servicios Católicos de Socorro también condujeron un censo de necesidades casa por casa La CATEC (Corporación de Apoyo a la Tecnología y a la Comunicación) se unió a los Servicios Católicos de Socorro para diseñar y conducir un proyecto de ayuda de emergencia en la Provincia del Napo. Ambas son organizaciones voluntarias de socorro, financiadas

por contribuciones de párrocos católicos, que operan con una misión internacional de servicio social. Sin embargo, no hubo datos completos de residentes que vivían en el área antes del terremoto, dejando en duda el número real de personas muertas en el desastre Sumario del Programa de Socorro, Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, 15 de Junio de 1987. Entrevista al Director del Programa, Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, 12 de Julio de 1987.

8 Gral. Antonio Moral Moral, Director Nacional de Defensa Civil, citado en Hoy, Marzo 9, 1987, pag. 1. Ver también en ECLAC, Naciones Unidas, Reporte # 87-04-406, op cit., pag. 1

9. Hoy, Marzo 10, 1987, pag. 3A.

10 Entrevista al padre de la iglesia parroquial de Borja, Ecuador, Julio 8, 1987; entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Baeza, Ecuador, Julio 8, 1987.

11 Hoy También entrevistas profesionales con empleados del gobierno local en Baeza, Borja y El Chaco, Julio 9, 1987, y con el Director del Proyecto Emergencia en la Provincia del Napo, Servicios Católicos de Socorro/CATEC en Quito, Julio 12, 1987.

12 Hoy, Marzo 10, 1987, pag 9 Entrevista al oficial de campo de USAID/OFDA, Quito, Ecuador, Junio 28, 1987

13. Entrevista al Presidente del Consejo Provincial de Imbabura, Ibarra, Julio 9, 1987 Un censo de daños de los edificios públicos, infraestructura y viviendas privadas fue conducido por los comités de Defensa Civil en cada cantón de la provincia de Imbabura que sufrió daño por los terremotos Estos informes cantonales fueron luego enviados al Comité Provincial de Defensa Civil de la Provincia de Imbabura. El conjunto de informes de estimaciones de daños fue revisado por el Consejo Provincial de Imbabura, y a su vez enviado a la Dirección Nacional de Defensa Civil en Quito. Estos informes sirvieron como base para planear los proyectos de reconstrucción que eran necesarios para la zona del desastre Esencialmente este mismo procedimiento se siguió en las tres zonas del desastre. Informes de Estimación del Desastre, Consejo Provincial de Imbabura, Ibarra, Ecuador, Marzo 19, 1987.

14. Observación profesional en visita a Ibarra, Provincia de Imbabura, Ecuador, Julio 9, 1987. Ver también noticias en Hoy, Marzo 11, 1987, pag. 9A.

15. Observación profesional y entrevistas a los residentes de Pedro Moncayo y al Presidente del Concejo Municipal de Olmedo, Junio 19, 1987. Ver también noticias en Hoy, Marzo 11, 1987

16. Entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Cayambe, Julio 9, 1987, entrevista a la Secretaría del Concejo Municipal de Olmedo, Julio 9, 1987

17. Entrevista al Padre de la Misión Carmelita en Lago Agrio, Ecuador, Junio 29, 1987, entrevista al Director del Consorcio CEPE - Texaco, Quito, Ecuador, Julio 3, 1987 El Consorcio CEPE - Texaco fue establecido entre el Gobierno de Ecuador y la Compañía Petrolera Texaco para manejar la producción y embarque de petróleo de un sitio determinado en el oriente de la Provincia del Napo.

18 Entrevista al Padre de la Misión Carmelita en Lago Agrio, Ecuador, Junio 29, 1987; entrevista al Director de Campo para Servicios Indígenas, Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987

19. El término "entre" es citado en un sentido estadístico para señalar el tipo de variación que existe entre organizaciones de un grupo determinado, en contraste con el tipo de variación que existe "dentro de" cada organización. En este análisis, el grupo de organizaciones incluye a todas las organizaciones que participaron en las operaciones del desastre. La variación entre organizaciones puede ser explicada por características o atributos distintivos de organizaciones individuales La variación dentro de organizaciones se presume distribuida al azar. La variación total para el grupo de organizaciones es la suma de la variación "entre" (o explicada) y la variación "dentro de" (o casual) Este análisis trata de identificar los tipos característicos que contribuyen a la variación entre organizaciones que participaron en las operaciones del desastre.

20. Hoy, Marzo 8, 1987, pag. 1, Marzo 9, 1987, pag. 1, Marzo 11, 1987, pag. 9A Estos informes fueron confirmados en entrevistas durante los meses de Junio y Julio de 1987 con adecuados observadores de Ecuador y los Estados Unidos, quienes participaron en operaciones de asistencia al desastre en Marzo de 1987. Un estudio de los pobladores de la zona del desastre también confirmó dificultades y retrasos en la distribución de ayuda al desastre. Es importante identificar dónde existieron dificultades en el proceso, sin hacer juicios antes de que el proceso pueda ser rediseñado para mejorar la ejecución.

21. Entrevista al Coordinador del Centro de Operaciones Emergencia Nacional (COEN) en Quito, Ecuador, Julio 7, 1987. Ver también en Secretaría General del Consejo de Segundad Nacional, Dirección Nacional de Defensa Civil, Ley de Segundad Nacional, 1987, pag. 1.

22. Entrevista al Comandante del Batallón de Selva en Lago Agrio y al Director de Defensa Civil del Cantón Lago Agrio, Lago Agrio, Ecuador, Junio 30, 1987

23 Entrevista al Coordinador del COEN y al Director Nacional de la Defensa Civil. Quito. Ecuador. Julio 7. 1987

24 Entrevista al Director Nacional de Defensa Civil, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987

25. Hoy, Marzo 7, 1987, pag 6A.

26 Idem.

27. Entrevista al Director del Comité de Emergencia Nacional y COEN; entrevista al Director Nacional de Defensa Civil, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987.

28 Hoy. Marzo 7. 1987. pag 6A.

29 Hoy, Marzo 11, 1987, pag. 1. Entrevista al Embajador de los Estados Unidos, Quito, Ecuador, Julio 6, 1987.

30 Entrevista a la Jefatura de la Defensa Civil de la Provincia de Pichincha, Quito, Ecuador, Junio 17, 1987

31 Pastor de la Iglesia del Pacto Evangélico del Ecuador, Fundación de Adelanto Comunitario Ecuatoriano, Quito, Ecuador, Julio 13, 1987

32. Hoy, Marzo 22, 1987, pag 1. Entrevista al profesor de Sociología de la Universidad Católica, Quito, Ecuador, Junio 22, 1987

33. Observación profesional de una minga en operación, Cantón Cayambe, Ecuador, Junio 19, 1987.

34. Entrevista al director del proyecto de ayuda de emergencia en la Provincia del Napo, Baeza, Ecuador, Julio 8, 1987, entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Baeza, Ecuador, Julio 8, 1987.

35. Entrevista al Presidente del Concejo Provincial de Cayambe, Ecuador, Julio 2, 1987.

36 Esta observación se la hizo separadamente por varios observadores adecuados y participantes en el proceso de respuesta y recuperación del desastre Razones de carácter confidencial de los profesionales evitan citar las fuentes directamente. Las mismas observaciones están documentadas en las noticias publicadas en Hoy, Marzo 7 - 31, 1987

37 Entrevistas con los directores de los comités locales y provinciales de Defensa Civil y los directores de proyectos de ayuda al desastre, Quito, Olmedo, Cayambe, Baeza, Borja y Lago Agrio, Ecuador, Junio 19 - Julio 14, 1987.

38 Entrevista al Vicepresidente del Concejo Municipal y Coordinador del Comité Municipal de Defensa Civil, Baeza, Ecuador, Julio 8, 1987

39. Entrevista al Director del Proyecto de Emergencia de CATEC/CRS, Quito, Ecuador, Julio 12, 1987, entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Baeza, Ecuador, Julio 8, 1987; entrevista al Director del Programa del Cuerpo de Paz del Ecuador, Quito, Ecuador, Julio 10, 1987.

40 Hoy, Marzo 7 - 31, 1987, entrevistas a voluntarios de ayuda al desastre, Baeza, Ecuador, Julio 8 - 9, 1987; y observación profesional, en Baeza, Borja, El Chaco y Tres Cruces, Julio 8 - 9, 1987.

41. Hoy, Marzo 7 - 31, 1987

42. Hoy, Marzo 10, 1987, pag. 9A.

43. Estas cifras fueron proporcionadas por la Defensa Civil del Ecuador en su informe final del desastre.

44. Hoy, Marzo 7 - 31, 1987. Estas cifras fueron documentadas de varias fuentes, incluyendo la Oficina del Director de Vivienda para el COEN, Quito, Ecuador, Julio 13, 1987

45 Entrevistas al Presidente del Concejo Municipal de Cayambe, Presidente del Concejo Municipal de Olmedo y Presidente del Consejo Provincial de Imbabura, Julio 2, 1987.

46 Hoy, Marzo 11, 1987, pag. 1 Entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Cayambe, Julio 2, 1987.

47. Entrevista al representante de campo de USAID/OFDA, Quito, Ecuador, Junio 28, 1987.

48 Entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Cayambe, Julio 2, 1987.

49. Entrevista al Padre de la Iglesia Católica de Cayambe, Junio 29, 1987. Entrevista a la Madre Superiora de la Escuela Católica de Cayambe, Julio 2, 1987

50. Entrevista a un trabajador católico voluntario, Olmedo, Ecuador, Junio 27, 1987

51 Entrevista al Presidente del Concejo Municipal de Cayambe, Julio 2, 1987.

52. Entrevista al Director del Programa de los Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, Julio 12, 1987

53. Entrevista al Director del COEN, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987. Hoy, Marzo 21, 1987, pag. 9A.

54. Entrevista al Comandante del Batallón de Selva y Coordinador del Consejo de Defensa Civil del Cantón Lago Agrio, Lago Agrio, Ecuador, Junio 30, 1987. Hoy, Marzo 8, 1987, pag. 8A.

55. Entrevista al Director de Campo para Servicios Indígenas, Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987.

56 Entrevista al Padre de la Misión Carmelita de Lago Agrio, Ecuador, Junio 29, 1987

57 Entrevista al Director de Campo de los Servicios Católicos de Socorro, Quito, Ecuador, Julio 7, 1987

58. Hoy, Julio 13, 1987. Entrevistas a observadores informados de Ecuador y de los Estados Unidos, Quito, Ecuador, Junio 16 - Julio 15, 1987.

59 Entrevista al Director Asistente para América Latina de la OFDA, Washington D C., Septiembre 1, 1988.

60. Hoy, Julio 15, 1987 Entrevista a un profesor de Administración Pública de la Universidad Católica, Quito, Ecuador, Junio 22, 1987

Apéndice A

ORGANIZACIONES DE MANEJO DE DESASTRE

NACIONAL

Público/Gubernamental

Centro de Operaciones Emergencias Nacional
- Comité de Emergencia
- Todos los Ministerios
- Defensa Civil
- Ejército Ecuatoriano

Mingas Provinciales, Cantonales, Parroquiales
Universidades.
- Escuela Politécnica Nacional
- Universidad Central del Ecuador

Instituto Ecuatoriano de Minería
Instituto Ecuatoriano de Electrificación
Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana

Privado/Voluntario

Cruz Roja Ecuatoriana
Servicios Católicos de Socorro
Utilidades
Sindicatos
Organizaciones de Servidores Públicos
Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Cruzada Nacional de Solidaridad

INTERNACIONAL

Público/Gubernamental

United Nations Disaster Relief Organization
Organización Panamericana de la Salud
United Nations Development Program
Embajadas*
Misión de los EE.UU.:
- Office of Foreign Disaster Assistance
- Agency for International Development
- Cuerpo de Paz
- Atache Militar
- Embajada

Comunidad Americana:
- Voluntarios
- Negocios
- Texaco

Privado/Voluntario

Cruz Roja Internacional
- Servicios Católicos de Socorro
- Visión Mundial

Amigos de las Américas
- Save the Children

---

* *Tuvieron la tendencia de trabajar con el Ecuador en forma bilateral Los intentos en coordinar acciones entre embajadas no resultaron ser efectivos. Fue difícil y exigente establecer una coordinación al instante Arreglar enlaces entre organizaciones nacionales e internacionales resultó emplear mucho tiempo*

Apéndice B

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES INVOLUCRADAS EN LAS OPERACIONES DE DESASTRE

Publico / Gubernamental

PA - Pacto Andino
CAF - Corporación Andina de Fomento
BID - Banco Interamericano de Desarrollo
FMI - Fondo Monetario Internacional
OEA - Organización de Estados Americanos
OPEP - Organización de Países Exportadores de Petróleo
UNDRO - United Nations Disaster Relief Organization
UNESCO - Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe
BM - Banco Mundial

Privado / Voluntario

CRS - Servicios Católicos de Socorro
CATEC - Corporación de Apoyo a la Tecnología y a la Comunicación
Evangélical Brotherhood
Amigos de las Américas
HCJB - Hoy Cristo Jesús Benedictus
ICRC - Cruz Roja Internacional
Save the Children
Visión Mundial

Gobiernos Nacionales

Argentina
Bélgica
Bolivia
Brasil
Canadá
Chile
Colombia
Cuba
República Federal de Alemania
Francia
República Democrática Alemana
Gran Bretaña
Holy See/Vaticano
Italia
Japón
Malta
Nueva Zelanda
Noruega
Paraguay
República Popular de China
Perú
España
Suiza
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
Estados Unidos:
- U.S. AID
- OFDA
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército
- Embajada
- SOUTHCOM (Grupo Militar)
- Cuerpo de Paz
- Servicio Geológico

Uruguay
Venezuela

Apéndice C

ORGANIZACIONES ECUATORIANAS INVOLUCRADAS EN LAS OPERACIONES DE DESASTRE

GOBIERNO CENTRAL

Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN)
Fondo Nacional de Emergencia
Comité de Emergencia: Gen. Germán Ruiz, Secretaría General
Miembros

Ministerios

(1) Finanzas
(2) Industrias
(3) Salud
(4) Bienestar Social
(5) Energía y Minas
(6) Obras Públicas
(7) Transporte
(8) Agricultura y Ganadería
(9) Trabajo
(10) Relaciones Exteriores
(11) Interior

Defensa:

Defensa Civil
Fuerzas Armadas
Ejército Ecuatoriano
Cuerpo de Ingenieros del Ejército
Fuerza Aérea Ecuatoriana

Otros:

(1) Comandancia General de Policía
(2) Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN)
(3) Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)
(4) Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)
(5) Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
(6) Observatorio Astronómico de Quito
(7) Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC)
(8) Fondo Nacional de Preinversión (FONAPRE)
(9) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
(10) Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE)
(11) Instituto Nacional del Niño y la Familia (INNFA)

Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE)
Presidente. Congreso Nacional
Presidente· Corte Suprema de Justicia

ORGANIZACIONES NACIONALES: PRIVADAS Y VOLUNTARIAS

Cruz Roja Ecuatoriana
Cruz Amarilla
Cruzada Nacional de Solidaridad
Comité de Coordinación y Control de Ayuda
Quito Radio Club
Federación Nacional de Comerciantes Minoristas
IBM del Ecuador
Empresa Eléctrica Quito S.A.
CENTRAMECS (Centro Nacional de Trabajadores de Medios de Comunicación Social)
Cámaras de Comercio
Conferencia Episcopal
Federación de Choferes Profesionales del Ecuador
Comité Unitario de Huelga - 24 de Marzo 1987
Asociación de Damas de la Pequeña Industria
Unión Nacional de Educadores
Grupos Femeninos de Pichincha - 11 Marzo 1987
Voluntarios del Hospital Metropolitano
Comité de Provincias Asociadas del Ecuador
Asociación de Enfermos Incurables
Asociación de Mujeres del Ecuador
Federación Nacional de Cooperativas de Ahorro y Crédito
Confederación Nacional de Servidores Públicos
Asociación de Empleados y Obreros
Frente Unitario de Trabajadores
Confederación Nacional Indígena Ecuatoriana (CONAIE)
Confederación de Nacionalidades Indígenas de la Amazonía Ecuatoriana (CONFENIAE)
Unión de Organizaciones Campesinas de San Pablo del Lago
Federación Unitaria de Organizaciones Sindicales
Federación Nacional de Cámaras de la Pequeña Industria
Federación de Organizaciones Indígenas de Napo
Federación de Comunas de Napo Ecuatorianas

ORGANIZACIONES LOCALES

Consejos Provinciales, Cantonales, Parroquiales y Barriales
Provincias: Carchi, Imbabura, Napo, Pastaza, Pichincha
Cantones: Cangahua, Lago Agrio, Quijos
Consejos de Defensa Civil a nivel provincial, cantonal, parroquial y barrial
Iglesias Diocesanas y Parroquiales
Colegios y escuelas religiosas
Asociaciones étnicas, grupos locales con nexos informales
Mingas y proyectos de cooperación, organizados para lograr objetivos específicos
Proyectos de desarrollo a nivel de la comunidad, enlazados con organizaciones nacionales e internacionales
Comités comunales de emergencia

1. *J. León V., A. L. Moya, P. Peltre (coordinadores),*
FLUJOS GEOGRÁFICOS EN EL ECUADOR:
intercambios de bienes, personas e información

   1 *El pan que comemos es estadounidense*
   J. Peltre-Wurtz
   2. *Flujos de productos alimenticios y mercados en el Ecuador*
   A. L. Moya
   3 *Flujos de la madera en el Ecuador*
   J Lucero; T. Quintana
   4. *Flujos portuarios en el Ecuador*
   B. Carrera
   5. *Espacios demográficos y redes migratorias*
   D. Delaunay
   6 *Los intercambios internacionales del Ecuador: su significación geopolítica*
   M. Portais

2. *Pierre Peltre (coordinador),*
RIESGOS NATURALES EN QUITO:
lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi

   1. *La catástrofe del Nevado del Ruiz. ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi*
   R. D'Ercole
   2 *Las lluvias de Quito: características generales, beneficios y problemática*
   P Pourrut; I. Leiva
   3. *Quebradas y riesgos naturales en Quito, período 1900-1988*
   P. Peltre

3. *Henry Godard (coordinador),*
CRECIMIENTO DE QUITO Y GUAYAQUIL:
estructuración, segregación y dinámica del espacio urbano

   1. *El medio físico de Quito*
   M. A. Fernández de Castro
   2 *Los hospitales de Quito: caracterización histórico-geográfica*
   C Hermida Bustos, M E. Castelo
   3. *La red bancaria quiteña: evolución y migración geográficas (1950-1987)*
   P Cazamajor d'Artois; H Godard
   4. *Estructura y dinámica de los centros de Quito y de Guayaquil*
   H. Godard
   5 *Quito, Guayaquil: ensayo sobre la arquitectura contemporánea (1950-1988)*
   M. S. Bock
   6. *La influencia de los materiales de construcción importados sobre la arquitectura de Guayaquil*
   J. Salomón Hurtado
   7. *La permanente debilidad del poder municipal· el caso de Guayaquil*
   G. Villavicencio Loor
   8. *La tenencia de la tierra urbana en Guayaquil*
   M. Rojas

4. *Patricia Mothes (coordinadora),*
EL PAISAJE VOLCÁNICO DE LA SIERRA ECUATORIANA:
geomorfología, fenómenos volcánicos y recursos asociados

1. *El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador*
   Minard L. Hall y Bernardo Beate
2. *El paisaje interandino y su formación por eventos volcánicos de gran magnitud*
   Patricia Mothes y Minard Hall
3. *Evaluación de los peligros volcánicos y su mitigación en la República del Ecuador*
   Christa von Hillebrandt
4. *Suelos volcánicos en el Ecuador*
   José Espinosa
5. *Posibles aplicaciones de las rocas volcánicas y piroclásticas en el Ecuador*
   Halina Lachowics
6. *La Geotermia: conceptos generales, aplicaciones y estado actual en el Ecuador*
   Bernardo Beate
7. *Naturaleza y Geografía ecuatoriana como elemento a considerarse en el desarrollo de una reserva de recursos*
   Juan Black y Cecilia Solís

5. *Freddy López (coordinador),*
GEOGRAFÍA AGRARIA:
esbozos de la problemática agraria en el Ecuador

1. *¿"Agribusiness" estímulo del desarrollo?: el caso de la economía lechera en los Andes ecuatorianos*
   Toni Breuer
2. *Big Boss, los vencidos y los compadres: etnografía del poder y de la contestación en una gran plantación agrícola (región de Santo Domingo de los Colorados)*
   Charles-Édouard de Suremain
3. *Los sistemas agrícolas de Alchipichí-Puéllaro*
   Mario E. Andino E.
4. *Ensayo de análisis histórico, social y económico de la cangahua en el Ecuador*
   Georges de Noni, Germán Trujillo, Marc Viennot
5. *Sistemas de producción y regionalización del proceso agropecuario nacional*
   Gustavo Sotalín Q.

6. *René Marocco (coordinador),*
EL CONTEXTO GEOLÓGICO DEL ESPACIO FÍSICO ECUATORIANO:
neotectónica, geodinámica, volcanismo, cuencas sedimentarias, riesgo sísmico

1. *La Neotécnica. Ejemplos en el Ecuador*
   Alain Lavenu
2. *Paleosismicidad de la ciudad de Quito (Ecuador) a través del análisis de la paleolicuación cuaternaria*
   Víctor Hugo Pérez, *et al.*
3. *Tefroestratigrafía holocénica de los volcanes principales del valle interandino, Ecuador*
   Minard L Hall y Patricia A. Mothes
4. *Los conglomerados El Morro: hacia su redefinición*
   Jorge Toro Alava y René Marocco
5. *Las cuencas sedimentarias, un aporte al conocimiento de una cadena montañosa*
   René Marocco
6. *El uso de la teledetección en geología: alcances y límites*
   Gérard Laubacher
7. *El proyecto de reducción del riesgo sísmico en la ciudad de Quito*
   H Yepes, *et al.*

7. *Pierre Pourrut (editor científico).*
EL AGUA EN EL ECUADOR:
clima, precipitaciones, escorrentía

I *Estudios hidroclimatológicos: marco, crónica y aspectos metodológicos sucintos*
Éric Cadier, Pierre Pourrut, Michel-Alain Roche, Roberto Cruz, Gustavo Gómez, Alejandro Bermeo, Galo Toscano

II. *Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos*
Pierre Pourrut, Gustavo Gómez, Alejandro Bermeo, Angel Segovia

III. *Clima del Ecuador*
Pierre Pourrut, Oscar Róvere, Iván Romo, Homero Villacrés

IV. *Análisis estadístico y regionalización de las precipitaciones en el Ecuador*
Jean-François Nouvelot, Patrick Le Goulven, Pierre Pourrut, Miguel Alemán

V. *Anomalías y fenómenos climáticos extremos*
Pierre Pourrut, Jean-François Nouvelot

VI. *Estimación de los escurrimientos superficiales de aguas altas y análisis de las relaciones lluvia-escorrentía*
Éric Cadier, Georges Girard, Jean-François Nouvelot, Pierre Pourrut, Michel Travaglio, Rafael Alulema, Iván Leiva, Fabián Burbano, Roberto Cruz

VII. *Los regímenes hidrológicos ecuatorianos*
Pierre Pourrut, Gustavo Gómez

A manera de conclusión

Bibliografía

8. *Svetlana Zavgorodniaya de Costales (coordinadora)*
GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE

1. *Formulación de Políticas Regionales y Contabilidad Ambiental a base del análisis del Sistema de Degradación Ambiental, con el apoyo del Sistema de Información Geográfica*
José Augusto Rosero

2. *Metodología de análisis de los Espacios de Riesgo en el Medio Urbano: El ejemplo de las quebradas de Quito*
Alexis Sierra

3 *Contribución a una Problemática del Medio Ambiente Urbano*
Pascale Metzger

4. *Ordenamiento Ambiental Nacional, conceptualización teórica*
Svetlana Zavgorodniaya de Costales

5. *Marco Conceptual para analizar la Gestión de los Recursos Hídricos*
Juan Gómez Ortega

6. *Los Desechos Sólidos (basura)*
José Carvajal

ESTUDIOS DE GEOGRAFÍA

Precios para el exterior (número suelto):

América: **$ 9.00 USD**
Europa y resto del mundo: **$ 12.50 USD**
(incluye flete aéreo)

Pedidos y órdenes de pago a:
CORPORACIÓN EDITORA NACIONAL
Roca E9-59 y Tamayo, P. O. Box 17-12-886,
Teléfonos (593-2) 554358, 554558, Fax (593-2) 566340,
QUITO, ECUADOR