

# PROYECTO PARA EL MANEJO DEL RIESGO SÍSMICO DE QUITO



**Síntesis**

ESTA PUBLICACION FORMA PARTE DE LA COLECCION  
QUITO METROPOLITANO, VOLUMEN 4

PORTADA: "La vista de la ciudad de Quito" por Antonio Lucio Paredes

Escuela Politécnica Nacional; GeoHazards International; Municipio del Distrito Metropolitano de Quito; ORSTOM, Quito; y OYO Corporation.  
"Síntesis General del Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito".

Edición: TRAMA

Diseño gráfico: Rómulo Moya / TRAMA

Crédito de las fotografías: "Quito a través de los siglos",  
archivo fotográfico del FONSAL y G. Bustamante.

© 1994 GeoHazards International

# PROYECTO PARA MANEJO DEL RIESGO SÍSMICO DE QUITO



## Síntesis

Preparado por:

Escuela Politécnica Nacional  
GeoHazards International  
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito  
ORSTOM, Quito  
OYO Corporation

Diciembre de 1995

Dedicado a la memoria del  
Dr. Kunio Suyama, Cofundador  
y anterior Presidente de  
OYO Corporation



“El hombre ya no puede permitirse el lujo de considerar solo el bien de la comunidad en la que le tocó en suerte vivir. Ningún país tiene el monopolio de la sabiduría necesaria para construir comunidades en las que la vida humana pueda crecer y prosperar. Debemos manejar los recursos de todos nuestros pueblos para enfrentar conjuntamente los problemas comunes”.

K. Suyama, 1981

# Índice

<b>Prólogo</b> .....	<b>iv</b>
<b>Participantes en el Proyecto</b> .....	<b>v</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Los terremotos futuros y sus efectos en Quito</b> .....	<b>3</b>
Determinación de la amenaza por terremotos .....	3
Evaluación del daño sísmico .....	5
<b>Quito durante el mes siguiente a un futuro terremoto</b> .....	<b>9</b>
El terremoto ocurre .....	11
Una hora después .....	13
El primer día .....	14
Dos días después .....	15
Una semana más tarde .....	16
Un mes después .....	17
<b>El manejo del riesgo sísmico en Quito</b> .....	<b>20</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>24</b>
<b>Apéndices</b>	
Apéndice A. Organización, cronología y logros .....	25
Apéndice B. Proyectos prioritarios para el manejo del riesgo sísmico .....	28
Apéndice C. Siglas y traducciones .....	32



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



# Prólogo

En junio de 1991, el Dr. Kunio Suyama, Presidente de OYO Corporation, y el Dr. Brian Tucker, acordaron asociarse durante dos años y medio para explorar las posibilidades de crear una organización sin fines de lucro dedicada a reducir el riesgo sísmico urbano en países en desarrollo. En febrero de 1992, el Dr. Tucker se reunió con el Dr. Jean-Luc Chatelain, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), para discutir sobre ciudades apropiadas para la realización de un proyecto piloto en este sentido. Chatelain recomendó la ciudad de Quito, Ecuador, por algunas razones:

- en primer lugar, es una ciudad con un alto riesgo sísmico: a lo largo de los últimos 450 años, ha experimentado varios terremotos de alta intensidad que causaron destrucción y muerte. Estos eventos ocurrieron cuando Quito estaba menos poblada y desarrollada que en la actualidad.
- en segundo lugar, por la reputación de los especialistas en ciencias de la tierra e ingenieros civiles de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y por las investigaciones relacionadas con el tema que el ORSTOM viene realizando en el Ecuador desde hace algunos años.

En mayo de 1992, los Drs. Chatelain y Tucker viajaron a Quito para discutir la idea de este proyecto con el profesor Hugo Yepes, sismólogo jefe del Instituto

Geofísico de la EPN, quien estuvo de acuerdo con la necesidad de poner en marcha un proyecto de este tipo en Quito y puso en contacto al Dr. Tucker con algunos líderes del gobierno y de la empresa privada, a fin de conseguir su apoyo. En julio de 1992, el Dr. Tucker se reunió con el Alcalde electo de la ciudad, Jamil Mahuad Witt, quien ofreció su ayuda. En septiembre de 1992, ya en funciones, el Alcalde convocó a un grupo de líderes del gobierno, la empresa privada y el mundo científico, tanto ecuatorianos como extranjeros, para supervisar el proyecto y se inició el trabajo (en los apéndices se presenta un resumen de la organización, la cronología y los logros).

OYO Corporation, la EPN, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y el ORSTOM entregaron la mayor parte del apoyo financiero y técnico. Compañeros de las Américas y el Natural Science and Engineering Research Council del Canadá aportaron un financiamiento complementario.

Los asesores y consultores ecuatorianos y extranjeros contribuyeron generosamente con su tiempo y energía. Su experiencia da realce a este proyecto. También ha sido valioso el estímulo de las siguientes organizaciones: la International Association of Earthquake Engineering y su World Seismic Safety Initiative, la International Association of Seismology

and Physics of the Earth's Interior y su comité para la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (IDNDR), la International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, la Oficina del Coordinador para Ayuda en Desastres de las Naciones Unidas, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y la Secretaría de las Naciones Unidas para la Década Internacional de Reducción de Desastres Naturales.

Este proyecto involucró a más de cien participantes de muchos países y áreas del conocimiento, quienes se reunieron para hacer las evaluaciones y recomendaciones aquí presentadas. Existe, sin embargo, una persona cuya generosidad y visión hicieron posible esta cooperación. Cuando al inicio se le solicitó apoyo financiero, hizo relevantes preguntas sobre el propósito, los métodos y los participantes del proyecto, y al hacerlo mejoró su diseño. Únicamente después de llegar a la conclusión de que la meta del proyecto era valedera y que el método escogido era práctico, preguntó sobre los costos. El presupuesto estimado le pareció poco realista, de tal manera que lo incrementó. Luego, nueve meses después del primer contacto, decidió brindar su apoyo y dejó que comenzara el trabajo. Murió antes de que el proyecto estuviera terminado. Este informe está dedicado a él, al Dr. Kunio Suyama.



# Participantes en el proyecto

## Comité Directivo

J. Fernández, J. Valverde, H. Yepes  
B. Tucker, Coordinador  
G. Bustamante  
J.-L. Chatelain  
F. Kaneko, C. Villacís, T. Yamada

*Escuela Politécnica Nacional, Ecuador*  
*GeoHazards International, EEUU*  
*Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador*  
*ORSTOM, Quito, Ecuador*  
*OYO Corporation, Japón*

## Comité de Asesoría Social y Económica

J. Mahuad Witt, *Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito, Presidente*

C. Abel, *ANACSE, Quito*  
H. Alderfer, *Compañeros de las Américas, Quito*  
J. V. Cedeño, *Ministerio de Salud Pública, Quito*  
J. Chacón, *Cámara de la Construcción, Quito*  
E. Chiriboga, *Asociación de Bancos Privados, Quito*  
O. Davidson, *USAID, Washington, DC*  
L. Larrea, *ACOSE, Quito*  
A. Le Saux, *Metropolis, París*  
G. Martínez, *Petroecuador, Quito*  
S. Mattingly, *Ciudad de Los Angeles*  
F. Merino, *SEIE, Quito, Vicepresidente*  
Å. Munkhammar, *Skandia Group, Estocolmo*  
R. Paredes, *CONADE, Quito*  
D. Pugh, *IFC, Washington, DC*  
P. Ramón, *INECEL, Quito*  
A. Razo, *OLADE, Quito*  
W. Savage, *Pacific Gas & Electric, San Francisco*  
T. Tsugawa, *Kajima Corporation, Tokio*  
E. Vásquez, *Defensa Civil, Quito*  
D. Zupka, *UNDRO*

## Grupo de Trabajo

H. Yepes<sup>1</sup>, Coordinador Local, F. Kaneko<sup>4</sup>, Coordinador Técnico

A. Alvarado <sup>1</sup>	J. Egred <sup>1</sup>	E. Márquez <sup>1</sup>	B. Tucker <sup>6</sup>
R. Arellano <sup>1</sup>	A. Egüez <sup>1</sup>	V.H. Pérez	J. Tupiza <sup>2</sup>
G. Barahona <sup>1</sup>	J. Espinoza <sup>1</sup>	P. Placencia <sup>1</sup>	F. Vaca <sup>1</sup>
F. Bonilla <sup>1</sup>	J. Fernández <sup>1</sup>	G. Plaza <sup>1</sup>	R. Vallejo <sup>2</sup>
T. Bravo <sup>2</sup>	P. Gachet <sup>1</sup>	F. Ponce <sup>1</sup>	J. Valverde <sup>1</sup>
G. Bustamante <sup>2</sup>	B. Guillier <sup>3</sup>	M. Silva <sup>1</sup>	J. Vega <sup>2</sup>
J.L. Chatelain <sup>3</sup>	C. Hibsches <sup>5</sup>	M. Souris <sup>3</sup>	C. Villacís <sup>4</sup>
S. Díaz <sup>1</sup>	G. Hoefler <sup>6</sup>	F. Torres <sup>7</sup>	J. Vintimilla <sup>1</sup>
E. Dupérier <sup>3</sup>	B. Lortic <sup>3</sup>	G. Trumbull <sup>6</sup>	T. Yamada <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Nacional; <sup>2</sup> Municipio del Distrito Metropolitano de Quito; <sup>3</sup>ORSTOM; <sup>4</sup>OYO Corporation; <sup>5</sup>Institut Français d'Études Andines (IFEA); <sup>6</sup>GeoHazards Internacional; <sup>7</sup>Universidad Católica de Quito.

## Comité de Asesoría Técnica

G. Mader

*Spangle Associates, Presidente*

B. Bolt  
W. D. Liam Finn  
F. Krimgold  
J. Kuroiwa  
M. Ordaz  
M. Reichle  
C. Rojahn  
C. Ventura  
L. Warnick

*Universidad de California, Berkeley*  
*Universidad de Columbia Británica*  
*Virginia Polytechnic Institute, Washington, DC*  
*Universidad Nacional de Ingeniería, Lima*  
*CENAPRED, Ciudad de México*  
*CDMG, Sacramento*  
*ATC, San Francisco*  
*Universidad de Columbia Británica*  
*Intergraph, Huntsville*

Las siglas y traducciones de los nombres de las organizaciones se encuentran en los apéndices.



## Participantes en el taller de manejo del riesgo sísmico

- T. Abdo, *MDMQ*  
C. Abel, *ANACSE*  
R. Aguirre, *Empresa Eléctrica Quito*  
M. Báez, *Fundación Rescate*  
T. Bravo, *MDMQ*  
J. V. Cedeño, *Ministerio de Salud Pública*  
L. Romero Cevallos, *ANACSE*  
J.-L. Chatelain, *ORSTOM*  
S. de Citarella, *Banco Popular*  
A. Ortiz Crespo, *MDMQ*  
O. Davidson, *USAID*  
M. Delgado, *Cámara de la Construcción*  
J. Fernández, *EPN*  
M. A. Fernández, *USAID*  
J. Gómez, *Dirección Nacional de Tránsito*  
B. Haro, *Cámara de Industriales de Pichincha*  
G. Hoefer, *GeoHazards International*  
D. Hollister, *Asian Disaster Preparedness Center*  
C. V. Jara, *Superintendencia de Bancos y Seguros*  
L. Johnson, *Spangle Associates, CoDirector*  
E. Suárez, *Banco del Pacífico*  
J. Jurado, *EMETEL*  
T. Konno, *Kajima Corporation*  
E. Lara, *EMETEL*  
R. Lee, *Great Western Bank*  
P. Llerena, *Banco del Pacífico*  
B. Lortic, *ORSTOM*  
S. Mattingly, *Ciudad de Los Angeles*  
F. Merino, *SEIE*  
J. G. Molineros, *Nexoseguros*  
R. Moncayo, *Cámara de la Construcción*  
Å. Munkhammar, *Skandia Group*  
Y. Naito, *Kajima Corporation*  
M. Narváez, *Dirección Nacional de Tránsito*  
M. Navarro, *Superintendencia de Bancos y Seguros*  
R. Nigbor, *Agabian Associates, INCI*  
H. Núñez, *MDMQ*  
D. Páez, *SEIE*  
D. Pugh, *IFC*  
P. Ramón, *INECEL*  
J. Rodríguez, *Defensa Civil*  
C. Rojahn, *ATC*  
P. Román, *Unidad de Transporte, MDMQ*  
L. Salgado, *EMAAP*  
W. Savage, *Pacific Gas & Electric*  
W. Schlecht, *Ciudad de Pasadena, California*  
J. Sevilla, *INECEL*  
J. Solano, *EMETEL*  
L. T. Tobin, *Comis. de Seg. Sísmica de California*  
J. Toral, *Cámara de la Construcción*  
T. Tsugawa, *Kajima Corporation*  
B. Tucker, *GeoHazards International, CoDirector*  
F. Vaca, *EPN*  
R. Vallejo, *MDMQ*  
J. Valverde, *EPN*  
N. Vásquez, *Defensa Civil*  
J. Vega, *MDMQ*  
C. Villacís, *OYO Corporation*  
F. Villón, *Cuerpo de Bomberos de Quito*  
O. Woolfson, *Fondo de Salvamento, MDMQ*  
T. Yamada, *OYO Corporation*  
H. Yepes, *EPN*

## Otros colaboradores

- N. H. Agnew, *Getty Conservation Institute*  
F. Aguinaga, *EPN*  
P. Armstrong, *International Conference of Building Officials*  
H. Bonifaz, *EPN*  
J. Brune, *Universidad de Nevada*  
G. Chiriboga, *CODIGEM*  
M. A. Custode, *MDMQ*  
P. Ellis, *EQE International*  
W. Faulk, *Getty Museum*  
C. Hwang, *GeoHazards International*  
W.D. Iwan, *California Institute of Technology*  
E. Kissil, *First Interstate Bank*  
S. Low, *US AID*  
C. M. Lucio Paredes  
O. Madrid, *EPN*  
R. Maruri, *EPN*  
S. MasakiSchatz, *Atlantic Richfield Corporation*  
S. Ohya, *OYO Corporation*  
J. O'Kane, *Independent Insurance Brokers of California*  
R. Prévot, *ORSTOM*  
J. F. Ribadeneira, *EPN*  
A. Ross, *Bank of America*  
A. Roth, *California Department of Insurance*  
J. Savy, *Lawrence Livermore National Laboratory*  
H. Shah, *Universidad de Stanford*  
J. Smalwood García, *EQE International*  
V. Tupiza, *MDMQ*  
M. B. Tyler, *Spangle Associates*  
S. Wyss, *GeoHazards International.*

# Introducción

El 5 de marzo de 1987 fue la última vez que Quito, capital del Ecuador, fue afectada por un temblor fuerte. Aunque aquel terremoto causó aproximadamente 1.000 muertes y la pérdida de US\$ 700 millones en daños materiales fuera de los límites de la ciudad, sobre todo por la rotura del oleoducto trans-ecuatoriano, en Quito, los daños fueron menores. Esta fue la sacudida más fuerte que han experimentado los actuales moradores de la capital ecuatoriana.

Sin embargo, en los últimos 460 años Quito ha sido afectada por muchos terremotos más intensos, incluyendo cinco que produjeron una sacudida tan fuerte que algunos edificios se dañaron considerablemente y se produjeron víctimas fatales. Estos terremotos ocurrieron en 1587, 1755, 1797, 1859 y 1868, cuando Quito tenía mucha menos población y estaba menos desarrollada.

En 1868, estaba habitada por aproximadamente 45.000 personas, confinadas en alrededor de 4 km<sup>2</sup>. Desde entonces, la población de Quito ha crecido más de 25 veces (hasta alcanzar 1,2 millones de habitantes; figura 1) y el área de la ciudad ha aumentado aproximadamente 70 veces (figura 2). Este crecimiento acelerado ha resultado en la proliferación de edificaciones de pobre calidad de construcción y en la urbanización en áreas con alto peligro de desastres geológicos. Los diseños y construcciones sismo-resistentes no son las más frecuentes, ya que el Código Ecuatoriano de la Construcción no se apli-

ca estrictamente y, de todas formas, es inadecuado. Se han construido estructuras en lugares inestables, como son las quebradas rellenas con tierra suelta y en empinadas laderas que antes estaban deshabitadas y hoy se encuentran muy pobladas.

Debido a estos cambios recientes y dramáticos, no se puede determinar el potencial impacto destructivo del próximo terremoto sobre la ciudad moderna basándose, exclusivamente, en los sismos pasados. De ocurrir un terremoto en la actualidad, no solo afectaría a una población urbana mucho mayor, sino

también a edificaciones muy diferentes a las del pasado, como son los edificios de mediana y gran altura, que aún no han sido sometidos a vibraciones realmente fuertes del suelo.

El propósito del "Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito" fue proporcionar directivas para ayudar a los personeros del gobierno municipal y nacional, a los líderes de la empresa privada y al público en general, a fin de reducir los daños que podrían producirse a consecuencia del próximo terremoto.

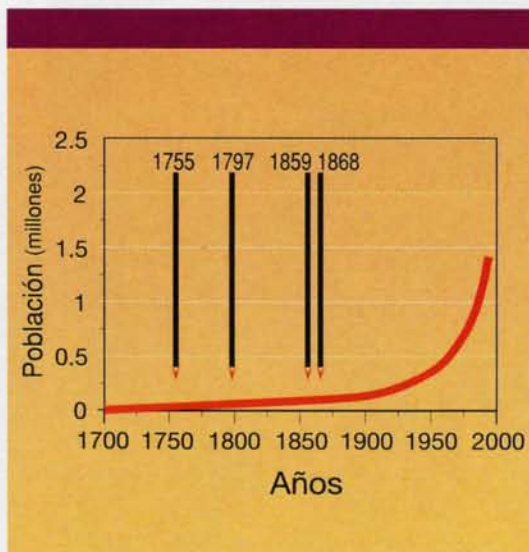
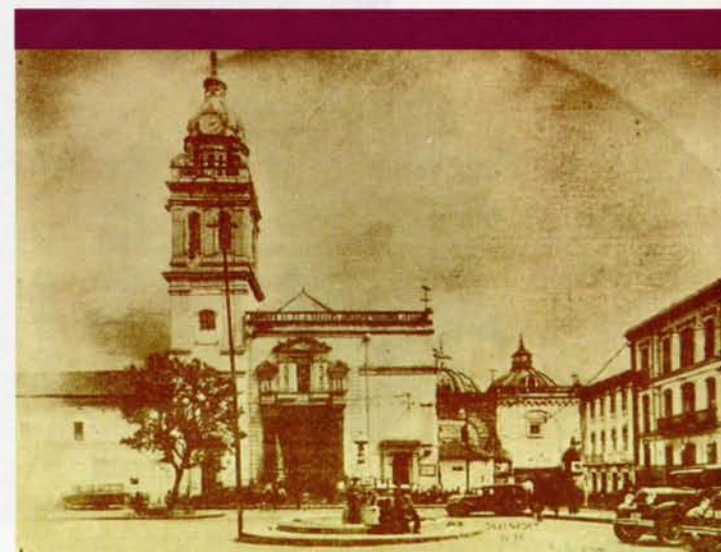


FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PRINCIPALES TERREMOTOS



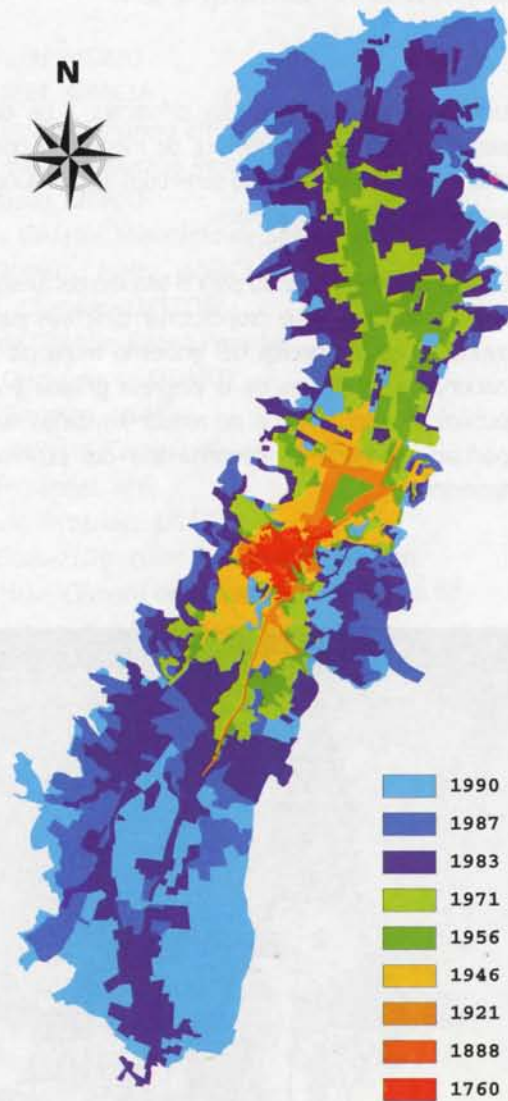
PLAZA DE SANTO DOMINGO. 1930



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



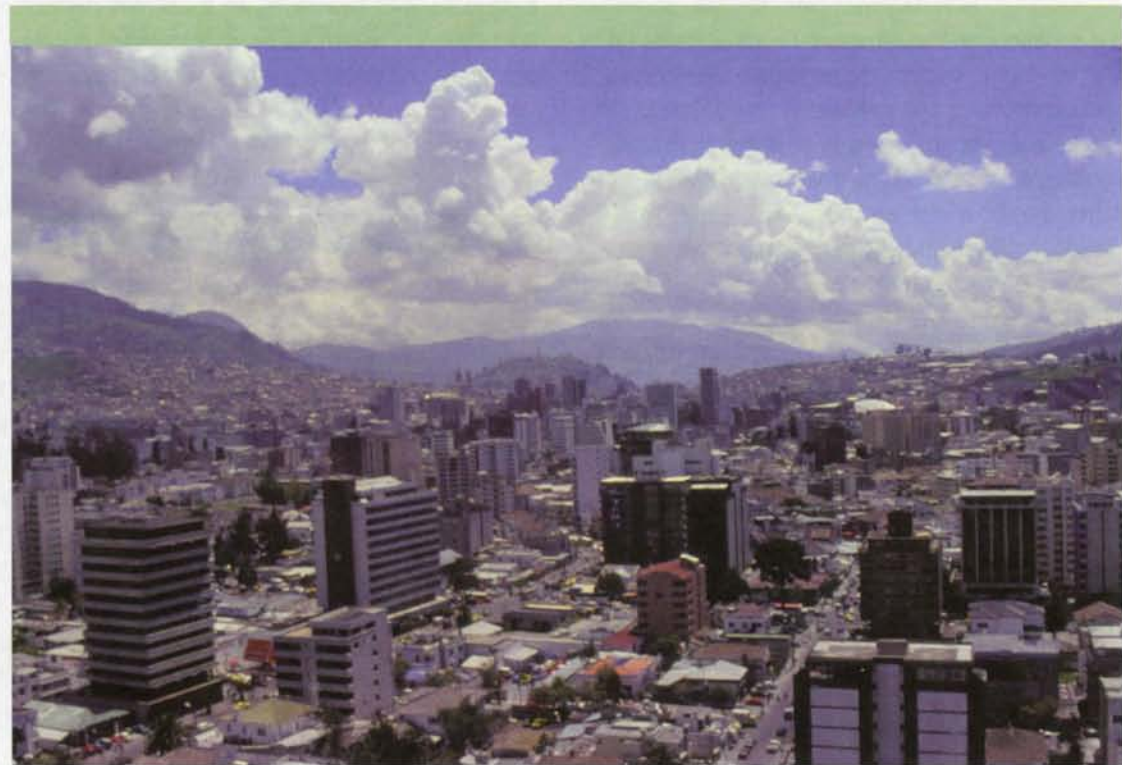
0 2 4 6 (Km) 8

FIGURA 2. CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE QUITO DE 1760 A 1990

Para lograrlo se definieron tres objetivos:

- mejorar el conocimiento sobre el peligro sísmico en Quito;
- crear conciencia sobre su riesgo sísmico, tanto dentro del Ecuador como internacionalmente;
- diseñar programas autosustentables para manejar dicho riesgo.

Para alcanzar estos objetivos se dividió al proyecto en tres fases. En la primera, se analizaron los posibles futuros terremotos y sus efectos potenciales en Quito. En la segunda, se describió el impacto que tendría uno de estos terremotos en la vida cotidiana de la ciudad, durante el mes siguiente a su ocurrencia, en términos comunes y sin tecnicismos. Finalmente, un grupo de especialistas ecuatorianos y extranjeros formuló recomendaciones para manejar el riesgo sísmico de Quito. Este informe presenta una síntesis de estas tres fases.



VISTA DEL QUITO MODERNO



# Los terremotos futuros y sus efectos en Quito

En la primera fase de este proyecto, un equipo internacional y multidisciplinario de más de 40 especialistas, entre sismólogos, geólogos, ingenieros de suelos, ingenieros estructurales y planificadores urbanos del Ecuador, Canadá, Francia, Japón y los Estados Unidos estimaron la magnitud y localización de terremotos que podrían afectar a Quito en el futuro, la intensidad del sacudimiento que podrían producir y el daño que provocarían en los edificios y en la infraestructura de Quito.

## Determinación de la amenaza por terremotos

La fuerza de la sacudida, o la "intensidad de sacudimiento del suelo", que Quito experimentaría durante un terremoto dependerá primordialmente de tres factores: la fuerza del terremoto (magnitud), su distancia hasta Quito y las características del suelo de la ciudad.

Sismólogos y geólogos determinaron las posibles magnitudes y localización de terremotos que podrían afectar a Quito en el futuro. Analizaron las fallas geológicas del Ecuador y los registros de terremotos anteriores que se remontan al siglo XVI. Se seleccionaron 3 terremotos que representaban el rango de magnitudes y distancias posibles, para estudiarlos más detalladamente (figura 3):

- un terremoto de magnitud 8.4, localizado fuera de la Costa (zona de subducción), 200 km. al occidente de Quito (SC);
- un terremoto regional de magnitud 7.3 localizado al interior del continente, 80 km. al este de Quito (SCO); y

- un terremoto local de magnitud 6.5, ubicado 25 km. al norte de Quito (SL).

La intensidad del sacudimiento durante un terremoto depende en gran medida de las condiciones locales del suelo. Por ejemplo, cuando los otros factores son

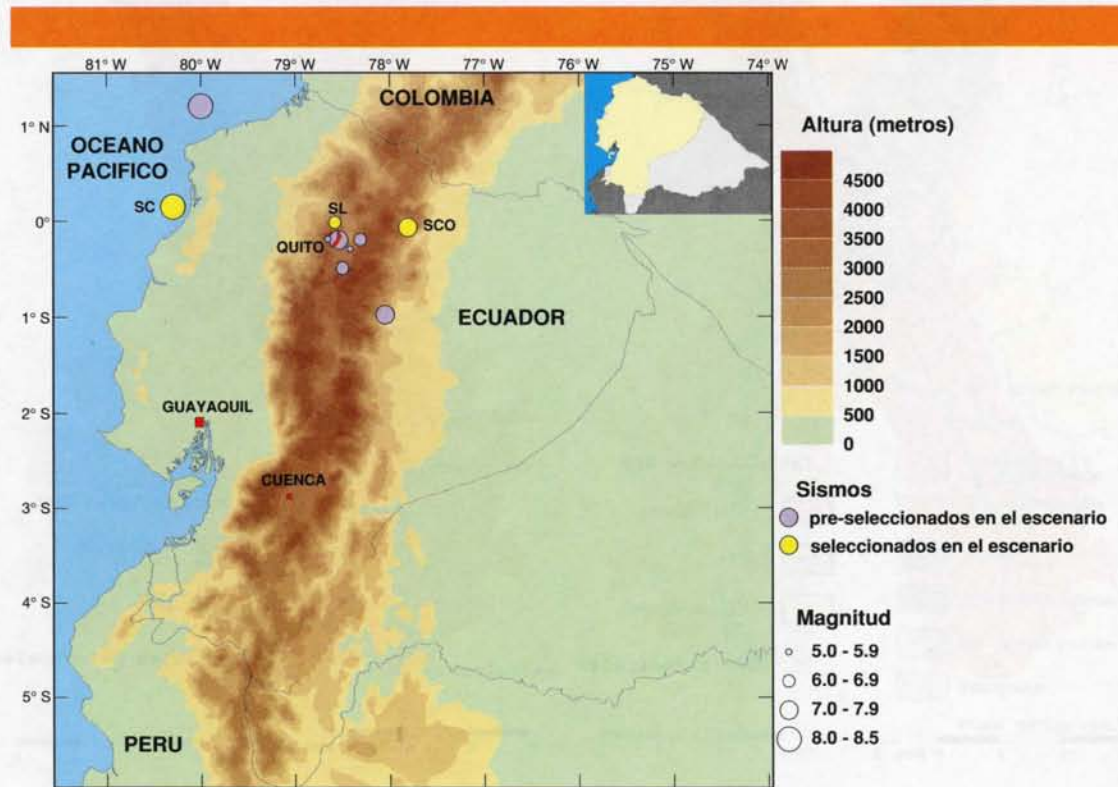


FIGURA 3. UBICACIÓN DE POTENCIALES SISMOS CON RELACIÓN A QUITO

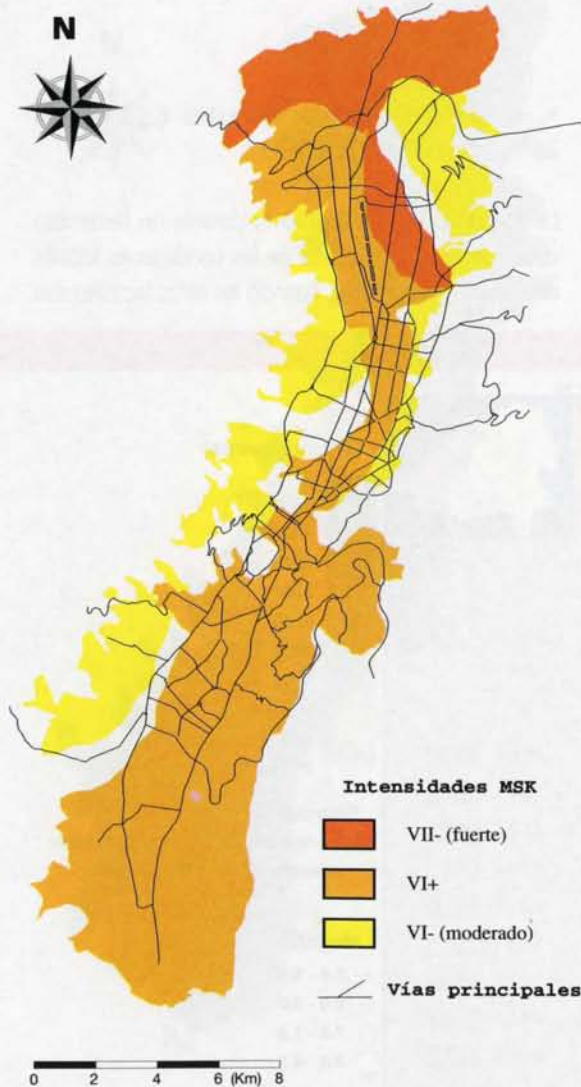


FIGURA 4. INTENSIDADES EN QUITO POR EL SISMO DE LA COSTA (SC)

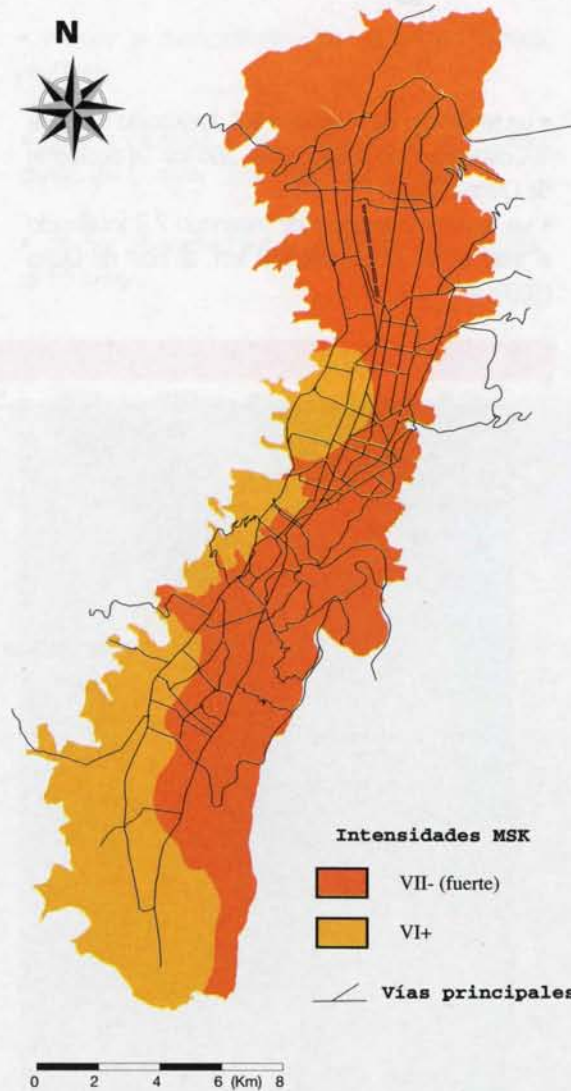


FIGURA 5. INTENSIDADES EN QUITO POR EL SISMO CONTINENTAL (SCO)

iguales, los suelos suaves amplifican el sacudimiento, más que los rígidos. Para incluir en el análisis dicho efecto, Quito fue dividida en 22 zonas, de acuerdo a sus diferentes tipos de suelos. Se calculó la intensidad de sacudimiento en cada zona para cada uno de los terremotos representativos potenciales (figuras 4, 5 y 6), habiéndose considerado para ello, magnitud y ubicación hipocentral.

Aunque el terremoto de subducción de magnitud 8.4 liberaría aproximadamente 30 veces más energía que el terremoto continental de magnitud 7.3, produciría una menor intensidad en Quito, ya que se encuentra 120 km. más distante. Por otro lado, a pesar de que el terremoto local escogido es el de menor magnitud entre los tres, provocaría las mayores intensidades en Quito, debido a su cercanía (25 km. al norte del centro de la ciudad). Esta cercanía y las características de los suelos del norte de Quito pueden provocar en un sacudimiento severo, de una "intensidad MSK cercana a 8" en el norte. La MSK es una de las escalas de intensidad utilizadas por expertos en ciencias de la tierra e ingenieros para relacionar la intensidad del sacudimiento con sus efectos en las personas, las edificaciones y la naturaleza. Durante una sacudida de intensidad MSK 8, muchas personas tienen dificultades en mantenerse de pie y el terremoto es percibido claramente por los conductores de automotores. En algunos casos, las ramas de los árboles se rompen y muebles pesados se mueven y caen, se abren grandes grietas en paredes de edificaciones de ladrillo y las chimeneas se derrumban. Algunas partes de las edificaciones de adobe colapsan y en ocasiones, toda la estructura.



Para el caso del terremoto local, la sacudida sería menos intensa en el centro de la ciudad y menor aún en el sur pero incluso allí sería lo suficientemente fuerte como para producir daños moderados en edificaciones de pobre calidad de construcción.

Podrían ocurrir otros terremotos de diferente magnitud y ubicación, que producirían patrones de intensidad diferentes a los descritos aquí. Por ejemplo, un terremoto localizado en una de las fallas cercanas al sur de Quito causaría una mayor sacudida en el sur que en el norte, modificándose sustancialmente, cualquiera de las distribuciones de intensidad aquí presentadas.

### Evaluación del daño sísmico

Con la determinación de intensidades realizada, es posible estimar el daño que potencialmente ocurriría en las edificaciones y en la infraestructura. Para hacerlo, es necesario inventariar los tipos de estructuras existentes en la ciudad, analizar cómo responde cada tipo a varios niveles de intensidad de sacudimiento y, finalmente, estimar su daño, con base en la vibración del suelo esperada y en derrumbes, hundimientos del suelo, las rupturas superficiales y licuefacción que se podrían producir como resultado del terremoto.

El comportamiento de las estructuras durante los terremotos no solo depende de la intensidad de movimiento del suelo, sino también de la edad, del material, del diseño, de la calidad de construcción y de las

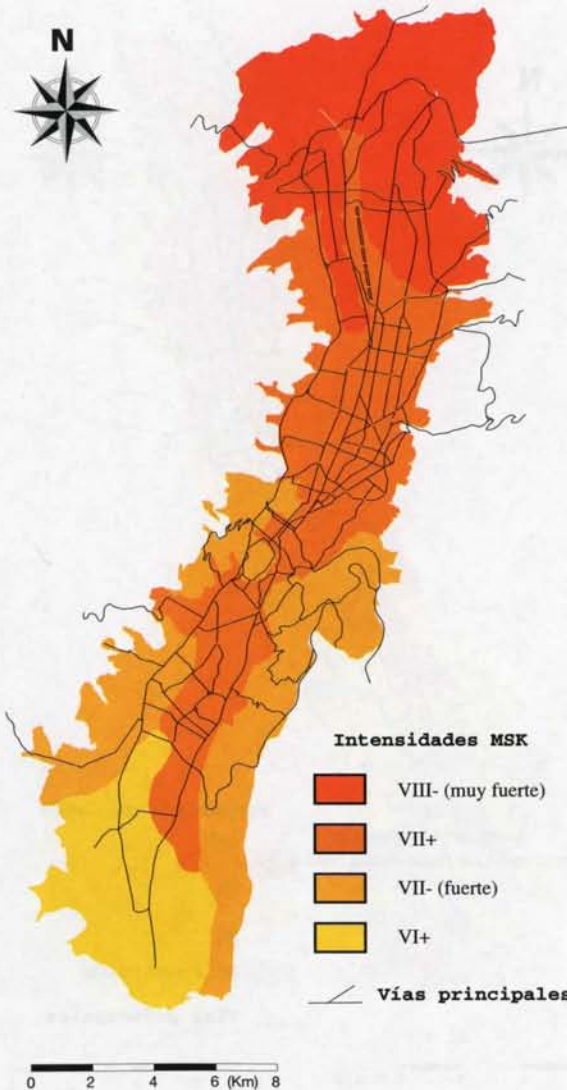


FIGURA 6. INTENSIDADES EN QUITO POR EL SISMO LOCAL (SL)

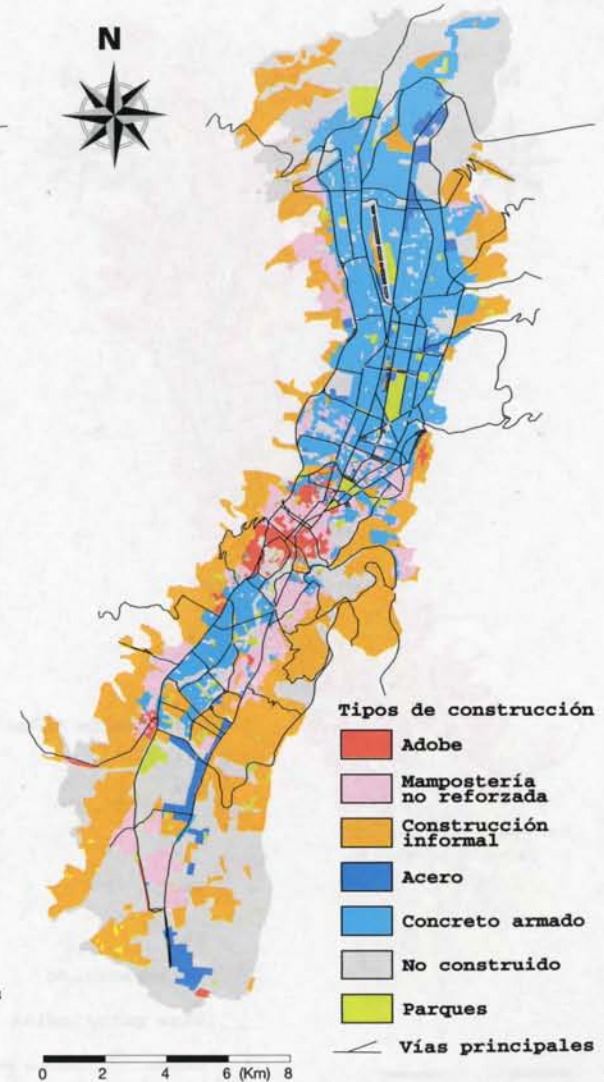


FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN

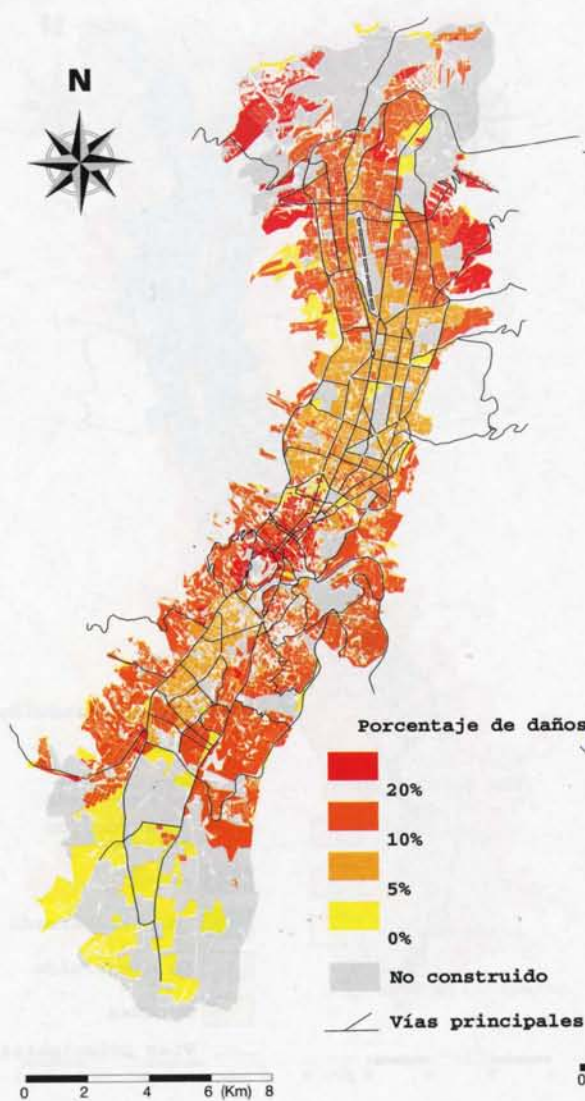


FIGURA 8. ESTIMACIÓN DE DAÑOS A LAS CONSTRUCCIONES PROVOCADOS POR EL SISMO LOCAL

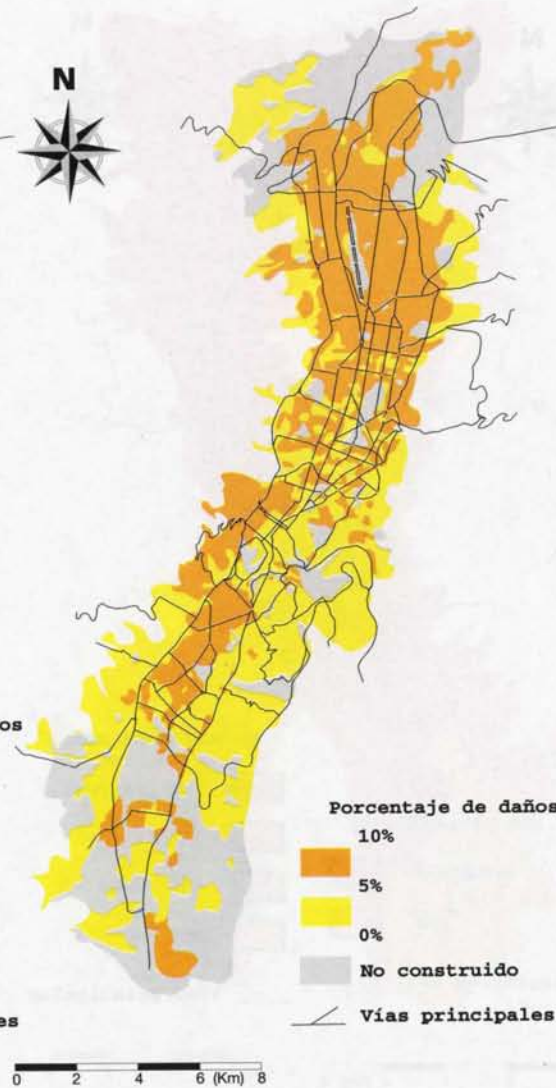


FIGURA 9. DAÑOS A LA CONSTRUCCIÓN PROVOCADOS POR EL SISMO DE 1987

dimensiones de la estructura. Por ejemplo, el comportamiento de un edificio de varios pisos construido de hormigón reforzado con varillas de acero ("hormigón armado") es muy diferente al de una edificación de un solo piso hecha de adobe. Por esta razón, fue necesario determinar las categorías de edificación predominantes en Quito. Se hizo un inventario de los edificios y se los clasificó en 15 tipos, de acuerdo a sus materiales y diseño. Para simplificar, tales edificios se agruparon en cinco categorías: adobe, mampostería (casi ninguno de ellos, en Quito, es reforzado), autoconstrucción (en su mayoría casas construidas por sus dueños sin consideraciones de ingeniería), acero y hormigón armado (figura 7 y mapa adjunto).

Basados en las intensidades determinadas para cada uno de los tres terremotos potenciales, se estimó el daño que sufrirían estas edificaciones, utilizando bases de datos desarrolladas en California y calibradas con datos de América Central y del Sur, para hacerlas aplicables a las edificaciones de Quito. De igual manera, utilizando métodos similares, se estimó el daño que sufriría la infraestructura, incluyendo los sistemas de abastecimiento de agua y energía eléctrica, el alcantarillado y las vías.

Se evaluó también la potencialidad de daños debidos a efectos secundarios del sacudimiento. Se analizó el daño que producirían los deslizamientos que representan un gran riesgo tanto para las estructuras situadas por encima de la masa deslizante como para las ubicadas por debajo, y el asentamiento del



suelo en quebradas rellenas y alcantarillas, sobre las cuales se han construido muchos edificios. (Los detalles se presentan en el "Manejo del Riesgo Sísmico de Quito: una compilación de Métodos, Datos y Logros"). Debido a la distancia entre los tres terremotos potenciales y la ciudad, no ocurrirían rupturas de suelo superficiales. No se espera tampoco que ocurra "licuefacción del suelo", condición en la que ciertos suelos granulares cambian temporalmente del estado sólido al líquido como resultado de la sacudida. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para cuantificar de mejor manera estos aspectos. De los tres posibles terremotos examinados, el sismo local ocasionaría los mayores daños. El porcentaje de daños provocados a las edificaciones por ese terremoto se ilustra en la figura 8 y en el mapa adjunto. La tasa de daño es la relación entre el costo del daño producido por el terremoto y el costo de reemplazo de la edificación, a los precios vigentes. Para cada zona se promediaron las tasas de daño. Por ejemplo, puede obtenerse una misma tasa en una zona en la que todas las edificaciones sean uniformemente afectadas y en otra en la que algunas estén levemente dañadas y otras completamente destruidas.

El terremoto local potencial causaría importantes daños en los barrios del norte de Quito, donde la sacudida del suelo sería mayor y donde existen muchas edificaciones informales vulnerables. Del mismo modo, experimentarían daños significativos las construcciones informales ubicadas en las laderas que rodean a la ciudad. Habría una alta afectación a las construcciones del Centro Histórico, sobre todo

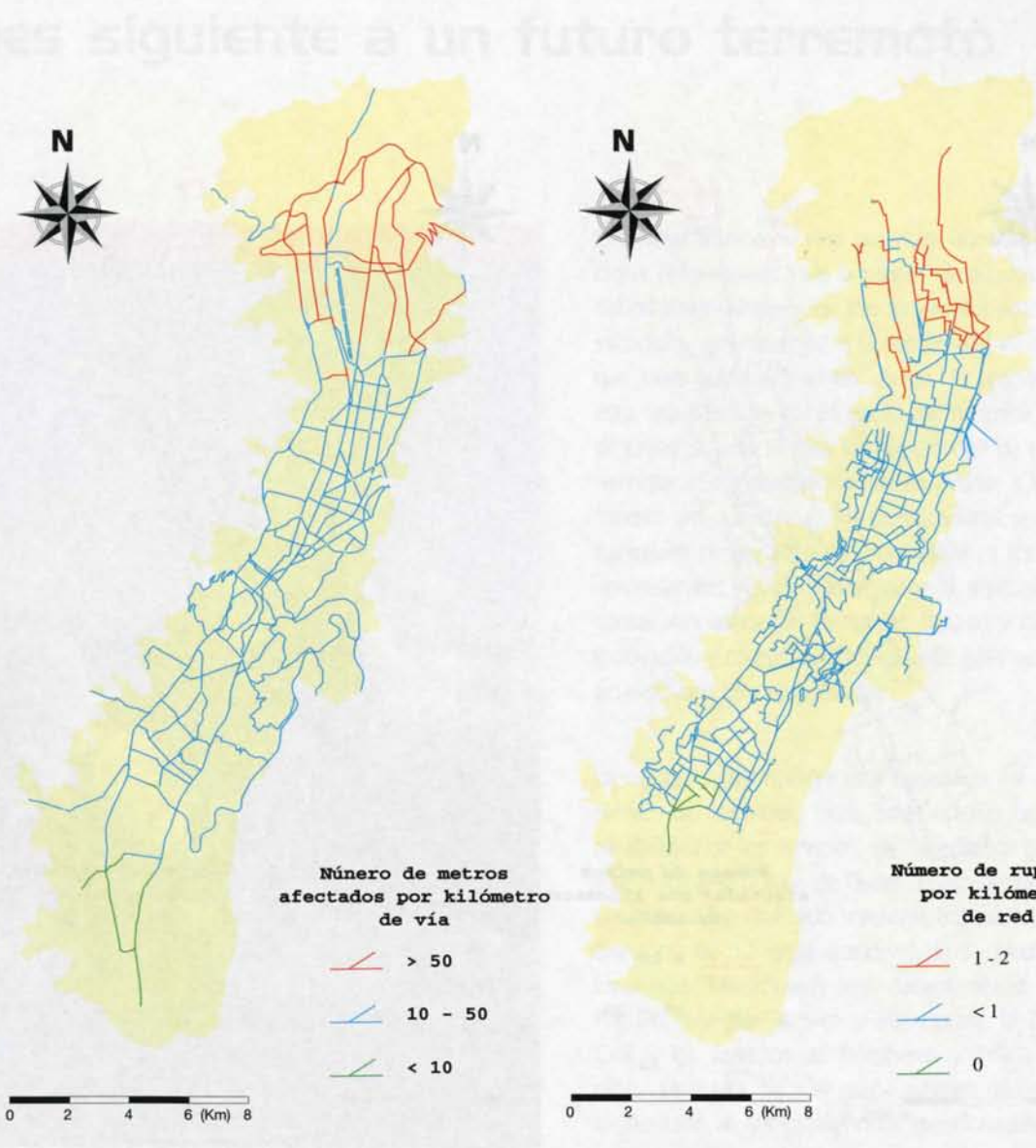


FIGURA I. ESTIMACIÓN DE DAÑOS EN LA RED VIAL PRINCIPAL, PROVOCADOS POR UN POTENCIAL SISMO LOCAL

FIGURA II. ESTIMACIÓN DE DAÑOS EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE PROVOCADOS POR EL SISMO LOCAL (SL)

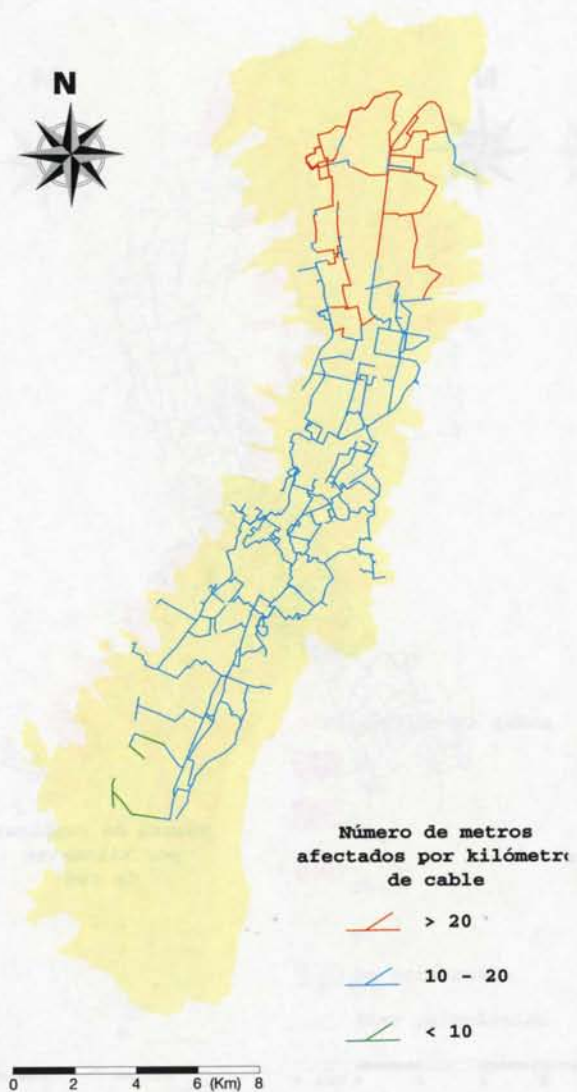


FIGURA 12. ESTIMACIÓN DE DAÑOS EN LA RED PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PROVOCADOS POR EL SISMO LOCAL (SI)

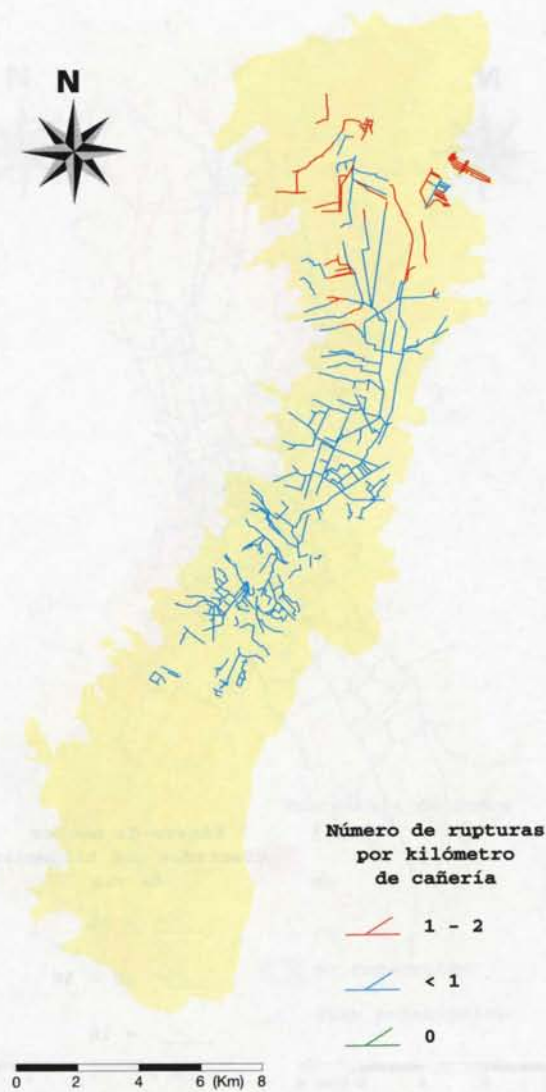


FIGURA 13. ESTIMACIÓN DE DAÑOS EN LA RED PRINCIPAL DE ALCANTARILLADO, PROVOCADOS POR EL SISMO LOCAL (SI)

debido a la abundancia del adobe y de mampostería no reforzada. Las edificaciones de concreto reforzado sufrirían menos daños con el mismo nivel de sacudimiento.

Al comparar el daño causado por el terremoto de marzo de 1987 (figura 9), que tuvo una magnitud de 6.9 y con epicentro 80 km. al este de Quito, con los daños previstos para el terremoto local potencial (figura 8), se observa que este último causaría un daño significativamente mayor. Por lo tanto, el comportamiento de los edificios, de la infraestructura y de los servicios de atención en situaciones de emergencia durante el terremoto de 1987 no es un indicador confiable de las consecuencias de futuros terremotos destructivos en Quito.

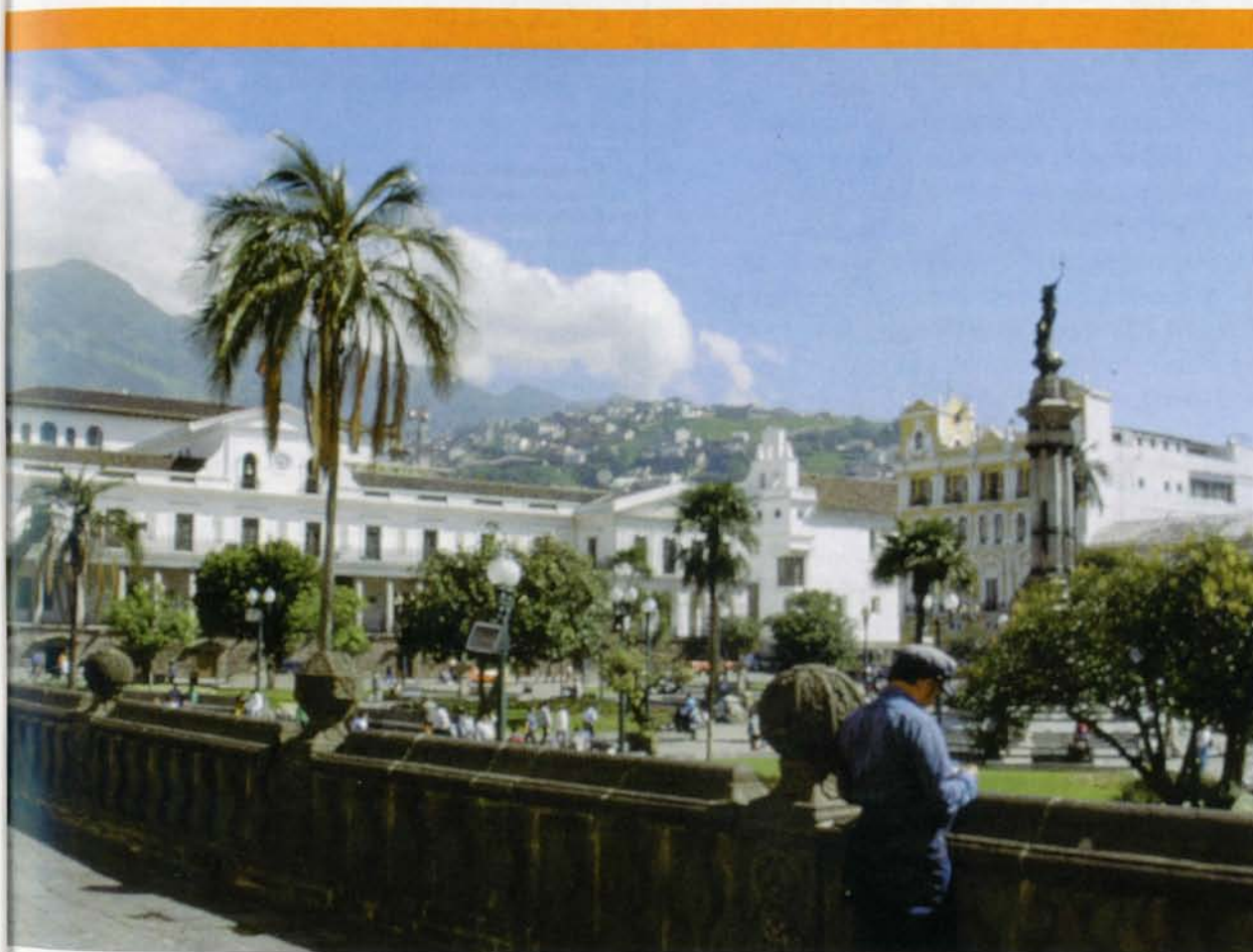
Los daños provocados por el sismo local a las vías, sistema de agua, red de energía eléctrica y alcantarillado serían severos (figuras 10, 11, 12 y 13).

Aunque no se puedan predecir las consecuencias del próximo terremoto destructor en Quito, es posible que éstas comprendan importantes daños a la infraestructura —especialmente vías, alcantarillas y sistemas de agua, energía eléctrica y teléfonos—, daños a la construcción informal, a edificaciones de adobe y de mampostería no reforzada, a muchos monumentos culturales y a algunas estructuras de hormigón armado, incluyendo algunos edificios nuevos.

# Quito durante el mes siguiente a un futuro terremoto



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



VISTA DE LA PLAZA DE LA INDEPENDENCIA, RODEADA POR EL PALACIO PRESIDENCIAL (AL FONDO) Y LA ALCALDÍA

El análisis técnico de este proyecto, aunque proporciona estimaciones más o menos detalladas de los daños producidos por los tres terremotos potenciales escogidos, no transmite a la comunidad el impacto que tales eventos podrían causar. El propósito de esta segunda fase del proyecto fue describir la vida de Quito durante el mes siguiente a uno de esos terremotos. Esta descripción puede ayudar a los personeros del gobierno, a los planificadores, a los responsables de servicios de emergencia, a los líderes empresariales y al público en general, a visualizar las consecuencias de un terremoto futuro, y darles la motivación y comprensión necesarias para actuar de acuerdo con las circunstancias.

La siguiente descripción está basada en el análisis técnico del terremoto local, en el estudio de la vulnerabilidad de los servicios, de los edificios públicos y de la infraestructura de Quito. El estudio de la vulnerabilidad fue realizado mediante entrevistas a funcionarios de 17 organizaciones de la ciudad: las Empresas Municipales de Alcantarillado, Agua Potable, Energía Eléctrica y Transportes, la Defensa Civil y los Cuerpos de Bomberos y Policía, entre otras. La figura 14 y el mapa adjunto muestran la localización de las instalaciones mencionadas en las páginas siguientes.

## ADVERTENCIA

La siguiente sección describe los posibles impactos de un potencial terremoto cercano a Quito. Otros terremotos, no evaluados en este estudio, producirían diferentes consecuencias. Esta no es una predicción de un terremoto en particular, ni de los daños y consecuencias que se podrían producir. Esta descripción está concebida para utilizarse en ejercicios de planificación y de preparación, y para la concientización sobre el riesgo sísmico de Quito. Los autores, asesores y otros colaboradores de este proyecto no son responsables de su utilización más allá de estos propósitos.

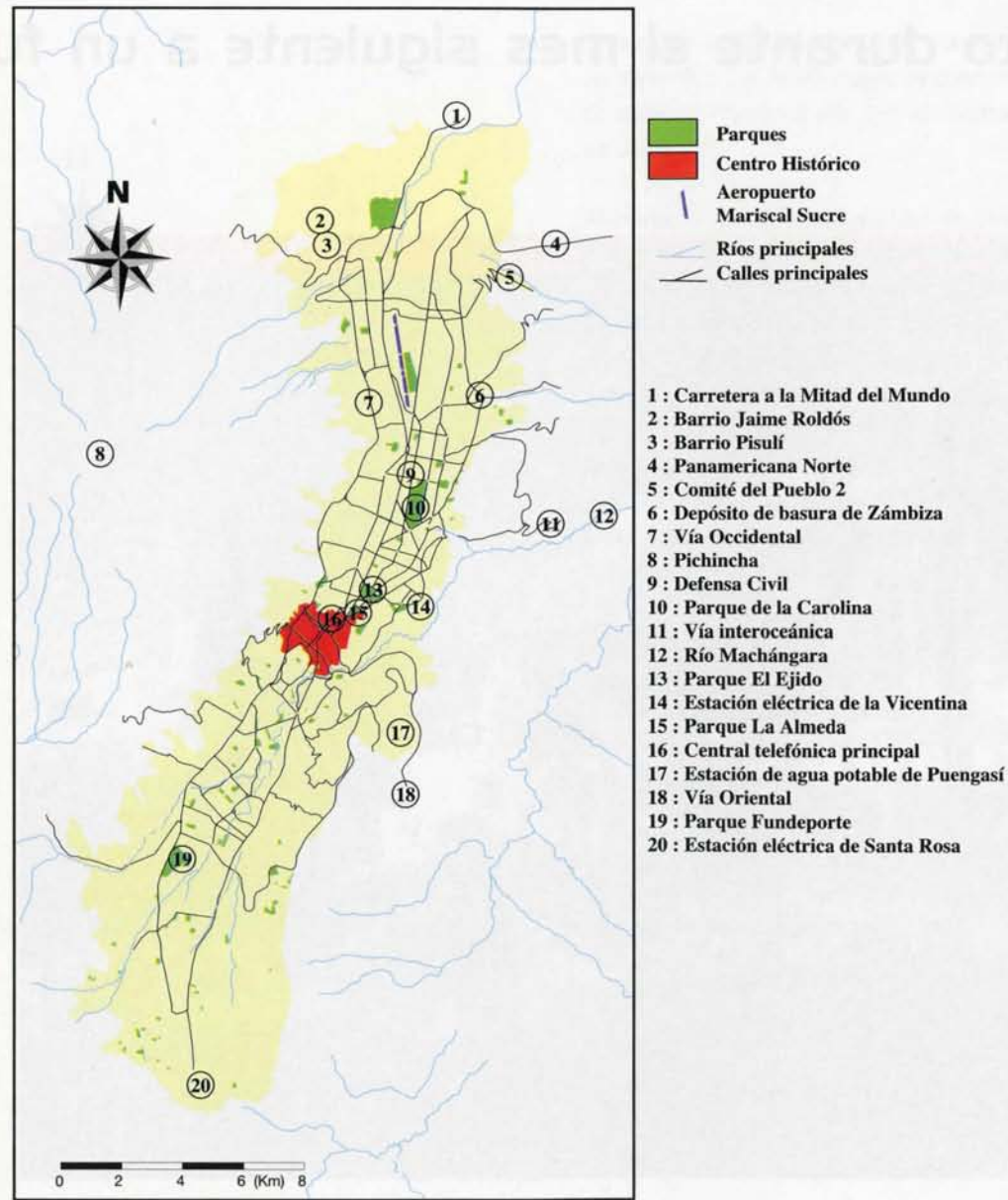


FIGURA 14. LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS NOMBRADOS EN EL TEXTO

## El terremoto ocurre

El reloj marca las nueve de la noche. La ciudad ha soportado una tarde de fuerte lluvia; las calles aún están mojadas. Los habitantes de Quito descansan con sus familias y amigos, cenan, ven la televisión o conversan. Los hijos mayores estudian para el siguiente día de clases mientras que los más pequeños duermen.

De súbito se presenta lo que parece un temblor leve, luego la sacudida es mayor. Los platos vibran sobre las mesas y las ventanas crujen. La ciudad tiembla mientras que la gente, al inicio confundida por la conmoción, comprende que Quito está experimentando un terremoto.

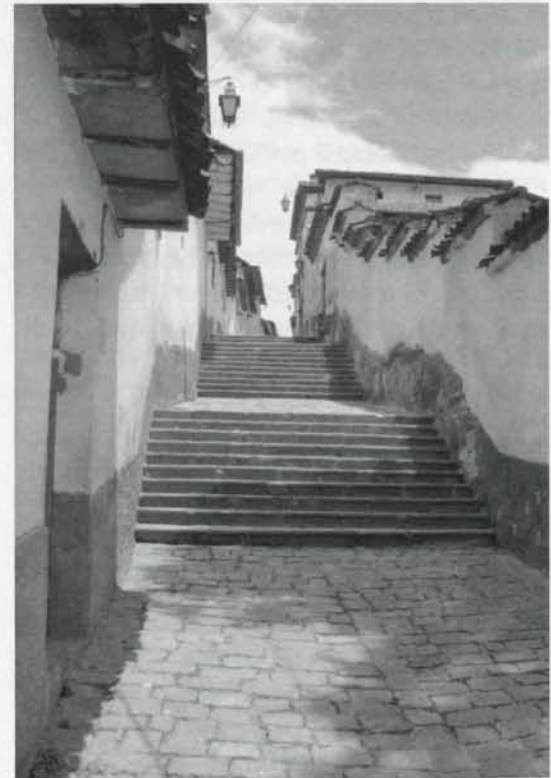
Algunas personas pierden el equilibrio, otras caen al piso. Las puertas de los anaqueles se abren; ollas, sartenes y platos se precipitan al suelo con un estruendo. Perros y gatos corren asustados. Los cuadros, las lámparas y los televisores caen, hiriendo a los moradores cuando tratan de escapar de sus hogares para evitar el peligro. Algunas puertas se atrancan, atrapando a la gente en el interior de las viviendas.

El norte de Quito experimenta las mayores intensidades debido a su cercanía al epicentro. El movimiento es tan fuerte que es muy difícil mantenerse en pie y es casi imposible caminar. Muchos estantes, refrigeradores, estufas y otros objetos pesados se vuelcan, atrapando a quienes están cerca. En los barrios marginales la destrucción es grande. Se producen grietas en las pare-

des de muchas edificaciones de hormigón armado y algunas sufren daños severos.

En el Centro Histórico la sacudida es menos violenta que en el norte, pero aun así es muy fuerte. La abundancia de edificaciones vulnerables de adobe y mampostería no reforzada deja el área muy dañada. Algunas estructuras de adobe colapsan, en especial aquellas que habían sufrido daños en terremotos anteriores y que no habían sido adecuadamente reparadas, atrapando y matando a sus ocupantes. Algunas fachadas, cúpulas, paredes interiores y torres de las iglesias, construidas con mampostería sin refuerzo, se agrietan y caen. Los pesados techos de teja se colapsan hacia adentro de las casas. Las calles se ven bloqueadas por escombros. Frenéticas, las personas buscan a sus seres queridos en medio de las ruinas.

Los edificios modernos del nuevo corazón comercial de la ciudad no sufren daños serios. Sin embargo, las construcciones en el área del aeropuerto sufren daños entre moderados y severos, al igual que las construcciones marginales de las laderas oriental y occidental de la parte sur de la ciudad. La sacudida es menos intensa en el sur de Quito, pero aun lo suficientemente fuerte como para agrietar las paredes de ladrillo y bloque y destruir las chimeneas. La mayoría de los locales escolares de Quito, construidos en mampostería sin refuerzo y algunos de hormigón armado, colapsan o se dañan severamente.



EDIFICACIONES DE ADOBE DEL CENTRO HISTÓRICO



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO

Las vías Oriental y Occidental están bloqueadas por los deslizamientos, especialmente en los tramos cercanos a los cortes en la ladera. El acceso norte a la ciudad está interrumpido por derrumbes en la Panamericana Norte, en la carretera a la Mitad del Mundo y la nueva vía a la Costa que pasa por Calacalí. Algunos derrumbes grandes y rocas caen en la carretera de Tabacundo y en la Vía Interoceánica, volviéndolas intransitables. El puente de la Panamericana Norte sobre el río Guaylabamba, aparentemente, sufre serios daños y la gente no lo utiliza por precaución. Algunas calles secundarias en el norte de Quito se agrietan y quedan aislados barrios del noroccidente como las Cooperativas Jaime Roldós, Pisulí y el Comité del Pueblo 2 por tener su único acceso dañado. En la parte nororiental, algunos caminos se bloquean parcialmente; un derrumbe en el talud del depósito de basura de Zám-biza corta el único acceso a esta área. El principal eje vial de dirección norte-sur, la Av. 10 de

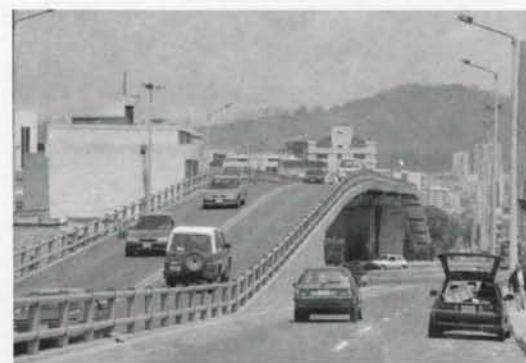


LADERAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS

Agosto, está bloqueada debido al daño de los pasos a desnivel. Algunos conductores que no pueden avanzar abandonan sus autos en medio de la calle y tratan de llegar a sus viviendas caminando. Un total de más de cien obstrucciones en las calles de Quito hacen que el tránsito dentro de la ciudad y entre el norte, el centro y el sur sea casi imposible.

El aeropuerto sufre daños menores y continúa operando, pero es difícil llegar a él. Las estaciones de Policía y el edificio de la Defensa Civil sufren daños aislados; las estaciones de bomberos, en cambio, sufren daños más severos. En algunos casos, los equipos para atender la emergencia están fuera de funcionamiento o atrapados, impidiendo una respuesta oportuna. En hospitales y clínicas, los medicamentos caen de los estantes y se riegan sobre el piso; los equipos médicos están muy afectados. Algunos trabajadores de los hospitales y pacientes sufren heridas por la caída de equipos. Dos hospitales de mampostería no reforzada y pabellones antiguos construidos con el mismo material en los hospitales nuevos sufren graves daños volviéndose inutilizables. Muchas fábricas y bodegas construidas en acero se dañan, al colapsar las paredes de mampostería mal fijadas. Algunas edificaciones industriales sufren daños severos y unas pocas colapsan, dejando escapar en algunos casos sustancias peligrosas.

Las tuberías de agua se rompen en todo Quito, particularmente en sus articulaciones rígidas,



UNO DE LOS MUCHOS PASOS A DESNIVEL DE QUITO

en especial cuando cruzan por quebradas rellenas. Un derrumbe bloquea el canal abierto que lleva agua potable a la planta de tratamiento de Puengasí. Algunos colectores principales de aguas servidas —en las laderas occidentales de la ciudad— se rompen y dañan las edificaciones y calles que se habían construido encima de ellos. Los deslizamientos a lo largo del río Machángara bloquean salidas del alcantarillado. El daño estructural al edificio de la Central de Telecomunicaciones provoca la pérdida parcial de la comunicación telefónica dentro de Quito y con el exterior. Muchos postes de energía eléctrica caen en toda la ciudad y se dañan más de 500 transformadores. Algunas subestaciones de distribución y cables de transmisión eléctrica, en la parte norte, están seriamente afectados, dejando a la mayor parte de la ciudad a oscuras. Cuarenta segundos después del inicio del terremoto, la sacudida termina.

## Una hora después

A pesar de su temor a las réplicas, los ciudadanos que no sufrieron lesiones empiezan a retirar los escombros a mano y con herramientas improvisadas para liberar a las víctimas que están debajo de las edificaciones derrumbadas y que claman ayuda. La gente trata de localizar a sus familiares y de aplicar primeros auxilios, iluminada solo por los faros de los automóviles. La oscuridad dificulta el rescate de las víctimas atrapadas bajo los edificios colapsados. Las personas heridas empiezan a dirigirse por sí mismas o con ayuda de sus familiares a los hospitales y las clínicas privadas, pero el caos imperante impide una pronta atención a los más necesitados. Debido al miedo a las réplicas y al desconocimiento de la condición estructural de sus hogares, aquellos que salieron ilesos y que no han perdido familiares se dirigen hacia áreas abiertas, como los parques de La Carolina, El



ESTACIÓN DE BOMBEROS



UNO DE LOS HOSPITALES MÁS MODERNOS DE QUITO

Ejido, La Alameda y Fundeporte, mientras que algunos buscan refugio en iglesias y conventos en buen estado. Maleantes, aprovechando la destrucción y la confusión, saquean los hogares y negocios que no están protegidos.

En ciertas edificaciones antiguas ocurren cortocircuitos en el alumbrado eléctrico lo que origina fuego que consume rápidamente la madera vieja y seca. Los residentes extinguen algunos incendios; las gruesas paredes de adobe impiden que otros se diseminen. El Cuerpo de Bomberos en general no puede acudir en ayuda de los flagelados, debido a la mala comunicación, los caminos bloqueados, el tráfico, la falta de personal y de agua. Muchas tuberías se han roto, cortando el abastecimiento, y muchos hidrantes estaban fuera de servicio aun antes del terremoto. La oscuridad de la noche se ilumina por los incendios dispersos.

Las pocas estaciones comerciales de radio que aún operan, emiten información para el públi-

co. Los locutores tienen un conocimiento limitado de los sucesos y ninguna experiencia de cómo manejar la información sobre terremotos e incitan a la confusión y al pánico con información errónea, que incluye falsos rumores que un mayor terremoto ocurrirá en los siguientes días, que el volcán Pichincha va a erupcionar o ya lo ha hecho y que altos funcionarios del gobierno murieron durante el terremoto.

Los pasillos de los hospitales están repletos de heridos, personal y equipos caídos. Los doctores y las enfermeras intentan garantizar la seguridad de pacientes ingresados previamente, en tanto que administran primeros auxilios a los recién llegados. En la parte sur de la ciudad, el daño es menos severo y hay pocas personas heridas, pero aquellas con crisis cardíacas o nerviosas son abundantes. Sin embargo, el acceso al cuidado médico es limitado, puesto que solo existe un hospital en esa área.

Como no existen válvulas de corte automático en el sistema de abastecimiento de agua potable, grandes cantidades del líquido se pierden. El abastecimiento de agua para Quito está cortado, y sus aguas y las servidas inundan las zonas bajas de la ciudad y dañan algunas calles. Los sistemas de telecomunicación que aún funcionan están saturados por llamadas de personas que tratan de comunicarse con parientes, amigos, hospitales y otros servicios públicos.

Los personeros del gobierno aún no han hecho declaraciones sobre la severidad del daño





causado por el terremoto, pues aún están reuniendo información.

Las réplicas frecuentes amenazan con derrumbar las estructuras dañadas. Los habitantes esperan angustiados el amanecer.

### El primer día

El primer día después del terremoto, los ciudadanos poco a poco van dándose cuenta de que los accesos están bloqueados y que, por lo tanto, será difícil que las organizaciones de rescate lleguen pronto con ayuda. Comienzan a organizar grupos para revisar los edificios en busca de heridos y muertos. Las operaciones de rescate se ven dificultadas por la escasez de equipo pesado para mover los escombros.

Debido a que la ciudad no cuenta con una agencia o un plan oficial para inspeccionar y evaluar la seguridad de las edificaciones luego del terremoto, algunos profesionales se ofrecen como voluntarios para determinar la magnitud



TRÁFICO EN EL CENTRO HISTÓRICO

del daño, pero ninguno está legalmente autorizado a tomar decisiones sobre el uso posterior de los edificios. Algunos residentes reingresan cautelosamente a sus casas dañadas para recuperar parte de sus pertenencias. La mayoría, sin embargo, no lo hace por temor a las réplicas y pasará las noches siguientes al aire libre, en el clima frío, hasta encontrar un albergue temporal. Una lluvia leve empeora su situación.

El saqueo continúa en las tiendas y los hogares desprotegidos. Los negocios y bancos están cerrados; las personas se frustran y enfurecen cuando tratan inútilmente de retirar dinero de los cajeros automáticos.

Con la ayuda de radioaficionados, los servicios de atención de emergencias organizan unidades de rescate, centrandose en el área norte y en el Centro Histórico, que sufrieron los mayores daños. Los oficiales de la Defensa Civil logran transmitir instrucciones generales a la población.

Algunas calles, por colapso de las alcantarillas y las quebradas subyacentes, se hunden. La administración de la ciudad intenta localizar equipo pesado para abrir las calles bloqueadas y dañadas. Es casi imposible conducir a través de la ciudad. Dentro de los barrios no existe transporte público a excepción de taxis, que aplican tarifas superiores a las normales. Debido a los daños en el sistema de energía eléctrica, los semáforos están fuera de funcionamiento, lo

que causa confusión e incrementa la congestión en el tráfico. Las alcantarillas rotas inundan muchos pasos a desnivel vitales.

Los médicos y las enfermeras de relevo no pueden llegar a los hospitales debido a las condiciones de las vías, a lesiones personales y de familiares, y el personal de los hospitales está fatigado. A muchos pacientes con lesiones menores se les solicita salir de los hospitales, a fin de obtener espacio para los heridos más graves. El cuidado médico es más difícil en los hospitales que no tienen reservas de agua ni generadores eléctricos. Los establecimientos educativos públicos y los cuarteles militares que no han sido dañados se transforman en centros temporales de emergencia para acoger al gran número de heridos.

La reserva de agua de la ciudad, suficiente para diez horas, se termina. El único líquido disponible en las áreas más afectadas es el que queda en las cisternas domésticas. En algunas zonas, las aguas servidas han contaminado el agua disponible. El personal de la EMAAP comienza a cortar manualmente el servicio de agua para inspeccionar y prevenir posteriores pérdidas por las tuberías rotas y sus voceros públicos advierten que durante la siguiente semana será necesario traer agua de las regiones vecinas. Más de tres cuartas partes de la ciudad carece aún de energía eléctrica; el daño en algunas subestaciones y la sobrecarga del sistema restringen la comunicación telefónica. Debido a la falta de planes de preparación para

terremotos, las reparaciones son lentas y mal coordinadas.

El presidente del Ecuador declara a Quito zona de desastre y proclama el estado de emergencia. Se moviliza al Ejército para que participe en los rescates y en la reconstrucción.

### Dos días después

Dos días después del terremoto miles de personas se encuentran sin hogar. Los refugios improvisados no pueden acogerlas. Los servicios de atención de emergencia todavía intentan rescatar personas desaparecidas bajo los escombros. Una réplica fuerte aumenta la ansiedad e impide que la mayoría de personas retorne a sus hogares, sentimiento que se ve acentuado al causarse el colapso de unas pocas edificaciones que se habían dañado en el sismo principal. A pesar de ello, alguna gente duerme en sus hogares dañados o en la calle adyacente para evitar el saqueo, mientras que otros buscan la protección divina en las iglesias. Muchos pernoctan en los parques, con el riesgo de exponerse al frío y la lluvia, y de enfermar. Algunas personas que tienen parientes, amigos u hogares en otras provincias abandonan la ciudad, dejándola sin profesionales necesarios para responder a la emergencia inmediata.

Hay una demanda creciente de alimentos y medicinas. La mayoría de tiendas y farmacias están cerradas y empieza la especulación y la subida de los precios de los productos de

primera necesidad. En los barrios pobres del norte de Quito y en el Centro Histórico, hay carestía de alimentos. Quienes perdieron sus hogares están cansados y sedientos. Debido al gran número de tuberías rotas, el agua debe distribuirse con los seis tanqueros de la ciudad y hay informes de que los tanqueros privados están cobrando por el agua un precio muy superior al normal. Algunos ciudadanos, sin acceso a combustible para hervir el agua, se enferman después de consumir agua contaminada. No hay servicio de recolección de basura, la que se acumula en las calles.

La Defensa Civil emite información cada vez más útil y específica. Las estimaciones oficiales sobre víctimas y pérdidas económicas crecen conforme aumenta la información disponible. Algunos medios de comunicación continúan propagando rumores que, combinados con las frecuentes réplicas, angustian más a la población.

Ciertas calles todavía están bloqueadas, lo que limita la entrega de suministros de auxilio. Los trabajadores del Consejo Provincial comienzan a limpiar las vías Occidental y Oriental, vitales para la respuesta y recuperación de la ciudad. Unos pocos suministros comienzan a llegar al aeropuerto, pero aún el acceso es limitado para su retiro y la distribución. También comienzan a llegar suministros al aeropuerto de Latacunga, 80 km. al sur de Quito, aunque hay dificultades para distribuirlos en las áreas más afectadas de la ciudad.

La mayoría de heridos han recibido alguna atención médica, aunque la falta de equipo médico de emergencia, medicinas, energía eléctrica, agua limpia y tratamiento rápido en los hospitales públicos ocasiona una deficiente atención. Algunas personas mueren por lesiones que no habrían sido fatales en circunstancias normales. Muchos heridos son llevados a pequeños centros de salud y a centros de primeros auxilios establecidos por la Cruz Roja. El número de víctimas aumenta. Como las morgues están llenas y no son fácilmente accesibles, los cadáveres se acumulan en lugares específicos de los hospitales antes de ser identificados y enterrados. Los funcionarios de salud empiezan a pensar en la creación de fosas comunes.

La mayoría de equipos y suministros para reparación de los servicios importantes no están disponibles debido a su escasez e inaccesibilidad. Las aguas servidas y la lluvia inundan muchos colectores, dañan las calles y hacen



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE PUENGASÍ



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



que las reparaciones sean difíciles y molestas. En la central de telecomunicaciones, fracasan los intentos por reparar los equipos y restablecer el servicio telefónico, ya que el personal no quiere ingresar al edificio por temor a las réplicas; el servicio telefónico es por lo tanto poco confiable. Mientras EMETEL pone el servicio telefónico a disposición del gobierno y los servicios de atención en situaciones de emergencia, la comunicación radial o celular es más confiable. Las instituciones financieras en el exterior intentan en vano comunicarse con sus socios en Quito.

Aproximadamente la mitad de la ciudad no cuenta con electricidad. Las principales subestaciones de transmisión, Santa Rosa y La Vicentina, no han sufrido daños serios, pero las subestaciones de distribución del norte necesitarán reparaciones importantes antes de que se pueda reestablecer el servicio de energía eléctrica. Algunas instalaciones cuentan con gene-



CENTRAL DE TELECOMUNICACIONES

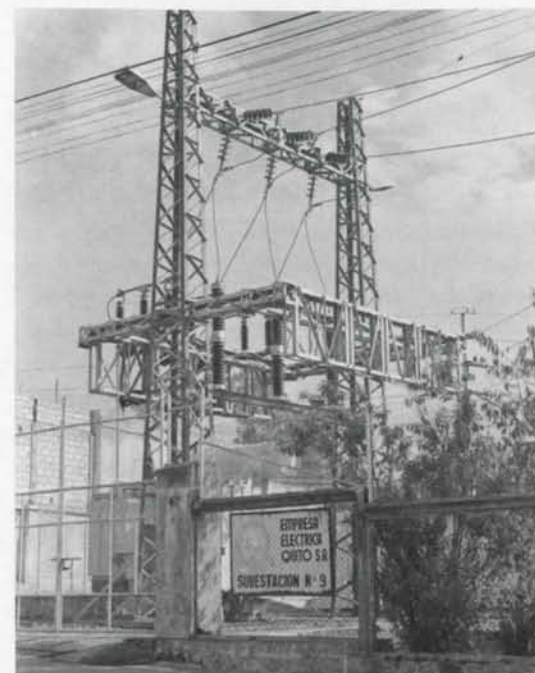
radores de apoyo, pero no los pueden usar debido a la falta de combustible.

El papel de los militares se amplía a proteger los hogares y las tiendas de los saqueadores, recuperar cadáveres, instalar hospitales y albergues temporales y distribuir alimentos y agua. Aumentan las solicitudes de asistencia al gobierno y las personas empiezan a enfurecerse cuando sus peticiones son tramitadas, lenta e inadecuadamente o no se satisfacen.

### Una semana más tarde

Una semana después del terremoto, aún se rastrean los edificios colapsados —responsables de la mayoría de las muertes— en busca de cadáveres, mientras muchas personas esperan que sus parientes o amigos aparezcan con vida. Los servicios de atención de emergencia retiran las víctimas. Los edificios de escuelas públicas que no se dañaron y otros albergues temporales están llenos. Muchas personas viven en las calles y los parques. Los colegios privados no afectados deciden reiniciar las clases.

La mayoría de negocios reabre sus puertas. Los alimentos son escasos y caros. Algunos bancos no permiten retiros debido a los daños en sus computadoras. Los clientes se enfurecen y se producen pequeños disturbios aislados frente a los establecimientos. Hay dificultades en la llegada a Quito de los productos del norte del país, principalmente leche y papas. Los suministros de emergencia de la comunidad



SUBESTACION ELÉCTRICA

internacional, sobre todo alimentos, ropa, insumos médicos y carpas, continúan llegando a los aeropuertos de Quito y Latacunga. Muchas donaciones no satisfacen las necesidades locales y lo que no puede ser utilizado o distribuido con facilidad se acumula en ambos aeropuertos, saturando la capacidad de las bodegas.

Los camiones recolectores de basura aún no logran llegar a muchas zonas de la ciudad y la basura se amontona en calles y callejones. Muchos residentes presentan enfermedades

gastrointestinales por haber consumido agua y alimentos contaminados. El cuidado médico en las clínicas y los hospitales de Quito mejora después de la llegada de medicinas y personal de apoyo de Latacunga, Ambato y Guayaquil, pero los hospitales aún necesitan camas para acomodar a los heridos y enfermos. Agravando el problema, de los pueblos vecinos como Pomásqui, San Antonio y Nono llegan heridos en busca de mejores establecimientos de salud.

El transporte público está mejorando excepto en el norte de Quito, en donde muchas calles están cerradas. Las carreteras del sur son el único acceso confiable a Quito. No hay gasolina.

Aunque las principales plantas de tratamiento de agua funcionan ahora a plenitud, muchas tuberías rotas impiden una amplia distribución. La falta de tubería en el mercado entorpece la reconstrucción. La reparación del daño al canal abierto que transporta el agua a la planta de Puengasí puede demorar más de una semana. Algunos tanqueros transportan agua desde fuera de la ciudad.

La mayoría de postes de alumbrado eléctrico han sido reemplazados. La ciudad tiene energía eléctrica, excepto en algunas partes del Centro Histórico y zonas del norte de difícil acceso. El servicio telefónico es poco confiable. El sistema de alcantarillado solo ha sido objeto de pequeñas reparaciones por estar inundado con agua lluvia y aguas negras, por la falta de equipos y por la limitada cantidad de

tubos de repuesto. Muchas instalaciones están esperando equipos y repuestos claves, no disponibles localmente, lo que impide una recuperación completa.

Los habitantes que dejaron la ciudad en los primeros días después del terremoto, comienzan a regresar. Los residentes de Quito empiezan a adaptarse a su nueva vida. Hacen planes para restaurar sus hogares y negocios afectados, aunque nadie sabe de dónde llegará el dinero para financiar esos esfuerzos.

### Un mes después

Un mes después del terremoto el pánico ha cedido y los residentes ya no temen a las réplicas. La mayoría de casas dañadas no han sido tocadas aún por sus propietarios, al igual que los edificios derrumbados que no están siendo reconstruidos. Los albergues están llenos, mucha gente vive todavía en pequeñas ciudades hechas con tiendas de campaña en plazas, parques y campos deportivos. La única mejoría que muchos han visto en sus condiciones de vida es que las tiendas de plástico, cartón o madera triplex que construyeron están siendo reemplazadas con tiendas de lona entregadas por las agencias internacionales. Los funcionarios de salud están preocupados por una significativa elevación en la incidencia de enfermedades respiratorias, ocasionada por el gran número de personas que viven hacinadas en albergues temporales.

Los residentes de Quito han empezado a planificar y a buscar asistencia para reconstruir sus hogares. Los negocios están abiertos, los bancos aceptan depósitos y permiten retiros. La mayoría de niños han regresado a clases, aunque muchos las reciben en aulas temporales construidas apresuradamente. Se establecen centros de distribución para entregar alimentos e insumos que llegan del exterior.

El turismo ha cesado, lo que aumenta las pérdidas económicas. Los extranjeros siguen de lejos la reconstrucción de la ciudad y condicionan sus planes de viaje. Los negocios han sufrido pérdidas considerables y algunos nunca se recuperarán. Los reclamos de los asegurados contra terremotos no son atendidos, ya que aún no se ha evaluado la extensión del daño en muchas edificaciones. Por el momento, algunos propietarios han recibido pagos provisionales hasta que se puedan hacer estimaciones más exactas de los daños y las reaseguradoras puedan responder. Las compañías de seguros



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA



PROYECTO  
PARA EL  
MANEJO  
DEL RIESGO  
SÍSMICO  
DE QUITO



tienen problemas en cambiar sus activos a dinero en efectivo y algunas probablemente caerán en bancarota. Muchos negocios recibirán reembolsos insuficientes debido a las políticas inadecuadas y la falta de reservas de las compañías aseguradoras y reaseguradoras.

El servicio de agua potable se ha restablecido en la mayor parte de la ciudad, el uso de agua transportada por tanqueros y su conservación se han vuelto habituales en las áreas en donde el servicio no se ha reiniciado. En las zonas con daños severos, tomará dos meses o más restablecer el servicio.

Los escombros de las calles se han retirado, aunque en el Centro Histórico algunas vías están bloqueadas por los puntales utilizados para sostener los edificios afectados, especialmente las iglesias. Los pasos a desnivel colapsados no se han reparado totalmente, pero se han retirado los escombros y se han establecido rutas alternas. El Ejército construye puentes temporales.



EDIFICIO ESCOLAR

Las subestaciones eléctricas del norte no se han reparado completamente, aunque sí se han reparado las de otras partes de Quito. El sistema continuará operando con defectos durante algunos meses debido a daños en las líneas de transmisión en la parte occidental de la ciudad. El servicio telefónico sigue intermitente y la falta de una comunicación internacional adecuada afecta al comercio nacional e internacional.

Debido a la mínima capacidad de reparación, al trabajo lento y dificultoso de detección visual de las rupturas en las alcantarillas, se opina que el sistema no trabajará en toda su capacidad durante cinco meses aproximadamente.

El financiamiento para las reparaciones es escaso, ya que el sistema no estaba asegurado. El colapso y bloqueo de algunos de los colectores principales representa una limitación a largo plazo para su utilización en ciertas partes de Quito. Se establecen planes de contingencia para limpiar las aguas servidas de las calles y cavar pozos en la ciudad, que servirán de depósitos temporales.

Las autoridades comienzan a definir planes de reconstrucción para la ciudad. Los recursos para reconstrucción disponibles para el ciudadano común son insuficientes, ya que la mayoría de propiedades no están aseguradas contra terremotos y los altos intereses en bancos privados hacen casi imposible el acceso a ese tipo de crédito. Agencias nacionales como el Banco



EDIFICACIONES DE ADOBE AFECTADAS EN EL TERREMOTO DE MARZO DE 1987

Ecuatoriano de Desarrollo y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, no tienen fondos suficientes como para ayudar a las víctimas. Hay cuestionamientos y quejas sobre el uso de los fondos disponibles y, sobre todo, de las ayudas recibidas. La ciudad sufre y espera.

Un futuro terremoto podría afectar a Quito, produciendo efectos como los descritos

anteriormente. Siendo Quito la sede del gobierno nacional y la fuente de un tercio del Producto Interno Bruto, los efectos se sentirían en todo el Ecuador. Las funciones de los gobiernos municipales, regionales y nacional se desorganizarían. El comercio, la banca y los seguros demorarían años en recuperarse. La pérdida de vidas humanas sería considerable.

Sin embargo, existen varias acciones posibles

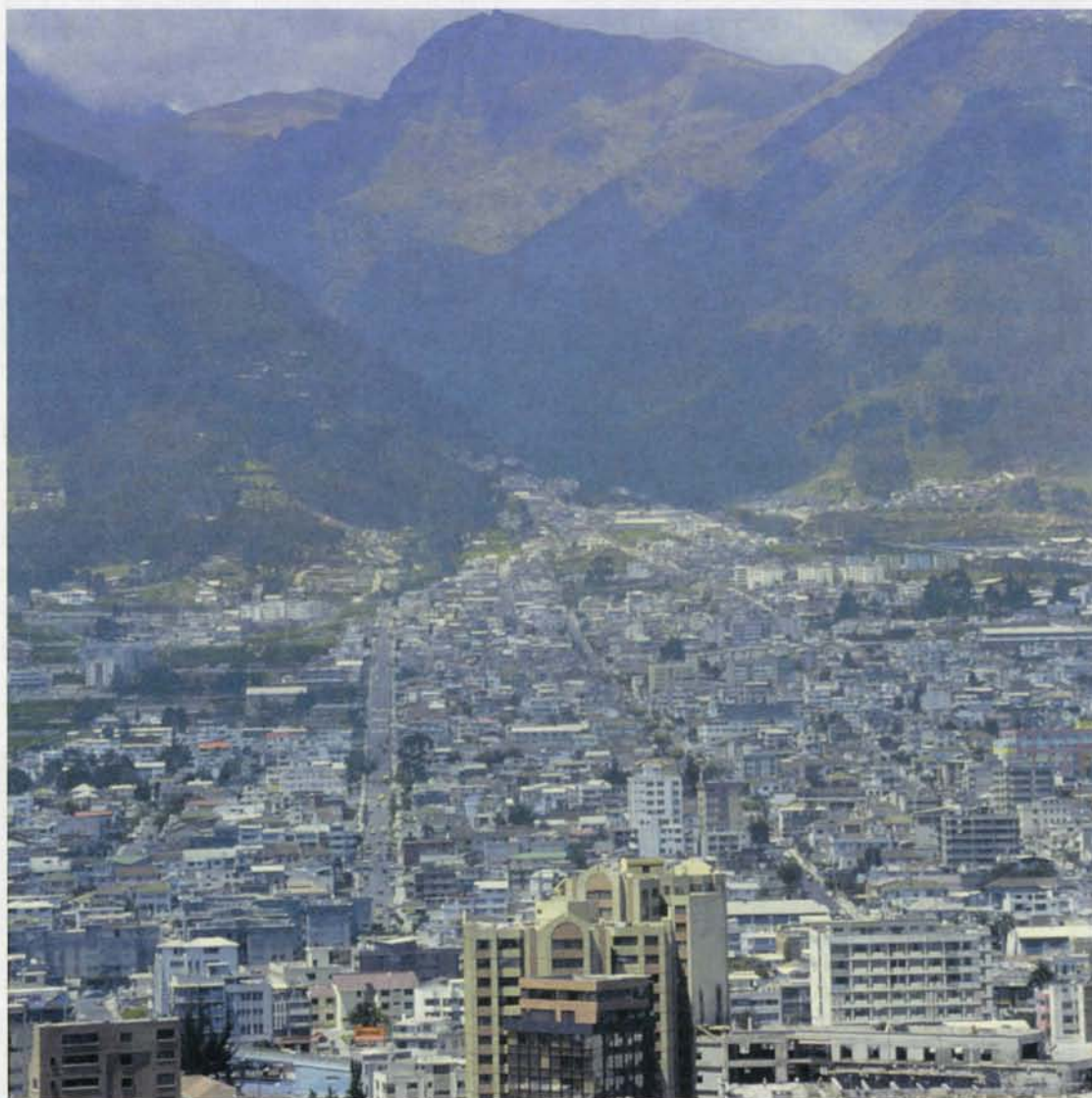
que se pueden emprender ahora tendientes a prepararse para el terremoto y que buscarían reducir la pérdida de vidas, el daño a las propiedades, el perjuicio a la economía, la interrupción de los servicios gubernamentales y los daños al patrimonio cultural.

Algunos de estos pasos se presentan en la siguiente sección, sobre el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito.

La descripción anterior ilustra algunos de los posibles impactos que podría tener un determinado terremoto en Quito. Otros terremotos, no evaluados en este estudio, traerían consecuencias diferentes. Reiteramos que el único objetivo de esta descripción es su utilización en programas de planificación y preparación y en la concientización sobre el riesgo sísmico.



## El manejo del riesgo sísmico en Quito



UNA VISTA DEL NOROCCIDENTE DE QUITO

En la tercera fase del proyecto, un grupo de especialistas ecuatorianos y extranjeros, provenientes de los sectores comercial e industrial, del gobierno local, de planificación urbana, de organizaciones de atención a las emergencias y de los servicios de infraestructura, desarrollaron recomendaciones específicas dentro de sus campos de experiencia, para manejar el riesgo sísmico en Quito. Estas se basaron en el análisis técnico de este proyecto, en su conocimiento de Quito y en su experiencia en programas exitosos en otras ciudades amenazadas por terremotos. Su trabajo se realizó durante el taller de dos días que tuvo lugar en julio de 1993. Los nombres de los participantes se detallan al inicio de este reporte.

Las recomendaciones tienen un amplio espectro. Incluyen la creación de un Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito; la determinación de la vulnerabilidad de edificios, infraestructura, equipo e instalaciones de atención emergente; el desarrollo de lineamientos para una construcción más segura; el mejoramiento de la planificación para emergencias y la preparación de planes de reconstrucción; el avance en la investigación social y científica. Muchas de las recomendaciones son a corto plazo y pueden instrumentarse dentro de dos a cuatro años. Estos incluyen la elaboración de un código de construcción integral para asegurar que nuevas edificaciones puedan mantenerse en pie durante la sacudida de un terremoto; el diseño y la práctica de planes de respuesta a contingencias; la capacitación del público sobre seguridad en caso de terremotos y preparación para emergencias. Otras recomendaciones son a largo plazo y muchas requerirán décadas para

ponerse en práctica. Estas tienden a ser más costosas e incluyen el refuerzo de las edificaciones y de la infraestructura existentes, así como el mejoramiento de las instalaciones de los servicios de emergencia, como hospitales y cuerpo de bomberos.

Las recomendaciones para el manejo del riesgo sísmico, descritas completamente en el informe "El proyecto de manejo del riesgo sísmico de Quito, Ecuador: una compilación de métodos, datos y logros", pueden utilizarse como un punto de partida para diseñar un programa de manejo de dicho riesgo. Sin embargo, hasta que tal programa pueda comenzar, existen seis proyectos de la más alta prioridad y que deben recibir atención inmediata. Ellos son:

• **Crear un consejo para la Seguridad Sísmica en Quito**

*La puesta en marcha de los programas de manejo del riesgo sísmico requiere de liderazgo, compromiso y supervisión continua por parte de los personeros de gobierno y de los líderes comunitarios. Se requieren esfuerzos coordinados entre las instituciones gubernamentales, educativas, comerciales, financieras, de investigación y otras entidades que tienen que ver con el desenvolvimiento económico de la ciudad y con el bienestar de sus habitantes. Esta coordinación y el avance hacia el cumplimiento de las metas de seguridad contra terremotos, requieren la asignación de responsabilidades y la formación de un consejo de supervisión.*

*Como parte de este proyecto, el Alcalde de Quito nombraría un asesor especial que le rendiría informes directamente y que sería responsable del Programa de Seguridad Sísmica. Dicho asesor sería el vínculo entre el Alcalde y el Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica y su Director Ejecutivo. El Alcalde definiría el propósito y el nivel de autoridad del consejo, los criterios para seleccionar a sus miembros y los reglamentos para regir sus actividades. El Alcalde emitiría una resolución para crear el consejo y nombrar a sus miembros, que representarían al sector privado, a los servicios de atención de emergencia, al gobierno central y a las comunidades científica e ingenieril.*

*El Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito asesoraría al Alcalde, a las entidades gubernamentales locales y a la industria privada en cuanto a la preparación ante terremotos y al manejo del riesgo sísmico. También sería responsable de establecer las prioridades de mitigación basándose en la amenaza sísmica; de desarrollar y administrar un programa de manejo del riesgo sísmico; de supervisar y actualizarlo regularmente; de abogar por la incorporación de medidas de mitigación dentro del proceso de desarrollo urbano; de buscar financiamiento local e internacional para los proyectos de evaluación y mitigación del riesgo sísmico.*

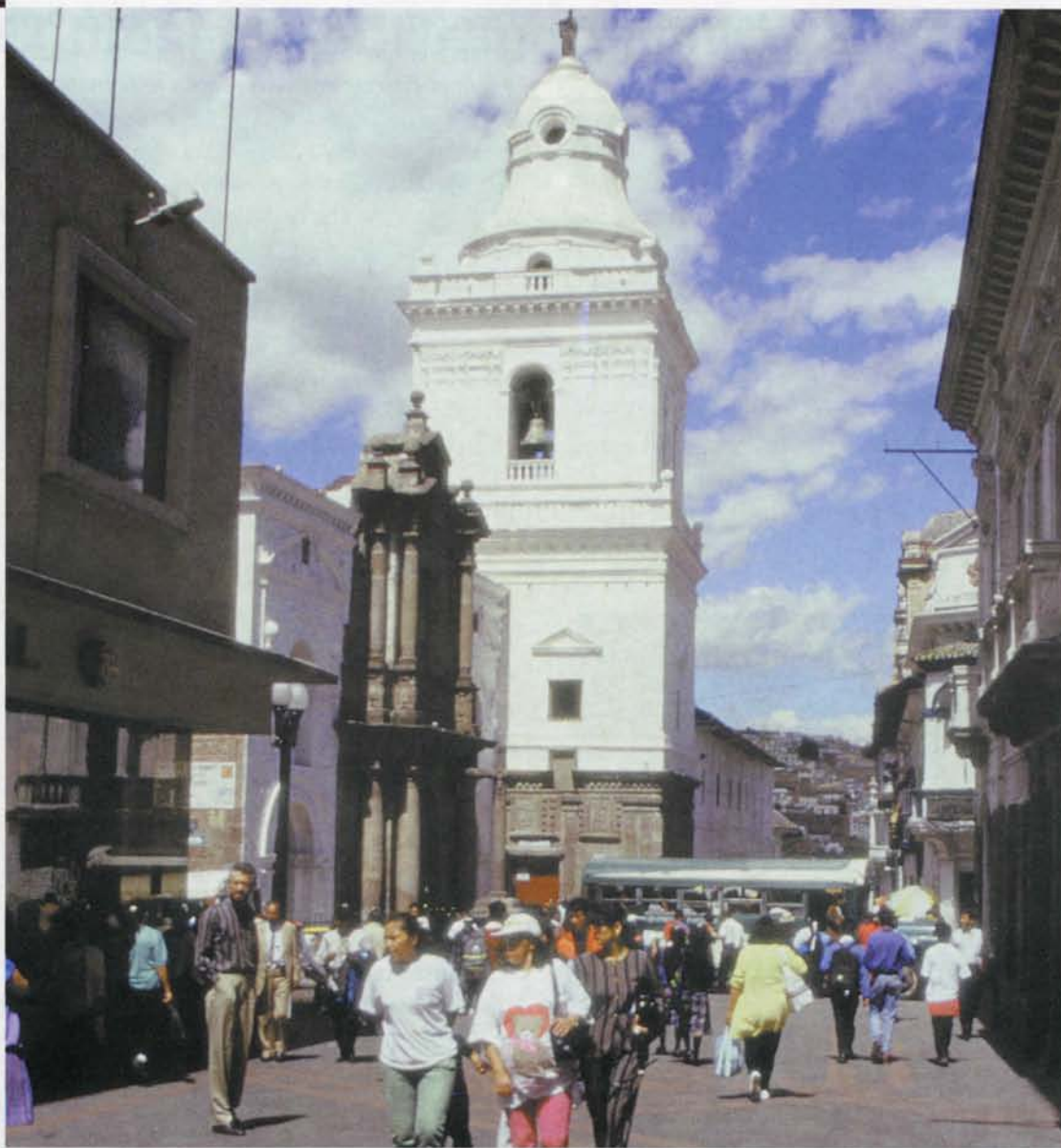
• **Adoptar un código de construcción eficaz y obligar a su cumplimiento**

*Un código de construcción efectivo ayudaría a asegurar que las nuevas edificaciones se diseñen y construyan de tal forma que resistan la sacudida*

**Pasos a tomarse para la preparación ante un terremoto**  
Recomendaciones para mejorar la seguridad de Quito ante los terremotos

1. Crear un consejo asesor para la Seguridad Sísmica en Quito.
2. Adoptar un código de construcción eficaz y obligar a su cumplimiento.
3. Apoyar la investigación científica para evaluar en forma más precisa el riesgo sísmico de Quito.
4. Desarrollar un programa de preparación ante terremotos en los lugares de trabajo.
5. Mejorar el equipo y las instalaciones de los servicios de atención de emergencia.
6. Establecer lineamientos para la aplicación de adecuadas tarifas de seguros.





durante un terremoto. Dentro de este proyecto, un comité de científicos, ingenieros y planificadores diseñará un código de construcción para los tipos estructurales en Quito, facilitará su aplicación en el diseño y la construcción y lo actualizará regularmente. El código sentará las bases para el refuerzo futuro de las estructuras críticas. Su aplicación efectiva se logra creando un comité para educar a los diseñadores constructores, planificadores e ingenieros en cuanto al código de construcción, determinando un método eficiente para exigir su cumplimiento y entrenando a los inspectores para que evalúen el diseño y la construcción de las edificaciones.

- **Apoyar la investigación científica para continuar en la evaluación del riesgo sísmico en Quito**

El "Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito" se limitó al análisis de datos disponibles durante 18 meses. Por lo tanto, se hicieron muchas aseveraciones en cuanto a los posibles terremotos y a sus efectos. Se necesita mayor investigación para ampliar la base de datos sobre perfiles de suelos, a fin de obtener una zonificación más detallada de la ciudad; para mapear la profundidad y localización del basamento rocoso con el objeto de mejorar las estimaciones de amplificación de las ondas sísmicas en los suelos; para identificar las fallas activas, determinar su geometría y sus mecanismos focales, a fin de obtener una mejor estimación de la magnitud y localización de los potenciales sismos; para instalar instrumentos de medición de ondas sísmicas para calcular epicentros, intensidad de sacudimiento del

suelo y de respuesta de edificaciones durante los terremotos; para desarrollar mejores procedimientos de estimación del daño sísmico a las estructuras en el Ecuador; para desarrollar escenarios sobre el Quito Metropolitano para otros terremotos que pudieran afectarlo. Tales investigaciones serán la base técnica para elaborar un escenario sísmico más exacto y para mejorar los métodos de manejo del riesgo sísmico, los códigos y las políticas relacionadas con los terremotos.

- **Desarrollar un programa de preparación para terremotos en los lugares de trabajo**

La capacitación de los empleados en cuanto a los riesgos sísmicos y su preparación para enfrentar situaciones de emergencia, y la consiguiente difusión de esta información a amigos y familiares, beneficiaría a las empresas, a sus empleados y a la comunidad en general. Dentro de este proyecto, ALERTA, el Programa de Preparación para Desastres del Sector Privado y varios organismos de atención en situaciones de emergencia entrenarían a los administradores de empresas para analizar los riesgos sísmicos que enfrentan y planes de manejo de riesgos para sus instituciones. Los empleados a cada nivel serían luego entrenados para sobrevivir y minimizar los impactos.

- **Mejorar el equipo y los servicios de atención de emergencia**

El mejoramiento del equipo y los servicios de atención de emergencia es vital para una respuesta efectiva y rápida en caso de un terremoto. Dentro

de este proyecto, los equipos de investigación harían un inventario de los recursos humanos y materiales disponibles y, basados en un escenario de desastres, determinarían vulnerabilidades y necesidades críticas.

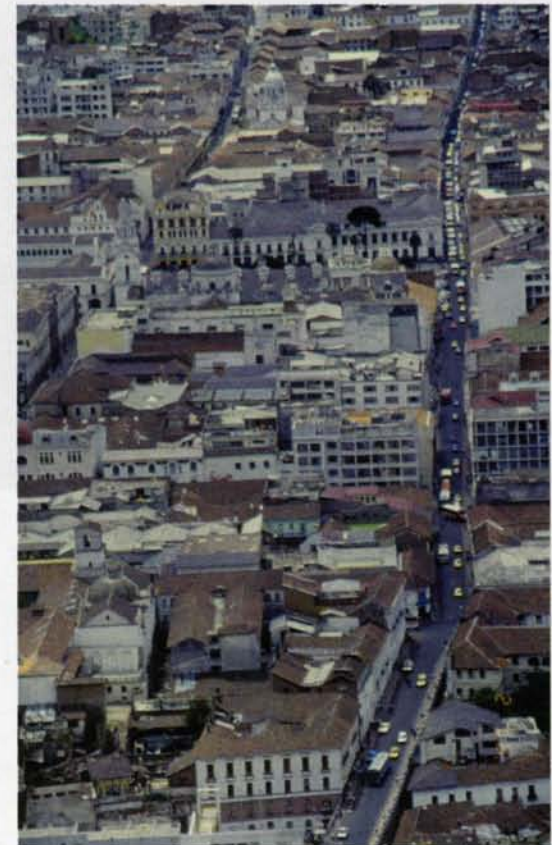
- **Establecer lineamientos para la aplicación de adecuadas tarifas de seguros**

Tarifas adecuadas, basadas en lineamientos que consideren el riesgo sísmico, impulsarían el diseño y construcción sísmo-resistente y pondrían los seguros contra terremotos a disposición de los habitantes de Quito. Las tarifas y los lineamientos se basarían en las características del suelo, las intensidades de movimiento estimadas y los consecuentes riesgos geológicos, las estimaciones de la distribución de daños y el diseño estructural. Se harían descuentos en las tarifas para estructuras con diseño y construcción sísmo-resistentes.

Los apéndices incluyen descripciones más detalladas de estos proyectos.

Como se ve, pueden darse inmediatamente pasos prácticos que podrían reducir significativamente los impactos físicos, sociales y económicos de los terremotos en Quito, como lo ilustran los proyectos anteriores. Sin embargo, el manejo del riesgo sísmico es un proceso que necesita tiempo, esfuerzo permanente y dirección. Por ello, se requiere que los personeros del gobierno, los líderes empresariales y el público estén convencidos de que la seguridad ante terremotos es tan importante como otras necesi-

dades vitales de la comunidad en este país sísmico por excelencia. Si se cuenta con dirección, liderazgo y el apoyo de la comunidad, Quito tiene la oportunidad de preparar a sus ciudadanos, sus edificaciones y su economía para un próximo terremoto.



TECHOS DE TEJA Y CÚPULAS DE ADOBE EN EL CENTRO HISTÓRICO

## Conclusiones



El "Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito" ha llegado a algunas conclusiones significativas.

- Quito, que tiene una larga historia sísmica, experimentará terremotos destructores en el futuro. Algunos serán significativamente más fuertes que el de marzo de 1987 y ocasionarán daños mayores a la ciudad.

- Quito no está preparada para el siguiente terremoto y su vulnerabilidad aumenta día a día. Esto causará una significativa pérdida de vidas humanas, de bienes materiales y daños en la economía, a menos que el gobierno, los empresarios y los líderes comunitarios reconozcan y comiencen a considerar la amenaza sísmica tomando medidas para poder manejarla.

- Deben adoptarse medidas inmediatas para reducir la vulnerabilidad ante los terremotos destructivos. Quito tiene la oportunidad de preparar a sus ciudadanos, edificaciones y economía para el siguiente terremoto, pero solo se puede lograr un avance significativo en la reducción de las consecuencias físicas, sociales y económicas de los terremotos en Quito con el apoyo de la comunidad y con la acción centrada y permanente de líderes del gobierno, de las empresas privadas y de la comunidad.

- Debería establecerse un Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito, a fin de que desarrolle, ponga en práctica, supervise y actualice regularmente un amplio programa de manejo del riesgo sísmico. Los logros del Proyecto de Manejo del Riesgo Sísmico de Quito son un punto de partida para el trabajo de tal consejo. Los terremotos serán parte del futuro de Quito, tanto como lo han sido de su pasado. Aunque no se conoce cuando ocurrirá el siguiente, los esfuerzos que se realicen para alcanzar la seguridad sísmica, tendrán como resultado menos daños y muertes en el futuro. Este proyecto es únicamente un primer paso hacia el manejo de los riesgos sísmicos de Quito. El siguiente paso corresponde a los líderes y ciudadanos.

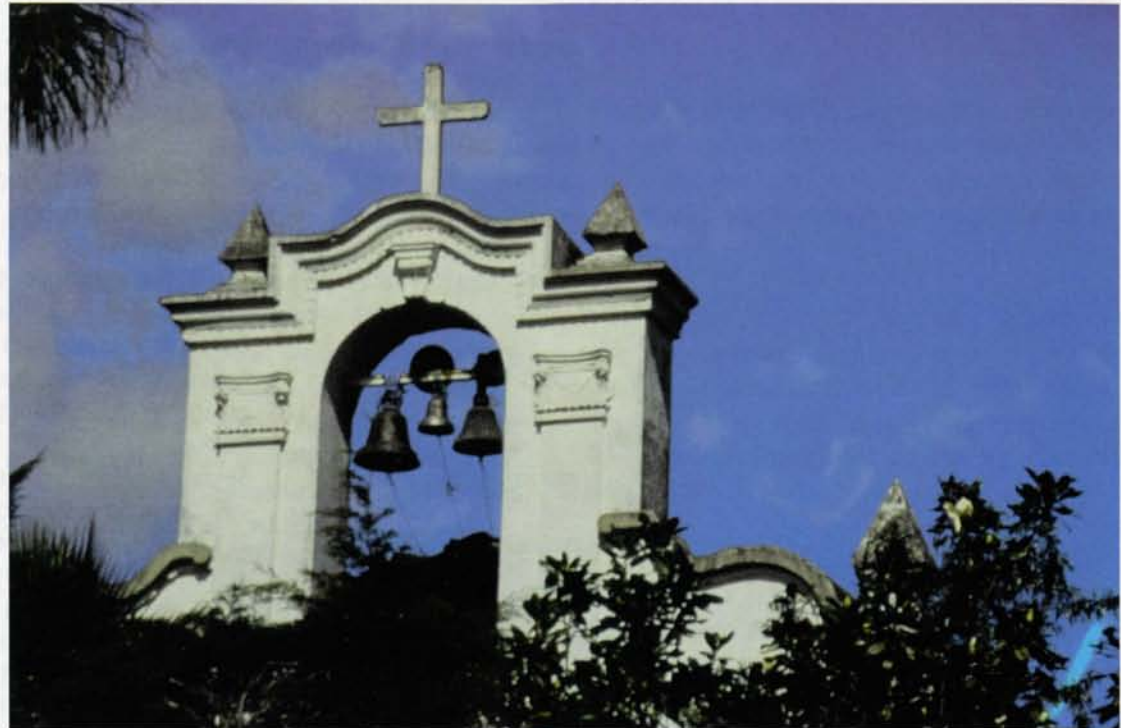
# Apéndice A

## Organización, cronología y logros

### Organización

Los participantes del proyecto formaban parte de uno o más de los siguientes grupos:

- un Grupo de Trabajo (GT) ecuatoriano e internacional, conformado por especialistas en geología, sismología, ingeniería estructural, ingeniería de suelos, planificación urbana y manejo de datos; todo el trabajo científico, de ingeniería y de planificación fue realizado por este grupo.
- un Comité de Asesoría Técnica (CAT), conformado por expertos internacionales en ingeniería estructural, ingeniería de suelos, geología, sismología, planificación urbana, respuesta a emergencias y manejo de datos; el CAT proporcionó al GT recomendaciones técnicas sobre cómo se ha evaluado el riesgo sísmico en otras ciudades y lo asesoró en cuanto a las acciones de mitigación que podrían ser útiles en Quito; el CAT revisó el proyecto para afinar su fidelidad técnica y estableció contactos con las comunidades y organizaciones profesionales de científicos e ingenieros internacionales.



- el Comité de Asesoría Social y Económica (CASE), conformado por representantes de la banca y los seguros, la salud pública, los servicios, la construcción, la atención de emergencias y el desarrollo urbano, aportó con una guía global y asesoría en la planificación del proyecto a largo plazo y estableció contactos con agencias y empresas internacionales que tienen que ver con el manejo del riesgo sísmico;

los miembros ecuatorianos del CASE establecieron las prioridades del proyecto.

- GeoHazards International coordinó las actividades del GT, el CAT y el CASE.

Los miembros de estos grupos se mencionan al inicio de este informe.



### Cronología

FECHA	ACTIVIDAD
julio 25, 1992	Encuentro internacional de algunos miembros del GT, el CAT y el CASE en la Décima Conferencia Mundial sobre Ingeniería de Terremotos en Madrid, para presentar el proyecto y recibir asesoría inicial
septiembre 16-17, 1992	Encuentro del CASE para establecer los lineamientos del proyecto
octubre, 1992	El GT hace un borrador del plan de trabajo
octubre 26-27, 1992	El CAT y el GT revisan el plan de trabajo, discuten los datos y proponen una metodología
noviembre 1992 - abril 1993	El GT realiza trabajo técnico; un ingeniero de suelos del Ecuador visita la Universidad de Columbia Británica y un ingeniero estructural de la Universidad de Columbia Británica visita Quito
enero 11-15, 1993	Cuatro miembros ecuatorianos del CASE visitan entidades gubernamentales y corporaciones que tienen programas ejemplares de manejo del riesgo sísmico en California
marzo, 1993	Se crea ALERTA, un consejo del sector privado de Quito de preparación para desastres, siguiendo el modelo del BICEPP de Los Angeles
mayo 27-28, 1993	El CAT, el GT y los miembros ecuatorianos del CASE se reúnen para revisar los avances del proyecto
mayo - julio, 1993	El GT afina la evaluación del riesgo y entrevista a los operadores de la infraestructura de Quito para evaluar su vulnerabilidad
julio 14-15, 1993	Miembros del GT, el CAT, el CASE y expertos seleccionados participan en un taller para describir la vulnerabilidad de Quito frente a un terremoto y elaborar un borrador de las acciones de mitigación recomendadas
julio 15, 1993	ALERTA escucha presentaciones de miembros del BICEPP de Los Angeles y de la California's Seismic Safety Commission
julio - septiembre 1993	El GT escribe el primer borrador del informe técnico final y lo envía al CAT para su revisión
octubre 10, 1993	El CAT y el GT se reúnen para revisar el borrador del informe final
noviembre de 1993	La World Conference of Building Officials inicia un proyecto para traducir los códigos de construcción de los Estados Unidos y adaptarlos al Ecuador
enero de 1994	El GT y GeoHazards International presentan el informe al Alcalde de Quito
marzo 3, 1994	El Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito hace una presentación pública de los logros del proyecto





## Logros

En relación a sus objetivos, el proyecto alcanzó los siguientes resultados:

### ***En lo referente a la comprensión del riesgo sísmico de Quito:***

- una estimación amplia aunque preliminar de las consecuencias de terremotos potenciales en Quito;
- una observación de la infraestructura urbana en Quito, con énfasis en su vulnerabilidad ante los terremotos;
- el inicio de una revisión de la capacidad de respuesta de las compañías de seguro ecuatorianas a las consecuencias de un terremoto destructor.

### ***En cuanto a la concientización sobre el riesgo sísmico en el Ecuador y en el exterior:***

- la publicación de tres documentos técnicos acerca de las medidas de manejo del riesgo sísmico de Quito en conferencias internacionales en San Francisco (California), Wellington (Nueva Zelanda) y Montreal (Canadá);

- nueve talleres en Quito, en los cuales y por vez primera, más de 100 especialistas ecuatorianos y extranjeros, incluyendo al Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito y otros personeros, trataron sobre la historia, peligrosidad y riesgo sísmico de Quito;

- una gira internacional en la cual cuatro funcionarios gubernamentales y líderes del sector privado del Ecuador visitaron 12 agencias gubernamentales y empresas de California especializadas en la preparación para terremotos;

- la asistencia de dos representantes del despacho del Alcalde a la Metropolis Conference, un encuentro de autoridades de las mayores ciudades del mundo, en Montreal, Canadá;

- la asistencia de tres ingenieros y planificadores ecuatorianos a la Décima Conferencia Mundial sobre Ingeniería de Terremotos en Madrid (España), y a un Taller de Investigación Avanzada auspiciado por la OTAN y USAID en Estambul (Turquía);

- dos visitas de intercambio técnico de una semana, una de un ingeniero ecuatoriano a una universidad canadiense, y una de un ingeniero canadiense a la EPN en Quito;

- la publicación y distribución de los productos de este informe a una amplia audiencia.

### ***Con miras al diseño de programas autosustentables para manejar el riesgo sísmico de Quito:***

- establecer un marco conceptual, revisado por especialistas, técnicos gubernamentales y empresariales del exterior, de un programa amplio y a largo plazo, de manejo del riesgo sísmico de Quito;

- la creación de ALERTA, un grupo de preparación para desastres del sector privado, para fomentar el manejo apropiado del riesgo sísmico, siguiendo el modelo de Los Angeles Business and Industry Council for Emergency Planning and Preparedness (BICEPP);

- incrementar la capacidad de la EPN y del MDMQ para realizar nuevas estimaciones del daño sísmico para otros posibles terremotos, y para obtener nuevos datos sobre los suelos y la respuesta estructural;

- el compromiso por parte de la World Conference of Building Officials, de un proyecto para traducir los códigos de construcción de los Estados Unidos y adaptarlos al Ecuador.

## Apéndice B

### Proyectos prioritarios para el manejo del riesgo sísmico

#### Creación de un Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito

La puesta en marcha de los programas de manejo del riesgo sísmico necesita de liderazgo, compromiso y supervisión continua por parte de los personeros del gobierno y los líderes comunitarios. Se requieren esfuerzos coordinados entre las instituciones gubernamentales, educativas, comerciales, financieras, de investigación y otras entidades que tienen que ver con el desenvolvimiento, la salud económica de la ciudad y el bienestar de sus habitantes. Esta coordinación y el avance hacia el cumplimiento de las metas de seguridad contra terremotos requieren de la asignación de



responsabilidades y la formación de un consejo de supervisión.

Como parte de este proyecto, el Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito nombraría un asesor especial que le rendiría informes directamente y que sería responsable del Programa de Seguridad Sísmica en Quito. Dicho asesor sería el vínculo entre el Alcalde y el Consejo Asesor para la seguridad sísmica y su Director Ejecutivo. El Alcalde definiría el propósito y el nivel de autoridad del consejo, los criterios para seleccionar a sus miembros y los reglamentos para regir sus actividades. Además, emitiría una resolución para crear el consejo y nombrar a sus miembros, que representarían al sector privado, a los servicios de atención de emergencia, al gobierno central y a las comunidades de científicos e ingenieros.

El Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito asesoraría al Alcalde, a las entidades gubernamentales locales y a la industria privada en cuanto a la preparación ante terremotos y al manejo del riesgo sísmico. También sería responsable de establecer las prioridades de mitigación, basándose en la amenaza sísmica; de desarrollar y administrar un programa de manejo del riesgo sísmico; de supervisarlo y actualizarlo regularmente; de abogar por la incorporación de medidas de mitigación dentro del proceso de

desarrollo urbano; de buscar financiamiento local e internacional para los proyectos de evaluación y mitigación del riesgo sísmico.

#### Responsables

- el Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito
- la oficina del Alcalde

#### Adoptar un código de construcción efectivo y obligar a su cumplimiento

Un código de construcción efectivo ayudaría a asegurar que las nuevas edificaciones se diseñen y construyan de tal forma que resistan la sacudida durante un terremoto. Dentro de este proyecto, un comité de científicos, ingenieros y planificadores diseñarán un código de construcción para los tipos estructurales en Quito, facilitarán su aplicación en el diseño y la construcción y lo actualizarán regularmente. Determinará un método eficiente de reforzamiento de las estructuras críticas. Su aplicación efectiva se logra creando un comité para educar a los diseñadores constructores, planificadores e ingenieros en cuanto al código de construcción, determinando un método eficiente para exigir su cumplimiento, y entrenando a los inspectores para que evalúen el diseño y la construcción de las edificaciones.

### **Tareas auxiliares**

- adoptar normas de construcción más exigentes para el diseño y la construcción de servicios de atención de emergencia y de instalaciones críticas en hospitales, estaciones de bomberos, estaciones de Policía, edificios de la Defensa Civil, edificios públicos y albergues de emergencia;
- establecer estándares para el refuerzo de estructuras críticas;
- publicar y distribuir lineamientos para el diseño de estructuras autoconstruidas, para uso de quienes edifiquen sus propias viviendas;
- organizar cursos de entrenamiento para profesionales, sobre diseño y construcción sismo-resistente de nuevos edificios; adaptar procedimientos ya probados en otros países;
- incluir, en cada préstamo para la construcción, un contrato para asegurar que los deudores respeten los códigos de construcción.

### **Posibles recursos**

Los códigos de construcción de otras ciudades le ahorran a Quito la necesidad de desarrollar un código completamente nuevo. Modelos ya existentes, como el Código de Construcción Uniforme (UBC) de los Estados Unidos, constituyen un marco amplio al cual Quito puede

incorporar parámetros sísmicos específicos, tipos estructurales, métodos de construcción y propiedades de los materiales de construcción. Organizaciones locales e internacionales, tales como la EPN y otras universidades, el Consejo Nacional de Desarrollo, el Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas, la Structural Engineers Association of California, el Applied Technology Council of California, la Seismic Safety Commission of California, la International Conference of Building Officials, pueden ser útiles en la elaboración de un código.

### **Agencias responsables**

- Sociedad Ecuatoriana de Ingeniería Estructural
- Cámara de la Construcción de Quito
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
- Instituto Ecuatoriano de Normalización

### **Apoyar la investigación científica para mejorar los escenarios sísmicos**

La evaluación de la peligrosidad del "Proyecto para el Manejo del riesgo sísmico de Quito" se basó solo en los datos disponibles. Por consiguiente, se hicieron algunas presunciones sobre la profundidad del lecho rocoso subyacente a Quito, las relaciones de atenuación, la respuesta de los suelos y las estructuras propias del lugar. Una investigación más profunda mejorará la

evaluación de la peligrosidad sísmica, los métodos de manejo del riesgo, los códigos y políticas frente a terremotos. Los siguientes estudios mejorarán el conocimiento del riesgo sísmico de Quito:

1. ampliar la base de datos de perfiles del suelo: incrementar la cantidad y la profundidad de los perfiles del suelo para obtener una zonificación más detallada de la ciudad;
2. mapear el basamento rocoso: mapear la profundidad y localización del basamento para mejorar las estimaciones de la amplificación de las ondas sísmicas en la columna de suelo;
3. mapear las fallas activas para estimar mejor la magnitud y localización de los potenciales terremotos y con el fin de establecer el potencial sísmico, identificar las fallas activas y determinar su geometría y mecanismo focal;
4. instalar instrumentos de medición de ondas sísmicas para localizar terremotos, medir la sacudida del suelo y evaluar la respuesta de los edificios durante los sismos; instalar y mantener sismógrafos modernos alrededor de Quito para medir y localizar sismos, y acelerómetros de movimientos fuertes en varios edificios y en varias zonas de suelos, a fin de incrementar el conocimiento de los efectos de sitio y de las características dinámicas específicas de estructuras representativas.





5. desarrollar procedimientos mejorados para estimar el daño causado por los terremotos a las estructuras en el Ecuador. Muchos métodos utilizados en el mundo para estimar el daño causado por los sismos vienen de los Estados Unidos o del Japón, y por lo tanto no siempre toman en cuenta las características específicas de otras regiones. Deberían desarrollarse matrices de daños –utilizadas en las estimaciones– específicas para el Ecuador a fin de mejorar las evaluaciones futuras del riesgo sísmico;

6. desarrollar un escenario sobre el Quito Metropolitano y para otros sismos potenciales, lo que permitiría incorporar la seguridad sísmica en la planificación y desarrollo futuro de la ciudad; los futuros escenarios deberían incluir mejores métodos de estimación del número de víctimas para planificar la respuesta de los servicios de atención en situaciones de emergencia.

#### *Posibles recursos*

Las posibles fuentes de financiamiento para este proyecto involucran a agencias internacionales, como el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas, la AID de los Estados Unidos y Canadá, el Banco Interamericano de Desarrollo, JICA, ORSTOM, organizaciones y fundaciones privadas, bancos, compañías de seguros y el sector industrial. Los recursos humanos incluyen estudiantes de postgrado, expertos visitantes y la comunidad internacional.

#### *Agencias responsables*

- Instituto Geofísico y Facultad de Ingeniería Civil de la EPN y otras escuelas de ingeniería y geología
- Asociaciones y colegios profesionales (tales como la SEIE)

#### **Desarrollar un programa de preparación para terremotos en los lugares de trabajo**

Este proyecto comprende la capacitación de los empleados de todos los sectores de la industria en cuanto a los riesgos sísmicos y su preparación para enfrentar situaciones de emergencia. La consiguiente difusión de esta información a amigos y familiares beneficiaría a las empresas, a sus empleados y a la comunidad en general. Dentro de este proyecto, primero se entrenaría a los administradores para que sepan analizar el riesgo sísmico que enfrentan y desarrollar planes de manejo del riesgo en sus instituciones. La Superintendencia de Bancos y Seguros, la Cámara de la Industria y otras organizaciones relevantes exigirían planes de capacitación en este campo. Los empleados a cada nivel estarían preparados para sobrevivir a un terremoto.

#### *Tareas auxiliares*

Mantener encuentros de todo el sector industrial a fin de determinar los riesgos, poniendo

énfasis en las oportunidades de manejarlos a través de medidas y políticas preventivas.

#### *Recursos posibles*

Los cursos sobre riesgo sísmico y preparación para emergencias deben estar disponibles o ser desarrollados por la Cruz Roja, el Cuerpo de Bomberos, ALERTA y la Defensa Civil. Entre las referencias útiles se pueden citar las publicaciones de BICEPP y de la California Seismic Safety Commission. La industria privada es una fuente importante de financiamiento para este proyecto.

#### **Mejorar el equipo y los servicios de atención de emergencia**

El mejoramiento del equipo y los servicios de atención de emergencia son vitales para una respuesta rápida y efectiva a un terremoto. Dentro de este proyecto, los equipos de investigación harían un inventario de los recursos humanos y materiales disponibles y, basados en un escenario de desastres, determinarían las vulnerabilidades y necesidades críticas. Debería darse prioridad al equipamiento del cuerpo de bomberos, del equipo de búsqueda y rescate y de los hospitales.

#### *Tareas auxiliares*

- trabajar con el cuerpo de Bomberos y la EMAAP para inspeccionar y reparar regularmente los hidrantes;

- conseguir fondos para adquirir una grúa que sirva para reparar y reemplazar los principales colectores de aguas servidas;
- entregar equipo de emergencia básico, como botiquines de primeros auxilios y reservas de alimentos y agua, a las instituciones, las empresas privadas, las industrias y los servicios públicos;
- mejorar el entrenamiento de los equipos de búsqueda y rescate.

#### **Agencias responsables**

- Organizaciones relevantes de servicios de emergencia;
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito;
- Direcciones de Planeamiento de la Seguridad para el Desarrollo Nacional

#### **Establecer lineamientos para la aplicación de adecuadas tarifas de seguros**

Tarifas de seguros adecuadas, basadas en lineamientos que consideren el riesgo sísmico, impulsarían un diseño y una construcción sismo-resistente a los terremotos. Dentro de este proyecto, la Superintendencia de Bancos y Seguros, en colaboración con la Asociación de Compañías de Seguros del Ecuador, la Asociación Nacional de Agencias Colocadoras de Se-

gueros del Ecuador y resaseguradoras internacionales, establecerían lineamientos adecuados para la fijación de tarifas, lo que pondría los seguros contra terremotos a disposición de los habitantes de Quito. Las tarifas y los lineamientos se basarían en las características del suelo, las intensidades de movimiento estimadas y otros peligros geológicos, la distribución de daños y el diseño estructural. Se harían descuentos en las tarifas para estructuras con diseño y construcción sismo-resistentes. Ello también aseguraría que las estructuras existentes, especialmente los edificios residenciales, tengan acceso al seguro contra terremotos.

#### **Tareas auxiliares**

- evaluar la suficiencia de la cobertura al cliente en caso de terremotos;
- entrenar al personal de las compañías de seguros para que asesore a sus clientes sobre las acciones de manejo del riesgo sísmico;
- entrenar al personal de las compañías de seguro para que supervise la aplicación de los códigos de construcción por parte de los clientes.

#### **Posibles recursos**

La fuentes de información útil para este proyecto incluyen el sistema de tarifas utilizado en México y CRESTA, el grupo internacional de trabajo de las compañías de seguros y reaseguros.

#### **Agencias responsables**

- Superintendencia de Bancos y Seguros
- Asociación de Compañías de Seguros del Ecuador
- Asociación Nacional de Agencias Colocadoras de Seguros del Ecuador
- reaseguradoras
- compañías de seguros, sus agentes y corredores.





## Apéndice C

### Siglas y Traducciones

#### Siglas

ACOSE	Asociación de Compañías de Seguros del Ecuador
ANACSE	Asociación Nacional de Agencias Colocadoras de Seguros del Ecuador
ATC	Applied Technology Council (USA)
BICEPP	Business and Industry Council for Emergency Planning and Preparedness (Los Angeles)
CAMECO	Cámara Ecuatoriana de la Construcción
CDMG	California División of Mines and Geology
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres (Ciudad de México)
CODIGEM	Corporación de Desarrollo Geológico Minero y Metalúrgico (Quito)
CONADE	Consejo Nacional de Desarrollo (Ecuador)
EEQ	Empresa Eléctrica Quito
EMAAP	Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable (Quito)
EMETEL	Empresa Estatal de Telecomunicaciones
IASPEI	International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
IFC	International Finance Corporation (Washington, DC)
IFEA	Institut Français d'Études Andines (Quito)
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
JICA	Japan International Cooperation Agency
MDMQ	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ORSTOM	Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (Francia)
CASE	Comité de Asesoría Social y Económica
SEIE	Sociedad Ecuatoriana de Ingeniería Estructural
CAT	Comité de Asesoría Técnica
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organization (Ginebra)
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (París)
USAID	United States Agency for International Development
VPI	Virginia Polytechnic Institute
GT	Grupo de Trabajo



## Traducciones

Applied Technology Council	Consejo de Tecnología Aplicada
Business and Industry Council for Emergency Planning and Preparedness (BICEPP)	Consejo de la Empresa y la Industria para la Planificación y Preparación de Emergencias
California Division of Mines and Geology	División de Minas y Geología de California
International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior	Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra
International Decade for Natural Disaster Reduction	Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales
International Finance Corporation	Corporación Internacional de Finanzas
Institut Français d'Études Andines (IFEA)	Instituto Francés de Estudios Andinos
Japan International Coopération Agency	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM)	Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación
United Nations Disaster Relief Organization	Organización Internacional de las Naciones Unidas para la ayuda en Desastres
United Nations Educational Scientific and Cultural Organization	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
United States Agency for International Development	Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos
Virginia Polytechnic Institute	Instituto Politécnico de Virginia

# Appendix C

## Appendix C

### Appendix C

#### Appendix C

##### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

###### Appendix C

Se terminó de imprimir en enero de 1996,  
editado por TRAMA e impreso en los  
talleres gráficos de E. Fraga.  
Se imprimieron 2000 ejemplares.

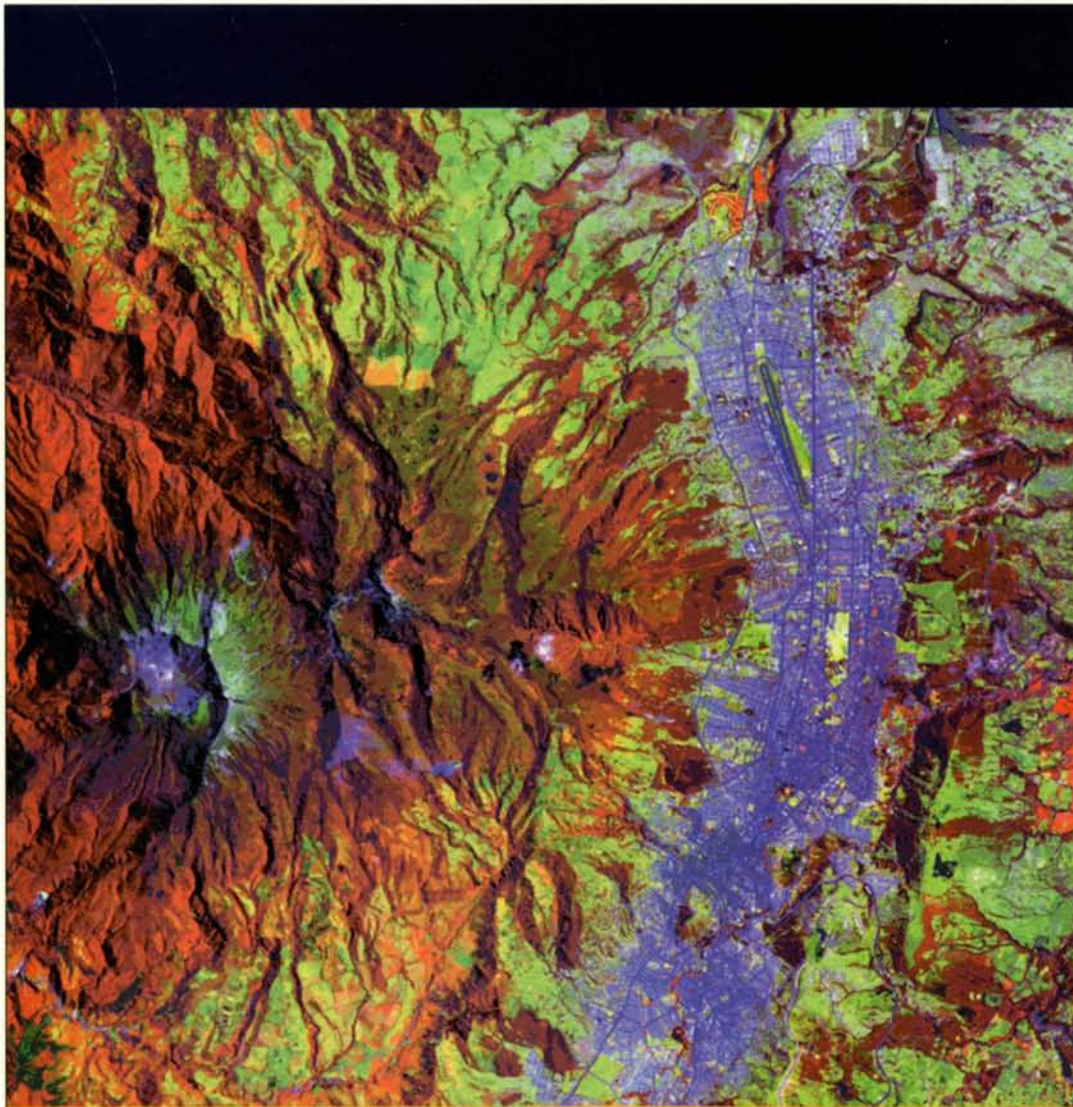


IMAGEN SATELITARIA SPOT INFRARROJA DE QUITO. LAS ÁREAS CONSTRUIDAS APARECEN EN AZUL, LA VEGETACIÓN APARECE EN ROJO



Publicación financiada por:  
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ)



l'institut français de recherche scientifique  
pour le développement en coopération