

CIENCIA DE BOLETO

2

# El próximo sismo en la Ciudad de México

Cinna Lomnitz



Esta publicación es de todos para leer en el Metro

# **El próximo sismo en la Ciudad de México**



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, la Ciudad de la Esperanza

## Gobierno del Distrito Federal

**Lic. Andrés Manuel López Obrador**  
Jefe de Gobierno

**Lic. Francisco Garduño Yáñez**  
Secretario de Transporte y Vialidad

**Dra. Florencia Serranía Soto**  
Directora General del Sistema  
de Transporte Colectivo

**Prof. Raúl Bretón Salinas**  
Gerente de Atención al Usuario  
del Sistema de Transporte Colectivo



## Universidad Nacional Autónoma de México

**Juan Ramón de la Fuente**  
Rector

**Enrique del Val Blanco**  
Secretario General

**Daniel Barrera Pérez**  
Secretario Administrativo

**René Drucker Colín**  
Coordinador de la  
Investigación Científica

**Julia Tagüeña Parga**  
Directora General de  
Divulgación de la Ciencia

**Patricia Gómez Cano**  
Jefe del Departamento de Difusión de la  
Coordinación de la Investigación Científica

# **El próximo sismo en la Ciudad de México**

Cinna Lomnitz





## **Dirección General de Divulgación de la Ciencia**

Coordinación editorial  
**Rosanela Álvarez y Juan Tonda**

Diseño de la colección  
**Elizabeth Cruz**

Corrección técnica  
**Martín Bonfil y Javier Crúz**

Formación  
**Elizabeth Cruz y Kenia Salgado**

Asistente editorial  
**Leticia Monroy**

Ilustración sismógrafo p. 20  
**Jesús Contreras**

Primera edición, 2005

D.R. © Dirección General de Divulgación de la Ciencia  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Edificio Universum, tercer piso, Circuito Cultural,  
Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F.

ISBN 970-32-2082-7



Agradecemos el apoyo otorgado por ISA Corporativo.

Impreso y hecho en México

Este libro no puede ser reproducido, total ni parcialmente, por ningún medio electrónico o de otro tipo, sin autorización escrita de los editores.

# El próximo sismo en la Ciudad de México

El sismo del 19 de septiembre de 1985 fue el peor desastre natural en la historia de la Ciudad de México. Miles de personas murieron bajo los escombros de 371 pesados edificios de concreto. ¿Por qué ocurrió esa catástrofe? ¿Por qué tuvo que ocurrir? ¿Qué podemos hacer para que no se repita?

Primero es necesario que sepamos qué ocurrió en el sismo de 1985 y cómo puede evitarse su repetición. Para muchos científicos, este desastre fue inesperado y es necesario hacer mucha investigación para entender qué fue lo que pasó. Es importante recordar también que nuestra ciudad es muy especial. Otras grandes ciudades como Nueva York, Los Ángeles o Tokio, están situadas sobre bahías o a orillas de un río. Nuestra ciudad, en cambio, está situada en una cuenca cerrada, entre volcanes. El agua que entra a esta cuenca proviene de la lluvia, o de lo que podemos bombear de un subsuelo blando.

La cuenca de México antes desaguaba hacia el sur, al río Atoyac, pero hace menos de 100 000 años surgió la cadena volcánica del Ajusco-Chichinautzin que bloqueó la salida del agua. Así se formó la gran laguna que ocupaba la parte baja de la cuenca. En el fondo de la laguna se depositó una capa de lodo. Es precisamente este lodo el que ocasiona el problema sísmico en la ciudad.

## Cómo se originó la Ciudad de México

La ciudad de México-Tenochtitlan fue fundada en 1325 por una tribu nómada venida del norte: los aztecas. Cuando llegaron al Valle de México encontraron que las orillas del gran lago ya estaban ocupadas por otros pueblos. Pidieron permiso para asentarse, pero nadie los quería de vecinos. De todas partes los corrían.

Los ancianos de la tribu consultaron a su dios Huitzilopochtli, el Colibrí Hechicero. Dicen que recibieron esta respuesta: “Hay un lugar donde un águila está subida en un nopal, devorando una serpiente. Ése será el lugar donde se asentará mi pueblo”. Ésa era la señal, y efectivamente la encontraron. Apareció un águila sobre un nopal, comiéndose una serpiente, en una isla que estaba en medio del lago. Ahí se asentaron los aztecas y ya nadie pudo correrlos.

Pasaron los años y la isla de Tenochtitlan se desarrolló y se volvió una fortaleza inexpugnable (véase la figura 1). Los aztecas construyeron cuatro calzadas que unieron la isla con tierra firme, y les pusieron puentes de madera que podían quitarse rápidamente en caso de un ataque. Gracias a tales defensas, el imperio azteca superó a sus enemigos y pudo extenderse, primero a toda la orilla del lago y luego a toda Mesoamérica.

Hacia 1450 el rey Nezahualcóyotl de Texcoco mandó construir un dique o albarradón de estacas, con relleno de tierra y piedras, como defensa contra las inundaciones y para dividir el lago en dos. Este albarradón estaba más o menos entre lo que hoy es la Tapo y el Aeropuerto, pero quedó muy destruido. En 1555 construyeron otro albarradón llamado de San Lázaro que estaba más o menos por Congreso de la Unión y llegaba hasta la Calzada de Guadalupe. El Peñón de los Baños quedó en la parte salobre, que era el Lago de Texcoco. En cambio, entre el albarradón y La Merced estaba la Laguna de México, que era de agua dulce. Los indios pescaban y atrapa-

ban patos con redes desde sus canoas o trajineras. Las aguas salobres de oriente quedaron separadas de las potables de occidente. Fue la primera obra hidráulica que se hizo en México.



Figura 1. En la parte inferior puede observarse la isla de Tenochtitlan, unida a tierra firme por cuatro calzadas.

También hubo sismos fuertes en esa época, pero las casas eran de material ligero y las pirámides no se caían con los temblores, por la forma que tenían. Una pirámide imita la forma de un volcán, con una base muy ancha. La fuerza de un sismo no basta para volcar un cerro ni una pirámide. Por lo que se sabe, la gente no les tenía tanto miedo a los temblores como ahora. Los sacerdotes decían que eran causados por el *ollin*, que es el movimiento de los astros. Temblor en náhuatl se dice *tlalollin*, es decir, movimiento de la tierra. Por ejemplo, cuando Venus se ponía en el horizonte y luego reaparecía en el oriente a la mañana siguiente, explicaban que tuvo que caminar bajo tierra en plena oscuridad, y a veces se tropezaba: eso era un temblor. Los temblores eran muy fuertes cuando el Sol se tropezaba. Y cuando ocurría de día, bueno, hay astros (incluso la Luna) que se ponen en la mañana y reaparecen en el oriente al atardecer. Era una teoría tan buena como cualquiera otra y tenía su lógica.

En 1519 aparecieron en el Valle de México los primeros españoles, comandados por Hernán Cortés. Eran pocos pero traían una tecnología militar superior a la de los pueblos indígenas. Moctezuma les permitió entrar a su palacio y los trató con respeto, como si fueran seres divinos. Al fin se dieron cuenta de que los españoles eran seres humanos. Quisieron defenderse, pero ya era tarde. La ciudad cayó en 1521 y fue destruida.

Los españoles decidieron aprovechar la ciudad para fundar en el mismo sitio la capital de Nueva España. Se repartieron los terrenos y construyeron palacios y casas de piedra, iguales a los que había en España. Pero ese tipo de construcción no resiste los temblores y muchas iglesias y casas se cayeron.

La construcción de cantera de tipo europeo es muy pesada, y el mortero no le da suficiente cohesión. Hay construcciones europeas que han durado, y también las hay en México, pero son de unos pocos arquitectos muy hábiles.

También hubo muchas inundaciones. Las inundaciones se producían cada vez que subía el nivel del lago en la época de lluvias porque la isla de Tenochtitlan era muy bajita, y apenas asomaba sobre el lago. Las calles de hoy eran antes canales. Es un hecho que los siglos *xvi* y *xvii* fueron muy lluviosos. Se conocen como el *little ice age*, o pequeña época glacial. El río Támesis, que atraviesa Londres, se congelaba en invierno y la reina Isabel de Inglaterra organizaba fiestas sobre el hielo. Además, los españoles trajeron muchas enfermedades, algunos transmisores como la rata negra que aquí no se conocía, y con la peste bubónica y el *cocoliztli*, el cabildo decidió que había que drenar el lago. En 1604 le encargaron a Enrico Martínez, un alemán que antes se llamaba Heinz Martin y que tenía nombramiento de cosmógrafo real, que excavara un socavón para desviar el río Cuautitlán hacia el río Tula; fue la primera obra de drenaje, y hubo muchas otras.

Pudieron drenar el lago, puesto que ya no había ejércitos enemigos. Con el tiempo, el lago se secó casi totalmente y la ciudad se fue extendiendo sobre lo que antes eran pantanos y zonas fangosas. Hoy toda la parte baja es el centro de una de las ciudades más grandes del mundo, y ya es tarde para cambiar la ciudad a otro sitio. Las propiedades tienen un alto valor. Tenemos que pensar en qué hacer para protegernos de las inundaciones y de los temblores.

## ¿Qué es un sismo?

La llamada Zona III de la Ciudad de México, la de mayor peligro sísmico en todo nuestro país, corresponde a la zona baja de la ciudad.

La Norma Sísmica del Distrito Federal se originó después del sismo del Ángel de 1957. Siempre se ha sabido que las casas se caen en la zona donde el subsuelo es fangoso,

donde antes estaba el lago. Por eso el D.F. se clasificó en tres zonas: Zona I, que es la zona de lomas donde no alcanza a llegar el lago; Zona II que es una franja intermedia con un terreno un poco más firme (por ejemplo, los Viveros de Coyoacán), y Zona III que es propiamente la zona del lago. Cada zona tiene su propio reglamento, de modo que para construir en la Zona III se necesita un tipo de construcción mucho más firme y más fuerte que para la Zona I. Cada vez que sobreviene un temblor destructivo se mejoran las normas o se van poniendo al día, de modo que no es fácil decir cómo vamos; el último cambio grande se hizo en 1987, pero se introducen cambios menores con mucha frecuencia.

Los científicos han aprendido mucho acerca de los sismos, sobre todo en los últimos 10 o 20 años, pero aún queda mucho por conocer. No es fácil estudiar los temblores porque suelen ocurrir a profundidades de cinco a 30 km bajo la superficie de la tierra, más de lo que el humano ha podido alcanzar. Por ejemplo, los túneles del drenaje profundo de la Ciudad de México están a unos 200 m bajo la superficie del D.F., que a su vez está a 2 400 m sobre el nivel del mar. Los pozos petroleros del sureste llegan a profundidades de hasta 4 km. Y la perforación más profunda que el hombre ha logrado hacer, en el centro de Alemania, llega a unos 10 km de profundidad.

¿Qué ocurre bajo tierra para causar los temblores? Podemos acercarnos a la respuesta analizando los lugares donde se originan, empezando por los grandes sectores de la corteza terrestre, kilómetros bajo la superficie, que los geólogos llaman placas terrestres. Toda la superficie de la Tierra se divide en placas, como trozos de un pastel. Todas las placas se mueven, y a veces se separan y otras veces se juntan hasta chocar entre sí.

Un temblor es, entonces, una fractura, un deslizamiento repentino de las rocas profundas en la Tierra. ¿A causa de qué? El 90% de los sismos en la República Mexicana ocu-



ren frente a las costas del Pacífico, lugar donde se juntan las placas llamadas de Cocos y de Norteamérica, que se mueven una contra la otra a razón de 6 cm por año. Esa velocidad no parecerá muy grande, pero en 20 años puede acumularse energía suficiente para desplazarlas hasta 1.20 m. Es lo que se necesita para producir un sismo de magnitud 7. Entonces, las placas se atorán y la energía que causa el movimiento puede acumularse.

Afortunadamente es posible estudiar los registros (llamados sismogramas) de las ondas sísmicas con unos aparatos llamados sismómetros. Las ondas sísmicas viajan desde el foco del temblor, por el interior de la Tierra, hasta llegar al sismómetro. Los sismólogos, profesionistas que analizan los sismogramas para calcular el epicentro del temblor, de paso estudian las capas de la corteza terrestre que atravesaron las ondas. De esta manera la ciencia ha logrado conocer la estructura de la corteza terrestre en gran parte de nuestro país.

Se cree que los grandes sismos que experimentamos en el Distrito Federal se deben a la acumulación de energía sísmica bajo la costa del Pacífico. La Placa de Cocos, que es la que está en el fondo del mar, va avanzando y se hunde bajo la costa de Guerrero. Antes del sismo de 1985 se había acumulado energía suficiente para un desplazamiento de dos metros bajo la costa de Michoacán: ese brinco de dos metros se desplazó en el temblor.

¿Qué pasa cuando el desplazamiento es menor? En este caso se produce un sismo más débil. Estos sismos débiles son muy frecuentes en nuestro país. En la costa del Pacífico se sienten temblores a cada rato, desde Puerto Vallarta hasta la frontera con Guatemala y más allá. Hay también otra zona sísmica en el Golfo de California, que se extiende hasta la costa norte en Estados Unidos.

Resumiendo, los sismos son rupturas de la corteza terrestre que se producen por los movimientos muy lentos de las placas de la Tierra.

¿Y por qué se mueven estas grandes placas? Poco se sabe acerca de eso, pero los científicos están de acuerdo en suponer que la Tierra está en plena evolución, como un “ser vivo” que crece y respira. La Tierra se formó hace unos 4 600 millones de años, como una gran pelota de gases y polvo cósmico. Luego, al enfriarse, se condensó y se fundió. Al principio se fue enfriando rápidamente y se formó la corteza sólida, luego la atmósfera y los mares. Las rocas nos parecen inmóviles y eternas, pero en realidad se van moviendo muy lentamente y cambiando de lugar. En el interior profundo de la Tierra hay corrientes de magma o roca fundida que circula y que va arrastrando las placas. El motor que impulsa todo este gigantesco mecanismo es el calor acumulado en el centro de la Tierra desde su formación. El magma caliente sube y el magma frío baja. Así, todo el interior de la Tierra se va moviendo lentamente, varios centímetros por año.

Los sismos que se producen en nuestro país año tras año son la prueba de que la Tierra “está viva y se sigue desarrollando”. Pero de vez en cuando se produce un temblor más fuerte que puede causar daños serios en el Distrito Federal. No sabemos cuándo va a ocurrir el próximo sismo, ni qué magnitud tendrá.

## **Intensidad y magnitud de un temblor**

Para apreciar la intensidad de un temblor basta con sentirlo. No se necesita ningún instrumento especial. Pero si queremos medirla, hay hasta 12 grados de intensidad. Un sismo de intensidad 2 apenas se siente, y no por todas las personas. En un sismo de intensidad 4 se mueven los muebles y las lámparas, y hay quienes se marean. A partir del grado 6 se producen cuarteaduras y daños menores en las construcciones.

Pero los científicos prefieren trabajar con otra escala, porque como la intensidad es la fuerza del temblor en cada

lugar específico, su valor depende de dónde esté uno localizado. En cambio, la magnitud tiene que ver con la energía del temblor. Se calcula mediante una fórmula inventada por Charles Richter en 1935, y por eso se llama magnitud de Richter. A diferencia de la intensidad, la magnitud no cambia de un lugar a otro. Por ejemplo, el sismo de 1985 se sintió con intensidad de 8 en la parte baja de la ciudad, pero en la parte alta la intensidad fue solamente de 6. Pero la magnitud fue de 8.1 en el sismo de 1985, en todos lados. Los sismos de magnitud 8 ocurren raramente en México. Un sismo de magnitud 8 tiene una energía que equivale a la de todos los sismos que ocurren en el mundo en un año promedio.

## **¿Dónde está la zona de mayor peligro sísmico?**

En la figura 2 vemos un mapa de la Ciudad de México. La Zona III —la de mayor riesgo sísmico— está claramente señalada. Es precisamente la misma zona que antes cubrían las aguas de la Laguna de México. Va desde la Condesa hasta Texcoco y desde la Villa de Guadalupe hasta Xochimilco. El suelo en esa zona es muy blando: es una tierra de color negro que contiene fibras vegetales de acate, caracoles, y abundante materia orgánica. Es muy buena tierra para cultivar verduras y flores.

Los antiguos pobladores se trasladaban en trajineras y canoas por los canales que había por toda la ciudad, y construían chinampas con ese lodo, que ellos sacaban del fondo del lago. Sobre este suelo los temblores se sienten más fuerte que en las lomas. Un edificio que se encuentre en este suelo se mueve cinco veces más, en un temblor, que otro de las mismas características que se encuentre en las lomas.

Para entender el problema del riesgo sísmico hay que saber en qué parte de la ciudad estamos. Los edificios no se caen fuera de la Zona III, que es la zona del antiguo lago.

¿Podemos protegernos contra el peligro sísmico? Desde luego que sí. Hasta los animalitos del campo saben construir sus madrigueras, y las aves sus nidos, para que no se caigan con los temblores.

Los sismos grandes ocurren muy raramente. La Ciudad de México ha sufrido sismos en toda su historia, pero un sismo destructivo como el de 1985 ocurre solamente dos o tres veces en cada siglo. ¿Cuándo, exactamente? Eso sí que no lo sabemos.

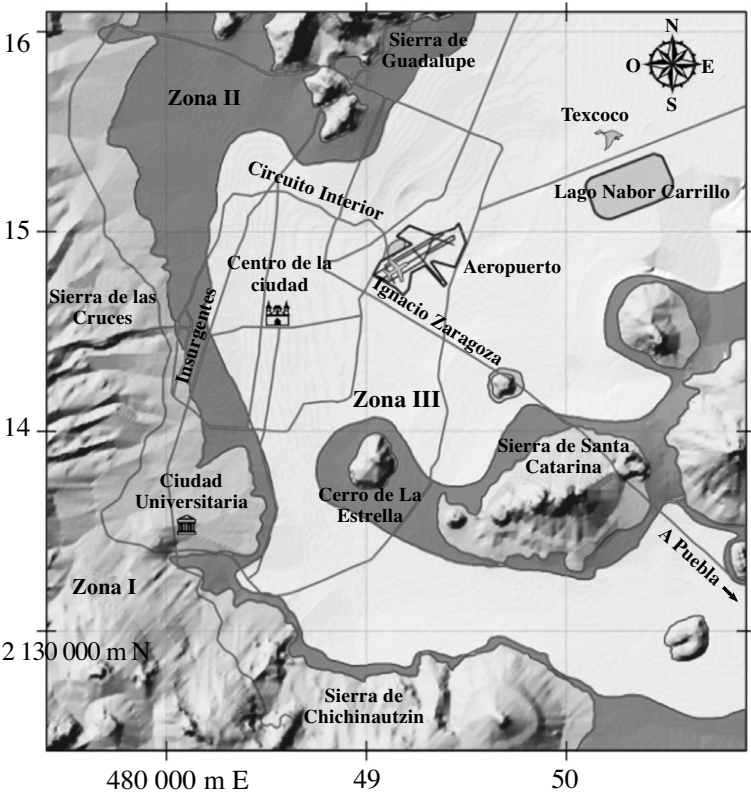


Figura 2. Mapa de zonas sísmicas en el Valle de México.

Pensemos en lo que puede hacerse para prevenir este peligro. El problema es el tipo de construcción. Debe ser adecuada para cada tipo de subsuelo. En muchos países la gente sigue construyendo en forma inadecuada. El 26 de diciembre de 2003 un sismo destruyó la ciudad de Bam, en Irán. Nunca antes había temblado en esa histórica ciudad, y casi todas las casas eran de adobe y de un solo piso, con paredes de casi un metro de ancho y con azoteas de barro muy pesadas. Más de 80% de estas casas se cayeron. El sismo ocurrió como a las cinco y media de la madrugada y murió 43% de la población.

La ciudad de Bam se encuentra en un oasis en medio del desierto. El agua subterránea sube por una falla geológica en el terreno, por eso el subsuelo está húmedo y blando. Los adobes se hacían con esa misma tierra, pero aunque el gobierno de Irán prohibió el uso del adobe en 1999, aún quedaban muchas construcciones antiguas. Éste es un material peligroso, por su mala resistencia a los temblores. El sismo de 2003 tuvo una magnitud de 6.5, que no es tan alta, ya que en nuestro país ocurren sismos de esa magnitud todos los años y no suelen causar daños. En otros países, tales como Costa Rica, el uso del adobe está prohibido desde 1910 y ya no queda ninguna construcción de ese material. Con eso prácticamente acabaron con el riesgo sísmico.

Sin embargo, a partir de 1965 el número de muertos en temblores otra vez empezó a aumentar en todo el mundo. En los países industrializados, como Estados Unidos y Japón, empezó a aumentar la pérdida por daños en sismos. Los sismos de 1994 en Los Ángeles, y de 1995 en Kobe, Japón, fueron los más destructivos de la historia. ¿Por qué ocurre eso? La razón es sencilla: a pesar de los reglamentos sísmicos que tienen esos países desde hace muchos años, no hay control de las grandes construcciones ya que el reglamento no es obligatorio, y menos cuando el propio gobierno es el que construye las obras. Muchas de estas obras se levantan

en subsuelo malo, porque el terreno firme ya ha sido ocupado o el bueno es muy caro. Las pérdidas materiales en California y Japón alcanzaron muchos millones de dólares, pero el seguro pagó todo. En el caso de Japón también hubo miles de muertos, pero nadie se hizo responsable.

Si queremos aprender de estos ejemplos, debemos darnos cuenta que las instituciones de protección civil que se crean después de un temblor son muy útiles, pero no son suficientes. En el caso de la Ciudad de México estamos perfectamente protegidos contra un asalto siempre que estemos frente a la delegación. Hay protección siempre que no exista peligro.

En la Ciudad de México las construcciones de uno, dos y hasta tres o cuatro pisos no se caen en los temblores. Tienen que ser muy viejas y malas para caerse. En nuestra ciudad hay muchos ciudadanos esforzados que construyen sus propias viviendas. Ya no las hacen de adobe; ni quien se acuerde de cómo hacer adobes. Las hacen de tabiques, con buenos castillos y trabes de concreto.

Los edificios que se cayeron en el sismo de 1985 no eran tan malos, pero tenían más de siete pisos de altura y no aguantaron el zangoloteo tan largo y prolongado del temblor. Hay quienes piensan que se cayeron por la extracción de agua subterránea. Pero el bombeo no hace que se caigan los edificios, sólo baja el nivel de la calle. ¿Por qué se caen algunos edificios altos, y no los bajos? ¿Qué tiene que ver la altura? Un edificio es como un péndulo invertido, de cabeza. Se bambolea con el temblor, y a veces hasta con el viento. Si es muy alto se mueve lentamente, y la gente dice que el sismo fue oscilatorio. Si es muy corto oscila con mayor rapidez y dicen que el temblor fue trepidatorio.

En nuestra ciudad los sismos grandes se originan en epicentros lejanos de la costa del Pacífico. Siempre son oscilatorios. Por eso los edificios altos se mueven más que los bajos con el temblor.

## ¿Cómo hacer para que no se caigan?

Hay muchas opiniones al respecto. Unos dicen: no construyamos más edificios altos. Hasta siete pisos es suficiente. Pero en las lomas no se ha caído ningún edificio. Y hasta en la Zona III, que es la zona de mayor peligro, 84% de los edificios quedaron en pie. No se ha caído la Torre Latinoamericana, que tiene medio siglo. No se ha caído la Torre Pemex. Los terrenos en esas zonas son muy caros, y no podemos prohibir la construcción de edificios altos cuando están bien hechos.

Otros dicen: hay que fomentar la cultura sísmica. Todos, niños y adultos, tenemos que estar conscientes de qué es lo que hay que hacer en caso de que ocurra un sismo. Y eso está muy bien. Pero es necesario recordar: sólo hay protección cuando no existe peligro. La cultura sísmica es útil cuando hay seguridad de que la casa no se va a caer. Si el edificio se cae, ninguna cultura sísmica nos va a salvar.

En el Japón existe una gran cultura sísmica. Hay simulacros a cada rato. El 1 de septiembre, que es el aniversario del gran sismo de Tokio de 1923, se realizan simulacros en cada ciudad, en cada pueblo y en cada empresa o institución. Todos participan y se esfuerzan en saber qué hacer. En los lugares públicos, grupos teatrales escenifican cómo tiene que comportarse cada miembro de la familia en caso de temblor. Y, sin embargo, en el sismo de Kobe de 1995 ardieron miles de casas de dos pisos de alto y murieron más de 5 000 personas.

Las casas de Kobe no eran viejas. Apenas 50 años antes, en 1945, habían sido arrasadas en un ataque aéreo durante la guerra, de modo que las casas en 1995 tenían menos de 50 años de construidas. Se supone que habían sido levantadas de acuerdo con el reglamento contra temblores, y eran casitas unifamiliares. Muchas eran de madera, que es un material liviano excelente para los sismos. Pero un brasero o un anafre se vuelca con facilidad y el fuego se propaga de una casa a otra con gran rapidez. Los bomberos no pudieron pa-



sar por los postes caídos en las calles tan estrechas. Durante varios días, la ciudad ardió y la cultura sísmica sirvió de poco.

La lección es muy sencilla. La cultura sísmica es buena cuando la tienen los gobiernos. El sismo es un enemigo que se va a aprovechar de cualquier descuido, cualquier debilidad. Se ríe de los simulacros. Primero tenemos que estar protegidos. Si un país no tiene ejército, es víctima de cualquier vecino. Lo mismo pasa con el temblor. Nuestra defensa contra el sismo es un buen gobierno.

No siempre puede saberse cómo va a atacar el temblor. En la ciudad de Bam no había temblado antes. La ciudad china de Tangshan, el 28 de julio de 1976, fue víctima de un sismo de magnitud cercana a 8. Murieron más de 300 000 personas en medio de la noche. Fue el peor sismo del siglo pasado. Pero China tiene el mejor sistema de prevención de temblores del mundo. Hay una institución de gobierno, el Buró Sismológico de China, que se encarga de predecir los temblores. Los historiadores chinos confeccionaron mapas y listas de los sismos desde siglos antes de Cristo. Sin embargo, no se había registrado ningún sismo en Tangshan, y nadie se imaginaba que una catástrofe de esa magnitud podía ocurrir.

Estamos frente a un enemigo astuto, traicionero. El sismo puede atacar en cualquier parte, en cualquier momento, sin previo aviso. Los simulacros son buenos, pero la parte más importante de la prevención corresponde al gobierno. Toda la construcción tiene que ser a prueba de sismos, en todas partes.

## Mas si osare ...

Después del gran sismo de 1985, el valiente pueblo mexicano se levantó espontáneamente y salió a la calle para salvar gente. Hubo de todo: doctores, albañiles, hasta mineros de Pachuca que se metían entre los resquicios de los edificios derrumbados con sus cascos y sus lámparas. Las señoras preparaban tortas y refrescos para los hombres que trabajaban en los escombros.

La torre de hospitalización del Hospital Juárez fue uno de los casi 400 edificios que se derrumbaron. La mayoría de los pacientes, enfermeras y doctores murieron. A los siete días se celebró una misa frente al edificio destruido, por las almas de la gente enterrada en las ruinas. De repente se supo que habían encontrado un bebé vivo entre los escombros. Entraron otra vez a las ruinas y pudieron salvar a 18 bebés recién nacidos, que se encontraban en la sección de maternidad. Todos fueron adoptados por voluntarios, todos se salvaron. Todos los años, en el aniversario del sismo el 19 de septiembre, se reúnen para celebrar su rescate. Nadie sabía que un recién nacido pudiera sobrevivir siete días en las ruinas de un edificio, sin alimento ni bebida.

Quienes vivimos estos acontecimientos nos dimos cuenta que el temblor era el “extraño enemigo” que menciona nuestro Himno Nacional, y que amenaza a México. Es necesario encontrar la forma de defendernos de este enemigo de una vez por todas, de lo contrario puede destruirnos. Es un enemigo peligroso, diabólico. Nos ataca con un arma no convencional: una onda sísmica superficial monocromática, como un rayo láser, con una duración de hasta cuatro o cinco minutos. Esa onda está relacionada con los suelos blandos de la Ciudad de México, ya que sólo aparece en la Zona III y no en la zona de lomas, y tampoco se había detectado en otros países. ¿Qué hacer?

## Las nuevas armas de la ciencia

La primera acción que se emprendió fue revisar, enmendar y actualizar la Norma Sísmica del Distrito Federal. Esto se hizo en 1987. Pero la nueva norma tuvo el efecto de dar carpetazo al sismo de 1985.

Los expertos que nos visitaron después del sismo de 1985 se quedaron muy impresionados. Les parecía que la terrible destrucción que habían presenciado en edificios diseñados



**Sismógrafo**

y contruidos por ingenieros era única e irreplicable, y que jamás podría ocurrir en sus propios países. No fue así. En 1989 y en 1994 ocurrieron sismos fuertes en California que hicieron tambalear esta idea. En 1995 se produjo el sismo de Kobe en Japón, y desde entonces se han producido otros sismos que afectaron construcciones modernas en otros países. México 1985 fue un aviso, no un evento singular.

Hay expertos mexicanos y extranjeros que suponen que el sismo de 1985 era normal, y que puede explicarse sin recurrir a ideas novedosas. Pero nadie ha logrado explicar la larga duración de la onda sísmica que hace caer a los edificios. Hasta hoy no tiene explicación.

El enemigo prepara una nueva embestida. Habrá que estar listos para recibirlo. Pero no nos encontrará desarmados. Los nuevos edificios de acero que se construyeron después de 1985 y que podemos admirar, por ejemplo, en el Paseo de la Reforma, son mucho más resistentes que los que se cayeron en el último sismo. ¿Qué otra cosa se ha hecho a partir de 1985?

Hay un hecho que pocos conocen. Tiene que ver con lo que actualmente se hace contra los sismos en el mundo. Los ciclones, los tornados y las tormentas tropicales son como gigantes que dan manotazos ciegos al edificio: basta amarrarlo bien, tapar las ventanas y encomendarse a Dios. Pero el temblor es el único desastre que requiere un análisis técnico profundo de las estructuras. El sismo es como un boxeador profesional que busca la debilidad del adversario. Es un enemigo que siempre nos golpea desprevenidos.

Las normas sísmicas son manuales técnicos, que pretenden guiar al ingeniero. No son reglamentos y no tienen obligatoriedad. Son optativos. No podría ser de otra manera, ya que sus recomendaciones más avanzadas sólo son comprensibles para un especialista. Eso es así en todos los países sísmicos del mundo.

Pero el ingeniero no siempre es el que decide. Es contratado. Antes, el dueño del edificio era quien contrataba al

arquitecto y al ingeniero. El dueño podía ser un particular, o un organismo público. Si la obra quedaba mal, el ingeniero se responsabilizaba ante el dueño. Hoy, especialmente cuando se trata de obras públicas, es frecuente contratarlas en paquete. Hay un contratista general que va seleccionando empresas de arquitectura, ingeniería, construcción o lo que sea, a su gusto. Esta modalidad suele ser más económica, pero la responsabilidad se diluye. El ingeniero hace lo que le manda su patrón y cuando se termina la obra, todos se van a sus casas. El contratista también. ¿Quién se hace responsable de las decisiones?

Es que existen normas en todas las profesiones, pero no pueden ser obligatorias. En medicina, lo que era norma habitual hace 50 años ya no se practica hoy. Si queremos una buena atención tenemos que buscar a un buen especialista.

En la Ciudad de México hay edificios antiguos y famosos, como la Torre Latinoamericana o las grandes iglesias del centro de la ciudad. Conocemos los nombres de sus constructores. Fueron grandes maestros en su oficio. Lorenzo Rodríguez nació cerca de Granada en 1704; llegó a México en 1731 y nueve años más tarde alcanzó el título de maestro arquitecto de la ciudad. Construyó el Sagrario Metropolitano entre 1749 y 1767, y fue el autor de otras famosas iglesias coloniales tales como la Santísima, en la calle de Moneda.

La Torre Latinoamericana, terminada en 1956, fue el edificio más alto de América Latina y sigue siendo todavía el más admirado. Ya resistió varios sismos importantes sin daños. Su diseño estructural es obra del ingeniero Adolfo Zeevaert, quien colaboró con el estadounidense Nathan Newmark en la parte del diseño sísmico.

La tradición de los grandes edificios continúa en la actualidad, con la Torre Mayor, edificio de 55 pisos inaugurado en 2003. Está en Paseo de la Reforma y es el edificio más alto de América Latina. Su diseño estructural se debe al in-

geniero Enrique Martínez Romero. Este edificio tiene 96 amortiguadores sísmicos en su estructura.

La Ciudad de México se encuentra a una distancia de más de 350 km de los epicentros de la costa del Pacífico, que pueden alcanzar magnitudes del orden de 8 en la escala de Richter. Los sismos destructores ocurren en dicha zona al menos dos veces por siglo, pero no sabemos exactamente cuándo. Con un cálculo muy sencillo, la vida útil de un edificio es de unos 50 años, es decir, aproximadamente el intervalo medio entre los grandes sismos. Esto significa que es muy probable que el edificio tenga que afrontar un sismo tan fuerte como el de 1985. La probabilidad es de más de 67% según el cálculo de probabilidades, suponiendo que la distribución de los grandes sismos es exponencial.

Con una probabilidad tan elevada, ciertamente vale la pena proteger esos edificios, no nada más contra un sismo promedio sino contra el sismo más fuerte que puede ocurrir en la Ciudad de México. Por eso la decisión de los ingenieros que diseñaron la Torre Mayor fue la más acertada. Los amortiguadores protegen la construcción contra un bamboleo excesivo y pueden superar hasta el más fuerte de los sismos que amenazan a nuestra ciudad.

¿Amortiguar los edificios? Sí, es una buena idea. Un automóvil de cualquier marca suele tener un amortiguamiento de 23% y eso le permite pasar sobre baches y topes sin hacerse pedazos. Los edificios, en cambio, tienen un amortiguamiento de menos de 5% del crítico. Por eso se cimbran y se mueven tanto en los sismos. Si un automóvil puede construirse a prueba de vibraciones, ¿por qué no un edificio? Ésa es nuestra meta. El sismo es un enemigo serio, hasta traicionero, pero puede ser vencido.

# Cinna Lomnitz

Es doctor en geofísica por el Instituto Tecnológico de California. Es investigador emérito en el Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM, donde también es profesor de sismología. En 1995 obtuvo el Premio Nacional de Ciencias, y en 1997 el Premio Universidad Nacional. Es miembro de las siguientes asociaciones: Academia Mexicana de Ciencias, Academia de Ciencias del Tercer Mundo, American Geophysical Union, Seismological Society of America, Unión Geofísica Mexicana y Sigma Xi. Ha escrito importantes y numerosos artículos y libros de sismología.



# LA CIENCIA ES CULTURA

La colección Ciencia de Boleto preparada por la UNAM para el Sistema de Transporte Colectivo, pretende que el público se acerque a la ciencia y la considere parte de su cultura. Quienes se preocupan de no fragmentar el conocimiento piensan que la divulgación de la ciencia de calidad es literatura y es arte. Gran cantidad de investigadores y divulgadores de la UNAM ponen su granito de arena para sacar a la ciencia de los laboratorios y las escuelas y llevarla a los usuarios del Metro. Esperamos que este esfuerzo resulte de su agrado. No sólo puede aprenderse en los salones de clase y universidades, sino también en caminos subterráneos de nuestra ciudad y en movimiento.

## Lee y devuelve CIENCIA DE BOLETO

### SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, la Ciudad de la Esperanza



SISTEMA  
DE TRANSPORTE  
COLECTIVO