

117
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES

UNA NUEVA VISION DE UN MUNDO ANTIGUO.

(La investigación sísmica en la UNAM)

Reportaje.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA COMUNICACION

P R E S E N T A :

CONCEPCION OLIVARES JIMENEZ

ASESOR: DRA. MA. DE LOURDES ROMERO ALVAREZ.



MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE, 1998.

265829

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A Agustín y Josefina
por su cariño*

*A Herbert
por su amor*

*A Luisita
por su apoyo*

*A Victor Arellano
In memoriam*

AGRADECIMIENTOS.

Deseo agradecer a la doctora María de Lourdes Romero Álvarez, su decisión de dirigir esta tesis, su apoyo y entusiasmo. Con la materia *La historia como reportaje* descubrí una faceta creativa del periodismo.

Quiero agradecer al doctor Cinna Lomnitz su paciencia, su confianza en el proyecto y revisión de los aspectos técnicos, como asesor científico y sinodal externo. Al doctor Shri Krishna Singh por explicarme pacientemente su objeto de estudio y compartir anécdotas de ayer. Al ingeniero Federico Mooser por brindarme sus recuerdos y su charla siempre deliciosa. Al doctor Mario Ordañ por compartir opiniones y detalles de su trabajo. Al doctor Francisco Sánchez Sesma el tiempo que me ofreció a pesar de sus ocupaciones. Al doctor Javier Pacheco por colaborar con este proyecto. A todos por reconstruir la presencia de Rosenblueth.

A las profesoras sinodales Carmen Avilés, María de los Ángeles Cruz y Ema Gutiérrez, su atenta revisión y consejos para mejorar la redacción de este reportaje.

Las horas interminables de trabajo en casa, siempre fueron más eficientes gracias a mi familia. Quiero agradecer a mis padres Agustín Olivares y Josefina Jiménez, quienes esperaron pacientemente a que terminara esta tesis. A mi hermana María Luisa por su comprensión y la lectura del primer borrador. Gracias especialmente a Herbert Haiderer por su amor y su apoyo. Siempre estuvo cerca con sus cartas y llamadas telefónicas en el momento más oportuno. (Espero contar contigo para compartir futuros proyectos de vida y de trabajo).

Quiero agradecer también a TV UNAM la oportunidad para desarrollar el trabajo periodístico de y para los universitarios. A Gaby Bustillos, colega y amiga por su entusiasmado apoyo. A Manolo García por su amistad y su interés en animarme con el refrán colombiano "un paso atrás, ni para tomar impulso".

UNA NUEVA VISIÓN DE UN MUNDO ANTIGUO
(La investigación sísmica en la UNAM)

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE I

INTRODUCCIÓN 1

Notas 17

PRIMERA PARTE. DE TEMBLORES, AUGURIOS Y CIENCIA.

CAPÍTULO UNO. 120 SEGUNDOS

1.- 19 de septiembre de 1985 Tenancalco	18
2.- Tepepan	20
3.- Taxqueña	21
4.- San Ángel	22
5.- Malas noticias	24
6.- Instituto de Ingeniería	26
7.- La reunión en la CFE	29
8.- Un vuelo de reconocimiento	30
9.- 20 de septiembre: la pesadilla se repite	32
10.- La conferencia de prensa	33
11.- Copilco	37
12.- La auto acusación	38
13.- ¿Qué pasó?	39
14.- El parteaguas	42.
Notas	44

CAPÍTULO DOS. LA CIUDAD CHINAMPA

1.- El desbordamiento urbano	45
2.- La fundación	48
3.- Augurio funesto	51
4.- La Nueva España	53
5.- Castigo Divino	54
6.- Dogma y ciencia	56
7.- El peritaje de Tolsá	58
8.- El siglo xx: todo cabe en un jarrito	59
9.- ¡Llegó Madero y hasta la tierra tembló!	60
10.- ¡Más altos, modernos y bonitos!	63
11.- La ciencia despeja dudas	65
Notas	67

CAPÍTULO TRES. AFICIONADOS A PREGUNTAS DIFÍCILES

1.- Los científicos	68
2.- Federico Mooser.	69
3.- Emilio Rosenblueth	72
4.- Cinna Lomnitz	74
5.- Shri Krishna Singh	77
6.- Francisco Sánchez Sesma	81
7.- Mario Ordaz.	85
8.- Manos a la obra	86

SEGUNDA PARTE. LOS MISTERIOS DEL SUBSUELO.**CAPÍTULO CUATRO. LOS GRANDES TEMBLORES COSTEROS**

1.- 6 semanas.	88
2.- La clase de historia	89
3.- La corteza terrestre	93
4.- Tectónica de Placas	94
5.- Los sismos mexicanos	95
6.- Las brechas sísmicas	96
7.- La Red de Banda Ancha	100
8.- La fuente de energía	103
9.- Darwin y Lomnitz	104
10.- ¿Porqué son especiales nuestros sismos?	106
11.- La atenuación con la distancia	108
12.- El Servicio Sismológico Nacional	111

CAPÍTULO CINCO. EL VULNERABLE DISTRITO FEDERAL

1.- Archivos de identidad	114
2.- Las 14 fallas de Zoltán	117
3.- Las líneas sísmicas de PEMEX	118
4.- El hundimiento	119
5.- Lomnitz explica los efectos locales	121
6.- Paco propone un modelo matemático	126
7.- Mario se ocupa de los edificios	127
8.- Dime dónde vives y te diré si resiste.	128
9.- ¿Predicción o prevención?	128
10.- Protección Civil CENAPRED	129
11.- El reglamento	130
12.- La Alarma Sísmica	131

EPILOGO. 13 AÑOS DESPUÉS.

Los protagonistas y los retos.	133
--------------------------------	-----

CONCLUSIONES	162
---------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	169
---------------------	-----

1

UNA NUEVA VISIÓN DE UN MUNDO ANTIGUO
(La investigación sísmica en la UNAM)

"¿Qué se produce cuando a los sucesos reales
se aplican las técnicas de ficción?
Nada menos que relatos periodísticos
que pueden ser leídos como novelas"
María de Lourdes Romero.

INTRODUCCIÓN.

¿Por qué un reportaje?

A lo largo del siglo XX hemos sido testigos de numerosos acontecimientos mundiales de una importancia social ineludible: revoluciones, guerras mundiales, huelgas, encuentros deportivos, hazañas tecnológicas y científicas, manifestaciones artísticas y culturales. Los medios de comunicación han cumplido un papel fundamental en la tarea de informar y mostrar los hechos, analizarlos, comentarlos y criticarlos.

En forma paralela el periodismo se ha desarrollado como una profesión intelectual sin perder su carácter casi mítico de "oficio". El periodismo como oficio y profesión posee la característica de convertir en noticia sólo una pequeña proporción de los hechos que suceden cotidianamente en la realidad. Pero no cualquier tipo de hechos, se trata de acontecimientos que involucran el interés general. Sin embargo ¿cómo definir el interés general? Ante la subjetividad de cualquier respuesta, Vicente Leñero y Carlos Marín cuestionan el carácter del interés público.

—¿Lo que le interesa a la gente?

—¿Lo que *debe* interesarle a la gente?

(...)¿Cómo discernir lo que al público le interesa y lo que debe interesarlo? Por subjetivo que sea, el periodismo se ejerce a través de un criterio selectivo que se apoya en factores precisos de interés (1).

Los factores de interés periodístico son, entre otros la actualidad, el conflicto, la expectación, la magnitud, la proximidad y la trascendencia de los hechos. De acuerdo con los mismos autores

Todo material periodístico es información, pero no toda información es periodística. La información periodística transmite información sobre un hecho actual, desconocido, inédito, de interés general y con determinado valor político ideológico. A este hecho se le llama noticia. La noticia es la información de un hecho: la materia prima del periodismo. (2)

Si la noticia es la materia prima del periodismo, el reportaje es algo así como el plato fuerte del periodismo. Todo reportaje parte de una noticia, pero implica la investigación que puede ser más o menos amplia, para encontrar la información que complementará los hechos descritos en los medios de comunicación convencionales: prensa, radio y televisión. El reportaje se enriquece con otros géneros periodísticos interpretativos como la entrevista y la crónica. El resultado, la mayoría de las veces se traduce en un producto informativo que aporta al lector una visión más amplia de un suceso y que permite al reportero hurgar en fuentes adicionales para profundizar su propio conocimiento sobre el suceso y las relaciones que tiene con otros hechos. Al respecto Leffero y Marin caracterizan al reportaje como un género mayor del periodismo.

En el reportaje caben las revelaciones noticiosas, la vivacidad de una o más entrevistas, las notas cortas de la columna y el relato secuencial de la crónica,

lo mismo que la interpretación de los hechos, propia de los textos de opinión. Más aún, el reportaje se sirve de algunos géneros literarios, de tal suerte que puede estructurarse como un cuento, una novela corta, una comedia, un drama teatral. El reportaje permite al periodista practicar también el ensayo, recurrir a la archivonomía, a la investigación hemerográfica y a la historia. (3)

Elegir la realización de un reportaje como tesis de licenciatura de la carrera Ciencias de la Comunicación es la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en varias materias: géneros periodísticos, técnicas de redacción e investigación, la historia como reportaje, literatura y periodismo, formación social mexicana e incluso historia mundial. El reportaje es uno de los géneros periodísticos en el que particularmente me siento más cómoda y con mayor libertad para abordar un tema. Mi intención inicial fue realizar un reportaje profundo que me permitiera investigar en distintas fuentes y mostrar una visión "completa" y "profunda" de un problema social, dado que, de acuerdo con la definición de María de Lourdes Romero, esta técnica

...responde a ciertos requerimientos del lector que ya no se conforma exclusivamente con conocer el hecho, sino que quiere verlo, sentirlo y entenderlo como si hubiera estado en el lugar de los acontecimientos, comprender cómo se concatenan los hechos unos con otros, qué causas los han producido y qué consecuencias se presentarán. La función del reportaje profundo es satisfacer todas estas demandas. El reportero de este tipo de reportajes se acerca al lugar de los hechos, a sus actores, a sus testigos, pregunta; en otras palabras, recopila datos para organizarlos y sistematizarlos, valorarlos y, después, presentarlos a los lectores de tal manera que éstos vean, sientan y entiendan lo que ocurrió, lo que piensan y sienten los protagonistas, testigos o víctimas y conozcan el hecho en su contexto. (4)

La idea del reportaje como tesis de licenciatura se reforzó al conocer las posibilidades periodísticas y creativas que brinda el llamado indistintamente como

Nuevo Periodismo o Periodismo Literario de Creación, al que tuve acceso en el último año de la licenciatura. Los reportajes que entran en esta denominación se caracterizan por el empleo de técnicas periodísticas y literarias en la presentación de la información. Uno de los representantes del Nuevo Periodismo en Estados Unidos ha sido Tom Wolfe. Este autor sintetiza las características de este tipo de reportajes.

- 1) El predominio de la técnica de la construcción escena por escena sobre la exposición narrativa, esta última técnica más propia del periodismo convencional.
- 2) Registro del diálogo en su totalidad, esto implica no sólo recoger las palabras textuales de los personajes sino todos los recursos fónicos de los sujetos de la enunciación, tales como interjecciones, vocablos onomatopéyicos y ruidos.
- 3) La técnica del punto de vista en tercera persona que consiste en "presentar cada escena al lector a través de los ojos de un personaje particular, para dar al lector la sensación de estar metido en la piel del personaje y de experimentar la realidad emotiva de la escena tal y como él la está experimentando".
- 4) El retrato del comportamiento de los personajes en su ambiente, es decir, describir los gestos, los modales y los hábitos; los lugares donde se desarrollan las acciones: el mobiliario de las casas, la decoración; las relaciones que se establecen con las personas a su alrededor: familiares, compañeros de trabajo, jefes, subalternos y, en fin, todos los detalles que pueden existir en una escena. En otras palabras, describir el estatus de la vida de las personas, empleando este término "en el sentido amplio del esquema completo de comportamiento y bienes a través del cual las personas expresan su posición en el mundo, o la que creen ocupar, o la que confían en alcanzar. (5)

En forma semejante, Sebastián Bernal y Lluís Albert Chillón conceptualizan a los relatos no ficcionales producidos por el que ellos llaman Periodismo Informativo

de Creación como textos eminentemente informativos, pero también narrativos, descriptivos y argumentativos, además de que

- a) Rompen, hibridan o "diluyen" los géneros periodísticos tradicionales. Este tipo de relato es difícil de catalogar, la mayoría de las veces se le identifica con el reportaje profundo o explicativo, aunque no sólo reúne las características de éste sino que las rebasa.
- b) No siguen las estructuras de los géneros del periodismo convencional. Las estructuras que adoptan son innovadoras y tan diversas como distintas pueden ser las temáticas tratadas.
- c) Los puntos de vista empleados por el periodista para este tipo de relatos son múltiples.
- d) Se emplea la técnica de la transcripción del diálogo en su totalidad.
- e) Se utiliza la técnica del retrato global del personaje y de su entorno.
- f) Se enriquece el relato acudiendo a las técnicas narrativas propias de la literatura. (6)

El resultado de emplear correctamente las técnicas anteriormente citadas, es un relato interesante con información novedosa que no se conocía o que no se había tratado de tal manera y que invariablemente provoca una nueva visión en el lector hacia el tema tratado. Sin duda este efecto se produce por la mayor libertad con la que cuenta el reportero para narrar y describir los hechos. Sin embargo el estilo híbrido del reportaje informativo de creación, a pesar de contar con una larga tradición en la prensa internacional y mexicana, no ha convencido a los seguidores ortodoxos del periodismo convencional que campea en la prensa, la radio y la televisión.

El periodismo tradicional o convencional confunde interpretación con subjetividad y, por lo mismo, no acepta como válido el que la realidad sea interpretada, cuando efectivamente interpretar no quiere decir subjetividad; ni tampoco la no interpretación implica objetividad, simplemente objetividad y subjetividad son conceptos diferentes de interpretación. (7)

Con la intención de hacer un reportaje profundo o, como también se le ha llamado relato no ficcional, reportaje novelado, reportaje de investigación o reportaje testimonial, tuve que decidir entre dos temas que cuentan con el potencial para elaborar interesantes relatos informativos: los refugiados centroamericanos ilegales que viven en la Ciudad de México y la investigación científica sobre sismología e ingeniería sísmica en la UNAM. Ambos temas tienen como escenario la Ciudad de México y no es casual. Como nativa del Distrito Federal hasta hace 13 años descubrí las dimensiones, importancia, problemas y complejidad de esta gran capital.

En nuestros días existen periodistas que no aceptan los principios de la objetividad positivista y que enriquecen los textos periodísticos con una intensificación de la subjetividad y con elementos que han sido tradicionalmente considerados como propios de la ficción. (...) Esta tendencia, aunque convive con la convencional, sirve de contrapeso para reflexionar sobre la manera más convincente de presentar la realidad con su complejidad y contradicciones. (8)

Tomando en cuenta que "el periodismo no intenta interpretar toda la realidad sino solamente un fragmento de ella, es decir, un periodo", me decidí por investigar y recrear el ambiente científico de un grupo de investigadores en los días que siguieron al sismo del 19 de septiembre de 1985 y al desarrollo de su trabajo en los 12 años siguientes.

El primer paso para la interpretación se presenta cuando el periodista selecciona de la realidad compleja los hechos y los identifica como significativos y trascendentes, dignos de ser comunicados en forma de noticias. (9)

La delimitación del tema del reportaje, además del periodo temporal, precisó de la selección de personajes y escenarios específicos.

Al dar la voz a los protagonistas y proporcionar con detalle las distintas fuentes de información, el reportero no debe aparentar que no existe quien las selecciona, ni debe disimular la manipulación que hace de la información, la cual debe ser entendida, tal y como la efectúa el periodismo crítico, como el inevitable trabajo de selección, corte y montaje que todo narrador efectúa para organizar el material de su historia. (10)

Particularmente me dediqué a recopilar las noticias aisladas sobre las aportaciones teóricas y prácticas a la ingeniería sísmica y a la ingeniería hechas por un grupo de científicos universitarios.

Una vez seleccionado el hecho, la interpretación continúa a través de una serie de operaciones que lo interrelacionarán con su contexto, porque los hechos no se encuentran aislados. Todo hecho está ligado a otros, los que lo originaron y los que él produce. No obstante, la conexión de hechos no constituye en sí misma una "historia", es necesario que esté relacionada con algo o alguien a quien acontezca para que se establezca una coherencia que la convierta en 'historia'. Pero dicha coherencia no se da por sí misma, es necesario que haya una mente —la del periodista— capaz de percibir y comprender. (11)

A raíz del terremoto de 1985 el narrador del relato, que soy yo misma como reportera, descubro en primer lugar mi interés por los sismos, después la ciudad en la que vivo, poco a poco descubro cómo funciona la naturaleza, la corteza terrestre y el origen de los sismos. Pero también tengo la oportunidad de conocer a los personajes que estudian la Tierra, los sismos, el suelo, la resistencia de los edificios y la tecnología para evitar desastres futuros.

Al aceptar abiertamente la parcialidad de los sujetos, el relato no ficcional crítico denuncia la ilusión de verdad y la pretendida objetividad de otros discursos. Pone al desnudo las leyes internas del discurso periodístico tradicional, al señalar que no hay una verdad de los acontecimientos, sino que

ésta es el resultado de las posiciones de los sujetos. El relato no ficcional crítico hace evidente la diferencia entre los sucesos y la realidad de una versión, es decir, entre los hechos y lo que se dice de ellos. (12)

La estructura de este relato no es lineal, cada capítulo constituye una unidad por sí mismo, pero en conjunto se complementan y ofrecen una visión amplia del tema. Cada capítulo parte y concluye en 1985, en el sismo de septiembre y sus consecuencias, narrado con anécdotas, referencias históricas a fin de entender por qué la ciudad ha crecido tanto, por qué es tan vulnerable y por qué ha sido tan difícil su planeación o descentralización.

Considero necesario reconstruir la experiencia personal de los científicos en los minutos previos al temblor y durante el resto del 19 y 20 de septiembre. Las sensaciones, el punto de vista (científico) de cada uno de ellos como espectadores. La presencia de Emilio Rosenblueth es imprescindible en este relato como personaje protagónico de los acontecimientos posteriores al sismo. Rosenblueth murió en 1994, antes de que la idea de este trabajo se imaginara siquiera. Sin embargo Rosenblueth está presente con las referencias y descripciones de sus colegas universitarios.

El lector de estos relatos periodísticos críticos sabe que lo relatado en ellos tiene su referente en el mundo real; por ello, si en alguna ocasión tiene dudas sobre su veracidad, puede acudir al mundo real para comprobar lo dicho por el narrador. Esta posibilidad no se la plantearía el lector del relato de ficción, puesto que su centro de atención está en el mensaje, al que acude por gusto y no por el afán de obtener información para participar en el mundo. (13)

En 1995 la Dirección General de Televisión Universitaria decidió realizar una serie de corte científico, que diera cuenta de la investigación de frontera que se lleva a

cabo en la Universidad Nacional Autónoma de México. Como parte del equipo de guionistas de la nueva serie llamada Reto 2000 propuse la realización de un programa sobre los sismos, a propósito del décimo aniversario del terremoto de 1985. El documental abordó exclusivamente la investigación científica en la materia. En 1996 inicié una investigación que día a día me descubrió un mundo fascinante. En los institutos de Ingeniería, Geofísica y Geología me encontré con un grupo de investigadores de primer nivel con un denominador común: su pasión por los misterios del subsuelo y su compromiso para que sus conocimientos, sus ideas y sus propuestas sean tomadas en cuenta por los encargados de la administración pública capitalina a fin de evitar una tragedia similar a la del 19 de septiembre de 1985.

Realicé dos versiones distintas del guión para el programa. La primera versión tenía una estructura de reportaje televisivo centrado en los problemas que enfrenta la Ciudad de México ante los sismos, la única ciudad en el mundo que se ve afectada severamente por sismos que se producen a más de 300 kilómetros de distancia. La segunda versión, que se convirtió en el guión definitivo del documental, abordó temas generales de la investigación sísmica de manera general, los problemas de la capital se tocaron de manera superficial. El video de 27 minutos titulado "S 8.5" forma parte de la serie Reto 2000 de TV UNAM. A pesar de que no se realizó la primera versión del guión, siempre me sentí más identificada con este contenido, se quedaron en el tintero datos interesantes y sobre todo numerosas preguntas. De esa inquietud surgió la idea de realizar este reportaje como tesis de licenciatura. El problema inicial de cómo abordar el reportaje, la elección de un hilo conductor se solucionó cuando decidí elaborar este relato en primera persona y después de fracasar en un esbozo de narración en tercera persona. Al pertenecer a este relato de forma natural como reportera, encontré una forma de contar los hechos, pero no considero que sea la única.

Efectivamente, la mayoría de los autores de este tipo de relatos periodísticos prefiere emplear como recurso el relato autobiográfico. De esta manera, al coincidir autor, narrador y protagonista, se presenta información de la realidad que permite al lector conocer no sólo quién es el autor, qué siente y qué piensa, sobre los acontecimientos que narra sino también saber cómo obtuvo la información de su relato y si empleó los métodos correctos. Así, el lector tiene elementos para evaluar si es o no adecuado el sujeto de la enunciación. (14)

Me di cuenta que el terremoto del 19 de septiembre de 1985, un hecho noticioso que fue vastamente abordado en aquel entonces, sigue siendo susceptible de convertirse en un amplio reportaje profundo o relato no ficcional. Ya se han escrito varios libros que reúnen los testimonios de las personas que vivieron de cerca esta tragedia como damnificados, heridos, familiares de muertos y desaparecidos, reporteros, escritores, funcionarios y académicos. Sin embargo considero que persiste un hueco, hace falta conocer los testimonios de los científicos universitarios que antes y después del temblor, han dedicado su vida al estudio de estos fenómenos naturales y sus efectos en las construcciones que habitamos. La seguridad sísmica de la Ciudad de México es, a fin de cuentas, un asunto que nos afecta y debe interesarnos a por lo menos 18 millones de personas que vivimos o trabajamos en esta gran ciudad.

¿Por qué los sismos?

La investigación científica tiene objetivos diversos, desde la mera adquisición de conocimiento, hasta la aplicación práctica de tecnología. La sismología y la ingeniería sísmica son disciplinas complementarias que buscan reducir el peligro de vivir en zonas sísmicas. Desafortunadamente la investigación va un paso atrás de la emergencia producida por fenómenos naturales tan impredecibles como son los terremotos.

A partir de 1985 se hizo evidente el conocimiento parcial de las características del suelo sobre el que se construyó la Ciudad de México y, también, la carencia de una infraestructura segura. Se pueden aludir problemas de burocratismo y corrupción pero también se requería mayor investigación básica. A esta tarea se abocaron distintos grupos de ingenieros civiles, geólogos y geofísicos. Inmediatamente después del sismo del 19 de septiembre de 1985 con magnitud de 8.1 grados en la escala de Richter, se iniciaron los trabajos de rescate y reconstrucción de la Ciudad. Enseguida surgieron decenas de preguntas sobre el origen de la catástrofe, entonces se habló mucho del subsuelo blando del antiguo lago de México, de su comportamiento similar al de una gelatina al recibir las ondas sísmicas provenientes de un sismo con epicentro lejano. Se habló también de las placas tectónicas, del permanente movimiento que experimentan cerca de las costas mexicanas del Pacífico, de que los deslizamientos de suelo oceánico bajo la placa continental provocan sismos moderados o intensos que cimbran a la Ciudad de México, a pesar de encontrarse a más de 300 mil kilómetros de distancia. También se habló de los materiales de construcción y los mecanismos de cimentación, de los estudios de suelo y las técnicas de construcción antisísmica. La sociedad exigía respuestas a las autoridades, los medios de comunicación hacían las preguntas a los funcionarios y las autoridades capitalinas se dirigieron a los especialistas universitarios, a los científicos de la UNAM para solicitar información y nuevos proyectos de investigación. La emergencia exigía saber más.

En la Universidad Nacional Autónoma de México se iniciaron distintos proyectos de investigación derivados del peritaje de los edificios dañados, se hicieron estudios más detallados y amplios del subsuelo, se ampliaron las estaciones de monitoreo sísmico, se recopilaron datos y se elaboraron modelos matemáticos de predicción sísmica y sus efectos en diferentes tipos de suelo. A 13 años de la

catástrofe podemos decir, sin temor a equivocarnos, que México ocupa un importante lugar en materia de investigación sísmica en América Latina. Los especialistas mexicanos trabajan de cerca con colegas japoneses, rusos y estadounidenses dentro y fuera del país. Lejos de pensar en una dependencia tecnológica debemos reconocer una forma de trabajo que deriva en avances significativos para la formación de nuevos profesionales y líneas de investigación propias.

Pero ¿quiénes fueron los hombres y mujeres que hicieron esto? En este trabajo me propongo recuperar de los centros de investigación el rostro y la personalidad de un puñado de hombres, de científicos modernos cuyo trabajo diario dentro de la UNAM ha contribuido al desarrollo del conocimiento en un área de la ciencia cuyas aplicaciones prácticas son importantes para el bienestar de la sociedad.

El ingeniero Emilio Rosenblueth es quizá el personaje más conocido del grupo de investigadores que aparecen en este reportaje. Rosenblueth es un personaje mítico por su carácter y su trayectoria, indisoluble una de la otra. Profesor Emérito de la UNAM, Premio Nacional de Ciencias, Presidente de la Academia de la Investigación Científica, Rosenblueth fue además funcionario público, ingeniero civil en activo y maestro de varias generaciones. Rosenblueth supo aglutinar en distintos momentos, de acuerdo con necesidades específicas, grupos de investigadores de primer nivel. En 1985, después del sismo, se conformó el grupo que inspiró este reportaje.

En el Instituto de Ingeniería se desarrollaron distintas líneas de investigación en torno a los sismos. Una de las más importantes es la relativa al modelado matemático de la respuesta sísmica en la Cuenca de México, desarrollada por el doctor Francisco Sánchez Sesma. Esta área es muy compleja ya que trabaja con una cantidad impresionante de variables y se alimenta con una extensa base de datos sobre

frecuencia e intensidad de los sismos, el origen de éstos, la propagación de las ondas a lo largo de distintos terrenos y materiales y en diferente tiempo. El doctor Sánchez Sesma obtuvo en 1994 el Premio Nacional de Ciencias.

El acopio de los resultados de investigación de distintas áreas, ha tenido una aplicación inmediata en la ingeniería civil. En este campo el doctor Mario Ordaz Schroeder, investigador del Instituto de Ingeniería y asesor del Centro Nacional de Prevención de Desastres, cuenta con una buena experiencia en el área de respuesta sísmica de distintos puntos de la Ciudad de México basándose en la micro zonificación sísmica, esto es, el levantamiento de un minucioso inventario que establece los diferentes tipos de suelo y de construcciones que existen prácticamente en cada colonia, cada manzana y cada calle. En 1995 obtuvo la Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el Área de Diseño Industrial.

En el Instituto de Geofísica se realiza la investigación básica sobre sismicidad y tectónica de placas, además es sede del Servicio Sismológico Nacional. Los especialistas del Instituto cuentan con la información más actualizada sobre sismos, sus rangos de intensidad y ubicación dentro de una buena parte del territorio nacional. El doctor Cinna Lomnitz se ha dedicado al estudio de la propagación de las ondas sísmicas y sus efectos superficiales. Su labor ha sido reconocida como Investigador Emérito del Sistema Nacional de Investigadores y se ha hecho acreedor al Premio Nacional de Ciencias 1995. A lo largo de su carrera se ha destacado como uno de los pocos científicos que imprimen un alto sentido anecdótico a la investigación. El doctor Shri Krishna Singh, actual responsable del Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica se ha destacado en el estudio de los sismos de origen tectónico de las costas del Pacífico. En 1995 recibió el Premio Universidad Nacional en el Área de Diseño Industrial. Ha estudiado las brechas de Michoacán, Jalisco, Guerrero y

Oaxaca en las costas del Pacífico, a fin de establecer sus fronteras precisas y los ciclos de liberación de energía y velocidad de desplazamiento de las placas de Cocos y Rivera bajo la placa continental de Norteamérica.

El ingeniero Federico Mooser no es investigador universitario, sin embargo sus aportaciones científicas y cartográficas han sido pioneras y una base ineludible de la investigación de sismólogos e ingenieros civiles de ya varias generaciones. Mooser ha trabajado por más de cuatro décadas con científicos universitarios y funcionarios públicos, su experiencia comprende un fragmento de la historia de la Ciudad de México.

Los investigadores universitarios tienen formaciones y desarrollo profesional diferentes, con historias particulares. Este hecho enriquece el acopio de sus puntos de vista ya que en algunos casos difieren fuertemente y esto muestra el carácter de duda permanente y refutación de ideas que caracteriza a la ciencia y a los hombres de ciencia. La geología está directamente relacionada con el estudio de la sismología. La ingeniería civil mexicana ha tenido que dirigirse a la sismología casi por obligación, pero en opinión de algunos especialistas, continúa dejando de largo muchos aspectos geológicos. La geofísica se aboca al estudio de los sismos, su origen y su propagación. Entre los especialistas universitarios de cada disciplina existen conceptos coincidentes y totalmente contradictorios respecto a la metodología de estudio y la aplicación de los resultados obtenidos en estos últimos 13 años. Quiero mostrar en este trabajo el rostro humano de la ciencia y a sus protagonistas, así como presentar el panorama del estado actual de la investigación sísmica nacional.

En el primer capítulo abordo la experiencia particular de los protagonistas de este relato, la mañana del 19 de septiembre de 1985. A partir de entonces se

reconstruyen los hechos que dieron como resultado informaciones noticiosas y los primeros resultados de una línea de investigación científica que aún hoy continúa.

En el segundo capítulo hago un recorrido histórico por los problemas que ha enfrentado la Ciudad de México ante los terremotos, desde la época prehispánica hasta nuestros días. En forma paralela, conocemos la visión que sobre los temblores y terremotos tenían los antiguos pobladores de la ciudad: las supersticiones, las ideas religiosas, los fenómenos naturales y la ciencia.

En el tercer capítulo conocemos aspectos interesantes de la vida de los protagonistas, los científicos universitarios: Mooser, Rosenblueth, Lomnitz, Singh, Sánchez Sesma y Ordaz. Los hombres de ciencia ¿nacen o se hacen? Contra cualquier pronóstico, el origen de las vocaciones y los objetos de estudio son un elemento interesante y no siempre predeterminado en la vida de los científicos. Por el contrario, el azar o el destino tiene un papel interesante en este relato.

En el cuarto capítulo conocemos las primeras explicaciones al efecto tan destructivo del terremoto. Es una oportunidad para conocer también el origen de los sismos en la corteza terrestre, la dinámica de un planeta en constante movimiento a pesar de su aparente quietud. Las ondas sísmicas, el subsuelo del territorio mexicano, las placas tectónicas, las trincheras y las brechas sísmicas son conceptos usualmente empleados por los sismólogos que aquí encuentran un intento de aproximación sencilla e interesante.

En el quinto capítulo retomo a la Ciudad de México, pero esta vez para conocer los resultados derivados de las investigaciones de los últimos 13 años. Los efectos destructivos del sismo de 1985 y de los sismos que vimos en el capítulo dos se deben

a los fenómenos de amplificación sísmica que se producen en el subsuelo lodoso de la ciudad, a una capa de 30 metros producida por la acumulación de sedimentos en los antiguos lagos. También se presenta un panorama de las labores de protección civil y prevención de desastres.

En el epílogo, me encuentro con los científicos como una reportera universitaria. Tengo la oportunidad de conocerlos y confrontar su personalidad con sus aportaciones. Es una ocasión interesante para hacer una serie de entrevistas de semblanza y conocer sus actividades actuales y sus proyectos futuros. También conocemos a partir de sus comentarios el estado actual de la investigación en sismología e ingeniería sísmica, el interés de las autoridades, de las nuevas generaciones de estudiantes y los retos.

La extensión final de este reportaje se definió cuando la cobertura inicial de los temas previstos estuvo cubierta, sin embargo, debo reconocer que en el transcurso de la investigación surgieron datos, personajes y anécdotas que en algún momento quise incluir al considerarlas pertinentes en este relato. Finalmente tuve que ceñirme a una delimitación necesaria en todo trabajo periodístico y éste es el resultado final. Esta tesis, como otros trabajos de este tipo tienen su origen en notas periodísticas, adquieren la forma física de un libro y con ello pierden su condición efímera. Este es uno de los objetivos de este trabajo y la intención de realizar un reportaje como tesis de licenciatura.

NOTAS

- (1) V. Leñero y C. Marín, *Manual de periodismo* México, Grijalbo, 1987. p. 33-34.
- (2) V. Leñero y C. Marín, op. cit., p. 47.
- (3) Ibid., p. 85.
- (4) María de L. Romero Álvarez, *El relato periodístico: entre la ficción y la realidad (análisis narratológico)* Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, 1995. p.42.
- (5) María de L. Romero Álvarez, op.cit., p.54-55.
- (6) Ibid., p. 59-60
- (7) Ibid., p.11.
- (8) María de L. Romero Álvarez, "El futuro del periodismo en el mundo globalizado. Tendencias actuales" en *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 171, enero-marzo de 1998, p. 167.
- (9) María de L. Romero Álvarez, *El relato periodístico: entre la ficción y la realidad*, p. 64-65.
- (10) María de L. Romero Álvarez, "El futuro del periodismo en el mundo globalizado," p. 169.
- (11) María de L. Romero Álvarez, *El relato periodístico: entre la ficción*, p. 5-6
- (12) María de L. Romero Álvarez, "El futuro del periodismo," p.170
- (13) Ibid., p.170
- (14) María de L. Romero Álvarez, "El relato periodístico como acto de habla" en *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 165, México, UNAM, junio-septiembre de 1996, p. 17.

DE TEMBLORES, AUGURIOS Y CIENCIA.

CAPÍTULO 1.

120 SEGUNDOS . (*)

19 de Septiembre de 1985.

Tenancalco

No tenía ánimos para levantarme. La rutina de todos los días me obliga a despertar antes de las seis de la mañana, aun durante las vacaciones. Me quedé en la cama medio dormida, pensando, más bien imaginando, cómo será mi vida ahora que ya soy universitaria, cómo serán las clases en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Miré el reloj y eran las 7:10 a.m., pegué la oreja en la almohada con flojera, con el ánimo de dormir un poco más. Si me levanto a las 8 tendré suficiente tiempo para bañarme, desayunar y encontrarme a las 10 con una amiga para hacer un "tour" por las tres rutas de camiones que circulan por la UNAM pues quería conocer el camino más corto para llegar a la Facultad. De un momento a otro sentí un movimiento muy fuerte que me arrancó violentamente de la somnolencia matinal.

—¡Está temblando! —oí a mi madre asustada mientras mi padre salía de su cuarto apresuradamente para reunirse con ella.

— Es más fuerte que el del 57. —dijo mi padre muy preocupado—.

No tomé en cuenta su tono de voz porque él siempre exagera todo, sin embargo me gustó saber que era más fuerte que el temblor de 1957 ya que mis padres solían platicar sus experiencias de ese entonces. El temblor de 1957 es un parámetro recurrente que permanece en la mente de mucha gente, tal vez por la caída de la estatua del Ángel de la Independencia desde su pedestal de 36 metros de altura. Puede que

mis padres y otras personas no sepan mucho de grados Richter y la escala de Mercalli, pero sí tienen una idea muy clara de cómo se siente un temblor fuerte. Al menos así había sido hasta esa mañana del 19 de septiembre de 1985. Salté de la cama emocionada, atraída por el rechinado de las bisagras del ropero, una puerta se abría y cerraba violentamente.

—¡Se siente padrisimo! —dije emocionada—.

Me quedé algunos segundos sorprendida por esa fuerza invisible que movía todo a mi alrededor, que me movía a mí misma. Se me ocurrió medir la fuerza del sismo con otros objetos, pero en mi cuarto no se movía nada más. Corrí a la ventana para ver el efecto en los árboles del jardín. Las ramas de los eucaliptos altos y pesados se balanceaban ligeramente. Pensé rápido en fijar mi vista en otra cosa. Mientras mis padres salían de la casa yo corrí hacia su habitación. Su retrato de bodas colgado en la pared se balanceaba violentamente, tuve miedo que cayera y se rompiera el vidrio, pensé en sujetarlo pero recordé que ya había durado mucho tiempo el sismo y me preocupaba que todo volviera a la normalidad de un momento a otro, sin que yo hubiera visto más cosas y objetos moverse a merced de la naturaleza. Corrí hasta la ventana y me asomé para ver la pileta. El agua se desparramaba por uno y otro lado de una forma muy parecida a cuando cargamos dos cubetas de agua colgadas de una vara apoyada en los hombros, el agua en las cubetas se sale por todos lados. Mi emoción era mayúscula, podía escuchar el ruido del suelo, un sonido de rocas frotándose entre sí, un sonido extraño, perturbadoramente extraño. El larguísimo temblor me llevó a un estado de emoción extrema mezclada con miedo, un miedo difícil de explicar, de ese que se siente pocas veces en la vida y que, por lo mismo, se disfruta tanto. Supongo que se trata de la adrenalina.

Tepepan

La fuerza del temblor llegó al D.F a las 7:19 de la mañana y en pocos segundos comenzó a mover el suelo de la capital. En Tepepan, un antiguo barrio de Xochimilco el sismólogo Shri Krishna Singh y sus hijos desayunaban cuando una ligera vibración sacudió su taza de café cuando se disponía a beberla. Se quedó unos segundos inmóvil sin decir nada. Su esposa preparaba el cereal y también percibió el movimiento, colocó las manos sobre la mesa para comprobarlo.

— Está temblando —dijo ella tratando de disimular su temor— ¡Otra vez está temblando!

— Si, es muy fuerte. Vamos todos afuera: niños, afuera. —se apresuró a contestar él.

Singh y su familia se dirigieron apresuradamente al patio. Singh sabía que se trataba de un temblor bastante grande ya que al construir su casa tomó la precaución de instalar un sistema de calibración en los cimientos que impide el balanceo excesivo de la estructura cuando ocurren temblores. Los sismos de magnitud menor a 7 grados en la escala de Richter nunca se sienten estando dentro de la casa. Además la construyó en una de las zonas más firmes al sur de la Ciudad pues Tepepan se erige sobre un terreno de roca volcánica.

— No puedo creerlo; es larguísimo, no termina. —dijo Singh desconcertado—.

No le extrañaba la intensidad del sismo, sino su duración. Como sismólogo sabe que a la Ciudad de México llegan sismos muy fuertes, si lo sintió dentro de su casa, debía ser de una magnitud superior a 7 grados. Le sorprendía que el sismo tuviera un periodo tan largo en el que tuvo tiempo de salir desde la cocina al patio y que continuaran las vibraciones de la tierra bajo sus pies.

Cuando por fin terminó, condujo a los niños hasta la cocina para continuar su desayuno. Los alimentos seguían en la mesa, intactos.

—No se preocupen, seguramente seguirá temblando, es normal, son las réplicas que siguen a los temblores grandes como este. Llegando al Instituto voy a investigar, seguro fue de 8 grados en la escala de Richter.

Singh condujo por Periférico rumbo a Ciudad Universitaria sin notar nada extraño, el tráfico era normal. Tomó la lateral para salir a la Avenida Insurgentes rumbo al norte en un tramo muy corto para entrar al Circuito Universitario Exterior hasta el estacionamiento del Instituto de Ingeniería. No se imaginaba que a unos cuantos kilómetros de distancia la Ciudad se había transformado.

Taxqueña.

Francisco Sánchez Sesma y su esposa salieron de su casa en Iztapalapa poco antes de las siete de la mañana. Ella condujo el Volkswagen sedán rumbo a la UNAM mientras él ordenaba una serie de documentos dentro del portafolios. Paco se encontraría con sus colegas, los ingenieros civiles Emilio Rosenblueth y Raúl Marsal, para asistir a una reunión a las 8 de la mañana en el Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad. Paco estaba muy ocupado en la elaboración de un proyecto que proponía un sistema de evaluación para garantizar la seguridad sísmica de la polémica Planta Núcleo Eléctrica de Laguna Verde.

—Este fin de semana podemos tomar esas vacaciones que te prometí. —dijo él con entusiasmo y seguridad.

—¿Me lo prometes? —dijo ella incrédula—. Desde que nos casamos, hace ya 3 meses no hemos tenido esas famosas vacaciones.

—Claro, después de esta reunión, el trabajo será menos pesado —interrumpió la frase repentinamente—. Ella ni siquiera lo notó.

Al llegar a la altura de Taxqueña, el auto hizo un ligero zigzag. Paco reconoció el movimiento en seguida y se quedó unos segundos callado, como aguzando los sentidos.

—Está temblando, —dijo él finalmente con un tono de gozo en su voz—.

Ella se aterró al oírlo. Detuvo el auto obligada por una fuerte presión en el estómago, una sensación caliente que subió por la garganta hasta quemarle el rostro. Se quedó paralizada aferrada al volante y con los ojos cerrados.

—Bájate, —dijo él emocionado ya desde fuera del auto—.

Ella permaneció dentro, él rodeó el auto de tres zancadas, abrió la portezuela y la ayudó a salir abrazándola para tranquilizarla. Paco buscaba con la mirada las ramas y las copas de los árboles a lo largo de la acera. Estaba realmente fascinado y no lo podía disimular cuando descubrió más referentes del movimiento, los cables y los postes de luz, moviéndose rítmicamente.

—Está largo este sismo ¿de dónde vendrá, será Guerrero? —pensaba él en voz alta—. Ya terminó, vamos, tenemos el tiempo encima, si nos retrasamos Emilio me fusila, si quieres yo conduzco.

Ella no contestó, simplemente se encaminó hacia el lado del copiloto. Subieron al auto y continuaron su camino sin notar las nubes de polvo que se levantaban a lo lejos, por encima de las azoteas de los edificios de Calzada de Tlalpan a varias cuadras de distancia.

San Ángel.

En San Ángel, ese hermoso barrio colonial sembrado de eucaliptos y árboles de pirú que crecen milagrosamente de entre las grietas de las rocas volcánicas, el sismólogo Cinna Lomnitz se preparaba para iniciar el día cuando sintió un ligero

mareo, reconoció enseguida que se trataba de un gran sismo, largo e intenso. La casa se empezó a cimbrar bastante y Lomnitz notó a simple vista que se trataba de la misma frecuencia de movimientos del orden de 2 segundos de periodo. Tuvo que pararse muy bien para no caerse. Pensó que se trataría de un sismo de magnitud de 7 u 8 grados. Cuando el movimiento se detuvo inspeccionó la vieja casona remodelada y descubrió algunas rajaduras. Lomnitz no se inquietó demasiado, se fue con la finta de que en la Ciudad de México no podía pasar nada. Su relación con colegas ingenieros lo mantenía al tanto de las normas de construcción, meticulosamente puestas al día tantas veces, tenía la certeza de que se trataba de las mejores normas del mundo.

Lomnitz pensó más bien en el epicentro. "¿De dónde viene?" se preguntó intrigado mientras apresuró su salida de la casa. De alguna manera sabía que tenía que venir de la costa del Pacífico, lo primero que se le ocurrió fue Guerrero. Antes de salir, hizo algunas llamadas telefónicas a algunos amigos y todos reportaron que estaban bien. Ninguna de las personas con las que habló esa mañana vivía en el centro de la ciudad.

Salió sin demora rumbo al IIMAS, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la UNAM, donde se encuentran los instrumentos electrónicos de registro sísmico que reciben datos de la red de monitoreo RESMAC en las costas de los estados de Colima, Jalisco, Guerrero, Michoacán y Oaxaca, epicentro de los sismos que más afectan al país. Los instrumentos digitales de la RESMAC se desarrollaron enteramente en las instalaciones del IIMAS a sugerencia del propio Lomnitz, con técnicos y tecnología mexicana y constituyeron el relevo, más que necesario, de los viejos sismógrafos del Servicio Sismológico de Tacubaya instalados desde 1910. La delimitación del epicentro y los cálculos para conocer la magnitud del sismo la haría Sing después de cotejar los datos de las computadoras en el IIMAS.

Malas noticias

Cuando llegó la luz a mi casa empezamos a escuchar las noticias. Desde que tengo memoria se escucha "Monitor" de Radio Red en mi casa. Caí en la realidad poco a poco a través de los reportes noticiosos. Jorge Olea con una voz angustiada hablaba del derrumbe de la torre SCOP.

—¿Qué es la torre "escop"? —Pregunté a mi padre todavía en un tono de emoción, aunque con cierto desconcierto—.

—El edificio de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

— ¿Se cayó un edificio con este temblor? —Me pregunté a mi misma en voz alta—.

Sentí un escalofrío que me recorrió la espalda. Mis padres permanecían callados escuchando la radio. Enseguida la voz nerviosa de otro reportero al aire informó de la caída del edificio de Televisa en Chapultepec. La gente que escucha habitualmente el noticiario y que tiene a la mano el teléfono en cabina comenzó a llamar como si fueran corresponsales especiales para decir que otros edificios se habían caído: el Centro Médico, el Hotel Regis, el conjunto habitacional Pino Suárez. Yo intentaba recrear en mi mente la ciudad que decían se había convertido en escombros.

— ¿Conoces el Hotel Regis papá? —pregunté nuevamente con insistencia.

— Claro, cómo no, el Hotel Regis... pero cállate, déjame oír. Volvió a centrar su atención en el reporte del radio y entonces noté su rostro desenchajado y pálido.

— Yo no, no sé cual era el Hotel Regis, ¿en qué calle estaba? —volvía a preguntar en voz baja, mirando esta vez a mi madre quien, a pesar de su temor volvió a entrar a la casa al escuchar las malas noticias de la radio.

Me sentí desilusionada al darme cuenta que se había colapsado una parte de la Ciudad que nunca conocí o que no recordaba. En realidad mi vida ha transcurrido casi en su totalidad en el sur, en Tlalpan. Nací en la Ciudad de México y no tuve tiempo

de conocerla, algunas veces fui al centro con mi madre a comprar mis botas para el baile del 10 de mayo, también mi vestido de primera comunión, mi padre nos llevó, cuando éramos niñas a mi hermana y a mí a ver los adornos luminosos del Zócalo en septiembre y diciembre. Por más que lo intenté no pude imaginar la Ciudad y el grado del daño del que se hablaba.

Salí a la calle temiendo encontrar una casa derrumbada pero no había nadie fuera, todo indicaba un día común y corriente, supongo que los vecinos, al igual que nosotros seguían dentro de sus casas las noticias del radio que informaban del desastre en el centro. Mi casa se encuentra en una zona boscosa en las laderas de la Sierra del Ajusco. El paisaje es verde en su mayor parte, en las zonas altas predominan pinos y eucaliptos, conforme desciende el terreno, la vegetación amarillenta y chaparra surge entre grandes fragmentos de rocas grises. En esta zona pedregosa, formada hace más de dos mil años por la erupción del volcán más joven de la cuenca, el Xitle, comenzó a poblarse intensivamente hace como 30 años. A principios de siglo se instaló la fábrica de papel Peña Pobra, en ese entonces se encontraba en las afueras de la ciudad, ahora algunos grupos ambientalistas y vecinos quieren que se cierre pues ha quedado rodeada de casas, la mayoría de uno o dos pisos. Aquí no hay muchos edificios y los que hay son muy bajos, de 4 o 5 pisos. Puede parecer ridículo pero al escuchar las noticias del desastre por la radio me acordé de esa película de Orson Welles sobre la invasión de los marcianos. Un puñado de hombres crean una histeria colectiva al transmitir por la radio una historia de ciencia ficción sin avisar al público. Por algún momento pensé que todo era irreal, una auténtica y bien lograda ficción. Pensé que las noticias venían de una ciudad lejana, no de la misma en la que vivo, si no hubiera sentido el sismo yo misma, podría imaginar que se trataba de una broma, como la de Orson Welles. Durante varios minutos mi imaginación, estimulada por las crónicas del desastre, recreó un escenario parecido al de Beirut, la capital libanesa destruida

por las bombas de los aviones israelíes. Sentí la necesidad desesperada de apoyarme en la fuerza de las imágenes y recordé la televisión.

-- ¡Debe estar pasando algo por la tele!. --dije a mis padres como si hubiera hecho un gran descubrimiento--. Encendí la televisión, efectivamente ahí estaba Jacobo Zabłudowsky reportando como pocas veces, con la voz entrecortada. Me quedé paralizada al ver las imágenes del edificio de Televisa Chapultepec derribado, como si hubiera sido bombardeado, era increíble. Me sentí avergonzada por mi comportamiento eufórico e irresponsable durante el sismo. Durante casi un minuto sentí una emoción particular, creo que fue una de esas pocas veces en las que se puede disfrutar la fuerza de la naturaleza. Me sentí culpable porque nunca pensé en nadie más fuera de mi casa, me olvidé que la ciudad es muy grande, que existen edificios de varios pisos, que ahí vive y trabaja mucha gente. Mi padre no había salido al trabajo aún, pero ¿y los padres, los hijos, los hermanos, las madres de tanta gente que ya no estaban en su casa?

Instituto de Ingeniería.

La mitad de los capitalinos tenían problemas para llegar a su oficina, fábrica o local de trabajo, otros definitivamente ni siquiera lo intentaban. Sin embargo el sismo no impidió que el ingeniero Luis Esteva, director del Instituto de Ingeniería de la UNAM llegara puntual a su oficina para coordinar la participación de los especialistas en las labores de peritaje y rescate. Luis Esteva es colaborador y colega de Emilio Rosenblueth, ambos son dos de los investigadores en ingeniería sísmica que más participaron en la elaboración del Reglamento de Construcción para el D.F vigente desde 1976.

— Luis fue grande el temblor. —dijo Singh con su acento extranjero—. Intenté llamar a Golden para conocer más rápidamente la magnitud del sismo pero es inútil, seguramente se dañaron las líneas telefónicas.

—¿No tenemos nada nosotros en el Servicio Sismológico Nacional? —preguntó a manera de respuesta Luis en voz baja—.

— A nosotros nos llevará unas tres o cuatro horas determinar una magnitud precisa. —respondió Singh resignado y amplió la explicación—. Nuestros registros están saturados, es imposible hacer una interpretación inmediata, no son del todo claros, el temblor rebasó la banda de registro, fue un temblor muy, muy grande.

Esa mañana, como otras en que los sismos han azotado a la Ciudad de México con una secuela de daños, se suele recurrir al Servicio Sismológico de Golden en los Estados Unidos, cuya infraestructura permite hacer cálculos precisos en un tiempo muy corto.

Lomnitz se dirigió directamente al área donde se encuentran los aparatos del Servicio Sismológico Nacional. Había mucho movimiento. Los noticiarios, funcionarios públicos y particulares saturaron y bloquearon la línea telefónica, todos querían saber la magnitud de terremoto porque ya habían visto sus secuelas.

— Déjame revisar los sismogramas. —dijo Lomnitz preocupado—.

En el pliego de papel enrollado en el tambor del sismógrafo se dibujaban unas líneas delgadísimas y zigzagueantes. Las líneas del terremoto cubrían a todo lo ancho el sismograma, esas líneas que para nosotros no significan nada, indican la magnitud y el epicentro de un sismo. El registro de estos tambores abarca las 24 horas de un día, está dividido en pequeñas líneas a todo lo ancho que corresponden a la graduación de las horas y minutos. El tambor tarda 15 minutos en dar una vuelta completa mientras la aguja entintada del sismógrafo dibuja en forma gráfica el movimiento del terreno.

—¿Vino del Pacífico verdad? —preguntó Lomnitz preocupado—. Singh estaba ahí con un lapicero en la mano haciendo ecuaciones en una hoja blanca, calculando el epicentro.

— Sí, sí... frente a las costas de Michoacán. —respondió Singh después de algunos segundos, mientras se retiraba la pipa de la boca con una mano y se quitaba los anteojos con la otra.

Enseguida Singh se dispuso a preparar el equipo de monitoreo sísmico para salir hacia allá cuanto antes. Reunió los sismógrafos portátiles que no estaban listos y fue necesario buscar a un técnico para calibrarlos. Algunos colegas y estudiantes se unieron a esta tarea. Conforme pasaba el tiempo la tensión aumentó en los pasillos del Instituto, los investigadores llegaban con malas noticias, alguien sacó de un cajón un radio portátil y lo colocó encima de un escritorio, cada vez era más claro que efectivamente había ocurrido un desastre.

Paco llegó al Instituto con cierto retraso. Enseguida se reunió con Rosenblueth y se dirigieron a Periférico rumbo a Chapultepec. En el camino se enteraron por la radio que algunas personas afirmaban que el sismo había durado dos minutos, otros juraban que había sido más largo, de tres minutos. Rosenblueth permaneció callado la mayor parte del camino, sus pensamientos ocultos tras el rostro impenetrable y severo, escapaban a través de frases cortas, en voz baja, apenas audible para sus acompañantes. Rosenblueth y un equipo de expertos fueron los responsables de fijar la Norma de Seguridad Sísmica del Reglamento de Construcción del D.F en 1976. A él se atribuiría la responsabilidad por el derrumbe de los edificios, pero ¿eso era justo, puede un sólo hombre cargar con la responsabilidad total de una tragedia de esa

magnitud? Quién sabe, pero él se sentía profundamente abatido, no podía disimularlo y parecía no intentar hacerlo.

La reunión en la C.F.E.

La reunión en el Museo Tecnológico de Chapultepec sobre la seguridad sísmica de Laguna Verde con las autoridades de la Comisión Federal de Electricidad se realizó como si nada hubiera pasado. Todos los expertos en sismología, geología, energía nuclear y seguridad estaban ahí: Mooser, Rosenblueth, Sánchez Sesma, al pie del cañón. Casi nadie faltó a pesar del fuerte temblor de la mañana, ese no era un pretexto para no asistir a una reunión convocada por el ingeniero Raúl Marsal. Con él nadie fallaba y seguían una disciplina casi militar.

El geólogo Federico Mooser, después de buscar a la hija de la Nana Tita en la escuela y comprobar que estaba bien, se dirigió a su oficina ubicada en la calle Melchor Ocampo. Libros y muestras de rocas estaban regadas en el piso, gruesos tomos de cuartillas encuadernadas y carpetas. No se detuvo siquiera a intentar poner orden porque no quería faltar a la reunión con Marsal. Sin embargo le preocupaba la ausencia de su secretaria, a quien localizó minutos más tarde y comprobó que no había sufrido mayores daños que el susto por el ruido intenso de las muestras y libros que caían y ligeros golpes. Mooser con su característico sentido del humor comentó a sus colegas en la reunión.

— A mi secretaria se le cayeron encima mis informes de geología, gruesos y pesados. Ese ha sido quizá el golpe más importante que han tenido todos mis informes en la vida, cayeron sobre mi secretaria, más impacto nunca tuvieron.

Mooser no se dio cuenta tampoco de los edificios derrumbados, aunque lo sospechaba ya que algunos policías habían comenzado a acordonar varias cuadras del Centro.

La reunión se prolongó hasta el mediodía. Durante la reunión Rosenblueth recibió varias llamadas telefónicas de la Universidad, del DDF, de los medios con consultas y reclamos. Paco y Rosenblueth emprendieron el camino de regreso rumbo al sur y se fueron enterando de más ¡y cada vez más! edificios derrumbados: el edificio Nuevo León en Tlatelolco, el Hospital Juárez, el conjunto habitacional Pino Suárez, otros más a punto de venirse abajo amenazando a otras construcciones, peatones y automovilistas. Las noticias más difíciles de creer son las cifras de muertos, docenas, varias docenas, centenas de muertos y miles de desaparecidos.

Ante la situación de urgencia extrema los ingenieros civiles de la UNAM empezaron a organizarse en brigadas para revisar edificios. Paco estaba aterrado, paralizado por la impresión, se sentía deprimido, se rehusó a ir allá, no se imaginaba a sí mismo frente a las ruinas, le hubiera sido difícil ser útil, coordinar sus ideas y sus esfuerzos. Paco se convenció que su trabajo no estaba en el perímetro del desastre, sino en la búsqueda de respuestas desde lo que él sabía hacer: la teoría matemática y a eso se dedicó al cien por ciento.

Un vuelo de reconocimiento.

Unas horas más tarde Lomnitz consiguió una avioneta con un amigo y voló con su esposa en dirección a la localidad de Lázaro Cárdenas en Michoacán para evaluar la situación en la zona poblada más cercana al epicentro. A Lomnitz le inquietan demasiado los terremotos que se originan en las costas del Pacífico. Después de un

sismo de este tipo pueden formarse maremotos, deslizamientos de tierra o derrumbes de terrenos en las costas.

De camino al aeropuerto se dio cuenta de que había problemas en la ciudad, había un tráfico inusual de vehículos de emergencia. Llegó al aeropuerto por Churubusco, sin encontrarse con edificios derrumbados. Ya desde el aire alcanzó a ver señales de incendios en el centro, cerca de la Torre Latinoamericana. Después se enteraría que se trataba del Hotel Regis. No se inquietó demasiado pues como sismólogo sabe que después de un gran temblor suelen ocurrir incendios por cortocircuito o fugas de gas.

En un par de horas llegaron a Lázaro Cárdenas. Los movimientos violentos de la corteza como este, generalmente provocan la fractura de las tuberías de gas que provocan incendios, pero también se rompen los drenajes y conductos de agua potable, se caen los cables de luz y teléfono. La vía del ferrocarril lucía como una culebra con el hierro serpenteante en algunos tramos. Había varios edificios derrumbados, en la carretera un choque entre varios autos. Lomnitz tomó varias notas y fotografías.

Ya en la noche cuando terminó su jornada de observaciones encendió el televisor y se quedó congelado al ver las imágenes

—¡Híjole, que bárbaro! ¡¿Cómo es posible?!

No podía creer lo que veía y decidió regresar a la Ciudad de México al día siguiente. Como la avioneta que llevaba era grande, pudo darle un aventón a unas personas que querían tener noticias de sus familiares.

Lomnitz volvió a la Ciudad de México, se sentía cansado, deprimido, enojado, como me sentía yo, como se sentía tanta gente esa noche. Para esas horas la catástrofe parecía haber rebasado cualquier pronóstico hecho durante la mañana por la prensa, a pesar de que el Regente Ramón Aguirre y el Presidente Miguel de la Madrid se empeñaban en minimizar lo evidente en las pantallas del televisor. Me olvidé de la cita con mi amiga para visitar la UNAM, por el contrario, me quedé el resto del día

frente al televisor -anclada a una silla pequeña- ante la sucesión de esas imágenes de escombros, polvo, vidrios rotos, varillas, heridos, miedo, llanto y sobre todo impotencia, una absoluta y resignada impotencia ante el poder destructivo de la naturaleza. Tuve miedo de irme a la cama, estuve despierta durante varios minutos, tal vez una hora y media con los ojos abiertos, aguzando el oído, pendiente de escuchar nuevamente el rumor del suelo, el frotamiento de las rocas bajo el piso de mi casa. A cada rato sentía que estaba temblando nuevamente pero el cansancio me venció y me dormí sin darme cuenta.

20 de septiembre, la pesadilla se repite.

Durante la madrugada del viernes tres camionetas de la UNAM llegaron a Zihuatanejo con Singh y sus colegas del Instituto de Geofísica y el Instituto de Ingeniería, después de viajar durante 10 horas por carreteras en malas condiciones. Por la mañana iniciaron la instalación de un sismógrafo en Lázaro Cárdenas. Siempre que ocurre un sismo de importancia y establece se la localización del epicentro, los sismólogos se dirigen hasta ese sitio para medir la intensidad de las réplicas. Colocaron sismógrafos portátiles en un área de varios kilómetros a lo largo de la costa para obtener los registros más precisos y limpios, es decir, sin interferencias y lograr una mejor interpretación y análisis del fenómeno. Estos datos son fundamentales para entender el origen del sismo y conocer con mayor precisión la estructura interna del subsuelo de esa región, pero no sólo eso, también para conocer el tamaño del fragmento de la placa tectónica, que al romperse debajo de la corteza continental produce tal movimiento.

Singh y sus colegas saben que tienen ante sí un fenómeno efímero e irrepetible del estado actual de la Tierra, aparentemente quieta. Se infiere por la intensidad de

8.1 grados en la escala de Richter, que este sismo rompió un área muy grande, y se comprueba con la presencia de varias réplicas que siguen al movimiento inicial que liberó una cantidad brutal de energía.

La mayor parte del tiempo el grupo de científicos avanza por carreteras plagadas de baches. Al atardecer llegan a una estación de la Red SISMEM y se encuentran con una sorpresa fabulosa y terrible. El sismograma mostraba el registro de un sismo muy grande y reciente, pero no era el del temblor del 19 de septiembre de las 7:19 de la mañana, éste se encontraba después de una serie de réplicas del primero, se trataba de un segundo sismo bastante grande. Hicieron los cálculos necesarios y establecieron la hora en que se inició: las 18: 50 horas del viernes 20 de septiembre. El grupo de Singh se imaginó la histeria colectiva en la Ciudad de México, en los edificios que amenazaban con caerse al menor movimiento.

La conferencia de prensa.

En el Instituto de Geofísica se había reunido un grupo de periodistas que buscaban respuestas a múltiples preguntas. El doctor Ismael Herrera se vio sometido a un intenso interrogatorio en una improvisada conferencia de prensa (1).

—Señor, ¿cuál es su nombre y su cargo? —preguntó un joven reportero sin identificarse él mismo ni al medio que representa—.

—Soy Ismael Herrera, director del Instituto de Geofísica... —respondió con un suspiro—.

Herrera es matemático, se ha desempeñado como investigador y funcionario de la UNAM. Durante su primer periodo como director del Instituto de Geofísica a finales de los años 60, se dedicó a reforzar y levantar el nivel de la sismología mexicana. Él invitó a Lomnitz para establecer su residencia en México y hacerse

cargo del Servicio Sismológico Nacional. Ahora, durante su segundo periodo como director en el Instituto de Geofísica, asumió la responsabilidad en convertirse en la voz autorizada para informar sobre las características del terremoto y las acciones que se estaban llevando a cabo en el ámbito de la ciencia.

Las preguntas comenzaron a brotar desordenadamente de entre el grupo de reporteros con la prisa habitual por obtener una versión autorizada del fenómeno y con el genuino ánimo de tranquilizar un poco a la consternada e incrédula población.

— ¿Qué pasó doctor? —se adelantó a preguntar una reportera en un tono enérgico e impaciente—.

— ¿Por qué duró tanto tiempo el terremoto? —dijo otro reportero a gritos, que sonó casi como un aullido—.

Herrera los miró sin saber a quien dirigirse primero. Se disponía a contestar cuando se apagó la luz de una lámpara empotrada en un trípode de aluminio. La oficina quedó en penumbra.

—Órale, ya pisaron el cable...conéctame la lámpara mano. —cantó entre enojado y nervioso el camarógrafo—.

El chorro de luz rebotó sobre Herrera quien al sentirse deslumbrado movió la cabeza con disgusto y permaneció algunos segundos sin mirar a los reporteros, a pesar de que sus preguntas se habían reiniciado en cuanto se encendió la lámpara.

— ¿Se repetirá otro sismo tan fuerte? —volvió a preguntar la reportera ahora más impaciente y sin haber obtenido respuesta a su primera pregunta.

— Por favor, por favor, son preguntas muy importantes todas... —alcanzó a decir Herrera antes de ser interrumpido nuevamente por los reporteros—.

—¿Pueden predecir si sufriremos otro temblor como este? —gritó un reportero bajito levantando su minigrabadora, apenas por encima de los hombros de sus compañeros.

— ...pero así no puedo responder, vamos a hacer esto con orden, por favor, una por una. — Haber, usted señorita, ¿cuál fue su pregunta?

— ¿Qué fue más devastador, la intensidad o la duración del terremoto?

— Definitivamente las dos cosas. —contestó Herrera enfático y con mayor seguridad—. Un movimiento tan fuerte exige demasiado esfuerzo a las construcciones pero el balanceo no lleva necesariamente a su desplome. Seguramente la caída de los edificios se debió a los casi tres minutos que se prolongó el terremoto en la zona más afectada, es decir, en la zona de suelo blando, donde antes estuvo el Lago que rodeaba a Tenochtitlan. Además recordemos que la zona afectada corresponde al antiguo lago, el suelo es muy blando allá...

—¿Sabían ustedes los científicos que un terremoto de esa magnitud podía dañar tanto a la ciudad? —preguntó el reportero bajito—. A cada palabra que pronunciaba se iba abriendo paso entre sus compañeros para acercarse más su diminuta grabadora, empuñándola como una arma a punto de ser disparada.

—Definitivamente no, —respondió molesto Herrera—. ...rebasó cualquier expectativa, además los sismos no pueden predecirse, ni su intensidad tampoco.

— Entonces ¿no saben cuándo se repetirá otro sismo como éste? —insistió nervioso el reportero en un tono de reclamo y cierto rencor—.

— No, eso no lo sabemos. Sin embargo la gente puede estar tranquila porque no creo que ocurra otro movimiento tan fuerte...es decir otro sismo...no tan pronto...

— ¡¿Está temblando?! —gritó la reportera de la primera fila— Todos la miraron sin saber si se trataba de una mala broma o el delirio de la mujer. Ella mantenía la mirada clavada en la lámpara montada en el trípode. Efectivamente, la lámpara comenzó a balancearse y parpadear, el camarógrafo sujetó el trípode con una mano y sin dejar de grabar pero la lámpara se apagó.

— Por favor, tranquilícense, creo que estamos muy nerviosos todos. —dijo un reportero a sus compañeros—. El intento de distraer el temor de los demás, terminó por delatar su angustia y se encaminó a la puerta.

Un sismo azotaba nuevamente a la Ciudad de México, en menos de 36 horas. Nadie podía creerlo, los que parecían más calmados al principio se dirigieron rápidamente a la puerta, todos querían salir al mismo tiempo del edificio. Los recuerdos de los escombros en que se convirtieron hospitales, unidades habitacionales, escuelas y restaurantes se agolparon en la memoria de todos, se imaginaron a sí mismos sepultados entre varillas y concreto. Su actitud no fue otra cosa que el reflejo natural ante la tensión y el miedo colectivo en el que nos sumimos los capitalinos desde el día anterior.

— Parece que sí, es otro temblor, pero no se alarmen ... —intentó decir Herrera—

El movimiento cada vez más intenso dentro de la sala interrumpió la intervención del doctor Herrera y se apresuró a rectificar su respuesta, aunque casi nadie lo escuchó.

— ...se trata de una réplica, debe ser una réplica del sismo de ayer, —respondió—
...aunque efectivamente es una réplica bastante grande. Ya pasó, ya terminó.

La mayoría de los reporteros se marcharon rápidamente, algunos se quedaron ahí a esperar el cálculo de la intensidad. A las 18: 50 horas, con un epicentro en las costas de Michoacán, muy cerca del primer punto se originó un sismo de 7.1 grados en la escala de Richter. ¿Se trataba de un nuevo terremoto o simplemente una réplica de gran magnitud? Un terremoto provoca réplicas que generalmente no son perceptibles para el ser humano, sin embargo una réplica tan grande nadie la esperaba.

Esta vez mi padre no estaba en casa, aún no regresaba de trabajar. Esa extraña sensación que experimenté durante la noche anterior sugestionada por el sismo del jueves se apoderó de mí. Esta vez no tenía dudas del poder destructivo del sismo, esta vez no sentí emoción, ni euforia, sino terror, un terror que se atoró en mi garganta como una piedra y sin pensarlo salí corriendo. Se fue la luz, afuera estaba oscuro y ni siquiera pensé en mirar los árboles, por el contrario, la ausencia de mi padre me desquiciaba, me solté a llorar y recé en silencio, por él. La angustia se prolongó hasta las 11 de la noche cuando finalmente llegó, retrasado por el caos vial, pero nada más.

Copilco.

Ese fin de semana Lomnitz visitó por la mañana a Rosenblueth en su casa en Copilco. La mayoría de los investigadores de la UNAM viven en el sur de la ciudad, en las inmediaciones de la Universidad. Ambos estaban preocupados por los acontecimientos. Cada uno en su área, desde la sismología y la ingeniería civil respectivamente, Lomnitz y Rosenblueth eran los hombres mejor informados respecto a las características de la sismicidad que afecta a la ciudad de México y las características de los edificios edificados en los últimos 40 años.

— Emilio ¿Cómo estás? —dijo Lomnitz en un tono pausado y sereno—.

En ese instante se arrepintió de su pregunta al encontrar a Rosenblueth tan afectado. Estaba en la sala de su casa, con el semblante serio, el ceño fruncido, con los labios secos mordiendo la pipa con disgusto, sus ojos azules detrás de los anteojos delataban que no había dormido bien los últimos días. Era difícil ver a Rosenblueth en esas condiciones, él que siempre mantuvo una personalidad dominante, una fortaleza imperativa e intransigente. Su mirada penetrante y severa miraba hacia un

punto indefinido dentro de la habitación, pero muy fijo en su mente, continuaba escrutándose a sí mismo, preguntándose ¿qué falló?

—Las Normas no funcionaron, —dijo Rosenblueth tristemente—.

Emilio se refería a las normas de construcción sísmica del Distrito Federal reunidas en el Reglamento de Construcción de 1976, que él había contribuido a crear y en cuyas sucesivas modificaciones había intervenido. Se sentía responsable, un peso enorme, superior a las decenas de toneladas de escombros de los más de 150 edificios derrumbados le agobiaba con una insistencia desoladora e insoportable.

— Este fue un terremoto Emilio, imprevisible y bastante largo. —dijo Lomnitz en un tono sombrío.

— Pues este sismo rebasó las normas, produjo una amplificación que pocos edificios con más de siete pisos y además construidos sobre un suelo blando pueden resistir.

Ambos se sentían deprimidos, la conversación era tensa y frecuentemente interrumpida por llamadas telefónicas.

La autoacusación.

El lunes siguiente durante una entrevista para la televisión Rosenblueth aceptó que los ingenieros civiles mexicanos habían subestimado la fuerza del sismo. Las Normas de Construcción de 1976 contemplaban una resistencia óptima ante un sismo como el de 1957. Este acto suicida, pero valiente, tuvo un efecto inesperado ante la opinión pública, la confesión abierta y sorpresiva pareció saciar la necesidad de culpar a alguien por los daños de la ciudad y por los muertos. Con su franqueza Rosenblueth lo había arriesgado todo: prestigio, carrera, futuro, y sin embargo, con esa declaración salvó a la ingeniería civil del reclamo popular. Al no intentar negar su

responsabilidad, el público concluyó que ésta no podía ser muy importante. Los cuestionamientos continuaron en la prensa y la televisión, se buscaron más culpables, pero la urgencia de rescatar a los sobrevivientes, de encontrar a los desaparecidos, postergó los ánimos del castigo.

¿Qué pasó?

Una semana después la Ciudad continuaba desquiciada. Los diarios y los noticiarios informaban del hallazgo de personas vivas que habían permanecido atrapadas entre los escombros durante varios días. La noticia más conmovedora fue el rescate de los bebés recién nacidos bajo los escombros del Hospital Juárez. Su fortaleza y sus ganas de vivir animaron a los miles de voluntarios a seguir buscando entre los escombros.

Singh y su equipo regresaron al Instituto de Geofísica después de permanecer durante toda la semana en las costas de Michoacán haciendo nuevas mediciones de las réplicas de los grandes sismos: el jueves 19 y después el del viernes 20. Obtuvieron material importante para su análisis. Singh no fue a la zona de desastre durante varios meses, ese no era un laboratorio para él. Su labor era otra, entender lo que había pasado a 20 kilómetros de profundidad, entender y explicar las colosales fuerzas naturales que provocaron el rompimiento de un gran bloque de la placa oceánica en su trayectoria de subducción debajo del continente.

En la UNAM las reuniones entre los expertos universitarios y las autoridades del Departamento del Distrito Federal continuaban siendo intensas y... muy tensas, con la presión permanente de la prensa, con el reclamo ciudadano, con la incredulidad todavía en el rostro de los capitalinos, aún los que vivimos en el sur, los que no vimos

nunca un vidrio roto, ni una varilla retorcida, ni los bloques de concreto desmoronados en el pavimento.

Esta era la experiencia más dura por la que atravesaba la ingeniería civil mexicana. El gremio se culpó mutuamente al tiempo que se volcó a participar en los peritajes, la academia, la investigación. Para algunos como Paco, la mejor manera de participar era tratar de entender que había pasado, ante las acusaciones mutuas entre el gremio ingenieril, él respondía que la culpable es la ignorancia, la escasa experiencia de la ingeniería sísmica mexicana, una disciplina muy joven, no había tiempo que perder, "manos a la obra".

El resto de los mexicanos nos dimos cuenta que nuestra memoria histórica es muy pequeña puesto que sismos como éste han azotado a la capital desde siempre. Comprobamos que nuestra capacidad científica es muy reducida, todo esto combinado con la ocurrencia de fenómenos naturales que tiene sus propios ciclos, totalmente al margen de nosotros. Nos quedó la certeza de que la Tierra se mueve así, que es majestuosa y terrible, que nosotros somos totalmente irrelevantes para ella, simplemente una de las especies más recientes que la habitan.

El terremoto marcó a todos de diferente forma. Durante los 5 o 6 años siguientes Rosenblueth, Lomnitz, Singh y Paco se acostumbraron a levantarse cada mañana con un pensamiento fijo "¿cómo ocurrió esto, cómo solucionarlo, por qué los daños aquí y no allá, por qué la duración?"

Rosenblueth es una figura central en este periodo de la ingeniería civil mexicana, de la sismología y también de la tragedia. En los días que siguieron coordinó el Comité de Reconstrucción y varios trabajos de investigación con un destacado grupo de sismólogos e ingenieros civiles de la UNAM.

La deficiencia en el conocimiento de los temblores que pueden afectar a la Ciudad de México en el futuro urgió la necesidad de actualizar el Reglamento de Construcción con base a los daños registrados. Sin embargo el panorama no era tan

sencillo porque para actualizar el Reglamento de Construcción se necesitaban datos que no se tenían, datos que respondan a problemas específicos y no soluciones improvisadas de las autoridades. Era necesario reforzar al Servicio Sismológico Nacional con más estaciones y equipo, rescatar los escasos datos que había hasta entonces dispersos en los institutos de investigación universitarios.

Singh contaba con un elemento a su favor. Los sismogramas del 19 y 20 de septiembre obtenidos a lo largo de la costa eran de buena calidad gracias a las instalaciones de monitoreo sísmico que, aunque escasas, fueron eficientes ya que se basaban en tecnología digital de vanguardia. En el Distrito Federal se obtuvieron registros similares en distintos lugares. La Red SISMEX de la UNAM proporcionó datos fabulosos, que en aquel entonces eran únicos. La red estaba conformada por aparatos muy modernos que miden las oscilaciones provenientes de la costa. Singh estaba satisfecho por la respuesta de esta red "¡un temblor así, tan grande, fue registrado muy cerquita es insólito!" Eso causó gran euforia entre los sismólogos. Sin embargo calcular o predecir lo que podía pasar en el futuro es imposible, ello implica la instalación de más instrumentos de mejor calidad y mejor distribuidos. Era impostergable tener las respuestas más precisas. Se hizo evidente la deficiencia del Servicio Sismológico Nacional para entender rápido un sismo.

En las semanas siguientes se intensificó la colaboración de los distintos grupos que realizaban investigación sísmica en la iniciativa privada, la UNAM y el gobierno capitalino: la empresa constructora ICA, el DDF y la Fundación Barros Sierra destinaron fondos para actualizar y mejorar la red SISMEX.

Los investigadores de los Institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM se acostumbraron a las visitas de la prensa y dieron muchas entrevistas para informar a la población de las características del temblor, sus respuestas eran bienvenidas ya que en esos días de confusión corrieron versiones y rumores por todas partes, declaraciones

contradictorias, datos incompletos, pero comprensibles a fin y al cabo dadas las circunstancias.

El Parteaguas.

El sismo del 19 de septiembre se convirtió en el parteaguas de la investigación en sismología y la ingeniería civil sísmica mexicana. La UNAM centró sus esfuerzos en 9 líneas de investigación prioritarias:

1. Conocer el proceso de ruptura de los segmentos de la Placa de Cocos en el Océano Pacífico, fenómeno responsable de la generación de los grandes temblores mexicanos.
2. Compilar un catálogo de los sismos históricos de México con la descripción de los sismos más fuertes que se han registrado desde la época prehispánica hasta la fecha.
3. Conocer la geometría de las placas tectónicas, es decir, la forma, extensión y dirección de desplazamiento de los bloques de suelo oceánico y continental.
4. Establecer una delimitación de las zonas en donde hay más probabilidad de que se presente un temblor a mediano plazo, conocidas como brechas sísmicas, correlacionando las estadísticas de los sismos históricos de cada región con los ciclos aproximados de ruptura de los segmentos de la placa tectónica.
5. Conocer las características especiales de los grandes temblores mexicanos, es decir, la búsqueda y explicación de rasgos novedosos o inusuales en los sismogramas (diagramas del movimiento del terreno registrados con los sismómetros, aparatos muy sensibles) que aporten datos nuevos sobre sus mecanismo de generación.

6. Conocer mejor la atenuación de las ondas sísmicas con la distancia, estudiando la estructura del subsuelo desde las costas del Pacífico hasta la Ciudad de México, para conocer la forma en que la energía de un sismo disminuye a medida que se aleja del epicentro.
7. Realizar los cálculos para conocer la aceleración máxima esperada en la zona epicentral. Esto tiene que ver con la faceta más teórica de la física de la Tierra, es fascinante por la complejidad de su estudio, cálculo, medición y comprobación.
8. Desentrañar la forma en que se propagan las ondas sísmicas en el DF. Es poco frecuente en el mundo, que una ciudad ubicada a 400 kilómetros de los epicentros sísmicos resienta con tanta intensidad los sismos y sufra semejantes daños.
9. Hacer la estimación del movimiento del terreno en el DF, enfatizando la amplificación de las ondas en la zona blanda del valle ante la ocurrencia de futuros sismos y los riesgos que eso implica para los edificios.

Emilio Rosenblueth, Cinna Lomnitz, Francisco Sánchez Sesma, Shri Krishna Singh y Mario Ordaz Schroeder, aportarían en los años siguientes, respuestas teóricas y soluciones prácticas para disminuir los daños provocados por los inevitables e impredecibles terremotos.

NOTAS

(*) El sismo tuvo una duración diferente para los capitalinos, de acuerdo con el punto geográfico en el que se encontraban dentro del perímetro de la ciudad de México. En los sismogramas del Servicio Sismológico Nacional se registraron hasta 5 minutos de movimiento, aunque la etapa más violenta duró entre 2 y 3 minutos en las zonas de suelo duro y suelo blando respectivamente.

(1) En realidad se trató de una mesa redonda organizada en un estudio de televisión. En esa ocasión se reunieron los investigadores universitarios para responder preguntas del auditorio. La recreación de la conferencia de prensa, retoma la anécdota de la declaración del doctor Ismael Herrera dentro de la mesa redonda televisada.

CAPÍTULO 2

LA CIUDAD CHINAMPA

El Desbordamiento urbano.

El jueves 19 de septiembre de 1985 los capitalinos nos dimos cuenta que vivimos en una enorme chinampa, una ciudad-chinampa. Durante los casi 180 segundos que duró el sismo en las zonas de suelo blando de la Ciudad se cayeron no sólo los edificios mal contruidos, también el maquillaje que durante décadas intentó ocultar la sobre población, la deficiencia de vivienda, la corrupción y el descuido de las autoridades respecto a la administración y el control del crecimiento de la capital del país. Un país con un fuerte endeudamiento externo tras la euforia del milagro petrolero de los 70 y el signo de la austeridad de los 80 marcada por la devaluación del peso y el nivel de vida de 80 millones de mexicanos.

El crecimiento descontrolado de la capital nos obliga al hacinamiento en una zona sísmica de alto riesgo. Las imágenes del Edificio Nuevo León en Tlatelolco son un espectáculo televisivo aterrador que me provoca una punzada intensa en la nariz y un ligero temblor en los labios, automáticamente brotan lágrimas de mis ojos y me doy cuenta que mi boca está completamente seca porque al intentar decir algo, mis labios se despegan con dificultad, apenas alcanzo a emitir un sonido ronco, incomprensible "ahí vivía mucha gente". Era increíble, realmente difícil de creer que el edificio Nuevo León, uno de los más grandes de la Unidad Habitacional de Tlatelolco yaciera derrumbado. Parecía como si antes de caer se hubiera hundido 1 o 2 metros sobre sus propios cimientos. Los primeros pisos apilados como escalones sólo dejan ver las losas de lo que alguna vez fueron pisos y techos, pero no hay ni rastro de las paredes. Los pisos superiores yacen casi íntegros, pero inclinados hacia atrás, sin ventanas, sin paredes. Algunos hombres caminan, sería más preciso decir que gatean

desesperadamente entre los muros grises, otros se ayudan con cuerdas como si fueran escaladores. Después se sabría que en ese edificio murieron 472 personas.

A principios de los años 60 Tlatelolco era un barrio de vecindades donde vivían obreros y comerciantes. La vida giraba en torno a las instalaciones ferroviarias, la cárcel y una activa aduana pulquera. Después todo se demolió para construir la ampliación del Paseo de la Reforma y la Unidad Habitacional Nonoalco Tlatelolco, de acuerdo con un diseño moderno y funcional de los arquitectos Mario Pani y Luis Ramos Cunningham, con la participación de Emilio Rosenblueth.

La ciudad sigue creciendo como una respuesta lógica de sobrevivencia. Durante la transmisión televisiva y radial de las primeras horas del desastre, las autoridades capitalinas reconocieron que la Ciudad de México es una "metrópoli moderna en crisis", donde los asentamientos irregulares en la periferia hacen peligrosamente imprecisos los límites de la zona urbana. Los asentamientos irregulares que conforman los cinturones de miseria en la periferia de la ciudad obtuvieron en los últimos cuarenta años los servicios de luz, agua y pavimento hasta convertirse en nuevas colonias pobres, gracias a la manipulación política de que son objeto los paracaidistas en temporadas electorales.

Mi actitud ante el sismo, debo reconocerlo ha sido totalmente pasiva, no sé que tan positivo o negativo sea pasar tantas horas frente al televisor. De todas formas estoy de vacaciones y puedo darme ese lujo. Esta mañana un muchacho que conocí en la secundaria tocó el timbre de mi casa. Creo que no me reconoció, traía un listón rojo sujeto con un seguro en el brazo izquierdo. Pertenece a una brigada de voluntarios y necesitaba ropa o medicinas, tal vez arroz o cualquier alimento enlatado. Le ofrecí algunas latas y mientras se iba estuve tentada a preguntarle si necesitaba otro voluntario, pero no me atreví. En realidad no me siento capacitada para estar allá. ¿Qué puedo hacer? Ni siquiera conozco la ciudad, no sé como poner una inyección ni consolar a nadie, creo que a la primera dificultad me soltaría a llorar.

Decidí aprovechar el tiempo de otra manera, busqué mi libro sobre *La Formación de la Tierra* de los Grandes Temas Salvat, *Tenochtitlan en una Isla* de Ignacio Bernal y otros. Me propuse conocer la Ciudad de México, el Centro Histórico, las principales avenidas y colonias afectadas por el sismo. Descubrí mi ciudad a través de algunos libros y artículos, pero durante varios meses ni siquiera intenté aventurarme más allá de Félix Cuevas. Inicié mis clases en la Universidad y mi territorio vital se limitó al sur, entre Coyoacán y Tlalpan.

Hasta hoy me doy cuenta de lo grande que es esta ciudad y de la cantidad de gente que concentra. En el *Diccionario Enciclopédico de México*, compilado por Humberto Musacchio descubrí que en el censo de población de 1980 se registraron 30 000 empresas industriales dentro del DF, donde vive el 13.2 por ciento de la población total del país. El DF abarca un territorio de tan solo 1,479 kilómetros cuadrados con una densidad demográfica de 5,971 habitantes por kilómetro cuadrado. Este hacinamiento contrasta con 1,958,201 kilómetros cuadrados del territorio nacional. El prolongado abandono del campo y la economía agrícola, obliga a una densidad de 34.1 habitantes por kilómetro cuadrado. ¿Cómo fue que llegamos a este nivel de sobrepoblación y centralismo?

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) abarca 1,700 kilómetros cuadrados y comprende al DF con sus 16 delegaciones políticas y 21 municipios conurbados del Estado de México: Atizapan de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquiluca, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Los Reyes-La Paz, Teoloyucan, Tlalnepantla y Tultitlán. Los límites de la ZMCM son cada vez más imprecisos ya que las colonias nuevas se levantan de un año a otro en las laderas de los cerros, en zonas minadas, en el lecho seco de antiguos ríos, a las orillas de la carretera o los grandes tiraderos de basura. Vivimos y trabajamos aquí 18 millones de personas.

Un dicho popular mexicano dice "todo cabe en un jarrito sabiéndolo acomodar" y bajo esta idea parece haber crecido la Ciudad de México desde la década de los años 20. Todos cabemos en la ciudad, sabiéndonos amontonar. Sin embargo, el terremoto de 1985 nos demostró lo contrario... y de la peor manera. La sobrepoblación no es un fenómeno nuevo en esta región. Desde hace más de 3.500 años las bondades del clima, los lagos y fauna atrajo a distintos grupos humanos para establecerse provisional o permanentemente en las riberas de Xaltocan, Tlatilco y Tlapacoya, en ese entonces una península de Chalco. Alrededor de unas 15 comunidades locales mantenían intercambio comercial. El paisaje lacustre debió ser hermoso: los lagos circundados por los bosques de las sierras de Chichinautzin y las Cruces con más de 20 ríos y manantiales, más allá los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl, distantes apenas 60 kilómetros desde el centro de los lagos. Este lugar, como dice Ignacio Bernal en su libro *Tenochtitlan en una isla*, representó durante más de 14 mil años una fuente inagotable de alimento para los primeros pobladores.

La fundación

La historia de la Ciudad de México es interesante en muchos sentidos. De acuerdo con la Tira de la Peregrinación, una tribu venida de algún lugar del norte, recordado por la mitología como Aztlán, concluyó su peregrinaje de casi 200 años al llegar a la orilla del lago de México. La tierra prometida de esta tribu no era otra cosa que un islote en el que crecían carrizos y nopales, hábitat por excelencia de serpientes y aves acuáticas. En ese sitio encontraron la señal indicada por el dios Huitzilopochtli: un águila devorando a una serpiente. Desde entonces esta escena típica de la sobrevivencia animal se convirtió en emblema nacional.

La historia la escriben los vencedores y como la tribu que llegó a la zona lacustre se convirtió en un imperio poderosísimo, la fundación de Tenochtitlan se confunde invariablemente entre la leyenda y los mitos. Como Roma y otras ciudades antiguas ¿por qué la Ciudad de México no debía tener una historia fantástica en torno a su fundación? Un pueblo elegido que recibe la señal divina para apropiarse de nuevas tierras. Aunque en este caso se tratara de un reducido pedazo de tierra en medio de un pantano, ya que la región estaba densamente poblada por los xochimilcas, los chalcas, los tepanecas, los chichimecas y otros pueblos. El único lugar disponible para los recién llegados fue un islote pantanoso y plagado de moscos.

Pese a la adversidad del medio, los mexicas construyeron templos y habitaciones rudimentarias empleando varas y fango, únicos recursos disponibles. Al cabo de algunos años establecieron relaciones de trabajo e intercambio con los pueblos vecinos de la amplia zona lacustre de unos 2 mil kilómetros cuadrados. Los 5 lagos: Zumpango y Xaltocan al norte, Texcoco al oeste, Chalco y Xochimilco al sur, con una profundidad de entre 1 y 5 metros, cubría el 20 por ciento de la superficie total de la cuenca. En poco tiempo los aztecas consolidaron su estancia a través de alianzas comerciales y políticas con grupos de toda la región, también sometieron a otros hasta constituirse en un poderoso imperio. Aprovecharon la inmejorable posición de la ciudad en una isla de difícil acceso para sus posibles adversarios. Al mismo tiempo comenzaron a construir templos, monumentos y edificios de gobierno más grandes con tezontle y roca, materiales más duraderos pero también más pesados.

Se encontraron con un problema que 700 años después preocuparía también a los actuales habitantes de la cuenca: la inestabilidad del terreno lacustre. En ese entonces, para solucionar el hundimiento en algunos tramos de las construcciones echaron mano de la tecnología de la época. Clavaron pilotes de madera en el suelo para cimentar los edificios más pesados. Una prueba de ello es la estructura del Templo Mayor con una base rectangular de 100 por 80 metros y 30 metros de altura

ubicado a un costado de la Catedral Metropolitana. A simple vista pareciera que el edificio prehispánico estuviera emergiendo entre sus propias ruinas pero en realidad se mantiene estable, los que se hundien son los edificios coloniales que lo rodean: la Catedral Metropolitana, el Palacio Nacional y el Colegio de San Ildefonso entre otros.

El crecimiento de Tenochtitlan se basó fundamentalmente en la adopción del sistema de chinampas, una especie de islas artificiales que aún subsisten en Xochimilco y Chalco como parcelas flotantes para el cultivo. Los aztecas las emplearon además como unidades habitacionales y basamento para ampliar la superficie del centro ceremonial amurallado. Las chinampas se construían relleno con matorrales y lodo un área rectangular de unos 5 por 10 metros en una zona poco profunda del lago. El terreno artificial se cohesionaba al cabo de poco tiempo con las raíces de los ahuejotes o sabinos, árboles altos y delgados que no hacen sombra a los cultivos, cuyas raíces se entrelazan y así atoran la chinampa al lecho lacustre.

En 1446 el emperador azteca Moctezuma I amplió la estructura del Templo Mayor y con ello las dimensiones de la ciudad flotante de Tenochtitlan. La plaza central sufrió un leve hundimiento provocado por la recarga de los edificios sagrados. En la temporada de lluvias los ríos Popotla, Texcoco, Teotihuacan y Tepeyac que desembocaban en el lago de Texcoco elevaban el nivel de las aguas derramándolas en los amplios canales, chinampas y andadores del centro ceremonial. Para solucionar este problema el rey Nezahualcóyotl, ideó y llevó a cabo la construcción de un dique para evitar los desbordamientos de las aguas salobres del lago de Texcoco sobre las aguas dulces del lago de México. El dique medía 12 kilómetros y cruzaba el lago desde Atzacualco hasta Iztapalapa, según la descripción de Jacques Soustelle en su ya clásico *La vida cotidiana de los aztecas en visperas de la conquista*. Por su parte Moctezuma construyó terrazas para elevar el nivel de la ciudad —que ya medía alrededor de 3 kilómetros por lado— respecto al nivel del lago para evitar las inundaciones. Los aztecas transformados ya en un imperio construyeron canales,

chinampas, albarradones, casas, templos y acueductos como el de Churubusco, que llevaba agua dulce por la calzada de Iztapalapa hasta la plaza central. Los recursos naturales y la organización política permitieron una densidad de población sin precedentes en la cuenca, casi un millón de habitantes.

Constantemente la zona lacustre se veía perturbada por temblores de tierra que desgajaban los cerros y derribaban algunos muros y casas, pero no causaban mucho daño ya que las viviendas eran fabricadas con materiales ligeros. De acuerdo con un estudio realizado por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, los sismos fueron eventos importantes para los antiguos mexicanos. Los registraron con dibujos, representaciones gráficas llamadas glifos, relacionando el movimiento de la tierra con la aparición de una estrella, una erupción del Popocatepetl, nevadas o sequías, eclipses de sol o guerras. Los sismos no eran necesariamente funestos. Se atribuían a que el sol y las estrellas tropezaban en su camino por el inframundo, después de ponerse en el horizonte occidental y antes de reaparecer en el oriente. De acuerdo con las ideas religiosas de los aztecas, el quinto sol, es decir, el quinto ciclo (52 años) de su cronología, acabaría con temblores y con ello terminaría el mundo. Pocos años antes de la llegada de los españoles comenzaron a presenciarse malos augurios, entre éstos, temblores que anunciaban el fin del quinto sol llamado Olintonatiuh, es decir sol de movimiento.

Augurio funesto.

Una fila de canoas delgadas y ligeras como flechas salían de los distintos canales entre las chinampas rumbo a las aguas más profundas del lago. (1) En cada canoa uno o dos hombres tan delgados y morenos que casi se mimetizan con la madera hueca de sus naves, adelantan una vara para hundirla en el fango, apoyando en ella el

cuerpo para avanzar uno, dos metros. Otro grupo de canoas dispersas, cargadas de pescados, charales y ajolotes, hortalizas, legumbres y semillas se dirigen hacia el mercado de Tlatelolco. Los navegantes son ágiles y veloces, sin embargo una serie de olas venidas desde el sur alborotan las aguas del lago repentinamente balanceando sus canoas, empujándolas sin control hasta que chocan unas con otras a pesar de los esfuerzos de sus tripulantes por clavar la vara hondo en el fondo lodoso, en un intento por sujetarse a algo, para no volcarse y caer. Una parvada de aves levanta el vuelo con un alboroto ensordecedor: patos, cormoranes, chichicuilotos, garzas blancas y grises cubren el sol y llenan de sombras a la ciudad.

La furia de las aguas saladas de Texcoco se derrama por encima del dique construido por Nezahualcóyotl. El agua se desliza siguiendo el desnivel natural del lago rumbo a las chinampas, moja los muros amarillos de las viviendas de adobe y deja una línea de sal marcada en el muro. Las mujeres corren llenas de miedo y jalen lo que encuentran en el patio: niños, guajolotes y xolohuizcuincles para entrar corriendo a sus casas. Dentro de la plaza principal, de casi 400 metros cuadrados, algunos incensarios de barro ruedan por las alfardas y escalinatas del Templo Mayor haciéndose pedazos, envolviendo en llamas un estandarte de plumas. Un tramo de la muralla azotada por las olas de Texcoco cae encima de un grupo de hombres. Algunos se levantan y corren, otros lo intentan pero se desploman a unos cuantos pasos envueltos en polvo y sangre. La calma llega lentamente a la ciudad. Aunque la tierra ha dejado de moverse el lago se resiste a calmar sus aguas. Las aves se han ido ya, queda un silencio extraño interrumpido por el quejido de los heridos bajo el muro.

La Nueva España.

Tenochtitlan fue el escenario de una segunda fundación apenas 196 años después del episodio del águila devorando a la serpiente ante la mirada atónita de los peregrinos de Aztlan. En 1521 otra tribu venida de lejos, no de una isla, sino de la península Ibérica, sucumbieron también al embrujo de la Cuenca lacustre de México. Tras derrotar al Imperio Azteca los conquistadores destruyeron los templos piramidales y erigieron sobre las ruinas a manera de cimientos, nuevos edificios con pesados muros, torres, almenas y fosos. Para el nuevo Estado el terreno emergido del lago resultó insuficiente para sus necesidades arquitectónicas por lo que iniciaron una transformación basada en el relleno de los canales con los escombros de templos, monumentos y deidades. La Nueva España se erigió partiendo del trazo urbanístico del renacimiento: una plaza central, la Catedral, las casas reales y el Palacio de Gobierno, combinando los estilos plateresco y mudéjar. En 1525 se habían construido 18 calles de norte a sur y 7 de este a oeste que confluían en 7 plazas. La densidad de población disminuyó por las epidemias y el trabajo forzado impuesto a los vencidos.

Cortes fundó la Nueva España sin conocer los problemas de inundaciones y hundimiento que Tenochtitlan siempre había sufrido. Los primeros problemas de cimentación se iniciaron en 1608 con la construcción del Tajo de Nochistongo, diseñado y construido bajo la dirección de un ingeniero alemán, educado en España llamado Enrico Martínez, para drenar el agua de los lagos. Martínez aprovechó la inclinación natural del terreno construyendo un canal de casi 7 kilómetros hacia el Valle de Hidalgo. El hundimiento consolidó en el terreno artificial los edificios construidos en el centro. Sin embargo esto no fue suficiente para librarse de las continuas inundaciones en las que literalmente se desbordaban las aguas de Texcoco sobre las calles, impidiendo su tránsito a pie. Durante la inundación de 1629 que se prolongó 5 años, las autoridades novohispanas consideraron la posibilidad de trasladar la ciudad a terrenos más elevados como Tacuba o Tacubaya, sin embargo sus

dimensiones, que ya se extendían por el norte hasta Tlatelolco, al poniente hasta San Diego y San Juan de la Penitencia y al sur hasta el antiguo dique de Nezahualcóyotl, representaba un gasto demasiado elevado.

Para los nuevos habitantes de la ciudad lacustre, los temblores fueron interpretados como castigos divinos y la conciencia de algunos encomenderos no podía evadir esta creencia. La Iglesia aprovechó esta circunstancia y San José se convirtió en el santo patrono de los temblores y de la Ciudad de México. Cuando éstos eran más fuertes y destructivos, entonces se recurría a la Virgen de Guadalupe con procesiones y novenarios a los que asistían los nobles y autoridades virreinales. En 1634 un terremoto abrió grietas en la tierra permitiendo la filtración del agua que había inundado a la ciudad durante tantos años. El fenómeno se consideró como un milagro y se realizó una procesión multitudinaria presidida por la Guadalupana, desde el Tepeyac hasta el Zócalo. Los peninsulares y criollos solían medir la duración de un sismo por el número de credos que alcanzaban a rezar durante el feroz movimiento de la Tierra, la intensidad se describía de forma general y subjetiva como un "temblor pavoroso" y adjetivos similares.

Castigos Divinos.

Corría el año de 1582 en la Nueva España (2). La rutina monacal se vio interrumpida cuando algún tiempo después del Ángelus (la oración del mediodía) comenzaron a repiquetear las campanas de la capilla en el convento de Tlacopan. En la huerta un grupo de frailes arrancaban la hierba que en las últimas semanas había crecido alrededor de las hortalizas. Un joven monje sintió un brusco movimiento bajo sus pies y se arrodilló enseguida elevando la mirada a un punto indefinido.

— Dios santo, se mueve otra vez, se mueve la tierra. Credo in Deum, Patrem omnipotentem, Creatorem caeli et terrae....

En un principio nadie se dio cuenta del temblor y miraron extrañados al joven que mantenía la mirada hacia el cielo.

— ...Et in Iesum Christum, Filium eius unicum... —continuaba el monje apresuradamente, casi como un silbido.

El sonido de las campanas en la torre de la capilla era inusual. Pronto la oración del fraile arrodillado quedó opacada con el tañido del hierro seco y sonoro de dos campanas.

— ...natus e María Virgine, passus sub Pontio Pilato... —prosiguió el monje de rodillas en medio de la huerta, con unas hierbas apretadas entre las manos. Fue hasta entonces que el resto de los monjes se dio cuenta que el suelo estaba temblando, ahora con más fuerza. Al poner atención escucharon un ligero rumor proveniente de algún sitio bajo el terreno cultivado de la huerta. Era un sonido desconocido de rocas frotándose entre sí, un rumor seco y ronco. También ellos se pusieron de rodillas y se unieron en coro a la plegaria.

— ...Credo in Spiritum Sanctum ... Ecclesiam Catholicam... En un abrir y cerrar de ojos la huerta estaba llena de frailes, que habían salido corriendo del convento.

— Salgan, salgan que se viene abajo, gritaba el guardián dando grandes zancadas hacia la huerta.

— Mire señor las torres,— señaló el guardián. ¡Se inclinan más de dos varas, van a venirse abajo, cómo hacen sonar las campanas!— gritó llevándose las manos a las orejas como si la cabeza fuera a estallarle.

Antes de terminar el credo el suelo dejó de moverse y las campanas enmudecieron aunque continuaban moviéndose lentamente, sin que el pesado badajo golpeará sus paredes internas. Los frailes se pusieron de pie lentamente con la expresión en el rostro de haber presenciado un milagro, mirándose uno a otro al tiempo que se santiguaban y esbozaban una sonrisa tímida y disimulada.

— In nomine Patris, et Fili, et Spiritu Sancti.— se santiguaron al unísono.

Enseguida regresaron a su trabajo en la huerta. Con su habitual resignación monacal tomaron el azadón y siguieron limpiando la huerta, separando los pastos largos de las calabazas y cebollas.

De las casas más cercanas al convento salieron algunas mujeres y se reunieron en el templo. Llevaban en las manos cruces de madera y medallas.

— La tierra va a abrirse uno de estos días. —dijo en tono de reproche y rencor una mujer vieja de intensos ojos azules y cabellos blancos atados con un peine negro.

— En España no suceden estas cosas. —respondió otra más vieja.

—Estamos tan lejos de Dios que ya nos ha abandonado en esta tierra ambicionada y maldita. —hizo una seña con las manos, como una cruz sobre su rostro y siguió de largo sin entrar a la capilla.

El resto de las mujeres cruzó la puerta arrastrando los pies en las losas cubiertas de polvo caído como una lluvia ligera desde la cúpula, sin que ellas lo notaran. Esa misma tarde se inició el novenario a San José para pedirle a Dios que apaciguara su enojo.

Dogma y Ciencia.

Los temblores siguieron azotando con cierta frecuencia a la Nueva España y la Iglesia continuaba capitalizando cada temblor, sobre todo los más fuertes y desastrosos con actos religiosos públicos y ofrendas. Sin embargo algunos hombres de ciencia comenzaron a divulgar las causas naturales a las que atribuían estos fenómenos. Sahagún de Arévalo recordó la teoría de Aristóteles a raíz del temblor del 16 de marzo de 1729, que "el calor del sol engendraba gases en el interior de la tierra, que al inflamarse junto con minerales combustibles, provocaban o bien erupciones volcánicas, o bien temblores de tierra". Esta descripción deja claro que los sismos comenzaban a ser observados con mayor detenimiento, describiendo sus características

de duración, intensidad, fecha y hora de su ocurrencia, así como otros fenómenos naturales, presumiblemente asociados como lluvias y tormentas. En 1792 se creó el Real Seminario de Minería (su sede definitiva fue el Palacio de Minería construido entre 1799 y 1813), institución que impulsaría el estudio de la geología mexicana y cuya sede sería más tarde el palacio de la calle de Tacuba diseñado por el arquitecto Manuel Tolsá.

A principios de 1800 las descripciones "científicas" de los sismos son ya más objetivas, apoyadas en aparatos que intentan registrar sus características. Las ideas evolucionistas de Charles Lyell, considerado como el padre de la geología moderna y posteriormente, de Charles Darwin, a su vez padre de la teoría de la evolución de las especies, comienzan a influir a la ciencia mexicana. Los terremotos y movimientos menores se convirtieron en un laboratorio de observación científica.

Los editores de las gacetas y diarios de la capital del México independiente publicaban descripciones curiosas, todavía subjetivas, pero más precisas sobre las características de los temblores. La prensa tuvo un efecto favorable para los naturalistas que los registraban. Gracias a la prensa se conocía rápidamente que en una misma fecha un temblor muy fuerte se había sentido en Oaxaca, Guerrero y la capital. Los testimonios de los testigos diferían en cuanto a la hora de inicio, duración e intensidad, pero estos datos impulsaron la formulación de hipótesis interesantes. "¿Los sismos ocurren simultáneamente en distintos puntos o se propagan tardando varios minutos de una ciudad a otra?" La observación y registro incluye en esta época la dirección en la que llegan y se van los temblores, de oriente a poniente o de norte a sur, se aventuran las características de trepidatorio y oscilatorio, de primera, segunda y tercera clase, según su intensidad y duración.

El peritaje de Tolsá.

La calle de Tacuba inundada del sol matinal de marzo y el gentío de comerciantes, aguadores y carruajes, demoraron la llegada del maestro Tolsá a la obra que dirigía: la construcción del Palacio de Minería (3). Impaciente bajó del carruaje y continuó la última cuadra a pie con pasos apresurados, mirando a ratos hacia la banqueta empedrada y resbalosa. Eran casi las nueve de la mañana del sábado 8 de marzo del año 1800. Apenas cruzó la fachada del edificio aún inconcluso, el ruido de la calle se quedó afuera reemplazado por los sonidos familiares del cincel golpeando la roca, el contacto de las palas con la grava y la mezcla con arena y agua. Decenas de peones iban y venían, subían y bajaban por tablas perpendiculares de un nivel a otro llevando en sus hombros bloques de piedra o cubos con mezcla. Tolsá buscó entre los peones a sus supervisores y asistentes. El patio principal se llenó de un rumor que terminó por opacar la sinfonía de cinceles y martillos. Un temblor bastante fuerte hacía crujir las paredes del edificio, las vigas y los andamios. Él se quedó mirando las columnas, las escaleras y los barandales inconclusos del piso superior, con el temor de verlos caer de un momento a otro.

En otros puntos de la ciudad las cosas eran distintas. El acueducto de Chapultepec comenzó a balancearse peligrosamente, el agua se desparramaba a uno y otro lado mojando a la gente que se encontraba cerca. Corrían asustados, no por el repentino baño de agua fría, sino porque el acueducto se había convertido en una serpiente gigantesca que agitaba su cuerpo con movimientos violentos, hasta que reventó con un estruendo de escombros y agua que caía como una cascada.

En otros puntos de la ciudad algunas iglesias perdieron los adornos de la fachada, largas y anchas rajaduras atravesaron los muros desde el piso hasta las cúpulas. Las imágenes de los santos bailaban en sus pedestales antes de caer al piso y quedar con los brazos y las manos amputadas, degollados y cojos. En el Hospital de Jesús los enfermos que pudieron hacerlo se levantaron por su propio pie y salieron al

patio ayudados por las monjas, los otros enfermos se encogían entre las sábanas cubriéndose el rostro con las manos unidas en una plegaria.

El temblor llamado como el terremoto de "San Juan de Dios" fue uno de los más fuertes en los últimos años y el primero del siglo XIX. Las autoridades virreinales recomendaron a la gente regresar a sus casas y despejar las calles, plazas y parques. Se nombró una comisión de peritaje formada por la Junta de Policía, jueces de cuarteles mayores de la ciudad y algunos arquitectos entre los que figuraba el propio Tolsá. El resto del día la Comisión visitó iglesias, conventos, colegios, hospitales, cuarteles, garitas, casas particulares, acueductos, puentes y atarjeas, hicieron observaciones minuciosas y anotaron los detalles de los daños. En sus notas había también números y cifras de presupuestos para la reparación de los edificios públicos y privados.

El siglo XX: todo cabe en un jarrito.

A finales del siglo pasado se concluyó la construcción del Gran Canal del Desagüe iniciado en 1824. Esta obra de 47 kilómetros de largo se construyó a 2 metros de profundidad con una inclinación que permitía la salida del agua por el efecto natural de inclinación del terreno, acelerando la desecación de los lagos. En 1910 la cuenca ya se había transformado en un valle artificial con una población ligeramente menor al medio millón de habitantes. La ciudad cuadruplicó su territorio, los arquitectos construyeron hermosos palacios estilo francés que dieron nuevos aires al rostro de la Ciudad: el Palacio de Comunicaciones, el Correo Central, el Monumento a la Independencia y el Palacio de Bellas Artes entre otros. Se remodeló el Paseo de la Reforma y se construyeron amplias avenidas con camellones arbolados para nuevas colonias: la Roma, la Condesa, la Cuauhtémoc y la Juárez .

Durante este periodo se "consolida una tendencia de segregación urbana que continúa hasta hoy: las colonias acomodadas se distribuyen hacia el sur y el poniente; los barrios de los artesanos, obreros en las zonas de Vallejo, Naucalpan y Azcapotzalco, los desempleados quedan al norte y al oriente, (donde los acompaña el único edificio público del Porfiriato levantado allí: la Penitenciaría)", el Palacio Negro de Lecumberri. El nuevo rostro de la Ciudad provocó nuevos hundimientos y en poco tiempo el drenaje quedó al nivel de la calle provocando nuevas inundaciones. En 1824 cuando se designó a la Ciudad de México como sede de los poderes políticos, algunos diputados propusieron el cambio de sede a la ciudad de Querétaro pero el diputado Servando Teresa de Mier se opuso y tras un intenso debate se decidió dejarla en la cuenca, una zona que ya había demostrado a lo largo de varios siglos su vulnerabilidad ante los grandes temblores.

¡Llegó Madero y hasta la tierra tembló!

La agitación de ese día se fue apagando poco a poco conforme cayó la noche. Algunos trasnochadores se entregaron al disfrute de la noche tibia de ese 6 de junio de 1911. Tenían un buen motivo para celebrar (4).

— A la salud de la entrada triunfal de Madero a la capital. —gritaba ya ebrio un hombre vestido con una camisola gris al tiempo que levantó su copa y sin mirar a los hombres que lo acompañaban giró su botella entre los dedos y se la llevó a la boca.

— Salud compadre, mañana estaremos en primera fila para recibir a Madero. — le respondió con un tono menos ebrio uno de sus acompañantes.

La tensión de los días anteriores parecía, repentinamente, como cosa del pasado. Todo era alegría en las calles. Un grupo de muchachos continuaba pintando en las bardas de adobe las mismas dos palabras que ya habían pintado a lo largo de la

ruta planeada para el desfile de la comitiva "¡Viva Madero!". Hacia dos semanas que el general Porfirio Díaz había renunciado a la presidencia.

En la cantina quedaban ya unos cuantos revolucionarios adormilados. Dos muchachas reían en la puerta después de despedir a su acompañante de las últimas horas de la noche. Pedro, el cantinero llamó a las muchachas con enfado. Ellas fingieron no escucharlo y salieron entre risas y alboroto. Eran más de las 4 de la mañana y pensaban dormir un poco para no perderse el desfile. Apenas les dio tiempo de caminar una media cuadra cuando las campanas de varios templos comenzaron a sonar. Aunque pasaron varias horas en la cantina bailando con los clientes no habían bebido casi nada y el movimiento que sentían no venía de su imaginación ni de ninguna borrachera.

— Marcela, Ramona ¿dónde están mujeres? — gritaba Pedro al salir corriendo en medio de la madrugada.

— Aquí estamos Pedro ¿qué pasa? — dijo Marcela casi llorando.

— Quitense de ahí, esa barda está tronando, ¡oyen, oyen como rechina! — apenas terminó de decir esto cuando la pesada barda de adobe se dobló como una penca de maguey y se desplomó sobre las mujeres.

Otro estruendo llamó su atención, el techo de la cantina se cayó y comenzó un incendio. De un momento a otro la gente había invadido la calle, unos iban y otros venían.

— ¡Se cayó el cuartel! — decía un muchacho asustado—. Hay muchos muertos, vamos, vamos a ver. Los agarró durmiendo el temblor a los soldaditos.

Efectivamente, en la esquina que formaban las calles de Rivera de San Cosme y Mejía se encontraban los dormitorios del Tercer Regimiento de Artillería. Cuando Pedro llegó a San Cosme se encontró con varios cadáveres sobre la banquetta. Eran muchachos muy jóvenes vestidos con playeras y calzones blancos, descalzos y amoratados, con el cabello cubierto de cascajo. Pedro se quedó ahí hasta que

amaneció y contó los cuerpos: 30 soldados y 7 mujeres. Se acordó de sus amigas Marcela y Ramona y corrió a buscarlas. Él no las vio correr pero tampoco escuchó sus gritos. Al regresar a la cantina, con la luz del día se dio cuenta de otros derrumbes. La gente deambulaba aturdida con ropa de cama todavía. La cantina se había quedado sin techo pero las paredes estaban firmes. Pedro ni siquiera intentó entrar, se dio la vuelta y se dirigió hacia el Zócalo. Allá se encontró con Marcela y Ramona.

-- ¿Dónde estaban? -- les reclamó Pedro.

-- Corrimos y corrimos hasta llegar aquí. --dijo Marcela con voz cansada.

-- Corrimos en medio de la calle, se cayeron muchas bardas. Lástima, con lo bonitas que habían quedado bien pintaditas. ¿Ahora cómo vamos a recibir a Madero? --se apresuró a decir Ramona.

-- Olvidate de Madero, este temblor estuvo muy feo, hay muchos difuntos.

-- Olvidate de los difuntos, ¡ahí viene Madero! ¡Viva Madero! -- respondió Ramona agitando un pañuelo blanco al paso del coche en el que un hombre joven y bajito, de aspecto tímido y educado respondía a los vitores con la mano extendida.

Días después, el lunes 19 de junio Pedro, Marcela y Ramona se reunieron en la puerta principal del Gran Cine Juárez para ver los 1,500 metros de película, que por único día se exhibiría de "los efectos del temblor en la Ciudad de México" y por tres tandas de 15 centavos, verían además "El viaje triunfal del jefe de la Revolución Don Francisco I. Madero". Madero leyó un detallado informe del temblor realizado por el director del Instituto Geológico, don José Guadalupe Aguilera de acuerdo con los datos obtenidos del recién instalada Estación Sismológica Central de Tacubaya y sus sismógrafos. A continuación se reproducen dos fragmentos de dicho informe. "La agitación sísmica según esos registros duró de las 4 h 26 m 40s. a las 4 h 41 m 25s. de la mañana, siendo sensible al hombre unos 50 segundos en el Distrito Federal... Como el choque resentido en los aparatos de Tacubaya fue tan fuerte, no

pudo estimarse debidamente la distancia del foco, y se calculó erróneamente la de 191 kilómetros, pero los seismos (sic) subsecuentes dieron lugar a un cálculo de 450 a 513 kilómetros". Nadie suponía entonces que en la costa de Michoacán, donde se originó este temblor, en 1985 ocurriría otro con resultados menos afortunados.

¡Más altos, modernos y bonitos!

Ya desde 1905 un grupo de geólogos encabezados por José Guadalupe Aguilera logró el ingreso de México a la Asociación Internacional de Sismología. Uno de sus compromisos como miembro consistía en la instalación de un Servicio Sismológico Nacional. En 1910 se inauguró la Estación Sismológica Central de Tacubaya y las estaciones de Oaxaca y Mazatlán. Posteriormente se amplió la red a las ciudades de Mérida, Guadalajara, Zacatecas y Monterrey. La sismología se desarrollaba con un nivel de primera y a la vanguardia con instrumentos de monitoreo modernos. La labor científica no se limitó al registro de los sismos y su origen, también se inició la investigación e interpretación de los procesos terrestres que originan.

Después de la Revolución el Instituto Geológico se orientó a la geología aplicada, relegando a un segundo plano la investigación sin fines prácticos inmediatos. Los mayores recursos y esfuerzos de la geología se destinaron al estudio casi exclusivo de la minería y la extracción petrolera, prioridades del nuevo modelo económico del país. Durante 4 décadas la Ciudad continuó creciendo sin conocer o soslayando la inestabilidad de los terrenos sobre los que se erigían edificios cada vez más altos. Tal vez este sea uno de los motivos por los cuales los edificios antiguos del centro de la ciudad resistieron más que los modernos durante el sismo de 1985. Pero no hay que descartar el hecho de que los edificios más antiguos del Centro Histórico han tenido

más tiempo para asentarse mejor en el suelo blando de las antiguas chinampas, conforme la ciudad se ha hundido a lo largo de 450 años. Obviamente la resistencia de sus cimientos y muros es distinto al de los edificios modernos construidos a partir de los años 30 que son más altos y esbeltos y tal vez están mejor construidos.

En esa época se adoptaron estilos arquitectónicos importados de los Estados Unidos, concretamente de Nueva York donde cierto tipo de estructuras de acero y concreto armado son eficientes y seguras en un suelo rocoso como el de allá, pero totalmente inseguras si se construyen en un suelo blando. Entre 1920 y 1940 la población del DF creció de 906 mil a 1 millón 757 mil habitantes. También extendió su territorio a La Piedad, Mixcoac, Popotla, Santa Julia, Tacuba y Tacubaya. De 1930 a 1960 se construyen escuelas, hospitales, edificios de oficinas y de habitaciones, cines y tiendas de estilo funcionalista. En 1950 aún había dentro de la Ciudad ranchos, haciendas y ejidos que representaban un 21 por ciento del perímetro del D.F. En los años siguientes se fraccionaron para urbanizar las colonias Anzures, Chapultepec y Polanco. Se acortaron las distancias del centro hacia Xochimilco, Tlalpan, Coyoacán y San Ángel. Los lagos abarcaban únicamente 13 kilómetros cuadrados. El movimiento urbanista, encabezado por el arquitecto Mario Pani se concretó en la colonia Hipódromo, las Lomas, el Pedregal, Ciudad Satélite, Ciudad Universitaria y los Multifamiliares Alemán, Benito Juárez y Nonoalco Tlatelolco.

De 1930 a 1970 se construyeron casi 600 nuevas colonias, la población aumenta de 1 millón a 7 millones de habitantes en el DF, que se convierte en "la gran patria de exiliados, buscafortunas, osados y nómadas que provienen de todos los rincones y todas las clases del país y que encuentran, sin necesidad de antesalas, a sus equivalentes para formar la unidad colectiva básica sin la que la vida en la urbe es simplemente imposible: la tribu accidental, llámese parientes, vecindad, banda o cuadra" en opinión de Ilán Semo en una excelente síntesis de la sobrepoblación capitalina.

La Ciudad de México crece a iniciativa de los fraccionadores privados y sin ningún control de las autoridades del DDF a pesar de que se encuentra en una zona sísmica de alto riesgo.

La ciencia despeja dudas

El estudio científico del subsuelo de la Cuenca lo reinició el doctor Nabor Carrillo en los años 40. Él descubrió que el hundimiento desigual de algunos edificios y monumentos en la Ciudad se debía a la excesiva explotación del acuífero localizado en el subsuelo de la cuenca. En 1945 su enérgica denuncia logró que se suspendiera la extracción de agua de los pozos localizados en la zona urbana. Sin embargo la medida no evitó que el hundimiento continuara, ya que se perforaron nuevos pozos en la cuenca de Chalco y los alrededores, además del surgimiento de numerosos pozos ilegales. El Lago de Texcoco era la zona más baja de la cuenca y por eso sus aguas eran ligeramente salobres, en 1800 Texcoco se encontraba a metro y medio debajo de la Ciudad, ahora está 5 metros más arriba. Otro factor que provocó el hundimiento fue el entubamiento o confinamiento de numerosos ríos hacia el drenaje, impidiendo la recarga del acuífero en forma natural. Río Churubusco, Río Tacubaya, Río San Joaquín, Río Magdalena, Río Consulado y la Piedad si fueron ríos efectivamente antes de ser calles y avenidas, pero sobre todo, afluentes del drenaje profundo.

Ya en los años 50 los ingenieros Raúl Marsal y Marcos Mazari realizaron estudios para establecer una relación directa entre las características del subsuelo y la ingeniería civil. Descubrieron que los desequilibrios en la cimentación de algunos edificios se debía al hundimiento diferencial del suelo y que no todos los edificios se hundían uniformemente, puesto que el desequilibrio de unos termina afectando a los otros. Clasificaron los distintos tipos de suelo sobre los que se construyó la capital

del país, basándose en la delimitación de los tres ambientes que coexistían en la época de la Conquista: la Zona del Lago, la Zona de Transición y la Zona de Lomas.

La Zona del Lago comprende los alrededores del Centro Histórico que fueron rellenados tras la conquista incluyendo las acequias que venían del Canal de la Viga a un costado del Palacio Nacional y la actual calle de 16 de septiembre, las que pasaban por Bucareli, San Juan de Letrán, la calle de Perú, detrás de la Merced, Regina, San Jerónimo y Avenida Chapultepec hasta Avenida Insurgentes.

La Zona de Transición comprende lo que fueron las antiguas riberas del lago, es decir, una extensión de terreno que algunas veces permanecía inundado y otras seco, dependiendo de la temporada del año: lluvias o secas. En esa zona ahora se levantan La Villa, Ticomán, Iztacala, Popotla, Chapultepec, Xola, Atoyac, Xoco, Culhuacan, Xotepingo, Iztapalapa, Coapa, Huipulco, Acapulco y Meyehualco entre otras.

La Zona de Lomas comprende la zona del Ajusco al sur, la Sierra de Guadalupe al norte y la Sierra de las cruces al oriente de la actual capital. Aparentemente a partir de los años 60 el crecimiento de la Ciudad tomó en cuenta las 3 grandes zonas de suelo que conforman la cuenca con criterios de seguridad en las construcciones modernas, sin embargo los sismos de 1985 evidenciaron la carencia de estudios precisos sobre la respuesta sísmica del suelo urbano.

La mancha urbana se encuentra sobre un terreno peculiar y una historia geológica compleja que aún no se conoce del todo. Si hiciéramos un corte transversal al subsuelo nos encontraríamos con depósitos lacustres intercalados con capas de roca volcánica y depósitos de ceniza arrojada por por varios volcanes, arcilla y agua. Conocer la estructura y comportamiento del suelo es indispensable para el diseño de edificios. Cinna Lomnitz sostiene que la ingeniería moderna se encuentra rezagada en relación con las catástrofes geológicas, en particular las producidas por los sismos. La naturaleza por sí misma no produce desastres, es la tecnología ineficiente en complicidad con la corrupción. Los sismos no son más fuertes ahora que en el pasado

pero si son más mortales. Nos empeñamos en sobrepoblar las ciudades y nadie parece preocuparse demasiado por la inestabilidad de los edificios construidos en terrenos blandos.

NOTAS.

- (1) Recreación basada en los registros sísmicos de la época prehispánica recopilados durante los primeros años de la Colonia.
- (2) Recreación a partir de las descripciones recopiladas en García Acosta, V. Los sismos en la historia de México. UNAM-FCE-CIESAS, México, 1996. pp. 82
- (3) Recreación a partir de la recopilación del sismo del 8 de marzo de 1800. en Los sismos en la historia de México, pp. 175-187.
- (4) Recreación a partir de los registros recopilados en Los sismos en la historia de México pp. 620-628.

CAPÍTULO 3

AFICIONADOS A LAS PREGUNTAS DIFÍCILES.

Los científicos.

Después de la tragedia de 1985 el Departamento del Distrito Federal y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología financiaron más de 80 proyectos de investigación orientados a conocer la geología de la Ciudad de México. Entre 1985 y 1988 se realizaron 84 proyectos de investigación financiados por CONACYT y el DDF con un monto de N\$3,200.000.00. De 1989 a 1994 se realizaron 121 proyectos con presupuesto del DDF por N\$23.9 millones de pesos. Las autoridades capitalinas recurrieron a la experiencia de los científicos de la UNAM, entre ellos el ingeniero civil Emilio Rosenblueth, los sismólogos Cinna Lomnitz y Shri Krishna Singh y el geólogo Federico Mooser. ¿Quiénes son ellos? ¿qué los motivó a dedicarse al estudio de la Tierra? ¿Cómo ha sido el camino que los ha llevado a formular hipótesis novedosa?

La trayectoria de estos científicos mexicanos nos muestra que las grandes ideas se generan en las circunstancias más inesperadas, que las vocaciones no están definidas desde la cuna y que el azar forma un elemento esencial en los intereses profesionales y personales. Los científicos son hombres de carne y hueso que se hacen muchas preguntas y no se conforman con cualquier respuesta. Después de encontrar algunas soluciones se dan cuenta que tienen más dudas que respuestas. En el camino de esta cadena de interrogantes se genera el conocimiento, las observaciones, el análisis de datos y las propuestas para el debate, la discusión y el avance, a fin de cuentas, el entendimiento de nuestro planeta y el lugar que ocupamos en él.

Federico Mooser

El geólogo de la ciudad y los volcanes.

Al consultorio del doctor Hermann Mooser, descubridor de los microorganismos y el mecanismo de transmisión del tifo, solían llegar algunos geólogos petroleros a tratarse las enfermedades tropicales y venéreas contraídas durante sus largas estadias en los terrenos húmedos de Campeche y Tabasco. Al pequeño Federico le gustaba escuchar a escondidas los relatos que los geólogos referían a su padre. Se imaginaba un mundo salvaje de animales feroces, indios y aventuras sin fin. Desde ese momento, a los 10 años, supo que quería ser geólogo y no médico.

Sin embargo, a su padre lo invitaron a trabajar en un hospital en Zurich, Suiza y el pequeño Federico se alejó temporalmente de los terrenos misteriosos del trópico petrolero de México que despertaban su imaginación. En Suiza estudió geología y se fue a África contratado por una empresa minera Belga. Pero los territorios africanos no le hicieron olvidar su deseo de conocer los misteriosos territorios aún inexplorados y desconocidos de la geología de su país, de México. Entonces volvió para conocer Chiapas, Veracruz, Tabasco y casi todo el país. Decidió que ya no volvería a África, ni a Suiza, se quedó en su ciudad natal: la Ciudad de México.

En los años 50 la Ciudad de México todavía era la región más transparente del aire con 4 millones de habitantes. Después de vivir los últimos años en Europa estudiando geología en Suiza, Federico Mooser regresó a la ciudad para incorporarse como profesor en el Instituto de Geología de la UNAM. Mooser habría de protagonizar el inicio de una nueva fase en la exploración geológica de la Cuenca de México. Se ganó el sobrenombre curioso de "el hombre de los volcanes" cuando se le encomendó hacer el mapa geológico del Eje Volcánico Transmexicano. El joven geólogo se dedicó a explorar el Volcán de Colima, el Jorullo, el Parícutín, el Nevado de Toluca, el Popocatepetl, el Citlaltepetl y el San Martín Tuxtla. A Mooser siempre

le apasionaron los mapas y desde entonces ha dedicado su vida a explorar, tomar notas y vaciar sus observaciones en grandes pliegos de papel coloreados a mano con los detalles geológicos del Eje Volcánico que atraviesa el país desde Colima hasta Veracruz, incluyendo la Cuenca de México. Los mapas acostumbra decir Mooser, alguien tiene que hacerlos porque son herramientas útiles para que el mundo progrese, y tiene razón.

Cinco años después se ganó otro sobrenombre: "el geólogo del Distrito Federal" ya que esta vez se entregó con un entusiasmo siempre envidiable a la tarea de explorar el subsuelo capitalino. En 1960 realizó el que sería el Primer Mapa Geológico de la Cuenca de México por encargo del Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Mooser trabajó durante meses enteros en el primer mapa geológico de la cuenca, dibujado a mano en un pliego de papel de aproximadamente 2 por 3 metros. Con una precisión milimétrica en el mapa se señalan los diferentes tipos de suelo que conforman las Sierras de Chichinautzin y Guadalupe, la antigua zona del lago y los terrenos que cultivaban los aztecas, los derrames del Cerro de la Estrella y las fallas geológicas entre otros.

En los años 60 Mooser instaló un despacho que ofrecía a sus clientes estudios geológicos y de asesoría técnica. Poco después consiguió un cliente con el que trabajaría durante muchos años, un cliente con demasiados proyectos de expansión, con deseos colosales de transformar su entorno, de cambiar el rostro de la ciudad: el Departamento del Distrito Federal. Los resultados estadísticos, mapas y artículos de Mooser son desde entonces una referencia obligada para ingenieros civiles, geólogos, hidrogeólogos y geofísicos. También fue jefe de geología de la Comisión Federal de Electricidad y durante varios años fue el encargado de encontrar el sitio más seguro donde construir las presas del Infiernillo y Chicoasen, entre otras.

El incansable Mooser es un hombre atractivo en muchos sentidos. Físicamente es muy alto, tiene ojos azules, una voz fuerte y enérgica, pero también una sonrisa

franca, signo de un carácter juguetón y despreocupado. Tiene un peculiar estilo para decir las cosas sin importarle realmente la reacción de los demás. Respecto a los títulos nobiliarios de la academia él suele responder " ¡yo no soy doctor, yo soy un ingeniero de botas sucias, de campo. Los doctores están en la escuelita, allá, limpiecitos, ellos no se meten al campo!" Tal vez sea cierto, pues Mooser continuó con sus exploraciones por la cuenca de México y es el hombre que mejor la conoce, palmo a palmo.

En la década de los 80 en plena época de austeridad, la controversia más álgida en los círculos académicos y la opinión pública en general giraba en torno a la puesta en marcha y la seguridad de la Planta Núcleo Eléctrica de Laguna Verde. Durante los años 60, Mooser realizó varios viajes de exploración para encontrar el tipo de suelo más apropiado para las instalaciones y la tecnología nucleares. Se requería, en sus propias palabras: "una roca de camas muy viejas, lejos de verse sacudida por los temblores tectónicos del Océano Pacífico. Ese lugar tenía que ser en el extremo opuesto, es decir el Golfo de México y fuera del cinturón volcánico". Esta labor estrechó su relación de trabajo y amistad con Rosenblueth, Singh y Paco Sánchez Sesma. Solían encontrarse en las arduas reuniones con las autoridades de la Comisión Federal de Electricidad, en la sede de los Congresos de Geología Ingeniería Civil y Sismología, en la UNAM o en la casa de Mooser en Cuajimalpa.

El terremoto de 1985 desvió la atención de la opinión pública respecto al debate en torno a la construcción de Laguna Verde y lo centró en la Ciudad de México, severamente afectada. Rosenblueth advirtió a Mooser en uno de sus encuentros "Debemos mapear todo, desde Acambay en el Estado de México hasta la Malinche en Veracruz y no solo el suelo, también el subsuelo, tenemos que conocer muy bien lo que está abajo".

Emilio Rosenblueth

Pionero y líder.

La labor pionera de Federico Mooser en la exploración del subsuelo de la Ciudad de México y la zona metropolitana a partir de los años 50, junto con los trabajos de los ingenieros civiles Raúl Marsal y Marcos Mazari y el físico Nabor Carrillo, sentaron las bases para la investigación científica de la segunda mitad del siglo XX. En los años 60 la sismología mexicana se encontraba en un lamentable estancamiento y el Servicio Sismológico Nacional continuaba registrando los temblores costeros con los sismógrafos instalados en 1910, instrumentos mecánicos de hasta 17 toneladas de peso y desde entonces no se logró una modernización del equipo.

En los países desarrollados que sufren el embate de los sismos, la sismología se desarrolló gradualmente, haciéndose más cuantitativa. A pesar del atraso tecnológico, los sismógrafos funcionaban con eficiencia, pero los sismólogos seguían usando las tablas de cálculo para la localización del epicentro y la intensidad que el Servicio Sismológico había adquirido a principios de siglo. La necesidad de una modernización se había mostrado con urgencia el 28 de julio de 1957, con el sismo que tiró al Ángel, alertando a los ingenieros civiles respecto a la capacidad destructiva de los sismos de origen tectónico, es decir, aquellos cuyo epicentro se localiza en las costas del Océano Pacífico.

Emilio Rosenblueth fue un niño solitario y tímido, tal vez porque sus padres, de origen húngaro decidieron tener únicamente un hijo. En un programa que TV UNAM realizó en 1987 en su honor se dice que nació en 1926 en la ciudad de México y se interesó por la ingeniería casi por casualidad. Mientras estudiaba la preparatoria se dio cuenta de que la mayoría de sus compañeros querían ser ingenieros. Lejos de dejarse llevar por opiniones ajenas se dedicó a preguntarle a algunos profesores y se decidió por el campo de la física y las matemáticas. En la medida en la que iba

adentrándose en ese mundo complejo y abstracto de la ciencia se convenció de que quería ser investigador y también ingeniero.

Emilio era un joven inteligente y buscó enfocar sus estudios hacia un área con aplicación práctica. En la década de los 40 el doctor Nabor Carrillo había descubierto los problemas de hundimiento de la ciudad derivados de la excesiva extracción de agua. Emilio consideró que la mecánica de suelos era una disciplina con futuro y se inscribió en esa especialidad. Sin embargo se dio cuenta de que para ser ingeniero en mecánica de suelos requería ir al campo, tomar muestras, analizarlas en el laboratorio y elaborar varias cuartillas e informes. Eso no era para él. Su carácter no iba con esa actividad intensa en el campo y el laboratorio. Entonces tomó la decisión de cambiarse a la especialidad de estructuras, dentro de la ingeniería civil.

Emilio Rosenblueth Deutsch egresó de la UNAM como ingeniero civil en 1948 y en 1951 del doctorado en ingeniería por la Universidad de Illinois donde centró su interés en la ingeniería civil y la ingeniería sísmica. En la década de los 50 formó parte del grupo de investigadores del Instituto de Geofísica, poco después en el Instituto de Ingeniería, también de la UNAM. En forma paralela se desempeñó como ingeniero estructurista en la Comisión Federal de Electricidad, donde conoció a Mooser, quien siempre lo considero como un hombre ejemplar, inteligente, pero retraído, aislado en una torre de abstracciones matemáticas. Efectivamente, a Rosenblueth le atraían los retos más complicados, sobre todo aquellos que ponían a prueba la capacidad intelectual para la teoría de probabilidades, en una época en la que las computadoras aún eran armas estratégicas y no las herramientas populares que conocemos ahora.

La vitalidad, inteligencia y determinación de Rosenblueth lo animaron a crear y dirigir durante más de 25 años su propia empresa de consultoría estructural DIRAC, S.A. De 1959 a 1966 fue director del Instituto de Ingeniería. Entre 1966 y 1970 fue Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM. Su intensa actividad en

la academia, la iniciativa privada y el sector público dieron a su carácter un sentido severo y disciplinado, hasta rígido y autoritario, aunque tal vez, precisamente éste carácter fue determinante en su participación en éstos sectores de poder y decisión.

Rosenblueth se dio cuenta que la ingeniería civil necesitaba conocer mejor el proceso de generación de los temblores y sobre todo, prevenir sus efectos devastadores en las construcciones. El mayor problema en ese entonces era la debilidad de la sismología mexicana, terriblemente retrasada respecto al acelerado nivel de crecimiento de la Ciudad de México. Otro problema urgente era conocer las características del suelo que provoca problemas poco usuales en otras ciudades, como la amplificación de las ondas sísmicas y los problemas de cimentación de edificaciones de todo tipo.

Rosenblueth como Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM se propuso fortalecer la plantilla de investigadores con una visión a futuro, llamando a científicos extranjeros reconocidos e interesados en las particularidades de los sismos mexicanos. En uno de sus viajes académicos a las universidades de los Estados Unidos, en 1967 Rosenblueth e Ismael Herrera, director del Instituto de Geofísica visitaron el Instituto Tecnológico de la Universidad de California. Ahí conocieron al sismólogo chileno Cinna Lomnitz y lo invitaron a dictar una serie de conferencias en la UNAM. Lomnitz hizo un largo viaje por carretera desde California hasta la Ciudad de México, sin imaginar que algunos años después recorrería esos caminos, pero no como turista, sino como ciudadano mexicano.

Cinna Lomnitz

De Alemania a México.

En 1967 Cinna Lomnitz era un sismólogo reconocido en todo el continente, había sido director del Instituto de Geofísica de la Universidad de Chile y asesor

académico de varias universidades y gobiernos latinoamericanos durante 10 años. Después de titularse como ingeniero civil en la Universidad de Chile en 1948 y ejercer la profesión por un par de años, decidió viajar a los Estados Unidos para hacer la maestría en Mecánica de Suelos. Allá fue un alumno sobresaliente en las clases de los sismólogos Charles F. Richter y Beno Gutenberg. Richter fue el creador de la Escala Richter para medir la magnitud de los sismos, mientras que Gutenberg determinó por primera vez el radio del núcleo interno de nuestro planeta, inferido tras una serie de minucioso análisis de las ondas sísmicas y sus trayectorias por el interior de la Tierra.

Lomnitz realizó su tesis doctoral bajo la dirección de otro reconocido sismólogo: Hugo Benioff. En su tesis sobre la atenuación de ondas sísmicas, Lomnitz propuso conceptos de vanguardia respecto a la manera en que una roca se deforma en el transcurso del tiempo bajo la acción de un esfuerzo constante. Esta aportación atrajo la atención de la comunidad científica internacional, en especial la del catedrático de la Universidad de Cambridge Sir Harold Jeffreys, quien propuso que las aportaciones de Lomnitz se adoptaran oficialmente como la Ley de Lomnitz.

Con una trayectoria de primer nivel, Lomnitz asumió la dirección del Departamento de Sismología en el Instituto de Geofísica de la UNAM en 1968 y poco después, se encargó de modernizar el Servicio Sismológico Nacional. Su labor en México ha sido pionera y de vanguardia. A partir de 1975 se incorporó al Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS), ahí gracias a su iniciativa y con la dirección del ingeniero Jorge Gil, se desarrollaron los circuitos impresos y equipo electrónico de la primera red experimental telemétrica digital a nivel mundial conocida por sus siglas como RESMAC, Red Sismológica Mexicana de Apertura Continental. Esta fue la primera red digital de monitoreo sísmico diseñada enteramente por ingenieros y técnicos mexicanos en el IIMAS. En 1982 comenzaron a funcionar en el campo las estaciones de monitoreo con bastante éxito. Sin embargo la RESMAC se incorporó oficialmente al Servicio Sismológico Nacional hasta 1986.

Las estaciones remotas transmiten la señal por la red nacional de micro ondas. De hecho, 20 años después el sistema sigue en funcionamiento con eficiencia, a pesar de que ya hay nuevos equipos.

Lomnitz se sintió atraído por los retos que en materia de instrumentación, investigación y formación de jóvenes investigadores le proponía México y decidió adquirir la nacionalidad mexicana y establecerse aquí. Lomnitz tenía la nacionalidad chilena a pesar de haber nacido en la ciudad alemana de Colonia en 1925. Cuando tenía 5 años de edad emigró con su familia a Bélgica y después a Chile, donde se estableció.

Lomnitz posee una habilidad sorprendente para contar historias, es ese tipo poco común de científicos que resuelve con la misma facilidad una maraña de ecuaciones complicadísimas y que deja fluir sus ideas humanas y cotidianas en artículos periodísticos y de divulgación científica. Sus conferencias son deliciosas, uno disfruta su conversación y las anécdotas que acompañan el trabajo cotidiano de los hombres de ciencia. Lomnitz posee el espíritu para buscar respuestas a las preguntas más difíciles, a pesar de que esa búsqueda implique varios años y la impaciencia lo agobie a ratos. Una de sus principales líneas de investigación desde 1982, antes de que ocurriera el sismo de 1985, ha sido el estudio de las características del riesgo sísmico en los suelos blandos del Valle de México, con enfoques tanto teóricos como prácticos sobre el comportamiento del suelo y la generación de ondas superficiales en suelos blandos.

Los sismólogos no pueden reproducir un sismo en el laboratorio. Ante esta circunstancia han creado modelos matemáticos y computacionales que los simulan y les sirven para observar su comportamiento, para esbozar hipótesis y enunciar sus posibles respuestas. Por este motivo un sismo es un laboratorio único. El comportamiento de cada sismo es irrepetible y escapa a cualquier tipo de predicción. Los sismólogos deben esperar pacientes a que ocurra un sismo interesante, es decir

diferente, que aporte datos nuevos respecto a las características de la corteza terrestre. El sismo del 19 de septiembre de 1985 fue uno de esos raros y espectaculares sismos que representó una oportunidad excepcional para impulsar el avance de la joven ciencia de la sismología. A partir de entonces Lomnitz se centró en el estudio teórico experimental para explorar los nuevos enfoques sobre el comportamiento de suelos blandos y el efecto de ondas superficiales sobre edificios.

A partir de 1980 Lomnitz se convirtió en asesor de la Comisión Federal de Electricidad durante las evaluaciones de riesgo sísmico para Laguna Verde. Lomnitz y Rosenblueth trabajaron juntos en el libro Riesgo sísmico y decisiones de ingeniería, editado en su versión original en inglés y posteriormente traducido al ruso. Lomnitz hizo un buen equipo de trabajo con su hijo Jorge Lomnitz Adler, doctorado en física e interesado en la sismología desde una perspectiva más teórica. Juntos trabajaron en un método para establecer una nueva relación magnitud-frecuencia, así como una forma modificada a la relación magnitud frecuencia de Gutenberg-Richter. Su trabajo con los físicos y su punto de vista innovador respecto a la sismología lo ha llevado a seguir una línea de investigación demasiado específica con la que no están totalmente de acuerdo otros sismólogos como Shri Krishna Singh.

Shri Krishna Singh

De las minas de carbón a las trincheras oceánicas.

Singh llegó al Departamento de Exploración del Instituto de Geofísica de la UNAM en 1971 con el nombramiento de profesor visitante. Las posibilidades de desarrollar líneas de investigación en el área de la física teórica de la Tierra, pioneras en el contexto mexicano, constituyen enormes atractivos para el joven ingeniero. Su pasión por la sismología ocupaba totalmente sus energías.

La exploración geofísica con la tecnología más moderna se limita a estudiar y conocer una porción relativamente superficial de la Tierra, que no va más allá de la corteza continental y oceánica. Sin embargo Singh siempre ha querido "ver", saber que hay más allá, en el manto y el núcleo del planeta y para ello la sismología es una buena herramienta. A la llegada de Singh había muchas cosas que hacer en sismología y encontró un campo casi virgen para desarrollar su trabajo.

Singh obtenía un sueldo en dólares financiado por la Organización de Estados Americanos durante año y medio. Después cuando se acabó el contrato, ¡de repente su salario bajó! y sin pensarlo dos veces fue a hablar con el director. "¿Cómo es posible eso?". Para el joven, doctorado en el extranjero, que había probado su experiencia y cerebro durante un año y medio, era incomprensible que su esfuerzo fuera recompensado con una remuneración más baja. Más bien parecía un castigo. Lo que en realidad sucedió es que su contrato con la OEA había terminado y a partir de esa quincena recibiría el sueldo habitual de los científicos universitarios en la UNAM. Rosenblueth era miembro de la Comisión Dictaminadora del Instituto de Geofísica y estaba interesado en contratar a Singh como asesor del Instituto de Ingeniería en el área civil, pero eso no le interesaba en aquel entonces. Sin embargo con el incidente del cheque flaco entonces si se interesó por el puesto de asesor. A partir de 1974 se logró una relación fructífera y provechosa entre la ingeniería civil y la sismología.

Shri Krishna Singh nació en la India. Como hijo de un empleado del gobierno, se vio obligado a vivir en diferentes ciudades, de acuerdo con los requerimientos del trabajo de su padre. Esta circunstancia lo obligó a estudiar dentro de un calendario diferente a los otros chicos de su edad y cubrir los créditos del bachillerato en menos tiempo. El joven alto y moreno, de rostro sonriente, siempre tuvo una especial habilidad para la física, las matemáticas, la química y la estadística. A los 16 años entró a estudiar la carrera de ingeniería minera en la Indian School of Mines. Cuando

terminó sus estudios se enfrentó nuevamente al problema de la edad, con menos de 18 años ninguna empresa minera lo contrataría.

Antes de ejercer su profesión en las minas de oro, carbón y cobre de la India, cursó la maestría en ingeniería de exploración con una beca de la UNESCO en la Universidad de Columbia en Nueva York. Durante su estancia de 9 años en Estados Unidos dio un giro el rumbo de su vida al descubrir, desde la ingeniería de exploración minera, los retos y avances recientes del área de la geofísica. La exploración de los fondos oceánicos aportaba datos sorprendentes en los años 60. Los barcos oceanográficos equipados con radares, sismógrafos, sonares e hidrófonos generaron datos e imágenes que permitieron mapear el suelo de los océanos. Por primera vez se conocía sin lugar a dudas la existencia de extensas cordilleras que atraviesan de norte a sur los Océanos Atlántico y Pacífico, sumergidas a más de 6 mil metros de profundidad. Se descubrieron oscuros abismos submarinos alineados en forma paralela a las costas a 5 y 6 mil metros de profundidad, las placas tectónicas y el origen de los sismos que azotan a San Francisco, Alaska, México y Chile. En las cordilleras oceánicas se localizaron zonas de intensa actividad volcánica. Singh se sintió atraído por los rumbos de la ingeniería de exploración y al concluir la maestría se decidió a hacer el doctorado en geofísica aplicada.

En las tardes frías del octubre neoyorquino de 1968 Singh se reunía con sus compañeros en una cafetería de la Universidad para cenar y de paso, ver las competencias en las que participaban los atletas de sus respectivos países durante las Olimpiadas. Las transmisiones deportivas incluían reportajes cortos sobre el país anfitrión. Como suele suceder en este tipo de transmisiones mundiales, se recurre al folclore y el colorido de las culturas antiguas: mayas, aztecas y olmecas, los murales, los palacios coloniales y los edificios modernos fundidos en un mismo espacio de la moderna Ciudad de México, como una gigantesca "plaza de tres culturas". Singh se sentía atraído por México, sin embargo las posibilidades de viajar al país de cultura

milenaria, a pesar de estar tan cerca, estaban limitadas por los pocos recursos con los que cuenta un estudiante.

Las Olimpiadas terminaron pero después llegó el Mundial de Fútbol México 70. Casi a punto de concluir el doctorado Singh encontraba tiempo para ver algunos partidos de fútbol. No era fácil, la mayor parte del tiempo lo pasaba entre la Universidad, la tesis y su nuevo empleo en un proyecto de investigación financiado por la Organización de Estados Americanos. Una mañana, al llegar al Instituto su jefe le llamó para comunicarle una noticia fabulosa que volvería a cambiar el rumbo de su vida. Le ofreció una estancia de investigación de 18 meses ¡en México! No se trataba de una visita temporal, sino de un contrato como profesor visitante por el tiempo suficiente para conocer el país de las pirámides, los volcanes y el fútbol.

A partir de 1980 su interés por conocer las características de los temblores mexicanos lo sumerge en una extensa investigación para conformar un catálogo en el que reúne fechas, magnitudes, duración, frecuencia de ocurrencia, origen y efectos causados por los sismos ocurridos durante el siglo diecinueve en las costas del Océano Pacífico. Estos datos lo ayudan a establecer las implicaciones tectónicas de la sismicidad en México. En 1984 Singh continúa recabando datos históricos y amplía el catálogo que abarca el periodo de 1900 a 1981. Después de trabajar arduas jornadas con estos registros obtiene pistas y por fin algunos resultados que ayudan a entender el comportamiento de las brechas sísmicas de la zona de subducción (la región donde las placas oceánicas se meten debajo de las placas continentales y se reciclan en la capa correspondiente al manto) del Océano Pacífico, concretamente del potencial sísmico de la región Acapulco-San Marcos. A la oficina de Singh solía llegar un joven estudiante de ingeniería civil con preguntas siempre muy específicas sobre sismología. Singh lo recibía con entusiasmo pues siempre ha considerado importante inculcar en los jóvenes el ánimo de la investigación. Las preguntas y comentarios de Paco Sánchez Sesma, ese joven con futuro en las matemáticas, eran bienvenidas en la oficina de

Singh. Antes de entrar Paco solía mirar de reojo un aviso pegado en la puerta del cubículo de Singh a manera de advertencia y broma que dice:

"TENGA LA GENTILEZA DE HABLARME AMABLEMENTE
SIN LEVANTARME LA VOZ Y SIN CONTRADECIRME EN NADA.
COMPRENDA QUE A MI EDAD LOS DISGUSTOS,
LOS RUIDOS Y LAS CONTRADICCIONES
PROVOCAN BRUSCAS ELEVACIONES DE PRESIÓN,
ACIDEZ Y DISTURBIOS CARDIOVASCULARES.
ADEMÁS DE TODO ES,
INMEDIATAMENTE ME ENCABRONO
Y MANDO A LA CHINGADA A QUIEN SEA".

Francisco Sánchez Sesma.

El irónico sentido del humor científico.

En los primeros años de la carrera de ingeniería civil Paco Sánchez Sesma llegó a estar muy decepcionado de la ingeniería porque algunos maestros se limitaban a dictar recetas sobre el negocio, cómo ganar más dinero, como pagarle menos a los obreros, cómo hacerles transas con el seguro social. Eso era desesperante, le decepcionaba. Le gustaban las matemáticas y por eso comenzó a frecuentar la Facultad de Ciencias, se colaba a la clase de Manuel Peimbert de Astronomía. Estaba decidido a cambiarse de canal y dejar la ingeniería por las ciencias, pero descubrió un nuevo panorama: la clase de mecánica del profesor Neftalí Rodríguez Cuevas. Desde entonces decidió que iba a ser investigador en mecánica de propagación de ondas en medios continuos, aunque eso era de lo más ingenieril. La carrera fue *sui generis*, él se define a sí mismo como un ingeniero teórico que sabe diseñar una viga, una losa y un edificio, pero al mismo tiempo es un físico teórico que hace matemáticas aplicadas en la mecánica clásica. Pero encontró su verdadero placer en la ingeniería, en aquellas materias teóricas como la física y las matemáticas. Su tesis de licenciatura se centró

en la ingeniería sísmica. En la maestría se orientó a las estructuras, apoyado con algunas materias de Ingeniería Sísmica. En ese entonces encontró un problema teórico que lo atrapó enseguida: el estudio de tanques esféricos llenos a distintos niveles de agua y su comportamiento ante sismos. El problema es complejo pues implica calcular cómo se mueve el líquido en el interior del tanque esférico. Este reto matemático lo apasionaba y a esos cálculos dedicaba horas enteras con el lapicero en la mano.

En ese entonces, con una recomendación de un profesor empezó a trabajar con Emilio Rosenblueth. Paco llegó a la oficina del doctor y éste lo recibió con una pregunta directa.

—¿Usted de qué quiere trabajar aquí? —dijo Rosenblueth mirando fijamente a Paco —.

—En cosas de aguas, —respondió escuetamente.

—¿Cómo en cosas de aguas? —insistió con una voz ronca e impaciente—.

—Sí, en cosas de aguas porque estoy llevando una clase con Arturo Arias y ahí vimos una cosa muy bonita que se llama respuesta de tanques y me interesan las cuestiones de hidrodinámica, eso me tiene fascinado.

—Ah, pues que interesante porque yo tengo un trabajo a medias sobre ese asunto que nadie quiere trabajar. —respondió Rosenblueth complacido por la seguridad del joven estudiante—.

Paco comprobó que la ingeniería podía ser una profesión divertidísima y así fue. En la medida en que se enfrascó en la parte más teórica de la física y las matemáticas, materias que estudió de manera autodidacta. Empezó por establecer una relación muy estrecha con autores clásicos como Von Karman y otros matemáticos de los siglos XVIII, XIX y XX. Se sentía amigo íntimo de Watson y Whittaker.

—Ir y abrir el libro de Watson y Whittaker titulado *"Modern Analysis"* y empezar a ver. ¡Ah, que maravilla de libro, como no lo conocí antes. Hijoles y yo de menso estudiando tantos años ingeniería!

Gracias a que empezó con la ingeniería y no con las matemáticas, su visión era más amplia y podía aplicar sus habilidades teóricas a problemas prácticos. Durante sus largas sesiones de estudio descubrió toda una serie de parentelas entre las ecuaciones: las relaciones inter geométricas y los "hijitos" de éstas. Viéndolas así resultaban más familiares y apasionantes. De la teoría de la hidrodinámica pasó a la teoría cilíndrica y después de lleno a funciones especiales de la física matemática. Durante un viaje a Londres en 1980 descubrió un libro recién editado de los sismólogos Aki y Richards, desde entonces considerado como la Biblia de la sismología en los últimos tiempos, *"Quantitative Seismology"* en el que se proponen métodos de análisis para la propagación de ondas en estratos planos. Paco inició nuevamente su formación autodidacta esta vez como sismólogo. Su tesis de doctorado abordaba un tema típico de física: la difracción de ondas elásticas por irregularidades topográficas, un asunto demasiado teórico y complicado como para intentar describirlo. Como siempre, mirando su actividad como un juego solía decir "las ecuaciones de la hidrodinámica se complican, son más latositas, son más mañosas". Pero su pasión por las matemáticas lo llevó a desarrollar un método matemático novedoso.

Cuando terminó el problema del tanque cilíndrico Rosenblueth volvió a preguntarle en qué quería seguir trabajando.

—Pues sería muy bueno ponerle a la presa deformada. —contestó sin chistar—.

—Pues adelante. —dijo su jefe—.

Así empezó a estudiar los efectos de la deformabilidad del vaso de una presa. Anteriormente, con el tanque lo que había estudiado era la respuesta de una presa de fondo rígido, sin embargo para hacer el cálculo más realista, a Paco le interesaba

saber qué pasa cuando la presa se deforma al someterse al movimiento de ondas sísmicas y se dedicó a estudiar la propagación de las ondas elásticas. Rosenblueth no lo decía abiertamente, sin embargo hubiera querido que Paco se dedicara a cosas más prácticas. Pero el joven ya había entrado a un mundo nuevo: la teoría matemática de la propagación de ondas elásticas en dos y tres dimensiones. Rosenblueth no tuvo más remedio que apoyar su novedosa propuesta que consistió en un método matemático para resolver problemas de difracción por topografías irregulares. Aunque el problema de la presa siguió sin resolución, éste le abrió el camino de la sismología y la difracción de ondas. Se interesó por la amplificación local y respuesta sísmica de estratos blandos, esta vez sin estudiar geología en forma autodidacta. Encontró su nicho de mercado y se desarrolló en las matemáticas aplicadas, donde las soluciones se le daban con cierta facilidad. Los métodos que propuso empezaron a ser muy citados en la literatura y eso le permitió aprender a medida que se relacionaba más con los sismólogos.

En esencia Paco es ingeniero, su visión de la profesión es muy amplia y considera que ingeniero puede ser, tanto el que pone la mezcla en una banqueta, como el que hace una zanja para la cimentación de un muro, hasta el que diseña una presa sometida a presiones de un sismo. Después de todo no está prohibido ser teórico y matemático, al contrario hay que ser buen teórico y buen matemático para ser también buen ingeniero.

Paco salió al extranjero a trabajar con sismólogos como Aki y Madariaga entre otros. A su regreso a México en mayo de 1985, había aprendido la metodología para calcular un tipo específico de sismogramas llamados sintéticos, con el objetivo de aplicarlos en forma práctica en la ingeniería civil. Este método se conocía en México y se enseñaba en la Facultad de Ciencias y en Sismología, pero los ingenieros no lo empleaban. Sin embargo ahora son indispensables. Tratando de explicar que pasó en

el sismo de 1985 a partir de entonces se dedicó a estudiar los estratos inclinados a nivel matemático.

Mario Ordaz Schroeder.

La aplicación del conocimiento.

Mario Ordaz Schroeder estudió la licenciatura, maestría y doctorado en la Facultad y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El miembro más joven del grupo rápidamente se integró como investigador, publicando artículos colectivos de primer nivel en coautoría con Rosenblueth, Sánchez Sesma y Shri Krishna Singh.

A raíz del temblor de 1985 Mario Ordaz encontró proyectos interesantes a cargo del doctor Rosenblueth. Por su contacto cotidiano con él, primero como maestro y después como jefe, por la cercanía con él, por el entusiasmo y lo interesante que se veían las cosas se quedó en la línea de investigación en ingeniería sísmica, a pesar de que había decidido dedicarse a la ingeniería hidráulica. En la maestría, durante 1984 tomó clases con el doctor Rosenblueth, en el que sería uno de los últimos semestres como profesor.

La aparición de Rosenblueth en la vida estudiantil de Mario Ordaz fue determinante para descubrir que ese era su camino, no tanto por la ingeniería sísmica, sino porque era trabajo interesante. De hecho Mario solía comentar a sus compañeros sobre la arrolladora personalidad de su profesor, incluso llegó a decir "si yo me hubiera encontrado un maestro así de poderoso intelectualmente, que se dedicara a construir estructuras de acero, o que se dedicara a la biología, tal vez a eso me hubiera dedicado" No era tanto el tema, sino la fuerza de Rosenblueth y lo interesante que se veían los problemas de la ingeniería sísmica en 1985 lo que atrajo a Mario Ordaz.

La ingeniería no era un campo desconocido para Mario. Su padre había sido ingeniero civil. Desde que era un niño conocía los términos técnicos usados por los ingenieros, incluso tenía los libros de su padre en casa. Sin embargo, su decisión profesional ocurrió varios años después de la muerte de su padre. Rosenblueth solía considerar a sus 4 alumnos de maestría como hombres de primer nivel, pensaba que sabían más de lo que en realidad sabían. Para Mario era complicado seguir las clases, pero también era un reto que lo seducía. Se convirtió en el último ingeniero formado por Rosenblueth y una pieza clave de la investigación que se generó en los años siguientes.

Manos a la obra.

Antes del sismo de 1985 existía muy poca relación entre los ingenieros civiles y los sismólogos. A partir de 1985 los científicos conjuntaron sus datos obtenidos durante varios años y discutieron ampliamente los resultados y sus hipótesis. ¿En qué medida se incorporaron sus aportaciones a la planeación del desarrollo urbano?

Las características especiales de la catástrofe sísmica en México en 1985 causaron importantes cambios en los conceptos de riesgo a escala mundial. Inicialmente se pensó que los estragos causados por el sismo se debían a defectos de construcción e insuficiencias en las normas sísmicas del distrito Federal.

El doctor Cinna Lomnitz trabajó con su propia hipótesis y llegó a la conclusión de que los edificios dañados no estaban mal diseñados, sino que existía una laguna de conocimiento científico acerca del comportamiento de los suelos blandos durante los sismos. Las ideas de Lomnitz fueron recibidas con escepticismo por sus colegas ya que en ese entonces se buscaba afanosamente a un culpable, a los culpables de la catástrofe y el blanco fueron los ingenieros civiles y las empresas constructoras.

Además había dificultades teóricas y de observación para probar su hipótesis. Eso condujo a Lomnitz a embarcarse en forma individual, como acostumbra trabajar él, en una investigación compleja y fundamental de largo alcance, cuyos resultados están comenzando a rendir frutos en el ámbito científico.

LOS MISTERIOS DEL SUBSUELO

CAPÍTULO 4. ***LOS GRANDES TEMBLORES COSTEROS***

6 Semanas después

A finales de octubre de 1985 las noticias sobre el sismo comenzaron a ocupar las páginas interiores de los periódicos. Parece terrible pero ya me había acostumbrado a las imágenes del desastre y ya no me producían indignación ni miedo, tal vez por la certeza de que ya no había gente atrapada o por la costumbre de las últimas 6 semanas. Las cifras de muertos siempre fueron contradictorias, el número de edificios derrumbados también. Había tantas cifras, tanta información que en realidad no tuve conciencia ni conocimiento preciso de muchas cosas. El tono de las noticias que en un principio habían convocado a la solidaridad espontánea, se dirigieron después a las uniones de vecinos de Tepito y Tlatelolco principalmente, quienes se negaron a abandonar sus casas y departamentos.

Sin embargo aún continuaba la histeria de las autoridades capitalinas y de algunos científicos al reconocer las serias deficiencias en el Reglamento de Construcción, el desconocimiento del subsuelo, la reducida capacidad de las redes de monitoreo sísmico y para la determinación exacta de la magnitud. Paradójicamente la tragedia provocada por el sismo impulsó el estudio de la ingeniería sísmica y la sismología.

La clase de historia

En octubre entré a la Universidad. Los nuevos compañeros venían de varios puntos del Distrito Federal, de colonias cercanas y lejanas. En los primeros días, durante las pláticas de pasillos, jardinerías y explanada para "romper el hielo", además de las preguntas habituales: "¿cómo te llamas?", "¿dónde vives?", "¿estudiaste en CCH o en Prepa?", "¿qué carrera escogiste?" en fin, todos nos acostumbramos a preguntar también "¿dónde te agarró el temblor?", es decir "¿dónde estabas, con quién, qué pasó, qué hiciste, qué sentiste?". Algunas veces las respuestas eran tristes, siempre había alguien que hablaba de un familiar o un amigo muerto o damnificado. Los testimonios personales siempre tenían algo novedoso para mí, experiencias humanas y puntos de la ciudad que no conocía.

Una mañana, como a las 10 o 10:30 durante la clase de Historia Mundial, sentimos un temblor tremendo que cimbró las ventanas y las sillas, y a nosotros sentados en ellas. Una vibración seca entró por mis pies hasta el estómago y se quedó en mi cabeza, no sé si físicamente o más bien porque ya había cobrado conciencia de lo que significaba. El profesor siguió hablando como si nada hubiera ocurrido. Todos los compañeros lanzamos un grito ligero y suave, muy reprimido, como una sorpresa callada y tímida. La primera reacción de algunos fue salir corriendo. Un par de chicas se pusieron de pie y las miramos sin movernos. Nos veíamos unos a otros, tal vez pensando que aquel movimiento había ocurrido sólo en la imaginación. El profesor seguía con su exposición sobre griegos y atenienses.

La puerta del salón estaba cerrada y sentí que estaba muy lejos para levantarme, abrirla y salir al pasillo buscando las escaleras. Esta vez mi placer por los sismos estaba demasiado opacado por el recuerdo de los estudiantes del CONALEP de la Avenida Reforma que murieron poco a poco a lo largo de una semana ante la imposibilidad de rescatarlos. "Morir aquí, en la Universidad, pero si acabo de entrar", pensé inmediatamente. Entonces viví este momento otra vez, sí,

vivi esa sensación extraña que llaman *dejavú*, cuando haces algo que crees haber vivido antes exactamente de la misma manera, es una situación confusa. Yo ya había estado antes dentro de un salón de clases con mis compañeros durante un temblor. Lo más sorprendente es que mis pensamientos de hoy, también los había tenido en aquel entonces, cuando iba en la Secundaria 139.

Aquella vez pensé que iba a morirme, que el edificio se caía, escuchaba perfectamente el ruido de las rocas abajo, o los cimientos. No sé, era una fricción muy fuerte, se oía un ruido grande. Pensé que el salón se iba a sumir, sencillamente se iba a ir hacia abajo, como a vaciarse por el centro, como en un embudo. Imaginé que los pisos de abajo ya se habían sumido por un hueco abierto entre las rocas, como los granulitos de un reloj de arena. En aquel entonces me asusté mucho, me emocioné también, pero sentí una resignación ante la muerte, pensé en mis padres, pensé que iban a preocuparse por mí, que llorarían. Pero no me asusté por mí, sentí que estaba en una situación que sencillamente nunca había imaginado. Ni modo. Me di cuenta que sólo tenía tiempo de rezar, pero no un padrenuestro completo, sólo dije algo así como "Padre, yo confío en ti, tu sabes porque estoy aquí". En mi salón de clases de la secundaria ninguno de mis compañeros salió al pasillo, todos nos quedamos sentados atendiendo a la recomendación de la maestra, visiblemente asustada pero valiente. La puerta del salón estaba abierta y vi correr a todos los alumnos del salón vecino rumbo a las escaleras, amontonados, gritando, aventándose unos a otros. Después se calmó todo y bajamos despacio al patio, ni siquiera eran las 11 de la mañana, todavía no era hora del descanso. Vi caer a varias niñas desmayadas en el patio varios minutos después del sismo, supongo que por un gran susto postergado.

Mientras todos estos recuerdos de adolescente venían a mi mente, el resto de mis compañeros universitarios, en el salón de la facultad continuaban mirándose entre sí, desconcertados, hasta que alguien finalmente se decidió a hablar.

—Volvió a temblar— dijo con la voz melosa.

El profesor fingió no escucharlo y siguió hablando de griegos y atenienses. Entonces lo miré con atención y noté cierto morbo en su mirada. ¡Sí, estaba sonriendo! Se estaba burlando de nosotros y del susto que teníamos.

—Maestro, ¿no sintió el temblor?— me animé a preguntarle interrumpiéndolo disgustada.

—Sí, sí, pero eso no fue un temblor, —respondió con arrogancia—. Eso fue una detonación de dinamita, ya se irán acostumbrando a eso, pasa todos los días.

Nadie dijo nada y la clase continuó como si nada hubiera pasado. Esa fue nuestra novatada al entrar a la facultad. Efectivamente, muy cerca del Metro C.U. había una cantera de roca volcánica y en los meses que siguieron sentimos muchos temblores, casi todos los días. Siempre que llegaba la vibración, aunque muy corta, la sensación sorpresiva producía un temblor en mi estómago y una pregunta inmediata ¿cómo saber cuándo surgiría un sismo natural?

En la edición de noviembre de la revista Información Científica y Tecnológica que editaba CONACYT me encontré finalmente con lo que estaba buscando. Ese fue un número monográfico sobre el sismo en el que los científicos, entrevistados por reporteros especializados en ciencia, explicaban por fin, cuales habían sido las características del terremoto. Encontré información muy valiosa que desafortunadamente no se había tratado en la prensa en las semanas anteriores, las mismas que me habían confundido con afirmaciones sensacionalistas. Además los reporteros de información general que entrevistaron a los científicos en aquellos primeros días solían caer en imprecisiones y errores que terminaban diluyendo las declaraciones de los expertos con interpretaciones falsas.

Se dijo que en el próximo siglo los terremotos producirán destrucción y grandes pérdidas económicas. La principal razón se atribuye al crecimiento acelerado de la población en el DF y Guadalajara principalmente, además de otras ciudades costeras en constante expansión enclavadas en las zonas de mayor sismicidad. Esta afirmación no debe tomarse a la ligera ni como un nota amarillista, la probabilidad de que ocurra un sismo fuerte, de una magnitud cercana a 8 grados en la escala de Richter o mayor, se basa en los registros sísmicos de los grandes temblores mexicanos durante los dos últimos siglos, cotejándolos con las cifras derivadas de los censos de población. Pero este no es un problema exclusivo de nuestro país, a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico se encuentran 15 ciudades con más de 8 millones de habitantes cada una.

En la revista del CONACYT conocí a los sismólogos Shri Krishna Singh y a Cinna Lomnitz, ellos explicaron que "Un sismo ocurre cuando hay un desplazamiento en una falla del terreno, y por falla se entiende el área sobre la cual se deslizan dos bloques de roca que se han roto. En las fallas que no se han movido durante mucho tiempo se acumula energía, que se libera repentinamente en forma de ondas elásticas que se propagan por el interior y la superficie de la corteza terrestre. Cuando nos llegan estas ondas elásticas sentimos un temblor".

México es un país de temblores y volcanes activos. Compartimos esta peculiaridad con Chile, Nicaragua, Perú, Estados Unidos, Japón, China y Rusia. Esta circunstancia no es casual ya que estos países se encuentran alineados en torno al Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de actividad volcánica que alimenta a los volcanes Chimborazo en Ecuador, Popocatepetl y Volcán de Fuego en México, McKinley y Santa Helena en estados Unidos y el Unsen en Japón, entre otros.

La Corteza terrestre.

Siempre que ocurre un temblor los reportes noticiosos suelen dar los mismos datos: la magnitud y la ubicación del epicentro. Algunas veces los medios de comunicación entrevistan a un científico que profundiza un poco y menciona que el sismo se debió al choque entre la placa oceánica de Cocos o bien, la placa de Rivera con la placa continental de Norteamérica. Me resulta difícil imaginar el choque de porciones tan grandes de terreno. Solía preguntarme ¿cómo saben los científicos que a 14 mil metros de profundidad un gran trozo de suelo marino se está metiendo debajo del continente? ¿existen huecos, acaso los han visto? Aunque no podía entenderlo, tenía la necesidad de averiguar más, quise entender ese fenómeno sin tener que estudiar física, matemáticas o hacer ecuaciones incomprensibles. Esta aventura de conocimiento resultó cada vez más emocionante en la medida que me acerqué a la literatura de divulgación y a los científicos que trabajan con los sismos mexicanos.

A simple vista la corteza terrestre es rígida, pero en realidad no es así, comprende no solo a los continentes, sino también al suelo de los océanos, además no está formada de una sola pieza, aunque eso se pensó por muchos años. A principios de siglo Alfred Wegener, un científico alemán dedicado a la meteorología, lanzó la Teoría de la Deriva Continental, misma que fue criticada ferozmente por los físicos más prominentes de la época. Wegener solía dedicar mucho tiempo a los mapas, especialmente a los mapamundis. Como piezas de un rompecabezas, se dio cuenta que las orillas de los continentes, especialmente África y América del Sur eran muy parecidas. Imaginó que en el pasado podrían haber estado unidos y por alguna razón se habían separado. Explicó que los continentes flotaban y se movían alejándose o acercándose. De este modo los cinco continentes estuvieron unidos en un sólo supercontinente al que llamó Pangea, que en griego significa "todo tierra". Sin embargo la teoría de Wegener presentaba varios puntos débiles que en seguida los físicos atacaron con argumentos sólidos. Argumentaron que los continentes, si acaso

llegaran a moverse, experimentarían una fuerza de fricción tan intensa, que alcanzarían temperaturas de fusión suficientes para derretirlos. Como Wegener no pudo refutar esta aseveración comprobada de la física de esa época, no tuvo más remedio que conformarse con la severa crítica científica de sus contemporáneos y morir sin el reconocimiento que se merecía. Sin embargo si no fuera por ideas fantásticas y audaces de hombres como él, Galileo, Darwin y Lyell entre otros, la ciencia no evolucionaría.

La Tectónica de Placas.

Tuvieron que pasar muchos años para comprobar que Wegener tenía razón. Durante el periodo de la Segunda Guerra Mundial el desarrollo de la ciencia experimentó un avance vertiginoso. El Ejército de los Estados Unidos probó sus bombas atómicas y nucleares en el desierto de Arizona monitoreando las ondas sísmicas producidas por las detonaciones. Los sismógrafos desarrollados por la armada registraron también los sismos producidos en forma natural en las costas de California. El estudio de estos datos, realizados por científicos interesados en los sismos costeros de la corteza terrestre, contribuyó a comprobar la Teoría de la Deriva Continental y complementarla con la Teoría de la Tectónica de Placas.

La exploración del barco oceanográfico Glomar Challenger en los años 60, también de los Estados Unidos, comprobó que la corteza terrestre está dividida en fragmentos de diferentes tamaños, grosores y formas. A cada uno de estos fragmentos se les llamó placas tectónicas. Algunas placas están formadas por suelo oceánico únicamente, otras por terrenos continentales, pero la mayoría son fragmentos mixtos de continentes y suelo oceánico. Estas son las piezas del rompecabezas que imaginó Wegener, pero esta vez se obtuvo una definición más precisa de los bordes de las

piezas incluyendo la plataforma continental. Con estos hallazgos el ensamblaje de las piezas fue más exacto, no quedaban huecos sin cubrir, el rompecabezas de Pangea podía armarse sin dificultad. ¡Por fin! Además a estas pruebas se sumaron otras evidencias geológicas. Los paleontólogos compararon los fósiles de África y América del Sur y se dieron cuenta que pertenecían a los mismos organismos, de la misma familia, de la misma especie, de la misma época. ¿Cómo pudieron existir formas de vida similares si existía un océano de por medio? La respuesta fue que hace 200 millones de años, los 5 continentes estuvieron unidos, permitiendo la proliferación y desplazamiento de los mismos seres vivos.

Poco después se comprobó que las placas continentales son más gruesas y rígidas que las placas formadas exclusivamente por fondo marino. Cuando dos placas continentales chocan y ambas son rígidas, se forman cadenas montañosas por el plegamiento y elevación de sus bordes. Un ejemplo muy espectacular es la cordillera de los Montes Himalaya en la región norte de la India. Hace 200 millones de años la India se separó de África y comenzó a moverse rumbo al norte, chocó con la Placa Asiática y el empuje irreversible de su ruta provocó el plegamiento de la orilla asiática, levantándola a 8 mil metros sobre el nivel del mar. Se eleva dos metros cada mil años.

Las fronteras entre las placas tectónicas no son lisas, sino ásperas y desiguales. El proceso de penetración de unas bajo las otras llamado subducción no es continuo, sino que se alterna con periodos en los que no se registran movimientos de frotamiento entre ellas, pero sí se acumula mucha energía contenida en los contactos entre placas, que al liberarse repentinamente, da lugar a fuertes sismos cuyas ondas se propagan en el interior y la superficie de la Tierra. La magnitud de un temblor depende del tamaño del área de ruptura del fragmento de la placa que penetra hacia el manto, de nuevo a su reciclaje al interior de la Tierra como ha sucedido en los últimos 3 mil millones de años desde que se formó la corteza terrestre e inició su reciclamiento.

En el artículo de la revista Información Científica y Tecnológica de CONACYT, Singh explicó: "Después del temblor llevamos sismógrafos portátiles para averiguar el área que cubren las réplicas de este sismo de 1985. Estas réplicas dieron una información muy precisa del área de ruptura provocada por el temblor; la conclusión es que el sismo rompió una longitud de 200 kilómetros a lo largo de la costa del Pacífico, que va aproximadamente desde la frontera de Colima y Michoacán hasta Petatlán, en Guerrero. Esto quiere decir que el deslizamiento de la placa de Cocos provocó una ruptura de 200 kilómetros. Para tener una idea de lo que esto representa, en el temblor del Ángel de 1957, se rompió un área con una longitud costera del orden de 80 kilómetros". La diferencia entre ambos temblores en cuanto al área de ruptura corresponde también con la magnitud registrada de 8.1 y 7.6 grados respectivamente.

Cinna Lomnitz por su parte explicó a otro reportero en esa edición especial que "Esperábamos, sí, un sismo más o menos del tipo del ocurrido, pero ignorábamos cuándo sucedería". Agregó que "La frontera de placas es una zona que se rompe con una velocidad más o menos conocida. El movimiento anual de las placas se calcula en un promedio de seis centímetros desde el punto de vista de los geólogos. El sismo del jueves 19 de septiembre podría corresponder a un movimiento de placa de dos metros, aunque en realidad desconocemos su desplazamiento exacto. Para lograr dicha longitud se necesitó la energía acumulada de por lo menos 33 años". Preciso otro punto fundamental. "Se sabía desde el punto de vista sismológico que la zona de mayor peligro para la ciudad de México y el país entero era la frontera de las placas del Pacífico; me refiero a la frontera de las placas de Cocos y de Norteamérica, la cual se rompe en segmentos. Teníamos conocimientos de que los segmentos con poca o ninguna actividad en el pasado serían los primeros en romperse. Uno de estos es precisamente el de Michoacán. Hace un año (*en 1984*) se instalaron equipos para

registrar los temblores en esta zona. La predicción de entonces fue en el sentido de que esta región era una de las áreas con mayor riesgo de ruptura".

Singh y sus colegas analizaron una gran cantidad de sismogramas obtenidos en Lázaro Cárdenas y otros sitios ubicados a lo largo de la costa del Pacífico para estudiar en detalle las características del terremoto. Aunque varios años después Singh encontraría una respuesta más sólida, en ese entonces creía que el sismo del jueves 20 fue una réplica bastante grande. "Aunque no se conoce muy bien cuál es el mecanismo que ocasiona sismos menores después de un temblor principal, se cree que el deslizamiento en una falla no es homogéneo ni constante, sino que existen rugosidades. Una vez que se ha liberado la energía elástica del sismo principal, se piensa que en algunos puntos de esas rugosidades aumenta la energía, que se sigue liberando gradualmente en forma de temblores de menor magnitud. Éstos, denominados réplicas, siempre son de menor magnitud que el temblor original y disminuyen gradualmente en magnitud y frecuencia. Un temblor de magnitud 8.1 causa réplicas muy grandes, y no es nada sorprendente que algunas tengan magnitudes de 6 y 7 grados".

Lomnitz aseguró en ese entonces que "La repetición del sismo principal, el viernes 20 de septiembre en la ciudad de México, parece ser en realidad la continuación del primero. Aparentemente lo que sucedió fue que el jueves 19 se rompió un segmento de la placa desde un poco más al norte de Lázaro Cárdenas hasta poco más al norte de Zihuatanejo, y el día siguiente terminó de romperse el segmento, o sea hasta Petatlán, aproximadamente. Desde la óptica del sismólogo, una explicación tentativa sería que los dos sismos fueron, en rigor, uno solo, pues el segundo correspondió a la otra parte del primero, un poquito demorada. En este caso no podemos inclinarnos por concebir al segundo temblor como una réplica, porque su magnitud fue de 7.3 y las réplicas son, por lo general, menores que el sismo, regularmente con magnitudes de 2 o 3 grados menos. En esta ocasión nos

encontramos ante un fenómeno poco común. La ruptura que se inició al sur de la falla simplemente culminó al segundo día, y ahora está roto todo el segmento que ya habíamos previsto".

Vale la pena recordar las explicaciones que los especialistas ofrecieron en 1985, apenas un mes después del terremoto para darnos cuenta del avance que se lograría en los años siguientes. Efectivamente sus comentarios eran prematuros, aún faltaba mucho trabajo por hacer, pero a fin de cuentas eran los especialistas en la materia y la diversidad de opiniones y explicaciones del fenómeno, abrieron distintas líneas de investigación y fueron definitivas para llegar a un mayor conocimiento de los terremotos mexicanos.

Los sismos mexicanos.

Históricamente los temblores mexicanos de mayor magnitud ocurren a lo largo de la costa del Pacífico. En este siglo se han registrado sismos muy fuertes en el territorio mexicano, como el de Jalisco del 3 de junio de 1932 con una magnitud de 8.2 grados en la escala de Richter. Otro temblor grande fue el del 28 de julio de 1957 originado en las costas de Guerrero con una magnitud de 7.6 grados. Finalmente el del 19 de septiembre de 1985 en las costas de Michoacán con una magnitud de 8.1 grados. Este sería el sismo que llamaría finalmente la atención de las autoridades para asignar presupuestos para la investigación y renovación del equipo de monitoreo.

A Singh le apasiona su trabajo, está consciente de la importancia de estudiar los sismos más grandes y sus características físicas ya que esta es la única manera de conocer el estado actual de la Tierra. Para él los sismogramas son algo parecido a las tomografías de los pacientes. El médico ve cuál es el estado del cerebro del paciente sin necesidad de abrir el cráneo y buscar el daño. Los sismólogos observan un sismograma, lo interpretan e infieren el estado actual de la Tierra. Saben, entre otras

cosas, donde están las variaciones de densidad, sin necesidad de penetrar por la corteza terrestre hasta el manto o el núcleo, pues eso es todavía imposible, una fantasía maravillosa protagonizada por el aferrado profesor Lidenbrok, su sobrino aprendiz de geólogo y el estoico guía islandés Hans del *Viaje al Centro de la Tierra* del genial Julio Verne.

Gracias a que los intereses profesionales de Singh cambiaron de la teoría a la práctica, la sismología mexicana logró un avance importante. Él se dio cuenta que en nuestro país, donde había deficiencias no era en la teoría, sino en la observación. Además la teoría se puede desarrollar en cualquier parte del mundo, es una disciplina global. Singh puede usar la teoría que desarrollan los japoneses o los rusos, sin embargo, para entender la dinámica de los sismos mexicanos es necesaria la observación *in situ* y esa la hacen los que viven aquí y si él había decidido quedarse a vivir en México, sabía cuál era su misión y le agradaba.

La Teoría de la Tectónica de Placas ya estaba comprobada, también la de las brechas o trincheras oceánicas, que son las fronteras, es decir, las zonas en las que se encuentran las placas que se deslizan bajo las otras. Singh partió de estas teorías para identificar dentro de las Placas de Cocos y de Rivera, bloques o fragmentos más pequeños, las subplacas que se introducen bajo el continente con sus propios ritmos, ciclos, direcciones y fuerzas.

Las Brechas Sísmicas.

Un año después del sismo la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos organizó un simposio en el que Singh y Paco señalaron en su participación que "...los daños en la Ciudad de México fueron inmensos e inesperados; la energía sísmica que llegó a la cuenca fue atrapada por las formaciones locales generándose así grandes

amplificaciones. Mucho hemos aprendido de la configuración estratigráfica del valle pero es más lo que ignoramos".

Sin embargo Singh descubrió varias características de las brechas sísmicas, por ejemplo que "la placa de Rivera, que es relativamente pequeña, se desplaza bajo el estado de Jalisco con una velocidad relativa de unos 2.5 centímetros al año. La frontera entre las placas de Rivera y el continente es algo incierta pero se estima que intersecta la costa de México cerca de Manzanillo. Por otra parte, la velocidad relativa de la placa de Cocos con respecto al continente varía desde unos 5 centímetros cerca de Manzanillo hasta unos 8 centímetros al año en Tehuantepec". Singh conformó una gráfica en la que propuso una relación de ciclos en los que por decirlo así, son más activas las brechas del Océano Pacífico.

Las principales brechas o segmentos de placa oceánica son las de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Ometepec y Tehuantepec. Singh descubrió que la brecha de Michoacán parecía no haber experimentado grandes temblores ni en este siglo ni en el anterior. Antes del sismo de 1985 se pensaba que esta zona no contenía potencial sísmico o bien que sus periodos de recurrencia eran anómalamente largos. Sin embargo después de los estudios hechos a raíz del terremoto del 85 se replantearon las ideas y ahora se considera que el temblor del 11 de junio de 1911, cuando Madero entró a la Ciudad de México ocurrió en la misma brecha que el del 19 de septiembre de 1985.

El sismo del 19 de septiembre rompió la brecha de Michoacán a una profundidad de 16 kilómetros y la supuesta réplica del día siguiente, en realidad fue otro sismo, o la continuación del primero, originado en la misma brecha pero a 95 kilómetros al suroeste del primero y a 20 kilómetros de profundidad.

Red de Banda Ancha

En 1985 el Servicio Sismológico Nacional usaba una red de sismógrafos con una medida de magnitud que saturaba los datos de temblores fuertes, es decir, sismos de una magnitud mayor a 5.6 o 6 grados en la escala de Richter. Esta imprecisión hacía que los instrumentos reportaban una magnitud más pequeña a la magnitud real del sismo. Entre mayor era la magnitud real del movimiento telúrico, mayor era el rango de error medido por los sismógrafos. Por este motivo Singh empezó a trabajar utilizando los datos obtenidos con un sismógrafo de Banda Ancha.

A partir de 1985 se creó un proyecto para actualizar la red sismográfica y se compraron instrumentos modernos para hacerla más consistente. La red nacional RESMAC permitía establecer epicentros y magnitudes muy precisas de sismos menores de 5.5 grados, sin embargo no era muy útil para hacer investigación de punta como la que se estaba haciendo en otros países con riesgo sísmico como el nuestro. A finales de los años 80 los sismólogos obtuvieron presupuesto de la UNAM, el DDF y la Secretaría de Gobernación para la instalación de la Red Sismológica de Banda Ancha. Existen grandes diferencias entre la Red de Banda Ancha y la Red Convencional. Ambas redes emplean sensores electromagnéticos, pero en una red convencional los sensores son de periodo corto, esto quiere decir que es limitada la banda de frecuencia que pueden registrar.

La limitación en el rango de frecuencias de los instrumentos con los que contaban en 1985 Singh y sus colegas no permitía investigar y estudiar con detalle la fuente sísmica, las características físicas del porqué ocurren los sismos, ni la energía que se libera. La propagación de las ondas sísmicas a lo largo de la corteza tampoco se pueden ver con una red convencional. Las ondas que se propagan al producirse un terremoto tienen diferente frecuencia. Hay un tipo de onda que viaja muy rápido y se les llama comúnmente ondas "P", es decir primarias. Otro tipo de ondas son más lentas y se conocen como ondas "S", es decir, secundarias. Hay un tercer tipo de ondas

que se originan por la interacción de las ondas P y S con la corteza terrestre, son las ondas superficiales. Las ondas superficiales tienen frecuencias más bajas y de periodos más altos, del orden de hasta 20 segundos. Estas ondas no se ven bien en los sismógrafos de periodo corto y no permiten hacer estudios más profundos de los sismogramas.

Con la estación prototipo de Banda Ancha instalada en C.U. Singh trató de mejorar los cálculos para determinar la magnitud precisa y más rápida haciendo estudios de varios sismos registrados en México por la Red Mundial. Calculó la magnitud tomando en cuenta el fenómeno de amplificación del Valle de México. Empleó dos algoritmos para determinar la magnitud, uno a través de la amplitud de las ondas superficiales que registraba distancias regionales y otro midiendo directamente la energía en el sismograma. La determinación de energía ya la habían calculado Singh y Ordaz anteriormente con registros de sismos costeros usando los acelerógrafos de la Red SISMEX del Instituto de Ingeniería. Esto mejoró la determinación de magnitud que venía haciendo el Servicio Sismológico Nacional. En 1998 se cuenta ya con un programa desarrollado por Singh y Javier Pacheco, que calcula rápidamente la magnitud preliminar bastante confiable en los primeros 5 minutos después de ocurrido un sismo grande. Por ejemplo, si el Servicio Sismológico calculó que un sismo "x" fue de 6.7 grados en la escala de Richter, la magnitud precisa debe ser de 6.5 a 6.8 grados en la escala de Richter.

Al ocurrir un sismo que bastante gente percibe en la Ciudad, los teléfonos del Servicio Sismológico Nacional comienzan a recibir llamadas de la radio, las redacciones de los diarios y de los noticiarios de T.V. Los sismólogos calculan en los primeros 5 minutos una magnitud preliminar de 7.2 grados por ejemplo. Posteriormente cuando se hacen los cálculos más detallados, correlacionando una mayor cantidad de registros de otras estaciones, en 2 o 3 días más, se obtiene una magnitud que puede andar entre los 7 y los 7.4 grados en la escala de Richter. Esto

indica en qué nivel se han corregido la rapidez y el rango de error en los cálculos de magnitud con el uso de la Red de Banda Ancha.

El Servicio Sismológico Nacional instaló la primera estación de este tipo en el Laboratorio de Geomagnetismo del Instituto de Geofísica ubicado, en el estacionamiento de la Facultad de Veterinaria. Es un pequeño edificio circular con un pozo de 30 metros de profundidad. Ahí se encuentran dos sismógrafos: el GEOSCOPE de un grupo de investigadores franceses y un sismógrafo de Banda Ancha del Instituto de Geofísica, más moderno y eficiente en sismos menores y hasta magnitudes de 7 grados y más.

La fuente de energía.

Para conocer las características de la fuente sísmica, es decir del lugar donde surgen los sismos, es necesario conocer la geología del subsuelo por la que se propagan las ondas. Los sismos se estudian a través de las ondas sísmicas que producen, mismas que se registran en los sismogramas. Si no se sabe cómo altera la Tierra a las ondas sísmicas y sus sismogramas, no se pueden entender completamente las características de la zona donde está el foco sísmico.

Los sismos que ocurren dentro del continente son menos conocidos y son también muy importantes porque indican qué es lo que está pasando en el centro de México, cuál es la dinámica geológica activa del territorio y la localización de fallas geológicas ocultas. Los sismos continentales generalmente son más pequeños y menos espectaculares que los originados en la zona de subducción. Estos sismos son menos conocidos y sus características apenas se están estudiando. El principal problema es que no se conoce la estructura ni el grosor de la corteza continental que ocupa el territorio de México, ni cuál es la diferencia entre la estructura geológica del

Eje Volcánico, en relación con las regiones del sur, el norte y la costa. Se tienen únicamente algunos indicios.

En el Instituto de Geofísica Singh y sus colegas emplean datos telesísmicos para medir la longitud de una onda sísmica al cruzar la corteza terrestre. Dependiendo de su longitud de onda, al ir atravesando el interior del planeta, deja tras de sí una huella de su trayectoria en el registro sísmico. A su paso muestrea una región más superficial o más profunda de la Tierra. Por ejemplo las ondas con una longitud de onda de 20 segundos, muestrean una región de más de 20 kilómetros de profundidad, mientras que las ondas de una longitud de onda de 100 segundos, muestrean la estructura de la Tierra hasta el manto. Con los estudios que hace Singh usando datos telesísmicos, se está "mapeando" la estructura interna de la corteza terrestre del territorio de México.

Los datos telesísmicos son los registros de sismos que ocurren a distancias lejanas, es decir más allá de los 3 mil o 4 mil kilómetros de distancia. Son sismos registrados en el Servicio Sismológico Nacional, pero que ocurren en Chile, en Japón o en Siberia. Esos sismos emiten las ondas (P) o primarias que llegan en forma casi vertical a la superficie, en su camino muestrean la corteza debajo de la estación donde está colocado un sismógrafo y eso permite estudiar la estructura de la corteza, localizar la profundidad donde se encuentra el Moho, es decir la discontinuidad que determina el cambio entre la corteza terrestre y el manto superior y eso es muy importante porque nos dice mucho sobre la historia tectónica de México.

Darwin y Lomnitz.

En febrero de 1835 Darwin se encontraba cerca del sitio que ocupa actualmente la ciudad de Valdivia, en el sur de Chile. Repentinamente sintió un fuerte sismo. Darwin utilizó unas palabras precisas y notables para describir lo que sintió, "era

como estar a bordo de un velero cuando sopla una leve brisa cruzada, o más exactamente, como si uno patinara sobre un lago cuando el hielo está muy delgado. Lo que el biólogo británico sintió fueron efectivamente olas en tierra firme, es decir, ondas similares a las ondas de gravedad. Hasta entonces ningún científico había presenciado o medido tales fenómenos. Darwin concluyó correctamente, que el origen del sismo había sido un desplazamiento relativo de la corteza terrestre. Lo confirmó con su hallazgo de conchas marinas frescas que se encontraban sobre unas terrazas con una altura de ocho metros sobre el mar. Nadie le creyó. Tuvieron que pasar cerca de 80 años para que sus ideas fueran reconocidas ampliamente por la ciencia moderna.

El 22 de mayo de 1960, casi 125 años después se originó un sismo de 8.5 grados frente a las costas chilenas. En las ciudades de Concepción y Valparaíso murieron más de 6 mil personas. El terremoto tuvo un área de ruptura de la placa oceánica de aproximadamente mil kilómetros, produjo un maremoto con olas tan grandes y con tanta fuerza y energía, que se desplazaron a todo lo ancho del Océano Pacífico, causando daños en las islas de Hawai y aún en el remoto Japón. Ese día Lomnitz se encontraba en la ciudad de Concepción, a unos 300 kilómetros del epicentro. El fenómeno se convirtió en un laboratorio atterradoramente revelador de la fuerza y la naturaleza de los movimientos sísmicos. "Pude observar claramente las ondas superficiales propagándose sobre el suelo. Eran como un oleaje muy lento y los vehículos rodaban y se mecían al compás de ese oleaje como lanchas en un muelle". De ahí viene el concepto de la elasticidad de las rocas y el fundamento de la tesis científica que ha manejado Lomnitz a lo largo de su carrera profesional. Por esta experiencia se siente tan identificado con Darwin en su descripción del sismo de 1835. "Los sismos me han inspirado siempre un gran respeto y temor y al mismo tiempo un fuerte deseo de entenderlos" dice Lomnitz al recordar aquella sensación. Casualmente le ha tocado presenciar muchos temblores importante en América Latina.

Ahora entiendo otro concepto importante en la teoría sísmica de Lomnitz, el de las olas en la Tierra y la forma en la que se propagan en el suelo. Aunque es cierto que este fenómeno pocas veces es perceptible a simple vista, como lo atestiguó el doctor Lomnitz.

¿Porqué son especiales los sismos mexicanos?

Persiste la duda sobre lo que pasa en la Ciudad de México aunque hay muchos estudios y diferentes interpretaciones. Singh y Lomnitz centraron sus esfuerzos, cada uno sobre líneas de investigación diferentes, para conocer las características del terremoto del 19 de septiembre y los grandes movimientos de amplificación que provocó en la Ciudad de México.

En el Instituto de Física, un grupo de investigadores, entre ellos el propio hijo de Cinna, Jorge Lomnitz Adler, Jorge Flores, Raúl Esquivel, Mateos, Seligman y Novaro, propusieron una hipótesis que causó gran controversia al señalar que los daños en la Ciudad de México durante el sismo de 1985 fueron producidos por una onda sísmica muy peculiar que no es homogénea y se produce cuando una onda S (secundaria) llega a la superficie y se transforma en una onda P (primaria) y se refracta a lo largo de la superficie provocando una reverberación inusual e inesperada.

Singh no comparte esa teoría totalmente. Para Singh los sismogramas son claros y muestran los datos de una manera clara y precisa. Sin embargo a Lomnitz le interesa buscar respuestas en terrenos alternativos de la física y la ciencia. Son dos científicos con un objeto de estudio común, pero con métodos y expectativas diferentes.

A Lomnitz lo impulsa la duda de por qué se cayeron 370 edificios durante el sismo del jueves 19 de septiembre de 1985. Si estos edificios los construyeron los

mejores ingenieros del país, con el estado del arte de la ingeniería y de acuerdo con las normas sísmicas incluidas en el Reglamento. Entonces "¿por qué se cayeron? por algo que no sabemos" y se centró en responder a esa pregunta. En ese ánimo de investigación se encontró con los primeros obstáculos entre los colegas, sobre todo los que aseguraban conocer las características de los sismos y el subsuelo capitalino y aquellos que consideraban que era necesario reforzar los edificios y las casas en riesgo. Lomnitz reconoció que había muchas dudas, que eso era al fin y al cabo natural y que era necesario estudiar más y al no encontrar eco entre sus colegas sismólogos, descubrió el grupo de investigación del Instituto de Física y juntos llegaron a identificar una onda que solamente se produce y amplifica en suelo blando, en el lodo y no se propaga en el suelo duro, en ninguna otra parte más. Esa onda excitada en el suelo blando posee gran energía y duración, de hasta 250 segundos, es decir 4 minutos, a veces hasta 5 minutos y sigue. La respuesta a los motivos que propician la existencia de esta onda exclusiva de suelo blando aún no se han podido explicar satisfactoriamente y la controversia entre Singh y Lomnitz ha sido enriquecedora en el sentido de que ha generado nuevas investigaciones que involucran a estudiantes de doctorado, maestría y licenciatura, los futuros sismólogos mexicanos.

Aunque Singh ha observado que este tipo de ondas efectivamente se producen y tienen ese comportamiento, no considera que ésta sea tan grande y tan fuerte como dicen los físicos, con un factor tan destructivo. Los resultados de Singh dicen que esto no es posible, pero aún no la ha podido interpretar completamente. Esto tiene mucho que ver con el desconocimiento que persiste respecto a la estructura tectónica y geológica de México. Para Lomnitz todo este asunto no es tan misterioso ya que las ondas acopladas se conocen desde 1951, sin embargo, por alguna razón han caído en el olvido. Lomnitz explica "lo que estamos haciendo con los físicos es en cierto modo una sismología más 'tradicional' que la de los ingenieros, pero aún falta mucho para que se diga la última palabra".

Los geólogos postulan que la parte sur de México está constituida por terrenos alóctonos, esto significa que son arcos de islas o partes de continentes que en algún momento viajaban con la Placa Farallón. La Placa de Farallón era una placa oceánica que existió hace millones de años y en su deriva se subdujo, es decir, desapareció debajo de la corteza continental de lo que ahora es México. Una hipótesis considera que los terrenos que conforman hoy el sur de nuestro país, hace millones de años eran islas que venían con la Placa Oceánica de Farallón y que chocaron con la Placa Continental de Norteamérica, incorporándose al actual territorio de México. A estas zonas se les llama alóctonas porque no son nativas del actual territorio mexicano como el Eje Volcánico y el norte del país. De ser así, los terrenos costeros de la franja sur en dirección a la Ciudad de México, todavía conservan una estructura oceánica y no continental. Este fenómeno puede explicar la amplificación tan inusual que sufren las ondas sísmicas al acercarse a la ciudad en lugar de disminuir su energía con la distancia, por el contrario se intensifica y llegan con demasiada fuerza hasta nosotros.

Para llegar a un acuerdo respecto a esta hipótesis, es necesario conocer la profundidad a la que se encuentra la división entre la corteza y el manto a la que llaman Moho. Si el Moho es más profundo quiere decir que es de origen continental, pero si es menos profundo, esto quiere decir que la Sierra costera en Guerrero y Michoacán es de origen oceánico y por eso amplifica las ondas en lugar de atenuarlas con la distancia como se esperaría. Todavía hay muchas preguntas sin respuesta sobre la historia geológica de México. El estudio de las ondas sísmicas sirve precisamente para encontrar estas respuestas.

La atenuación con la distancia.

En 1987 Singh participa en el Séptimo Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica en Querétaro del 19 al 21 de noviembre, presenta los resultados de sus

estudios sobre las características de la fuente y la amplificación del movimiento en la ciudad de México durante el temblor del 19 de septiembre de 1985. Rosenblueth, Ordaz, Sánchez Sesma y Singh presentan una serie de modelos llamados Espectros de diseño para el Distrito Federal.

"Cerca de la zona de ruptura de un gran temblor, los movimientos de la superficie de la tierra son muy intensos. Conforme uno se aleja de esta zona, los movimientos van disminuyendo y también los daños provocados por el sismo. Sin embargo, debido a condiciones particulares del subsuelo en ciertas regiones, esta tendencia de disminución de los daños con la distancia presentan notables excepciones. De ellas, la más espectacular del mundo es el valle de México (...) Las propiedades de las arcillas son tales que las ondas sísmicas al encontrarlas, surgen grandes amplificaciones que originan movimientos de terreno desproporcionadamente grandes. Esta es la principal causa de los daños que desde hace siglos se observan en el DF". "El fenómeno de ampliación de las ondas sísmicas por efecto del subsuelo, en sus aspectos cualitativos, se entendió desde hace muchos años, la naturaleza del subsuelo y las fronteras entre suelo firme y blando se conocen con bastante precisión desde fines de los años 50".

En esta cita se resume la diferencia de opinión que tiene Lomnitz al respecto. Para Lomnitz "los movimientos no fueron 'desproporcionadamente grandes', fueron diferentes a lo que se esperaba en las Normas, tanto, como es diferente un rayo láser de la luz eléctrica normal. Lo 'grande', (la amplificación) no es el problema y no es verdad que eso se entendió desde fines de los 50".

Singh, Javier Pacheco y Mario Ordaz se dieron cuenta de que las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en la estación de C.U. no correspondían a las amplitudes que se esperaban en cualquier otro sitio fuera del Valle de México. Descubrieron que había una amplificación de un factor de 10 en CU, una zona rocosa. Hasta entonces los trabajos que se habían hecho en relación al sismo del 85, habían

utilizado la estación de Ciudad Universitaria para comparar sus resultados con las estaciones que estaban en la zona del Lago, cuyos factores de amplificación de las ondas sísmicas son del orden de 100 con respecto a las estaciones en zona de roca. Sin embargo, nadie había tomado en cuenta que las estaciones de roca también amplifican con un factor de 10, lo cual quiere decir que en la Zona del lago la amplificación es todavía mayor.

¿Qué significa esto? Que una parte de la amplificación de las ondas no se debe únicamente al suelo, sino que se debe a la forma de la cuenca donde se encuentra el Valle de México. Este complicado problema lo intenta explicar trata de resolver Paco Sánchez Sesma con sus complejos modelos matemáticos. En ellos simula la forma del Valle de México, la velocidad y dirección con la que entran las ondas sísmicas y su amplificación. De esta forma se relaciona el trabajo del Instituto de Geofísica con el Instituto de Ingeniería. Singh observa las ondas sísmicas y las describe, mientras que Paco genera modelos para explicar su comportamiento en el suelo y subsuelo de nuestra ciudad.

El interior de la Tierra es heterogéneo, cuando las ondas cruzan el subsuelo se dispersan hacia todos lados. Poco a poco, la energía de las ondas P y S que salieron concentradas en el sismo se dispersan. Si vemos el registro sísmico de una estación cercana al epicentro, encontramos un registro muy breve de unos 10 o 20 segundos de duración. Sin embargo, cuando ese sismo llega a la Ciudad de México, la duración de las ondas ya es de minutos de duración. Esto quiere decir que las ondas se dispersaron y la energía inicial que estaba contenida en ese terreno, ahora está contenida en una región muy grande. A este fenómeno se le llama Atenuación por Dispersión.

El otro fenómeno observado en México es de la Atenuación Intrínseca, esto es cuando la onda va pasando por un cuerpo sólido conformado por varias moléculas, hace que esas moléculas se muevan, ese movimiento si entra en resonancia con la

onda, quiere decir que está absorbiendo energía, pero una parte de esa energía se queda en el medio. A eso se llama Atenuación. La Ciudad de México se localiza a una distancia bastante grande de la costa y las ondas que llegan aquí deberían llegar atenuadas. Sin embargo una parte de las ondas sísmicas, precisamente las que tienen una frecuencia que entra en resonancia con la cuenca se amplifican y el suelo lacustre absorbe la energía. Al no poder absorberla toda, la vuelve a mandar al medio y eso provoca la Amplificación.

En todos los tipos de suelo ocurre el mismo fenómeno. En los terrenos duros las frecuencias de resonancia son muy altas y son atenuadas más rápidamente que las frecuencias bajas porque tienen más energía y producen mayor deformación en la roca. El Valle de México entra en resonancia en un periodo que va de 1 a 10 segundos, las capas del lago entran en resonancia casi en el mismo periodo, entre 1 y 5 segundos. Los edificios que se cayeron en el 85, de entre 7 a 18 pisos también entraron en resonancia en ese periodo. Esta coincidencia provocó los derrumbes.

Los estudios del subsuelo realizados por Mooser sirvieron de base para interpretar las características sísmicas de la Ciudad de México.

El Servicio Sismológico Nacional.

Los instrumentos de registro sísmico se agruparon en redes: La Red Acelerográfica de Guerrero operada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM con 30 acelerógrafos distribuidos a lo largo de las costas, registra los movimientos producidos por temblores cercanos a la zona de ruptura de las placas tectónicas. La Red Acelerográfica del Valle de México conformada por 110 acelerógrafos, 100 de ellos instalados después de 1985, miden las amplificaciones del subsuelo. Esta red la operan el Centro de Instrumentación Sísmica de la Fundación Javier Barros Sierra, el

Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Centro Nacional para la Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación. Por otra parte el Instituto de Geofísica de la UNAM maneja el Servicio Sismológico Nacional y la Red de Banda Ancha.

En un reporte del Servicio Sismológico Nacional titulado *Estado actual, desarrollo y perspectivas*, impreso en febrero de 1998 me encontré con datos importantes respecto a las ventajas y limitaciones técnicas de la Red de Banda Ancha. Según el documento, la Red de banda ancha consta de 18 estaciones localizadas en lugares apartados y en construcciones especiales e independientes. La transmisión de las señales se realiza vía satélite pero es lenta, costosa y compartida con otros usuarios, hecho que limita la capacidad de respuesta del Servicio Sismológico Nacional (SSN). El documento menciona las acciones para superar estos problemas.

"a. Tres de las estaciones están conectadas por telefonía privada. La velocidad de transmisión se incrementa sustancialmente y permite la transmisión de los datos en tiempo real. Con estas estaciones se están realizando pruebas de comunicación y elaborando programas de recepción de datos en tiempo real. (...) A pesar de existir en el mercado sistemas de recepción de datos que incorporan localización automática, estos sistemas son de alto costo. Dichos sistemas se están desarrollando en el Instituto de Geofísica a paso lento debido a las limitaciones de personal con que se cuenta.

b. Las limitaciones en la velocidad de transmisión vía satélite se debe a que se usan los enlaces a través de TELECOM, que no permite la utilización de una banda más amplia sin elevar considerablemente los costos. Para elevar la velocidad de transmisión en las estaciones conectadas vía satélite, se está en conversaciones con la Secretaría de Gobernación, a través del CENAPRED, para utilizar sus sistemas de comunicación satelital".

Más adelante el informe dice que "La ampliación de la red de sismógrafos implica grandes gastos para el SSN, no solo por el costo inicial (los equipos de una

estación de banda ancha tienen un costo aproximado de US\$50, 000) sino también por el mantenimiento y actualización constante que requieren los equipos. Los costos de las estaciones, el presupuesto anual y el número de técnicos con que dispone el SSN limitan el número de estaciones que pueda operar y por tanto la cobertura y atención que se pueda dar a la sismicidad en México".

Hasta aquí en cuanto a la labor de monitoreo y estudio, pero en cuanto a la distribución de la información sísmica para la población, el Servicio Sismológico Nacional ha realizado avances importantes. Según el documento "La revolución en informática provocada por las computadoras se está utilizando para aligerar la distribución de la información sísmica en México. El SSN cuenta con un envío automático de fax. Una vez localizado el sismo, se envía un mensaje a la computadora que a su vez envía automáticamente un fax a las autoridades civiles y militares así como a los medios de información y otros usuarios que hayan solicitado esta información previamente. Anteriormente este proceso se llevaba a cabo manualmente por una secretaria u otro operario, tomando cerca de mediodía para enviar toda la información. Al mismo tiempo la computadora envía un mensaje de correo electrónico a los usuarios que cuentan con este sistema, que es mucho más rápido que vía fax, ya que todos los usuarios reciben el mismo mensaje al mismo tiempo. Este mensaje se envía a un radiolocalizador, que pueden consultar los usuarios que poseen este servicio de mensajería. El SSN cuenta con una página WEB que se actualiza cada vez que se reporta un sismo y despliega además los últimos quince sismos reportados, para consulta de los usuarios". Dada la importancia del trabajo que realiza el Servicio Sismológico Nacional y las características sísmicas de la Ciudad de México, éste debería ser un asunto prioritario de las autoridades capitalinas.

CAPÍTULO 5

EL VULNERABLE DISTRITO FEDERAL.

Archivos de Identidad.

De niña me emocionaba pasar por algunos tramos de carretera en los que literalmente se parten los cerros por la mitad. Descubrí que algunos cerros son de roca, otros de tierra amarilla, otros de tierra roja y otros son combinados. Los más hermosos y espectaculares son los que muestran líneas de varios colores, plegadas, fracturadas o inclinadas. Para mí un viaje por carretera era una oportunidad para observar las capas de tierra del subsuelo, líneas bien delimitadas de tierra negra, seguida por otra menos oscura, debajo de una marrón. Lo más emocionante son las líneas curvas o las rectas perpendiculares que se hunden en el terreno, son las evidencias de fuerzas colosales empujando y plegando montañas. ¿Qué hay bajo nuestros pies? Una serie de capas de tierra, roca y grava de diferentes colores, espesores y formas que los expertos llaman estratigrafía.

Las capas de tierra, roca y sedimentos que vemos en los cerros partidos de las autopistas, continúan uno o diez metros por debajo de la superficie, hasta diez o cien metros en algunos puntos como serpentinatas ondulantes sepultadas. Capas y capas de materiales de diferente composición química y antigüedad conforman la estratigrafía de la corteza terrestre hasta una profundidad promedio de 100 kilómetros. Los geólogos y geofísicos que estudian y descifran la estructura del subsuelo para conocer la historia de la Tierra seleccionan distintos sitios para observar y tomar muestras en zonas donde se han registrado derrumbes naturales en los cerros o donde se abren grietas, en las barrancas.

La tarea de sondear el subsuelo de la cuenca permite identificar ambientes antiguos de la región que ayudan a entender su comportamiento ante los sismos y

sobre todo, para mejorar las normas de construcción y elegir lugares más seguros para vivir, trabajar y divertirnos. Por ejemplo, sabemos que el azolve de los ríos produjo espesores variables en el lecho de los lagos. Normalmente los ríos arrastran en su descenso por las serranías fragmentos de rocas, minerales y grava que se depositan al llegar a un lago o estanque. De esta forma, los estudios de los sedimentos han demostrado que los espesores son mayores en el norte y menos gruesos en el sur. En el centro de la antigua zona lacustre alcanzan unos 200 metros. El lecho lacustre está formado por lo que los geólogos llaman "material volcánico reabajado", es decir, granillos de arena y ceniza volcánica fragmentada y pulida por el agua, combinada con depósitos de sedimentos de lodo. Con esto podemos darnos cuenta que la mayor parte de la Ciudad está asentada sobre los depósitos lacustres y el relleno volcánico de un periodo reciente de la historia de la zona que abarca unos cuantos miles de años. Pero ¿que hay más abajo?

Una descripción de la composición del subsuelo del Centro Histórico es como hacer un viaje al pasado en una máquina del tiempo. En los primeros 7 metros nos encontraremos con las ruinas de los edificios de la antigua Tenochtitlan. Luego viene una capa de lodo blando. Al llegar a los 25 metros de profundidad, en una capa que llega hasta los 50 metros nos encontraremos con arcilla intercalada por segmentos duros de arena y ceniza volcánica. Entre los 50 y 54 metros hay una capa delgada formada por depósitos de limo arenoso, arcilla y gravas, conocida como "capa dura". Enseguida hay una capa de unos 15 metros de espesor conocida como "Serie arcillosa inferior", intercalada con lentes duros. Cuando llegamos a los 60 metros de profundidad nos encontramos con los "depósitos profundos", formados por arenas y gravas aluviales limosas, cimentadas con arcillas duras y carbonatos de calcio. Se trata de tepetates. En la cuenca se formaron abanicos aluviales que abarcan hasta 650 metros de espesor. Los abanicos aluviales son depósitos finos de arena arrastrada por los ríos que forma playitas en las orillas más tranquilas. Esta fue una época muy

violenta en la región, marcada por la erupción simultánea de varios volcanes pequeños. En esa época se formaron las Sierras que cerraron el antiguo valle y dieron origen a la cuenca y con ello a los lagos. Como resultado de ese periodo convulsionado quedan los conos dispersos por toda la ciudad, de 220 pequeños volcanes como el Cerro de la Estrella, el de Xico, el Teutli y otros. El último de ellos es el Xitle, lo cual nos indica que la actividad volcánica de la zona continúa. Mas abajo se encuentran rocas calizas del periodo Cretácico, es decir, de hace 65 millones de años y más que alcanzan un espesor de ¡más de 2000 metros! La accidentada historia de la cuenca incluye plegamientos del terreno que dieron lugar a ligeras elevaciones y colinas. Alrededor de la cuenca, en una extensión que abarca los estados de México, Puebla e Hidalgo podemos reconocer más rocas del periodo Mesozoico, es decir, rocas con una antigüedad de entre 63 y 220 millones de años. En nuestro viaje imaginario al pasado. Sin embargo, el Valle de México aún es una de las regiones menos conocidas, geológicamente hablando. Mooser se aventuró al subsuelo a través del análisis de líneas sísmicas y descubrió unas fallas geológicas que apenas se están investigando.

La estructura geológica de la Cuenca de México, es decir, la historia de su formación, está estrechamente relacionada con los efectos que producen los sismos originados en las costas del Pacífico, a más de 300 kilómetros de distancia. Las zonas más afectadas durante los sismos de 1985 se ubican sobre el lecho drenado y relleno de los antiguos lagos, en terrenos muy blandos e inestables, o bien, sobre fallas y fracturas del subsuelo. Ahora, a diferencia de 1985 contamos con mapas de zonificación sísmica. A simple vista el terreno sobre el que se asienta la Ciudad de México es plano, sin embargo, el subsuelo es un intrincado conjunto de capas irregulares, abultamientos y cuerpos de aguas subterráneas, un territorio desconocido que comienza a ofrecer más datos.

Las 14 fallas de Zoltan.

El geólogo de origen húngaro Zoltan de Cserna, quien ha dedicado su vida al estudio de la geología mexicana presentó un proyecto de investigación al Subcomité de Normas y Procedimientos de la Construcción de la Comisión Nacional de Reconstrucción del Distrito Federal. El estudio titulado *"Estructura geológica, gravimétrica, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la Cuenca de México"* da cuenta de las fallas geológicas que yacen bajo la zona urbana. Sus resultados son en cierta forma alarmantes, tal vez por ello no son tan bien aceptadas entre las autoridades, el propio Mooser y algunos investigadores universitarios.

Zoltan de Cserna concluyó que la zona urbana de la Ciudad de México se encuentra sobre una serie de 14 fallas geológicas activas, es decir, que producen sismicidad. Asegura que algunas de ellas se encuentran bajo las zonas que fueron dañadas por los sismos de 1985. Esta afirmación implicaría que la colonia Roma se erigió sobre una falla geológica.

En opinión de otros geólogos como Federico Mooser, las fallas son muy antiguas y son inactivas, no representan ningún peligro. Cuando platicué con Zoltan de Cserna y Federico Mooser, por separado, pude darme cuenta de sus puntos de vista totalmente diferentes. Percibí una rivalidad que parece ir más allá de lo profesional, es un hecho que no se caen bien. Por supuesto, durante mis entrevistas con ellos no dije nada sobre los comentarios que cada uno de ellos hacía sobre el otro.

Otros investigadores han refutado a Zoltan de Cserna, no por la existencia de las fallas, sino por su antigüedad. Lomnitz por ejemplo, asegura que "aparte de esas 14 'fallitas' hay otras muy grandes. Por ejemplo la Falla Texcoco-Querétaro que pasa por fuera del Valle de México y la que forma el eje Popocatepetl-Iztaccihuatl. Son grandes escalones subterráneos que nos dan la forma del basamento bajo la ciudad y sin embargo sabemos muy poco de ellos. Yo concuerdo con Mooser en que no son

peligrosas para temblores -espero-, pero si son importantes para entender la forma del basamento y su relleno".

Las líneas sísmicas de PEMEX.

A raíz del temblor todo el mundo se interesó por la geología de la Ciudad de México, similar a la geología de las ciudades de Puebla y Toluca porque son cuencas de origen volcánico. PEMEX hizo un levantamiento sismológico de la ciudad, posteriormente intentó hacer el análisis de los datos obtenidos pero, dado que los geólogos de PEMEX están especializados en la búsqueda de petróleo únicamente, les fue muy difícil interpretar los datos del subsuelo en los que hay una gran diversidad de rocas volcánicas superpuestas. Ya que Mooser había cartografiado la superficie del territorio de la cuenca, decidieron encargarle a él la interpretación de las líneas sísmicas, a fin de conocer la geología de la ciudad a mil, dos mil y tres mil metros de profundidad.

Se suponía que en la parte profunda había un cambio de la geología de las cuencas volcánicas de Toluca y Puebla y México, caracterizadas por la compleja disposición discontinua de lavas de distintas edades. En un principio pensó que podía interpretar las líneas en 6 meses y en realidad fue una labor que empezó en 1989 y terminó en 1993. Las líneas sísmicas se obtienen con un método que se conoce como sísmica de reflexión.

En 1993 Mooser estableció la estratigrafía del Valle de México hasta las rocas calizas que se encuentran a 1,500 metros en el oriente y a más de 3,000 metros en el poniente. Descubrió que hay una fosa que ya los geólogos de PEMEX habían identificado como una falla que corre de sureste a noroeste y la llamaron la Falla Mixhuca. Mooser descubrió que no solamente es una falla, sino que es una fosa

debajo de la ciudad con un ancho más o menos de 7 kilómetros, entre el cerro de Chapultepec y el Peñón de los Baños. Los datos obtenidos del análisis de las 26 líneas sísmicas que cubren la totalidad de la Ciudad de México a lo largo de sus principales avenidas: informes detallados, los mapas y la estratigrafía se encuentran actualmente en el Centro de Investigación Sísmica de la Fundación Barros Sierra, creada por Rosenblueth después de los sismos de 1985.

Mooser ha logrado cartografiar el territorio superficial que ocupan las cuencas de Toluca, México y Puebla desde Polotitlán en el Estado de México, en los límites con Querétaro hasta Valsequillo en el estado de Puebla.

El hundimiento.

Los estudios realizados por investigadores de la UNAM y el Departamento del Distrito Federal pronosticaban en 1990, que en los próximos 100 años el Centro Histórico sufrirá un hundimiento de casi 7 metros y medio. Si sumamos esos 7.5 metros a los 7 metros de hundimiento registrados en los últimos 400 años, representan un total de casi 15 metros. Este fenómeno tiene consecuencias muy graves ya que, imperceptiblemente, deforma los cimientos de las construcciones. Un edificio desbalanceado en sus cimientos es más vulnerable ante los sismos.

El hundimiento se debe al hecho de que la arcilla, al saturarse de agua adquiere un peso similar al de un sólido sumergido en un líquido. Durante miles de años, sobre el antiguo lago se depositaron cenizas volcánicas muy finas, que sufrieron transformaciones físicas y químicas dando origen a las arcillas. Al extraer el agua del subsuelo hasta principios del siglo XX a través de pozos artesianos —es decir que el agua sube sin necesidad de bombearla— y después por el bombeo excesivo para dotar de agua a más de la mitad de la población del país, la arcilla porosa perdió humedad,

con ello su volumen y peso se deformó y comprimió. Podemos comparar este fenómeno con lo que ocurre con una esponja. Cada grano de arcilla mide menos de un milímetro. Está formado por moléculas separadas por huecos, lo que le da una consistencia porosa. Por este motivo absorbe el agua como parte de ella. Al extraerse agua la arcilla se comprime, igual que la esponja cuando se le quita el agua. El peso de los edificios construidos en la superficie comprimen el subsuelo y las arcillas sin agua se comprimen también. Así se produjo el hundimiento de varias zonas que hoy conforman la zona urbana de la Ciudad de México.

Por la naturaleza del suelo de la urbe, las casas y los edificios ligeros se apoyan en la capa superficial, también los de peso intermedio, reforzados con pilotes de fricción, los edificios pesados se apoyan en la capa dura y los más pesados en los depósitos profundos. La pesada estructura de la Catedral se ha hundido 12 metros y medio desde su construcción, iniciada en el siglo XVI. Durante este siglo, de 1990 a 1994 se registró un descenso de 7 metros y medio. Entre 1948 y 1958 se hundió 5.3 metros. La columna del Ángel de la Independencia en el Paseo de la Reforma es una estructura que ilustra muy bien el hundimiento de la Ciudad. Para el capitalino despistado, las escaleras que llevan hasta la base de la columna pueden parecer el pedestal natural del monumento, pero no es así. En 1910 cuando se construyó, la columna se levantaba directamente desde el nivel de la Calle. Con el paso de los años se levantó como si emergiera la glorieta en medio de la Avenida Reforma. La extracción de agua del subsuelo de la Ciudad ha provocado el hundimiento general de la zona, pero no ha afectado a la columna del Ángel, bien cimentada en pilotes.

Los problemas causados por el hundimiento son daños en la cimentación y estructuras de edificios. Los hundimientos diferenciales han provocado fracturas en las estructuras del Palacio Nacional, la Catedral Metropolitana, El Arzobispado, el antiguo Ayuntamiento y las oficinas del DDF, entre otros. Los últimos sistemas utilizados para aminorar los daños sólo buscan nivelar el hundimiento, sin disminuir

su ritmo. Recientemente ha bajado la velocidad del hundimiento del suelo de la capital porque el bombeo es más controlado, pero continúa. Ni las autoridades capitalinas ni la Comisión Nacional del Agua pueden resolver este problema porque tienen ante sí uno mayor dotar de agua potable a 18 millones de capitalinos.

Lomnitz explica efectos locales

Lomnitz descubrió que las deformaciones del suelo en el sismo de 1985 fueron mucho más altas de lo que se suponía. Demostró que, contrariamente a lo que creían sus colegas hasta entonces, las ondas sísmicas que causaron la destrucción de los edificios tuvieron un movimiento parecido a las olas en un lago. Este movimiento fue el responsable de desestabilizar a los edificios de más de 6 pisos en el centro de la ciudad en forma diferente e inesperada. Lomnitz no encontró eco a su propuesta, pues los colegas, sobre todo los ingenieros civiles, daban otras explicaciones al fenómeno. Lomnitz afirmó que durante los sismos de 1985 la capa de lodo que sustenta precariamente los edificios del centro de la ciudad de México se transformó en una especie de sólido-líquido que, a semejanza de las gelatinas, puede propagar pequeñas olas como si fuera una capa de agua. Por supuesto, esta explicación del fenómeno no es tan simple, además al paso de los años, nuevos datos y estudios han permitido complementar y sustentar esta idea.

Sin embargo, ya que este fenómeno no pudo explicarse con mayor precisión en aquellos días posteriores al terremoto de 1985, la opinión pública se volcó en contra de los constructores deshonestos. Rosenblueth sabía que las especificaciones de diseño debían ser más rigurosas que las contempladas en el Reglamento de Construcción para el DF de 1976. Debían mostrar la capacidad de los ingenieros

para estimar la forma en que se moverá el terreno cuando llegue otro sismo de mayor magnitud ya sea de las costas de Guerrero, Jalisco o Oaxaca.

La pregunta que sismólogos e ingenieros se hacían era "¿Qué características peculiares tiene este temblor que acentuó el grado de destructividad en la ciudad de México?" La respuesta era "No lo sabemos todavía". Singh esbozó una hipótesis desde el punto de vista de la sismología "en las zonas que están asentadas sobre roca los efectos no fueron tan grandes, pero en el centro de la ciudad, donde estaba el antiguo lago y ahora es arcilla con alto contenido de agua, los edificios se pusieron a vibrar con un periodo de 1 a 2 segundos, dado que las ondas sísmicas quedaron atrapadas en el valle de México y entraron en resonancia por las características propias del valle, ocasionando los pavorosos daños que conocemos". Sin embargo debían ser los ingenieros civiles los que, con base en los peritajes que realizaron, respondieran con mayor precisión a lo que había sucedido.

Efectivamente una cuadrilla de ingenieros civiles de la UNAM se dedicó durante varias semanas a identificar las fallas más comunes y los puntos débiles de las construcciones dañadas. La ingeniería civil es, a diferencia de la sismología, una disciplina con más historia y experiencia. Los edificios, independientemente del diseño arquitectónico del que se trate, debe estar diseñado para resistir fuerzas, cargas y fenómenos como el propio peso de la construcción, el embate del viento y por supuesto de los sismos. La resistencia a estos fenómenos se obtiene con las columnas de concreto y acero, de vigas o de losas, además de la cimentación adecuada para cada caso: zapatas, pilotes o cajones. Los ingenieros deben conocer el tipo de suelo sobre el que construyen un edificio desde que lo están diseñando, deben conocer las características de amplificación de las ondas sísmicas del terreno para diseñar con otro rango de vibración. De otra manera, si la frecuencia y la velocidad con la que vibra el terreno coincide con el rango de vibración del edificio, las ondas sísmicas al llegar se amplifican y producen el fenómeno de resonancia. Esto es lo peor que pueda pasar.

La construcción se balancea de un lado a otro de una manera brutal y, aunque el sismo haya terminado, la estructura sigue en resonancia y se desploma. A esto se debió que algunos edificios cayeran verticalmente, otros se inclinaran, en otros se desfazaran los pisos, en otros desaparecieran las paredes y que algunos se voltearan completamente.

Todo esto se debe al fenómeno de la resonancia ¿Cómo se previene la resonancia? Lomnitz lo ha mencionado en numerosas ocasiones: con amortiguadores. "A un carro le colocamos amortiguadores y ¿a los edificios qué? ¿cómo piensa la nueva Norma de 1987 prevenir la resonancia? La nueva Torre Chapultepec, de 57 pisos, será la primera en usar amortiguadores".

Los ingenieros civiles se especializan en varias disciplinas. Los ingenieros de mecánica de suelos definen el tipo de cimentación que una nueva obra requiere, después de hacer varios estudios geológicos y conocer su comportamiento. Los ingenieros estructuristas, definen el sistema estructural más apropiado según el uso que se dará al edificio y el número de pisos (mampostería, concreto reforzado, acero etcétera). Después se elige el tipo de material, algunas veces aquí, en esta fase es en donde se producen prácticas tramposas y se elige material de baja calidad o con las especificaciones técnicas menos adecuadas con el fin de reducir los costos de producción.

Los ingenieros universitarios, que son al mismo tiempo investigadores, declararon ante la opinión pública que "una de las características del temblor, que agravó la falla en las edificaciones fue su larga duración. En general, los temblores en la ciudad tenían una duración máxima de un minuto; el 19 de septiembre se produjeron, en cambio, varias decenas de ciclos de vibración de muy alta intensidad que provocaron en un primer momento el debilitamiento de los elementos estructurales. La repetición de estas vibraciones aumentó el daño hasta producir el colapso de las construcciones". En conclusión, de acuerdo a las primeras impresiones vertidas por los ingenieros en la citada edición de noviembre de la revista del

CONACYT, fallaron dos cosas. "La primera, que no se preveía un terremoto de tal intensidad y, segunda, que hubo una interpretación defectuosa de las normas establecidas en el Reglamento de Construcciones. En algunos casos no se respetó la separación que debe mantener un inmueble del otro; tampoco se respetó el uso originalmente planeado, las cargas de los edificios se excedieron o se modificaron los planos". Tenemos la certeza de que "tenemos unas Normas de lo mejor que hay en el mundo y un problema sísmico de lo peor que hay en el mundo". Sin embargo, tendremos que esperar otro temblor fuerte para comprobarlo.

Las normas de construcción en el Distrito Federal se modificaron en 1987, cuando se aprobó una aceleración espectral de diseño de hasta 40% de la gravedad en la zona lacustre, en vez del 24% anterior. Sin embargo, nunca se demostró en qué aspectos las normas anteriores fueron inadecuadas ni por qué las nuevas serían suficientes. En una entrevista para TV UNAM Rosenblueth reconoció la premura con la que se elaboraron las Normas de Emergencia, apenas 4 semanas "Claro, ahí se vertió lo mejor de nuestros conocimientos y lo derivado de las observaciones de los efectos de ese temblor que fue totalmente imprevisto. Y pues ha habido una enorme necesidad de elaborar algo mucho mejor de lo que se hizo en un lapso tan breve, aparte de que ya otros capítulos del reglamento estaban en revisión y casi listos para presentarse cuando ocurrió el gran temblor. Fue un temblor muy fuera de las características propias de los temblores que han afectado previamente a la ciudad de México. (...) Hay por otra parte cierta falta de comunicación entre los científicos y los ingenieros. Mucho de lo que venían haciendo los sismólogos no había trascendido al campo de los ingenieros, ni había creo yo, conciencia de parte de los sismólogos, lo que podía implicar los resultados de sus investigaciones. Esta dicotomía ...trabajábamos en ínsulas, ahora ya se está trabajando hasta con geólogos e historiadores para conocer mejor los sismos anteriores".

Rosenblueth aglutinó en torno suyo a los sismólogos e ingenieros sísmicos de la UNAM. Como coordinador del grupo encargado de reestructurar las normas, delegó tareas a cada quien. Rosenblueth tenía muchas habilidades y visión, conocía muy bien a la gente y su trabajo. Tenía ese peculiar olfato para identificar las capacidades de cada quien y cómo aprovecharlas para obtener los mejores resultados. Uno de los ejemplos más notables ha sido Paco Sánchez Sesma. Rosenblueth era un hombre astuto pues sabía como empujar a la gente, convencerla de hacer algo que en realidad a él le interesaba, pero entusiasmaba y convencía de tal manera que sin darse cuenta, sus colaboradores trabajaban motivados y dispuestos en asuntos que no se habían imaginado antes. También era muy crítico no era tan fácil que se le convenciera a la primera vez de los resultados obtenidos.

Rosenblueth a pesar de estar rodeado de colegas y colaboradores era un hombre solitario, siempre ocupado, siempre impaciente, siempre voluble, siempre impredecible. No se permitía una charla informal, la conversación con él debía girar siempre en torno a un asunto concreto de trabajo. Las audiencias en su oficina del Instituto de Ingeniería se regían por una puntualidad excesivamente incómoda. Si Rosenblueth disponía de algunos minutos, entonces se podía hablar de otros asuntos, hasta con una taza de café, pero eso ocurría muy de vez en cuando. Mantener una conversación con él era complicado, además siempre tenía la pipa entre los labios y los dientes, hablaba de una manera que no se entendía fácilmente porque mordía las palabras entre la pipa. Sin embargo, nadie se atrevía a preguntar "Perdón ¿qué dijo?". Rosenblueth mantenía su imagen pública muy en alto, siempre impresionando a la gente con su lucidez, su amplia visión de la ingeniería y la sismología.

Paco propone un modelo matemático.

Paco Sánchez Sesma desarrolló un modelo matemático para predecir en forma aproximada la respuesta del suelo en diferentes puntos de la ciudad ante la llegada de futuros temblores. El modelo de computo reproduce la forma de la cuenca de México en dos y tres dimensiones, considerando ambos tipos de suelo predominantes: blando y duro. El mecanismo de predicción consiste en reproducir la llegada y propagación de las ondas sísmicas dentro de la cuenca cerrada, tomando en cuenta las características geológicas y topográficas particulares de esta zona. La simulación de los sismos consiste en hacerlos llegar de los epicentros más activos, es decir, de las Brechas de Guerrero, Michoacán, Jalisco y Oaxaca, con diferentes niveles de magnitud.

Con el modelo desarrollado por Paco, es posible observar el camino que siguen las ondas sísmicas en la cuenca. La ventaja de usar un modelo de computo es que es posible ver imágenes en movimiento, la llegada de las ondas, su desplazamiento en fracción de segundos y el choque que experimentan algunas de ellas en las paredes de la cuenca, es decir, las sierras del oriente de la Ciudad. Algunas ondas se van y se atenúan conforme se alejan, pero las otras chocan y regresan para encontrarse con las que vienen detrás, produciendo una reverberación inusitada. En el modelo computarizado desarrollado en la Supercomputadora Cray de la UNAM, Paco le dio colores diferentes a las ondas primarias (P), a las ondas secundarias (S) y a las ondas superficiales que se producen en la cuenca: las ondas Love y las ondas de Rayleigh. De esta forma las ondas sísmicas producen espectros ondulantes a gran velocidad que a la vista de los neófitos resultan solamente figuras bonitas, algo así como los colores y las formas del movimiento psicodélico de los años 60 entre los hipies y rockeros. Los espectros de amplificación y difracción sísmica desarrollados por Paco le valieron la obtención del Premio Nacional de Ciencias y Artes en el área de diseño, que otorga anualmente la Presidencia de la República. De alguna forma el empeño de aquel jovencito inquieto que gustaba de escribir cartas a los sismólogos extranjeros, el

mismo que visitaba a Singh y que se dejó conducir por Rosenblueth, obtuvo a los 44 años de edad, el reconocimiento a una labor que no nació precisamente por amor a la ingeniería, sino a las matemáticas y la física en su aspecto más puro, abstracto y técnico.

Mario se ocupa de los edificios.

Mario Ordaz Schroeder se formó profesionalmente con Rosenblueth, Paco y Singh. Con los conocimientos básicos y los más avanzados de la ingeniería sísmica y la sismología, sus aportaciones han sido inmediatas y de gran utilidad. Quizá Mario sea el especialista que más se ha enfocado en la aplicación práctica de los estudios teóricos de los demás. Como investigador del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), creado precisamente a raíz del terremoto de 1985, Mario impulsó el desarrollo de un modelo de predicción de daños en la infraestructura urbana, basado en la predicción de temblores desarrollada por Paco.

El modelo también se apoya en las computadoras para manejar las extensas y complejas bases de datos sobre los diferentes tipos de suelo en la ciudad y también los 14 tipos diferentes de construcciones predominantes, pero sobre todo, para simplificar los resultados. El objetivo del modelo es generar cambios en la reglamentación actual y por eso los resultados se generan en forma de mapas que muestran las intensidades sísmicas que experimentarían las diversas zonas del Distrito Federal al recibir las ondas de un temblor costero. Se pueden simular sismos originados en cualquier punto de la costa y de cualquier magnitud. En el mapa se señalan las construcciones que resultarían más dañadas y en qué forma, porque ya se hizo un inventario previo y la computadora selecciona los datos correspondientes para cada caso o simulación.

Dime donde vives y te diré si resiste.

Los resultados de ambos modelos han explicado, solo en parte la distribución de los daños en la zona centro de la ciudad de México aquella mañana del 19 de septiembre de 1985. Los 370 edificios caídos y las 757 construcciones dañadas eran unidades multifamiliares, edificios gubernamentales, casas, oficinas privadas, fábricas, escuelas, hospitales, hoteles, bancos, centros de reunión, centros religiosos, cines y teatros. Todos ellos distribuidos en la zona del Lago que comprende las colonias Exhipódromo de Peralvillo, Peralvillo, Guerrero, Buenavista, Unidad Estrella y Unidad Coahuatlán, Tránsito, Morelos, Tepito, Juárez, Tabacalera, Centro y Centro Histórico, Conjunto Habitacional Juárez, Álamos, Postal, Nativitas y Del Valle, Doctores, Obrera, Algarín, Buenos Aires, Roma, Hipódromo, Condesa, Cuauhtémoc, San Rafael, Santa María la Ribera y Tlatelolco.

Otras colonias de la misma zona son Centro Histórico, Pantitlán, Romero Rubio, La Villa, Bondojoito, Roma, Tlatelolco, Villa Coapa, Xochimilco y Doctores. La Zona de Transición, es decir, las riberas de los antiguos lagos se encuentran debajo de las colonias Vallejo, Azcapotzalco, Legaria, Anáhuac, Polanco, Mixcoac, Del Valle, Nápoles y San Pedro de los Pinos, entre otras. La zona de Lomas de suelos más firmes incluyen a Satélite, Coyoacán, San Ángel, Copilco, Las Águilas, Cuajimalpa, Santa Úrsula, Tecamachalco y Tlalpan, pero también a San Miguel Ajusco, Topilejo, Santa Cecilia Tepetlapa, Coacalco, Ecatepec, Atizapan y Cuautitlán.

¿Prevención o Predicción?

A los medios de comunicación les inquieta mucho saber cuando ocurrirá un nuevo sismo y es la pregunta más usual que plantean a los sismólogos. Sin embargo, la respuesta siempre es la misma: no se puede predecir, "...lo que si hacemos, es analizar tendencias, estadísticas. Ejemplo: si han ocurrido temblores frecuentes de

magnitud regular en determinada área de la franja del Pacífico, tardará en ocurrir uno violento, porque ambas cortezas se están zafando de manera continua. En cambio, si ha pasado mucho tiempo sin que ocurran grandes sismos, quiere decir que las placas están atrapadas y cuando se desatoren, vendrá uno de gran magnitud". En este sentido, lo más que se puede hacer es identificar zonas en las que existe una elevada probabilidad de que suceda un gran temblor en las próximas décadas. Es evidente que esta ventana de tiempo es excesivamente grande para ser de utilidad en actividades de defensa civil. Sin embargo, este conocimiento es útil para otros fines, como la planeación a largo plazo. Por el momento nuestra principal arma contra los efectos de los temblores es construir adecuadamente. Por ello muchos de los resultados de los trabajos que se han comentado incorporan paulatinamente a los reglamentos de construcciones del país, principalmente al de la Ciudad de México. El Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción formado por autoridades del DDF, académicos y profesionales de la ingeniería y la arquitectura, se reúne periódicamente desde su formación después de los temblores de 1985. Recoge los resultados del proyectos de investigación, la mayor parte de ellos patrocinados por el DDF y el CONACYT, y decide sobre su eventual incorporación al reglamento de construcciones del DF cuando se juzgan maduros. Este mecanismo ha procurado introducir los nuevos conocimientos a la práctica profesional. Gracias a ello se tiene hoy un Reglamento de Construcción más realista.

Protección Civil: CENAPRED.

Dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria, en una zona que limita con la Avenida Delfin Madrigal, a unos 500 metros de la estación Universidad de la línea 3 del Metro, se encuentra un moderno edificio de textura rugosa y paredes grises. Es el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el popularmente conocido como

CENAPRED. Es común ver que entran y salen de las instalaciones pequeños grupos de japoneses. No es casual, el CENAPRED surgió a raíz de un convenio de colaboración entre la UNAM, la Secretaría de Gobernación y la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) en 1988. Regularmente algunos científicos japoneses realizan estancias de investigación, dictan conferencias e imparten cursos con sus colegas mexicanos.

Una buena parte de los investigadores universitarios del área de ciencias de la Tierra que reúne a los institutos de Geofísica, Geología, Ciencias de la Atmósfera y Geografía y del Instituto de Ingeniería están ligados al CENAPRED, ya sea como investigadores o asesores científicos externos. De alguna manera, aunque el CENAPRED es administrado por la Secretaría de Gobernación, la presencia y participación activa de los investigadores universitarios es una garantía de que los resultados de sus investigaciones se están incorporando a los planes de protección civil.

El objetivo del CENAPRED, es "estudiar, desarrollar, aplicar y coordinar tecnologías para la prevención y mitigación de desastres; promover la capacitación profesional y técnica en la materia, y apoyar la difusión de medidas de preparación y autoprotección de la población ante la contingencia de un desastre". Originalmente el CENAPRED nació con la intención de hacer frente a la investigación sísmica en México, sin embargo ahora se ocupa además de otro tipo de desastres como los producidos por la actividad volcánica, huracanes e inundaciones.

El Reglamento.

Algunos piensan que si hoy ocurriera un temblor como el del '85 no habría tantos daños por que las normas actuales de construcción son mucho más estrictas. Originalmente se planeaba actualizar los reglamentos de construcción cada 10 años.

Los ingenieros, investigadores y los funcionarios públicos consideraban que 10 años era un buen periodo para que las investigaciones maduraran y se incorporaran a los reglamentos tras ventilarse en foros académicos. El Reglamento se reformó en 1966, luego en 1976 y ya le iba a tocar en 1986, pero el sismo llegó antes. Mucha gente trabaja en distintas instituciones para contribuir a una modificación de alguno de los artículos específicos del Reglamento. En 1987 salió el Reglamento vigente y después sufrió modificaciones ligeras en 1989 y 1993. El Instituto de Ingeniería planea reunir una serie de propuestas para una próxima reforma en el año 2000.

La Alarma Sísmica.

La Alarma Sísmica es quizá el desarrollo tecnológico más desafortunado que se ha puesto en marcha a raíz del terremoto de 1985. Con el fin de alertar a la población capitalina de la proximidad de un gran sismo, una vez comprobado que en esta zona las ondas sísmicas se intensifican, se creó un sistema experimental que se activa al momento que una serie de sismógrafos registran un sismo de magnitud mayor a 5 grados en la escala de Richter. En teoría el sistema de Alerta Sísmica resulta interesante y sumamente útil.

Sin embargo en la realidad el proyecto, que todavía no sale de su fase experimental, ha sufrido numerosos fracasos. En primer lugar, fallas de operación que han provocado su activación con movimientos ligeros, correspondientes a sismos menores de 5 grados, que son apenas perceptibles para el ser humano. En segundo lugar la conexión de la Alarma Sísmica a estaciones de radio y escuelas ha resultado contraproducente ya que su carácter de alerta masiva provoca, como consecuencia lógica, temor e histeria. Pero sobre todo, escepticismo e indiferencia. Desafortunadamente este sistema ha sido precursor de movilizaciones espontáneas y desordenadas de estudiantes, burócratas y vecinos de unidades habitacionales.

La Fundación Javier Barros Sierra opera desde su inicio este sistema de alerta. En forma paralela han surgido otras iniciativas para sustituirlo o en el mejor de los casos, mejorar sus mecanismos de registro y activación. El doctor Cinna Lomnitz inventó un sistema de alerta sísmica que patentó en 1991. Su propuesta consiste en un "sistema que supera los inconvenientes y problemas de operación de la versión no autorizada, adoptada y posteriormente suspendida en 1993 por el Distrito Federal". Tal vez en poco tiempo las autoridades de protección civil logren adoptar sistemas de alerta realmente efectivos y útiles. Quizá es más importante contar con un programa de educación que promueva los objetivos de la seguridad y protección civil ya que vivimos en una zona de alto riesgo sísmico y no tenemos otra opción. Lomnitz asegura que "es posible mejorar la Alarma Sísmica actual ya que puede funcionar mejor. Sin embargo, el objetivo real es hacer que las construcciones en el D.F. sean tan seguras, que la gente se refugie en los edificios en lugar de huir durante un sismo".

En enero de 1994 murió el doctor Emilio Rosenblueth. De alguna manera su desaparición significó una ruptura del ritmo de trabajo de un destacado grupo de investigadores. Indudablemente las líneas de investigación continúan, los objetivos y las hipótesis particulares buscan su cauce y resultados. Rosenblueth se esforzó por acortar las distancias entre sismólogos e ingenieros civiles, podemos constatar que lo logró. Después del sismo de 1985 México es, como dice Lomnitz, otro México. Muchas cosas han cambiado en el país, en la ciudad, en la Universidad y en los capitalinos, concientes del sitio en el que vivimos.

EPÍLOGO

13 AÑOS DESPUÉS

Los protagonistas y los retos.

Federico Mooser.

No fue fácil encontrar la Avenida Volcanes en los rumbos de Santa Fe. Sin embargo no deja de parecerme curioso el hecho de que un geólogo viva en una avenida llamada precisamente Volcanes. Cuando hablé por teléfono con el ingeniero Mooser sólo me preocupé por anotar la dirección de su casa y algunas referencias, él siempre pensó que yo iba a llegar en coche y no consideré necesario decirle que en realidad llegaría en un microbús y que desconocía la zona y que era muy tarde la hora en la que me recibiría, ni que era viernes y, en fin, me olvidé de los posibles pretextos para no acudir a la cita con Mooser.

Llegué a las 5:10 de la tarde, es decir, diez minutos tarde a la Avenida Volcanes número 176 en una zona residencial enclavada a la altura del kilómetro 17, al costado derecho de la autopista y al lado izquierdo de la carretera vieja a Toluca. Me sorprendió encontrar un zaguán despintado de lámina roja en absoluto contraste con las elegantes puertas de madera y acero de las casas de los vecinos. Pensaba encontrarme con un pequeño edificio, propio de un consultor de proyectos de infraestructura urbana. El retraso me tenía nerviosa, además me sentía insegura por saber tan poco del ingeniero Mooser. Una semana antes el doctor Shri Krishna Singh me dijo que Mooser había sido asesor del Departamento del Distrito Federal por muchos años y "es el hombre que más conoce sobre el suelo y la geología de la Ciudad de México".

Toqué la puerta y varios perros ladraban dentro. Una joven abrió y me indicó el camino hacia el estudio del ingeniero Mooser. Había 3 autos estacionados en el patio y una especie de bodega. Después dimos vuelta a la izquierda y entramos por un

pasillo y a un saloncito con una mesa grande cubierta por planos de gran formato y mapas extendidos. En seguida me sentí atraída por ese ambiente cartográfico, imaginé al ingeniero Mooser, aún sin conocerlo, inclinado sobre esos planos dibujando líneas y haciendo cálculos. Seguí a la chica del servicio y entonces hice el descubrimiento mayor.

—Este es el estudio del ingeniero, en un momento baja. —Dijo la muchacha y me señaló la salita junto al ventanal.

—Está bien, gracias. —Respondí sorprendida.

Me encontré con una sala muy amplia y alta, con planos y mapas por todos lados. Mapas en grandes pliegos de papel blanco, en papel albanene, coloreados, entintados. Incluso en las paredes había mapas, pero también fotografías y postales.

Llama la atención en primer lugar una mesa grande, de unos 3 por cuatro metros, totalmente tapizada de mapas e inundada por la luz que entraba por el ventanal desde el piso hasta el techo, de más de 3 metros de altura con las cortinas cerradas, pero ondulantes ante el embate del viento. Mientras bajaba las escaleras de piedra vi a través de las cortinas, que la casa es una cabaña con techo de dos aguas y una terraza que da hacia la parte trasera de la propiedad, una barranca cubierta de hierba, sin duda un excelente lugar par vivir, y por supuesto para trabajar. Entonces entendí por qué el ingeniero Mooser tenía su estudio en su casa y por qué la única manera de hablar con él era precisamente ir hasta Santa Fe. Digo ir hasta Santa Fe porque yo vivo y trabajo en Tlalpan y Coyoacán, exactamente en el otro extremo de la Ciudad. Pero el hombre bien valía la pena el viaje tan largo. Estaba fascinada ante ese encuentro con Mooser. Una vez que bajé las escaleras, me di cuenta de la presencia de un joven que estaba trabajando en la mesa de los mapas.

—¿Trabajas con el ingeniero Mooser? —pregunté antes de decir buenas tardes.

— Sí, soy dibujante de geología. —respondió sin distraerse de su trabajo.

Cuando me disponía a mirar el trabajo que estaba haciendo en un mapa, escuché los pasos del ingeniero Mooser y miré hacia arriba. Efectivamente apareció en las escaleras un hombre muy alto y corpulento, de 74 años, de cabello cano y rubio y ojos azules. Me impactó su presencia. Pensé que él me imaginaba como una reportera despistada que le quitaría el tiempo. Desafortunadamente esa es la imagen que mucha gente tiene de los reporteros. Pero tuve suerte, él se portó muy amable.

— Bien jovencita ¿qué parte de mi trabajo le interesa? —Me preguntó con un aire que yo percibí de cierta impaciencia.

Al mismo tiempo descubrí que con él debería delimitar muy bien mis preguntas porque efectivamente el hombre podía hablarme de cualquier cosa.

—Sí doctor, mire, a mi me interesa mucho... —No me permitió continuar y me corrigió enseguida—.

—¿Doctor? ¿quién le dijo que yo soy doctor? yo no soy doctor, yo soy un ingeniero de botas sucias, de campo. Los doctores están en la escuelita, ellos no se meten al campo. —Dijo casi a gritos con una amplia sonrisa en los labios, divertido.

— Perdón ingeniero, en realidad yo pensé que usted...

— Además los doctores son como las señoritas, todos quieren que los llamen doctores y todas quieren que les digan señoritas. —Y soltó una fuerte carcajada con la que se rompió el hielo entre nosotros.

—Nunca se me había ocurrido tal comparación ingeniero Mooser. —dije resignada y sin otra respuesta a tal recibimiento.

Enseguida supe a que se refería el doctor Krishna cuando me dijo que Mooser era un hombre muy especial y auténtico. Era su franqueza, su estilo directo de decir las cosas sin importar mi probable incomodidad.

— ¿Quiere un té, un té negro? —Preguntó mientras bajaba a uno de sus perros de un sillón y me invitaba a sentarme con un ademán.

—Sí ingeniero, un té está bien.

Iniciamos la charla en una salita pequeña en un extremo de su estudio, mejor dicho en un rinconcito junto al ventanal. Tal parece que toda la casa ha sido invadida por los mapas y los libros de gran formato, que en su interior guardan también mapas doblados en 8, hasta en 16 partes. La sala está compuesta por dos sillones de madera de tipo colonial con cojines estampados. Casi desde el inicio de nuestra charla Peggy una perrita blanca saltó y se acostó juguetonamente en las rodillas de Mooser, poco después cruzó por ahí una preciosa gata parda. La muchacha que me abrió la puerta llegó con la charola del te y él se ofreció a servir mi taza.

—¿Con azúcar chula? —Me dijo con una sonrisa de complicidad.

— No, gracias, lo prefiero sólo. —respondí confundida por la muestra de coquetería de su parte.

—Disculpe. ¿no es usted feminista verdad? —dijo acercándose a entregarme la taza de té—.

— No ingeniero ¿por qué? —pregunté más confundida por el repentino giro de nuestra conversación. El entrevistador era él.

— Porque me arriesgo a que si le digo chula, usted me diga mula. —Y nuevamente se echó a reír con alegría.

— No, creo que nunca le diría eso. —Contesté contagiada de su risa.

Bebí el primer trago de un delicioso te negro que vino a refrescar mi garganta y a relajarme para la que prometía ser una charla más que una entrevista. Mooser iniciaba, aún con la sonrisa en su rostro el relato desordenado de su trabajo.

—Yo soy el geólogo de la Ciudad de México, también el hombre de los volcanes, durante varios años he cartografiado el territorio de la Ciudad de México y sus alrededores.

Mientras habla de su trabajo de exploración y cartografía de la cuenca de México y la Faja Volcánica se nota en su rostro que los mapas son su pasión, un elemento indispensable de su vida. No puede hablar de una etapa de su trabajo

geológico sin mostrar el mapa respectivo. Repentinamente se levanta y sigue hablando, mientras busca un mapa y me lo muestra. En 1960 elaboró el primer mapa geológico de la cuenca. Es un rollo de papel y tela con dos palos de madera en los extremos. Señala las Sierras de Chichinautzin y Guadalupe, la antigua zona del lago y los terrenos que cultivaban los aztecas, los derrames del cerro de la estrella, etc. Deja el mapa y volvemos a la salita. Mooser me mostró un segundo mapa, pero éste lo extendió en el piso de la terraza y luego se paró encima del pliego, como si imaginariamente, en un escenario virtual o en tercera dimensión, él pudiera colocarse en el territorio central del país y me mostró Acambay, La Malinche, el Popocatepetl. Mooser es un hombre que habla con la seguridad del testigo ocular de la historia, como coordinador de grupos de geólogos, sismólogos e ingenieros. Lleva 40 años escudriñando el suelo mexicano. Cerca de las 7 de la tarde, poco antes de salir Mooser me mostró desde la terraza el resto de la casa. Es un terreno en desnivel, la ladera de un cerro perfectamente bien aprovechada. Él mismo ha construido un sistema de terrazas para el cultivo de maíz. La tierra está lista para sembrar, con surcos bien alineados. También cultiva coles de Bruselas, acelgas y apio. Más abajo está una pequeña piscina que recibe agua caliente de las celdas solares y donde juegan en la tarde los patos. Definitivamente es un hombre que vive en estrecho contacto con la tierra, el suelo, nuestra casa y fuente de nuestro sustento.

Ese fue mi primer encuentro con Mooser, dejó de ser el nombre de las referencias cartográficas de las bibliografías que sobre sismología había consultado hasta entonces. Hoy sigue en activo haciendo asesorías en su despacho de Santa Fe, asiste a conferencias, congresos y reuniones de planeación con las autoridades capitalinas. Mooser es una enciclopedia viviente que aún tiene mucho que decir sobre su vida y la geología de la cuenca de México que estoy segura, conoce como la palma de su mano.

Cinna Lomnitz

Cuando llegué a mi primera entrevista con el doctor Cinna Lomnitz estaba sumamente nerviosa. Ahí estaba frente al hombre que había leído tantas veces en su columna de la revista *Nexos* y ocasionalmente en el diario *La Jornada*, referirse a temblores y temas diversos de ciencia. Unos días antes lei una ponencia que él presentó en un congreso en el CENAPRED en la que hablaba sobre las propiedades elásticas de la corteza terrestre. Me interesé en sus conceptos y quise saber más pero no contaba con los elementos necesarios para entender lo que me explicó.

--Doctor, me sorprende mucho el concepto de las propiedades elásticas y fluidas de las rocas, ¿por qué sucede esto?

--Sí, es difícil porque no entendemos las transformaciones de los sólidos en líquidos. Estos fenómenos se llaman emergentes y se deben a procesos no lineales en sistemas complejos. Esto es, como usted sabe...

Cuando estuve frente a él me distraje en la primera parte de su respuesta. Me quedé mirando su rostro sin atender a sus palabras, no era como lo había visto en las fotografías de la Gaceta UNAM. No eran malas fotos pero la calidad de impresión no permite ver los detalles de un rostro que particularmente me gusta observar. Esto se debe a la costumbre que he obtenido con las entrevistas que realizo grabadas en video. Cuando califico el material grabado puedo ver más allá de mis entrevistados ya que durante mi entrevista, el camarógrafo hace acercamientos al rostro, a las manos o detalles que yo no vi durante la entrevista. Esta vez yo iba sin cámara y la distancia entre el doctor y yo era la normal frente y detrás de su escritorio. El doctor Lomnitz tiene los ojos azules, pero no se notan a primera vista por los gruesos lentes que usa. En ese entonces llevaba la barba blanca y su bigote y cabello entrecano. Llevaba una bata blanca como las que acostumbran usar los científicos con las letras azules bordadas en el bolsillo "ACADÉMICO UNAM". No me gusta como se ve con bata, se ve mucho mejor vestido de sport.

—...las catástrofes se producen no por los fenómenos naturales como los sismos, —dijo en tono pausado— sino por las tecnologías inestables que nosotros, como sociedad construimos. La identificación oportuna de estas tecnologías vulnerables podría permitirnos controlar los riesgos mal llamados geofísicos.

Cuando por fin regresé a concentrarme en sus respuestas, noté cómo ahora él perdía interés en mis preguntas.

— ¿En qué consiste la Red de Texcoco?

— Está en proyecto todavía, es una red de monitoreo muy pequeña.

Tal vez vio mi rostro atónito, o tal vez se dio cuenta que estaba distraída pensando en el origen de su nombre y su apellido extranjero, que perdi buena parte de su explicación sobre las propiedades elásticas del subsuelo de la Ciudad de México.

Juré, al salir de su oficina en el segundo piso del edificio, que no volvería a pasarme lo mismo. Desaproveché la oportunidad de hacer una buena entrevista a un "pez bien gordo" es decir, a un científico reconocido mundialmente por sus aportaciones a la sismología. Desde ese día comencé a recopilar libros, revistas, artículos de divulgación y especializados que tratan sobre volcanes, sismos, magnetismos, aguas subterráneas y subsuelo. Me he relacionado con los conceptos que manejan cotidianamente los investigadores y que en ese entonces eran incomprensibles para mi como estratigrafía (las distintas capas de sedimentos de un terreno); esfuerzo tectónico (el esfuerzo que experimentan las placas tectónicas al empujarse y moverse); etcétera. etcétera. También aprendí a distinguir un sismógrafo de un sismograma. Un sismógrafo es un aparato muy sensible destinado para medir el movimiento del suelo cuando ocurre un sismo. Registra la hora, la duración y la amplitud de los sismos. Un sismograma es la gráfica impresa en papel o en una computadora que resulta del registro hecho por el sismógrafo. Después de hacer varias lecturas, de asistir a varias conferencias, de varias entrevistas, consideré

que estaba preparada para emprender mis entrevistas con los investigadores del Instituto de Geofísica. Funcionó.

Llegué al mediodía a la oficina del doctor Lomnitz, él no estaba ahí, pero la puerta estaba abierta. Un hombre muy amable me dijo que el doctor se encontraba en la sala de cómputo, a unos pasos de su oficina. Efectivamente, ahí estaba frente a una computadora.

—Doctor, soy Concepción Olivares, tenemos una cita hoy, pero usted me dijo que llegara entre 11:30 y 1, como es un rango bastante amplio de tiempo, decidí llegar a las 12:00, pero si está ocupado lo espero, no se preocupe.

— Ah, claro, no por favor, discúlpeme, espéreme en mi oficina y en un momento estoy con usted.

—Bien, gracias, ¿puedo esperarlo allá? —sin saber porqué, acerqué mi mano para tocar su brazo que mantenía inclinado sobre el teclado de la computadora.

— Sí, sí, por supuesto. —me dijo mientras él a su vez tocó mi mano.

En ese momento sentí un acercamiento inusual de mi parte hacia un investigador, pero creo que en el fondo el doctor Lomnitz me inspira mucha admiración y respeto. ¿Puede parecer extraña mi admiración? no lo creo. Alguna vez todos hemos leído un libro o un artículo que nos gusta, nos mueve, nos estremece o nos conmueve y surge la necesidad o la ilusión de conocer al autor. Eso me pasó a mi con los artículos de divulgación científica escritos por el doctor Lomnitz.

Llegué a su oficina y me senté en una de las dos sillas frente a su escritorio. Saqué la carpeta donde tenía mi cuestionario y me puse a mirar al rededor. Frente a su escritorio hay un pizarrón verde con ecuaciones complicadas, números telefónicos con algunos nombres y hojas de papel sujetas con imanes, entre ellas un trozo de papel albanene arrugado y amarillento con un dibujo de la virgen de Guadalupe a medio pintar. El dibujo a lápiz está completo, pero el color verde del manto y el amarillo de la aureola de la imagen están incompletos.

Bajo el pizarrón hay un librero horizontal y bajito con cajas de cartón y carpetas encima, ahí sobre el librero e inclinado sobre la pared hay un cuadro enmarcado con un mapa, parece como si temporalmente se hubiera quedado sin espacio en alguna pared, es un mapa de NOVA HISPANIA ET NOVA GALICIA. Frente a mí hay una fotografía tamaño carta de Pancho Villa en color sepia, con su sombrero circular y su uniforme caqui, supongo que debió ser color caqui, recargado, al parecer en la orilla de un vagón de ferrocarril. ¿Qué tiene Pancho Villa que hacer en la oficina de un sismólogo? Es una pregunta que voy a hacerle durante la entrevista, también sobre el dibujo de la virgen de Guadalupe, parece haber sido hecho por un niño, imagino que algún nieto o tal vez, se me ocurre pensar, por su hijo Jorge, quien murió hace unos 4 años, un doctor en física muy joven que había comenzado a trabajar, desde el punto de vista de la física, asuntos de propagación de ondas sísmicas en diferentes medios, es decir, rocas, lodo, arena, etcétera. Eran una buena mancuerna de investigadores, padre e hijo estudiando a los sismos.

En la pared hay 3 diplomas enmarcados, pero no alcanzo a leer de que se trata desde donde estoy sentada. Junto a la puerta hay dos libreros metálicos que llegan casi hasta el techo, repletos de libros, revistas y carpetas. Alcanzo a reconocer varios volúmenes de la revista del Instituto Geofísica Internacional, por su pasta y lomos color naranja intenso. En la pared detrás de su sillón hay dos calendarios colgados del mismo clavo, el más grande está abajo y el más pequeño, con un diseño horizontal permite ver las fechas de ambos perfectamente.

Sobre el escritorio, frente a mí hay un florero de vidrio azul marino o morado con un ramo de flores deshidratadas. En el otro extremo del escritorio, dentro de un vaso de madera para lápices, sale una banderita de México con el verde muy destefido. Todo el escritorio está cubierto de carpetas. En una hoja que asoma debajo de una pila de cuartillas, alcanzo a leer las letras más grandes 16 MONTAG

parece un anuncio de esos que se pegan con tachuelas en los corchos de las paredes de los pasillos, dice "Lunes 16" en alemán.

Al cabo de dos minutos llega el doctor Lomnitz y deja sobre el escritorio más hojas, con las que estaba trabajando en la sala de computo, hasta entonces me doy cuenta que, a diferencia de las oficinas de otros colegas, él no tiene una computadora en su oficina. Le explico entonces que el motivo de la entrevista es para mi tesis, no se trata de una entrevista para publicar o difundir inmediatamente y que no será la única, que necesitaré su paciencia y colaboración unas 3 o 4 veces más. El hojear mi proyecto de tesis y se muestra un poco extrañado, me pregunta de qué facultad soy, de qué carrera, quién es mi asesor, creo que se sorprende que alguien haga una tesis sobre sismología, sin ser físico, geólogo, geofísico, químico o algo así. No, soy estudiante de periodismo y quiero documentar la historia humana de la investigación científica mexicana y que él es uno de mis personajes.

—¿Qué planes tiene?

—Quiero que nos remontemos a 1985 y me platique el panorama de la investigación en ese entonces. —pregunté con seguridad—.

—Lo que pasó en el 85 es una cosa un poco curiosa. No hay mucha información. El libro de Mussachio es muy valioso porque nos da una panorámica de un México que ya no existe, de un país que ha cambiado mucho.

—¿Se refiere a *Ciudad quebrada*, editado por Joaquín Mortis en 1995?

—Sí, sí, de este muchacho Humberto Musacchio. —responde y continúa la idea— Desde el punto de vista científico resulta que ese sismo está muy mal cubierto. El próximo paso debe ser empezar a traducir la investigación en reglamentos, aunque los reglamentos son como las llamadas a misa. —dice con una sonrisa resignada—. Desafortunadamente aquí, en nuestro país, las normas y las modalidades de construcción nos vienen del norte.

—¿Se adoptan de allá?

—Sí, porque la mayoría de nosotros, los investigadores, estudiamos allá, muchos ingenieros mexicanos obtienen su grado en los Estados Unidos y adoptan modas. Incluso las normas del DF provienen de allá.

—Digamos, esa primera versión de normas del DF, ¿o también esta nueva versión de 1987? -pregunto tibiamente.

—Todas. -responde Lomnitz enfático—

—Pero en cuanto al estilo ¿o a qué? --vuelvo a preguntar.

—Al estilo, las normas básicas, el enfoque. Mi predicción es que cuando los gringos cambien, entonces nosotros vamos a cambiar. Los ingenieros y científicos estadounidenses y japoneses ya están convencidos de una cosa: que no fuimos nosotros, que no somos los malos constructores porque ya les pasó a ellos y ya se dieron cuenta que no conviene cantar victoria y decir bueno, mejor poner sus barbas a remojar, eso debían haber hecho y han tenido problemas en Estados Unidos, especialmente con el sismo de Los Ángeles que fue en 94, el 17 de enero. Ese sismo causó muchos, muchos daños, fue muy grave, mucho más grave que el de Loma Prieta. Hubo daños en estructuras de acero y no se ha publicado, el público allá no sabe y mucho menos nosotros. Se dañaron y se cayeron muchas estructuras de acero, cosa que supuestamente no debería de suceder. Entonces yo tengo mucha preocupación por nuestras nuevas estructuras de acero, porque ahorita se está construyendo mucho más estructuras de acero que antes.

—¿Que antes del 85?

—Antes del 85 yo creo que el único edificio más o menos importante de acero eran esas dos, esas dos torres gemelas del conjunto Pino Suárez. Una se cayó y la otra la demolieron después. En la Avenida de la Reforma, ¡todo es de acero!, todo lo nuevo es de acero y el método que ahí se usa es exactamente el que se usa en California de juntas soldadas. El sismo de 1994 demostró que las soldaduras no eran adecuadas. No eran suficientemente fuertes, más o menos necesitan el triple de soldadura de lo

que usan ahora, así no resisten mucho. Desafortunadamente aquí se sigue construyendo con la norma americana de soldadura y no es suficiente.

— Y el tipo de suelo que hay en Reforma ¿qué tipo de suelo es?

—Bueno Reforma, depende de donde. Si hablamos del edificio de la Bolsa Mexicana de Valores, que también de es acero, éste se encuentra más o menos en el límite de la zona blanda. Pero ya más hacia el centro ya es zona blanda. También depende de cuantos pisos tenga el edificio, de cómo se hizo. La Bolsa de Valores es un edificio, para mi gusto, demasiado fantasioso porque tiene una planta muy irregular. ¿Se acuerda cómo es? Una parte del edificio es redonda, con una cúpula de cristal y la otra parte es un rectángulo, la que corresponde al edificio alto. Y al sismo eso le encanta. Todos los edificios que son de más de 7 pisos a mí me da cus-cus porque todo lo que se ha caído es de más de 6 pisos.

—¿Dice que al sismo le gusta ese tipo de estructuras? —pregunto divertida por la comparación

—¡Si, para echarlas a perder!, porque cuando la planta es cuadrada o redonda, el sismo no tiene por donde morderle. Busca la parte de la estructura que más fácil se puede romper.

—Y por ahí se mete. —me animo a completar la idea—, me entusiasma entender sus explicaciones con facilidad.

—Sí, entonces hay que pensar que el sismo es como un enemigo. Porque esto significa que hay mucho movimiento, es decir mucha torsión y los ingenieros lo saben, lo saben, pero como no está en las normas dicen "bueno, pues nos vamos por las normas y hasta luego", es mas barato. ¿Qué es lo que pasa? Con un edificio alto siempre hay que tener una asesoría sísmica, cosa que no siempre ocurre en México. Aquí son muy pocos los ingenieros especializados en ingeniería sísmica, usted pregunte cuantos son, yo no creo que sean más de cien. En Japón los jóvenes obtienen el título de arquitecto estudian ingeniería y él mismo diseña. La misma

persona que diseña el exterior del edificio, es el mismo que diseña la estructura, no son dos personas.

--No diseña sólo el estilo y la funcionalidad del edificio, sino también la estructura.

--Todo. Él es el responsable por todo y se llama arquitecto, pero en realidad es lo que nosotros aquí llamamos ingeniero. Si usted va a Tokio no va a encontrar estos grandes edificios de vidrio como los que tenemos aquí, cubierta la fachada con grandes ventanales.

--¿Y porqué no construyen así?

--Porque allá construyen con mayor rigor, la construcción allá es muchísimo más fuerte. No va a encontrar muchos edificios de más de 7 pisos por lo menos en el centro de Tokio, en la zona blanda de Tokio no se permite. Los más altos son de 6 pisos.

--Pero también tienen una zona de suelo duro.

--Sí, hay una zona dura, podríamos decir que es como las Lomas. Ahí no hay problema y construyen edificios de hasta 60 pisos. ¡Pero hay que ver, son edificios bastante fuertes! ¿Aquí qué es lo que pasa? Usted va a construir un edificio en Reforma, lo primero que hace el dueño es designar a un arquitecto y el arquitecto contrata al ingeniero, pero ese ingeniero es un "catanchán" --aunque Lomnitz lo dice muy serio a mí me da risa esta última palabra y entonces él se ríe también, pero continúa en el mismo tono serio-- ¿Se fija? Él va a hacer lo que le diga el arquitecto. El arquitecto le va a hacer un plano y le va a decir "yo quiero una fachada de vidrio así, quiero acero aparente aquí, con una diagonal acá". Bueno, él diseña una cosa artística, ¡muy bonita!, pero luego el ingeniero se hace bolas para construir esto. Si no hace lo que dice el arquitecto, "¡para afuera!", se va a conseguir a otro ingeniero o a otros ingenieros, porque a fin de cuentas ellos trabajan para él y para la empresa de arquitectura. Entonces ese modo de ver las cosas nos ha producido muchos

problemas. Ahora, los arquitectos buenos saben eso, ahora si se consiguen un ingeniero especializado porque no les gusta que se les caigan los edificios.

—Va de por medio el prestigio.

—Sí, y entonces ya tienen una gente de primera. Pero de todos modos fijese que el ingeniero como está subordinado, ya tiene la tendencia de aprobar lo que hace su jefe, entonces esa es una debilidad de nuestro sistema. Ahora los arquitectos japoneses tampoco son infalibles ¿verdad? y ahí se ve con lo que ha pasado en Kobe. En el terremoto que afectó en 1995 a la ciudad de Kobe, se les cayeron unos 5 edificios diseñados por arquitectos. En Kobe todo lo que se cayó fueron casas de uno y dos pisos, de vivienda, que estaban construidas al estilo tradicional, con techos muy pesados.

—¿Eran de madera las casas?

—Más que nada de madera ¡y se quemaron muchísimas!

—Sí, generalmente nos olvidamos de los desastres asociados a los sismos, como las fugas de agua, gas, combustibles, y con ello los incendios, las inundaciones, todo eso.

Cinna Lomnitz es implacable con el tiempo y cuando estoy por cambiar la cinta en la pequeña grabadora en su escritorio, él adelanta su mano y cubre la grabadora pidiéndome que terminemos la charla. Acepto. Pero antes de despedirme le digo que necesitaré otra entrevista, tal vez más de una, que volveré.

Shri Krishna Singh.

Ese mediodía del jueves llegué 10 minutos antes de la cita. Decidí esperar en el pasillo del segundo piso del Instituto de Geofísica donde se encuentra el Departamento de Sismología y el cubículo del doctor Shri Krishna Singh. La puerta casi siempre

está abierta cuando él trabaja dentro y aún cuando baja al Servicio Sismológico a revisar los instrumentos y los sismogramas de todos los días. Me quedé a medio pasillo mirando un mapa en relieve de las costas de Guerrero y decidí esperar un par de minutos antes de anunciarle mi llegada. En ese momento el doctor Singh salió con una taza de café en la mano. En cuanto me vio miró el reloj. No dijo nada pero sonrió dándome a entender con un ademán que me había adelantado a la cita.

—Buenos días, pase por favor. —me dijo con una amabilidad habitual en él—.

—Buenos días doctor. Se me hizo un poco temprano. —le dije sorprendida por su repentina aparición.

—Está bien, espéreme por favor, en un momento vuelvo...¿Quiere café?

—No gracias.

Entré a su cubículo mientras él regresaba. Me detuve a mirar las fotografías pegadas con tachuelas en la pared. En casi todas aparece él con sus colegas del Instituto de Geofísica. En una de ellas camina entre los asistentes a un congreso o reunión académica. En otra aparece, como en casi todas, sonriente y sereno, junto con el doctor Vladimir Kostoglodov, un científico doctorado en la Academia de Ciencias de la URSS y que trabaja en la UNAM desde hace varios años, es un cerebro fugado después de la caída del socialismo. En la segunda sección de su cubículo me llama la atención una computadora SUN con varias ventanas abiertas en la pantalla, es el buzón de su correo electrónico. En realidad esa computadora es una estación de trabajo, como cientos de computadoras del mismo tipo en los cubículos de investigación en el campus universitario, conectadas en red a la supercomputadora Cray. El reloj digital de la pantalla marca las 11:52. Llegué 8 minutos antes y seguramente él me atenderá hasta las 12 en punto. Esta bien, él es jefe del Departamento de Sismología del Instituto y siempre está muy ocupado. Ayer mismo por la madrugada, llegué a la Ciudad de México desde Estados Unidos, donde participé en un congreso internacional de sismología. Junto a su silla, en el piso hay una

maleta con el programa de la reunión, las memorias y algunas revistas. En otro escritorio hay una pequeña computadora labtop, seguramente con sus notas del viaje. Hasta entonces descubro varios cables bajo el escritorio. Los sigo con la vista y me doy cuenta que la labtop está conectada a una tercera computadora, una PC COMPAC apagada, supongo que ya no la usa mucho.

En los dos escritorios pegados a la pared, que forman una "L" puedo sentir el ambiente de trabajo de un científico moderno. Además de las 3 computadoras hay varias cajas con más de 30 diskettes de los pequeños, un teléfono conmutador y varias carpetas con hojas de papel asomando por los bordes. En el rincón de la "L" hay un globo terráqueo, al frente un pizarrón de superficie verde del que cuelgan hojas de papel sujetas con trozos de imán. Son diagramas de las costas del Pacífico mexicano y un mapa que me es muy familiar, se trata de la ubicación de las estaciones de monitoreo sísmico colocadas alrededor del volcán Popocatépetl.

Escucho sus pasos que se acercan y lo veo pasar de largo hacia el final del pasillo en el que se encuentra el cubículo del doctor Cinna Lomnitz, se saludan con risas y camaradería. Lomnitz está con algún extranjero porque continúan la plática en inglés, Singh se despide rápidamente y escucho sus pasos acercarse nuevamente.

--Bien, podemos empezar. --me dice y se sienta cómodamente en un sillón con rueditas. Quedamos del mismo extremo del escritorio, eso hace más relajada la charla y no me siento presionada, más bien cómoda.

--¿Cómo le fue? --pregunto para romper el hielo.

--Bien, pero uno siempre regresa con más y más papeles.

Da un vistazo hacia el otro extremo de su oficina y lo sigo con la mirada, pero no me encuentro con un desorden de papeles, al contrario hay un par de estantes metálicos con puertas corredizas de cristal con varios tomos encuadernados y gruesas carpetas con etiquetas en el lomo. Entonces me doy cuenta que en realidad a los papeles a los que se refiere son las ponencias y las memorias de los congresos,

siempre se vuelve con números telefónicos, direcciones electrónicas y nuevos compromisos con colegas de todo el mundo.

—¿Por qué decide quedarse en México y además nacionalizarse mexicano?

—¡Ah!. —le sorprende mi pregunta y se ríe con energía—. Lo que pasa es que yo llegué y entonces noté que cada vez me interesaban más los temblores y México era el lugar ideal para estudiar esas cosas. Y la ciudad era muy decente y además me recordaba a la India... era en cierta manera distinto a Estados Unidos donde viví 9 años. Aquí había opciones de escoger, todavía sigue así, de escoger algo que estudiar y nadie va a decir que no, si trabajas bien.

—¿Se refiere a la libertad del trabajo científico?

—Sí, y cómo no estaban hechas muchas cosas pues bien, había la posibilidad de hacerlas. Allá, en Estados Unidos hace dos días estuve hablando con el emi-nen-te sismólogo de California, —acentúa cada sílaba enfatizando la categoría de su colega en tono de ironía— que es muy respetado, Hiro Nakamura, ¡es dios allá!, y estaba amargamente quejándose de... "no, como es posible que no esto y no lo otro..." Lo que pasa es que ahí uno trabaja en las líneas de investigación donde hay dinero, no donde la gente quiere. Entonces la investigación no es en la mayoría de los casos, lo que a la gente necesariamente le gusta. El hecho es que aquí, en México estaba el campo libre, uno podía hacer lo que le diera la gana, aunque no había mucho dinero para hacerlo. Ahora hay dinero para hacer todo lo que le pegue la gana a uno, es mejor todavía en ese sentido. A principios de los años 70 era a todo dar, por eso me quedé un año, y luego otro y cada año que pasaba yo decía "otro año más" y bueno se hizo más difícil irme.

—Cada vez tenía más trabajo, supongo.

—Sí, más trabajo y también influyeron los niños y la familia, la casa. Pero yo me hice mexicano hace 3 o 4 años, 5 tal vez, por consejo de Emilio Rosenbluth. Yo estaba hartito ya de renovar mi visa y una vez fui y le dije "ya estoy decidido". Él

conocía a Miguel Limón, el Secretario de Educación. En aquel entonces él era subsecretario de Gobernación, Emilio le habló y le dijo "Bueno, aquí está este cuate...le convendría al país que fuera..." ja, ja, ja --se ríe con un poco de pena y modestia al recordar y enumerar las razones que esgrimió Rosenblueth para recomendarlo como buen candidato a adoptar la nacionalidad mexicana. De repente se pone serio y continúa el relato--. Entonces ese mismo día yo fui a ver a Limón y la ventaja fue que las puertas se abrieron rapidísimo, en el sentido de que uno tenía que cumplir con todos los papeles. Además en aquel entonces Carlos Salinas de Gortari era presidente y tal vez parte del show era mostrar que el país estaba abierto a todo. De hecho, ya estaban mis papeles, pero hubo una ceremonia grande en los Pinos. -- Exagera la pompa presidencial con las manos y el rostro irónico--. Con artistas y esas cosas.

--A usted ¿le entregaron sus documentos de nacionalización en el marco de esa ceremonia?

--Sí, sí, yo tuve que dar un discurso. --se ríe e interrumpe su idea, como divertido de recordar aquella situación tan inusual para él--. Sí, un día antes de la ceremonia me hablan de la Secretaría de Relaciones Exteriores y me dicen que 3 personas tenían que hablar ante el presidente y un montón de gente. Uno tenía que ser un científico, otro un artista y otro un empresario. Yo sería el primero en hablar. ¡Hijos! --se ríe--. Yo preparé como 5 líneas nada más, fui muy breve. El otro, el artista, era un pintor cubano y el empresario un libanés que se había hecho millonario en México.

Sin duda las casualidades forman parte de la vida, un muchacho de la India es uno de los sismólogos más importantes de nuestro país y sigue trabajando para entender la Tierra y los sismos.

Paco Sánchez Sesma.

Busqué en el Directorio Telefónico de la UNAM la extensión del Doctor Francisco Sánchez Sesma después de leer una entrevista que le hizo la Gaceta de la UNAM a raíz de la obtención del Premio Nacional de Ciencias 1994. Extensión 23460 del Edificio 2 del Instituto de Ingeniería dedicado exclusivamente al área de Sismología.

--Estoy muy ocupado. Lo siento. ¿Por qué no me llama la próxima semana? A pesar de su voz alegre y bromista, siempre amable, noté una cierta falta de interés por mi petición, por eso insistí.

-- Doctor sólo serán unos minutos.

-- Tal vez mañana a las 11 a.m., pero no podré atenderla más de 25 o 30 minutos.

-- Es suficiente, lo veo mañana a la 11 a.m. Gracias.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM es bastante grande. Tiene 6 o 7 edificios de oficinas, cubículos, laboratorios, talleres y bibliotecas distribuidos en una sección de Ciudad Universitaria. En el segundo piso del edificio 2 está la oficina del doctor Sánchez Sesma. Cuando llegué estaba la puerta abierta y percibí ese ambiente académico que me atrae tanto de los cubículos de los científicos: las paredes cubiertas de libreros y en los espacios que pudieran estar libres, estantes y archiveros. En un rincón de la oficina el escritorio del doctor Sánchez Sesma y enfrente alguien que hablaba con él. Eso me disgustó porque ya eran las 11 y los minutos para mi entrevista ya estaban corriendo, no estaba dispuesta a perderlos ahí afuera en el pasillo. Me decidí a asomar la cabeza y anunciar yo misma mi llegada.

-- Doctor soy Concepción Olivares, vengo a la entrevista.

-- Claro, espéreme por favor 2 minutos.

Antes de que transcurrieran los 2 minutos salí, pero no para empezar la entrevista. Me invitó a un festejo por el cumpleaños del doctor Luis Esteva Maraboto

en el mismo piso. No estaba invitada pero acepté. Comimos pastel y refresco, pensé que ese festejo no significaba otra cosa que menos tiempo para mi entrevista.

Mientras los colegas partían y repartían el pastel, entre las mañanitas y los buenos deseos, Sánchez Sesma corría hasta el final del pasillo donde está su cubículo para dar las instrucciones necesarias a su computadora que llevaba ya algunos minutos recibiendo información de un colega desde Holanda. Cerca de las 12:00, exactamente una hora después de nuestra cita, regresamos a su cubículo para iniciar por fin la entrevista. Le mostré el guión preliminar del programa sobre sismos que planeaba hacer y esa fue la base de mis preguntas. Nos interrumpió varias veces una secretaria para solicitar su firma en oficios académicos, para entregarle correspondencia, para recibir llamadas telefónicas, etcétera. Efectivamente, pude darme cuenta que es un hombre muy ocupado, inicia sus labores a las 7 u 8 de la mañana y termina a la media noche o un par de horas después.

—Estoy escribiendo en mis ratos libres un ensayo sobre el futuro al que se dirige la humanidad. Es una serie de ideas que tengo en la cabeza sobre el espíritu moral, ético y científico de la humanidad.

—Eso es muy complicado, ¿qué tiene que ver con la ingeniería civil?

— Mucho. Algún día tal vez lograremos construir edificios que no se vean afectados por los sismos.

—Con amortiguadores.

— No, con dispositivos que mantuvieran a los edificios como flotando sobre el suelo, tal vez con una elevación de algunos milímetros.

— En fin, son ideas que intercambiamos dos colegas y yo por medio del e-mail.

—Ah!, por e-mail.

— Sí, porque ellos viven en California y Nueva Zelanda.

— Supongo que esa correspondencia debe ser muy interesante. Tal vez un día me permita leer algo.

--Sí, sí, algún día vamos a publicar un artículo sobre eso.

Mooser me dijo una vez que Sánchez Sesma "es un hombre muy vivaz, bromista e irónico, un hombre simpático", y vaya que lo es. Se mueve libremente entre las matemáticas y ecuaciones absolutamente ilegibles, al menos para mí, pero que encierran en cada símbolo valores de velocidad, tiempo, leyes físicas, datos, intensidades sísmicas, tipos de suelo, etcétera. Si "a" es igual a "b" entonces "b" representa etcétera.

-- Usted, Concepción, ¿estudió ingeniería?

--No doctor, Ciencias de la Comunicación.

-- Comunicaciones, ¿Quiere decir telecomunicaciones?

-- No, no, periodismo.

--¿No me diga que le interesa esto? Me dice mientras me ofrece un artículo escrito por él en inglés, con un resumen de un párrafo en español y ecuaciones, muchas ecuaciones.

--Doctor, esto es francamente ilegible para mí. Yo estudié dos semestres de Japonés y créame que me parecen más sencillos los tres alfabetos japoneses que estas ecuaciones.

-- Entonces ¿en qué puedo ayudarle? Cruza los brazos y me mira con curiosidad, concentrándose por primera vez en nuestra conversación, después de casi hora y media de comenzar a charlar.

-- Me interesa saber qué representan esas ecuaciones, traducidas en palabras comunes por usted, es decir, el efecto de las ondas sísmicas en los diferentes tipos de suelo que hay en la ciudad de México. Supongo que esta sucesión de ecuaciones es la base de ese modelo matemático en el que se observa gráficamente el paso de las ondas sísmicas y el tiempo que tardan en cruzar la cuenca de México y la manera en la que se amplifican. ¿No es así?

—Correcto. La investigación es una pasión, una forma de vida, la gente nace con ello o se fortalece. Yo creo que es la combinación de circunstancias la que lo lleva a uno, sobre todo si ya está encarrilado en una investigación. Al poco tiempo se da uno cuenta que hay que conseguir los recursos para hacer lo que se quiere hacer, que el mundo está interconectado y que no es exactamente como le contaron en la escuela, sino que hay que adaptarse. Yo creo que lo que falta es que tenemos un sistema educativo muy, muy deficiente, no nos enseñan lo que nos tendrían que enseñar y solamente alguien que tiene muchas pilas, o mucha energía para andarle buscando encuentra. Ahora combina la administración con la investigación. Ahorita ya casi no hay dinero para esto, no hay interés, ni de la sociedad ni para investigar, ni para formar gente, no hay suficiente apoyo para decir "órale, síganle fortaleciendo los cuadros, ¿Por qué? Pues porque no ha temblado, simplemente si temblara ahorita fuerte, habría interés en formar cuadros.

Tan es así, que Francisco Sánchez Sesma se desempeña ahora en la industria petrolera, buscando pastos más verdes, más apoyo para estudios de elasticidad aplicado a la industria petrolera, un mismo fenómeno pero en otro contexto. Sigue buscando temas de investigación y patrocinio en la industria petrolera. Considera que se necesita suerte para que esto suceda. El sismo permitió formar aceleradamente cuadros, se reclutó a un estudiante sobresaliente: Eduardo Pérez Rocha, que ahora está a punto de doctorarse. Cuando iba a decidirse por estudiar ingeniería aeroespacial el temblor lo hizo cambiar de parecer y se tituló como ingeniero geofísico. Después hizo la maestría en mecánica de suelos y el doctorado en ingeniería sísmica.

Sánchez Sesma viaja frecuentemente a Japón, tiene una relación muy estrecha con sus colegas japoneses pero, curiosamente no habla japonés, en realidad no lo necesita, con el inglés es suficiente. En el ambiente académico, los científicos acostumban expresarse en inglés cotidianamente. Sánchez Sesma no es la excepción, los artículos especializados, los e-mail con los colegas extranjeros, los libros y

publicaciones más actualizadas, todo gira en torno al inglés. Un rasgo característico de su personalidad es el empleo de expresiones y modismos en inglés para capturar el sentido exacto de lo que quiere expresar. Por esa costumbre suya me perdi en algunos puntos de su conversación porque me dio vergüenza preguntarle qué quería decir eso que había dicho en inglés. Sólo pude entender frases como "Such is live". Salí de la oficina de Sánchez Sesma a la 1 de la tarde. La entrevista se prolongó y terminó cuando llegó el Doctor Antonio Lazcano. Sí, sí, el fisiólogo llegó para tratar otro asunto con el sismólogo.

Mario Ordaz Schroeder.

Llegué al Departamento de Ingeniería Sísmica del Instituto de Ingeniería y en el segundo piso, después de subir por una escalera de madera, me encontré en un pasillo angosto. Tuve la sensación de entrar a un laberinto con puertas cerradas. La única puerta abierta era la segunda a la derecha. Ahí estaba Mario Ordaz inclinado sobre su escritorio hablando por teléfono. Es una oficina mediana, pero parece más pequeña por el exceso de mobiliario y paquetes. Frente a la puerta hay una ventana que inunda con luz natural el interior. Junto a la ventana está su escritorio, amplio y tapizado con papeles, una computadora y varios libros. Al darse cuenta de mi presencia el doctor Mario Ordaz me invita a pasar y sentarme. Descubro al entrar una foto del doctor Emilio Rosenblueth enmarcada y colocada en un sitio visible desde la puerta. Empezamos la entrevista con una taza de café. El doctor Ordaz se pone cómodo en una silla con rueditas, estira las piernas y cruza los brazos.

— Bien, podemos empezar. —Me dice en un tono ágil y dinámico.

— Doctor, quiero saber ¿cuándo se dio cuenta de que ya era investigador?

—Todavía no me doy cuenta. --Responde rápido y se sorprende él mismo de su respuesta—. No sé, mucho tiempo después yo creo.

—Pero si está convencido de que está haciendo lo que le gusta hacer.

—Estoy convencido de que hago lo que me gusta, pero estoy convencido de que podría haber hecho otras cosas, siempre que hubiera encontrado problemas interesantes. Yo no siento tener una vocación especial para la ingeniería civil, tal vez si por cosas del destino hubiera estudiado biología y me hubiera encontrado un biólogo de mente tan poderosa que me hubiera atraído, estaría muy contento haciendo biología.

— Me interesa saber si las vocaciones están definidas desde la cuna.

— No creo que haya personas que no estén capacitadas para las matemáticas. Eso es un prejuicio. — Dice enfatizando la última palabra con la voz fuerte y clara que lo caracteriza.

— Y un cierto terror que se queda como las pesadillas cuando somos niños.

—No, no lo creo. Como tampoco creo que algunas personas que no estén dotadas para aprender otro idioma.

Mario Ordaz es un hombre joven y apenas comienzan a aparecer algunas canas entre su pelo chino que siempre, como hoy, lleva muy corto. Su estilo de vestir es, podríamos decir, "universitario", que le da un aire muy casual. Lleva una camiseta deportiva de marca, un pantalón color caqui y unos cómodos zapatos deportivos. Una llamada telefónica me lleva a darle un giro a nuestra conversación.

—¿Qué relación tenía con la ciudad de México antes y después del sismo?

—Antes una relación muy impersonal. Por ejemplo, a la hora de estar viendo los mapas y los daños, me di cuenta de que en realidad no conocía casi nada de la ciudad. Ahora tengo una relación mucho más cercana. La conozco mucho mejor, aunque más bien por dentro que por fuera.

—Eso es interesante porque es otra visión de la ciudad.

—Es una de abajo para arriba. Es muy heterogénea y llena de defectos digamos, desde el punto de vista de las construcciones por la decisión de hacer una ciudad tan grande aquí, en un lugar tan inconveniente. Ahora la conozco mucho mejor, sé mucho mejor en qué épocas se construyeron las principales colonias, sé donde están las partes más críticas, los edificios más interesantes, digamos desde nuestro punto de vista. Hay edificios que los tiraron los ingenieros y edificios que los tiró el temblor. En la Ciudad de México especialmente los movimientos son lo que llamamos de periodo largo, son movimientos lentos. Hay personas a las que si usted les pregunta, juran que en la Ciudad de México los temblores son verticales, el famoso movimiento trepidatorio y no, no es cierto. Si usted pone un instrumento a que registre los movimientos, el movimiento vertical es muy pequeño, casi imperceptible. En realidad todos los temblores que se sienten en la Ciudad de México son oscilatorios, o principalmente, muy mayoritariamente oscilatorios, pero hay gente que asegura que la tierra brinca.

— ¿Y esto a qué se debe?

— Pues a problemas en la percepción humana.

— ¿Será sugestión o depende del sitio donde uno se encuentre?

— No creo, tal vez sí, algo de sugestión y también la dificultad de ser objetivo cuando uno está sospechando que se le puede caer el edificio.

— Pero sí causa un efecto psicológico terrible.

— Pues sí, porque lo puede a uno matar.

Al referirse a Mario Ordaz, sus colegas suelen definirlo como un hombre muy dinámico, como un ingeniero práctico, como un joven ágil y capaz. Es un hombre muy ocupado y una nueva llamada telefónica interrumpe nuestra conversación. Por un momento me distraigo leyendo los títulos de los libros que tapizan media pared. Descubro también en el pizarrón del muro de enfrente un par de dibujos infantiles que seguramente deben arrancarle sonrisas de nostalgia paterna al investigador en los

momentos más tensos o quien sabe, en los más relajados de su trabajo. Retomo la entrevista con un nuevo tema.

– En cuestión de presupuestos, ¿Se sigue asignando un presupuesto acorde con el ritmo y el nivel de investigación?

– No sé, yo no sabría decirle realmente. Mi sensación es que no ha faltado el dinero, ni el interés y por tanto el presupuesto. Ahora con el cambio de gobierno en el DF hubo una situación desventajosa para nosotros porque el anterior Secretario General de Obras que lo había sido ya por muchos años, el ingeniero Daniel Ruiz Fernández, es un hombre muy conocedor de este problema y muy preocupado por este asunto. Él fue director del Instituto de Ingeniería hace mucho, muy ligado a la investigación y apoyó proyectos muy costosos. Por ejemplo la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (equipada con aparatos llamados acelerógrafos, diseñados para registrar únicamente los sismos que rebasen un determinado rango de intensidad). Daniel Ruiz fue Secretario de Obras del DDF, hasta que entró Cuauhtémoc Cárdenas como jefe del gobierno capitalino, y lo fue por 8 años más o menos. Esa fue una época muy buena para nosotros en el Instituto de Ingeniería porque Ruiz entendía la magnitud del problema sísmico en la Ciudad de México y destinó importantes recursos para su estudio. Ahora se siguen destinando, pero el nuevo gobierno capitalino a cargo del PRD como que está pasmado, como que todavía no entiende la magnitud del problema.

– Algunos investigadores universitarios quieren asesorar a los legisladores que están encargados de las comisiones científicas para sensibilizarlos y explicarles términos y problemas básicos que no pueden resolver como protección civil.

– Deberían, es buena idea, porque es un lástima que se pierdan estas relaciones. Pero es una cosa curiosa, porque una parte del PRD sus tradiciones no son más que las de los priístas, muchos son tal vez priístas de corazón. Porque en algunos organismos digamos, profesionalizados del DDF como la Dirección General de

Construcción y Operación Hidráulica o la Dirección General de obras no son lugares en los que uno pueda poner a su compadre. Es como la carpintería, usted no puede volver a un gran luchador social en un buen carpintero en 3 semanas. Tiene que aprender carpintería primero. Ahí en la Dirección General de Construcciones y Obras Hidráulicas, ¡prum! le dieron así a ingenieros grandes, a los profesionales. — hace una señal de guillotina, de corte de cabezas—. Ahora, el actual Secretario de Obras es una persona conocedora del asunto, especialmente del agua potable, pero el gobierno en general está pasmado.

—¿Qué efectos negativos para la investigación podría acarrear este gobierno mientras se encarrila?

— Se pueden perder fondos para investigación en las áreas experimentales que sí cuesta mucho. En otras es trabajo que se puede hacer con fondos del CONACYT.

— ¿Con fondos universitarios?

—No, con los universitarios únicamente no se puede hacer nada. —se ríe en tono sarcástico Por ejemplo a este grupo —se refiere a su grupo de investigación— lo que le toca de fondos universitarios son 70 mil pesos al año. Eso alcanza para comprar las llaves que se pierden, para componer las chapas. Si el Instituto de Ingeniería trabajara exclusivamente con fondos universitarios, sería una casita de dos pisos con 4 investigadores. Opera gracias a los contratos que tiene con el gobierno, con compañías, con fondos de CONACYT. Pero lo que sí es muy costoso y que se ha operado durante muchos años y dejarlo de operar sería un error histórico de verdad, son las redes acelerométricas. Eso sí, su operación es costosa. Sería una inversión muy grande que se perdería. Pero hasta ahorita más o menos nos la hemos ido llevando, pero no con la facilidad con la que estábamos en el gobierno anterior. Y sería un error histórico porque es una red muy productiva que está dando datos muy importantes, está muy bien operada, es muy útil. La opera fundamentalmente el

Centro de Registro Sísmico de la Fundación Barros Sierra. Ellos operan como el 70 % de la red y lo demás lo opera el Instituto de Ingeniería y el CENAPRED.

--¿Esto está financiado por el DDF?

--La parte de la Fundación Barros Sierra sí, la parte del Instituto una parte con eso y con lo que se va pudiendo y el CENAPRED sí financia su propia parte, es decir la Secretaría de Gobernación. Eso sí sería un error histórico, porque si hay algo que nos ha permitido conocer y que además le ha dado mucho prestigio a nuestra escuela y a nuestra Ciudad es eso.

--¿En qué trabaja concretamente?

-- Estamos haciendo sistemas para las compañías de seguros, para la autoridad de seguros que es la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas para estimar pérdidas por sismo en todo el país en general. En el caso de la autoridad de seguros, una de sus funciones es ver que las compañías de seguros sean solventes. En el caso del temblor, que haya dinero para pagarle a sus clientes es una cosa muy importante. En 1985 lo que la sociedad pudo rescatar vía seguros fue sólo el 10% y eso es algo gravísimo porque ese otro 90% lo tuvo que pagar la sociedad otra vez. Si hubiera estado asegurada, también lo hubiera pagado, pero a plazos, poco a poco. Eso tiene que vigilar el gobierno, para eso tiene que tener estimaciones razonables de qué puede pasar en un gran temblor.

Este sistema es una versión actualizada del sistema realizado para CENAPRED en 1993 destinado a estimar los daños de un terremoto con anticipación.

--Sí, pero ya es viejo, es como si usted se pusiera ahora a usar el Word Star, ahí lo tiene pero ya nadie lo usa. Ahora son sistemas más actualizados, más detallados. Cuánto vale la construcción, qué deducible tiene.

El doctor Mario Ordaz saca una computadora laptop y abre varias ventanas con opciones en las que se elige con un "clic" del ratón una por una las zonas de la ciudad, las calles, edificio por edificio, cuál es el deducible, cuál es el del seguro, cuál va a ser

la utilidad de la compañía. Otra opción de acceso y manejo del sistema es por ejemplo, dónde está la edificación, si está en Coyoacán, en Villa Coapa, etc. También podemos visualizar la información en forma de mapas del DF. Otra línea de opciones es si se trata de una construcción industrial o no, si tiene columnas, de qué tipo son las columnas, si tiene traveses o no, muros de concreto, contravientos. Además, si el usuario no conoce los términos ingenieriles o si tiene dudas, también se pueden obtener fotos de cómo es una trabe.

— Tenemos como año y medio haciendo esto. Con este programa actualizado las compañías de seguros saben dónde están las construcciones, cuánto valen, cuáles son sus características, su edad, etcétera. El sistema estima para un escenario de temblor determinado cuánto es lo que se podría perder. Para el gobierno es útil esta información ya que con ella obliga a las compañías a mantener reservas o mecanismos de reaseguramiento para afrontar una futura catástrofe.

CONCLUSIONES.

El reportaje es un género maravilloso y afortunado. Como reportero uno tiene todas las posibilidades para lograr un documento interesante y ameno. En este trabajo he tenido la oportunidad de hablar sobre los sismos, que son un fenómeno natural apasionante y sobre la dinámica de la corteza terrestre. Generalmente el tema se trata en artículos y libros de divulgación, donde se explican conceptos pero no se habla de los hacedores de esos conceptos. Con el reportaje tuve la posibilidad de adentrarme en un tema científico y además entrevistar a los protagonistas de la investigación, que viven en la Ciudad de México y trabajan en la UNAM.

Al iniciar el relato por partes, es decir, por capítulos independientes, me encontré con un terrible problema de organización, con kilos de fichas, transcripciones de entrevistas, artículos y libros, a pesar de tener un índice temático muy claro. Sin embargo, cuando por insistencia de mi asesora de tesis, decidí iniciar el relato con un orden cronológico en la mañana del 19 de septiembre de 1985 y con mi participación, el relato se desarrolló de una manera natural.

Las experiencias personales, el recuento histórico de la ciudad y la visión hacia los sismos, las semblanzas de los personajes, la crónica de su trabajo en equipo y mi encuentro personal con ellos me pareció un orden natural después de ensayar otras posibles alternativas. Una de ellas era abordar a los personaje, cada uno en diferentes capítulos. Otra más se basaba en un índice tradicional de introducción, desarrollo y perspectivas de la sismología y la ingeniería sísmica, pero resultaba demasiado esquemático. Finalmente, pese a que encontré una forma de estructurar este relato que me tiene satisfecha, no descarto otras posibilidades.

Al llevar a cabo las entrevistas con los investigadores y revisar con detenimiento su curriculum me di cuenta que la intensión de describir un segmento de sus vidas y su trabajo era una labor titánica. Cada uno de ellos merecería un trabajo más detallado de investigación y recreación periodística. Debo confesar que ante la riqueza de información y la variedad en la personalidad y carácter de cada uno de ellos, desearía continuar con esta labor reporteril. Estoy convencida que en este reportaje quedaron fuera valiosos investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México que trabajan en sismología: Gerardo Suárez, Luis Esteva, Efraín Ovando, Pérez Rocha, Roberto Quaas, Roberto Meli y otros. Sin embargo había que hacer una delimitación para los fines de la tesis.

Tal vez, este trabajo sirva como punto de partida para continuar la crónica de la investigación universitaria. Me gustaría hacerlo personalmente, pero sería muy satisfactorio, que entre las nuevas generaciones de periodistas egresados de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, surgiera el interés por especializarse en el periodismo científico y en el área de riesgos naturales. Como reportera universitaria y como espectadora de la historia contemporánea, considero necesario rescatar a los personajes que dentro de los cubículos, las aulas y los laboratorios de la UNAM construyen el conocimiento científico y desarrollan alternativas tecnológicas en nuestro país.

Considero sumamente necesario acercar al lector común a los científicos y viceversa. Aparentemente existe un abismo entre ambos, pero puede salvarse con la labor periodística especializada en temas de ciencia y tecnología. Es ya un lugar común hablar de las relaciones "tormentosas" entre científicos y periodistas. Los investigadores se sienten muchas veces acosados e incomprensidos por la prensa. Por su parte los reporteros perciben una barrera de conocimientos y lenguaje que hace

inaccesible, la mayoría de las veces, la información generada en los círculos científicos.

Ejemplos no faltan. Basta recordar la información difundida por *El Noticiero* de Televisa que conduce Guillermo Ortega por canal 2 todas las noches. A mediados de junio difundió la noticia de un terremoto inminente en México. Ortega informó que el Instituto de Geofísica de la UNAM predecía un terremoto similar o más fuerte que el de 1985. Este dato no es ninguna novedad ya que en las costas de Guerrero hay una zona bien delimitada por los investigadores, en la que sencillamente no se han registrado sismos fuertes desde hace más de 70 años.

Esta información seguramente se mencionó en una de las habituales conferencias mensuales de divulgación que organiza el Instituto de Geofísica, resultó novedosa para el reportero y la manejó de manera alarmista y parcial. A los televidentes nunca se nos informó porqué los científicos universitarios aseguraban con tanta certeza la ocurrencia de un terremoto. Por el contrario, para sustentar sus afirmaciones, Guillermo Ortega se limitó a repetir (más de 5 veces) durante cada uno de los cortes para comerciales y a lo largo de la nota, que no se trataba de predicciones sin fundamento, sino de información proporcionada por un informe del Instituto de Geofísica, una fuente por demás autorizada.

En su nota, Televisa insertó un fragmento de la entrevista que realizó al sismólogo David Novelo, anterior director del Instituto. Como reportera de televisión pude darme cuenta de la manipulación tramposa realizada en las salas de edición a dicha entrevista. Seleccionaron el fragmento que convenia y reforzaba el tono que el reportero daba a su nota. La mayoría de los espectadores de *El Noticiero*, que deben ser millones, no conocen los detalles técnicos de edición de entrevistas en video y se fueron con la finta.

La noche siguiente el mismo noticiario intentó hacer una aclaración a su nota del "gran terremoto" pero no lo logró. El tono de voz que empleó Guillermo Ortega fue menos alarmista que el día anterior, pero repitió lo mismo. Esta vez enviaron a una reportera que entrevistó a los doctores Javier Pacheco y Shri Krishna Singh. Ambos tenían la esperanza de que con sus participaciones se corrigieran las imprecisiones sensacionalistas difundidas anteriormente. Sin embargo, sus intervenciones frente a la cámara fueron tan breves como la de David Novelo. Por otra parte, el desconocimiento de la reportera hacia el tema la llevaron a un laberinto de palabras que dejó al espectador un poco más tranquilo, pero sin entender por qué.

Este es sólo un ejemplo de cómo el tono en el que se transmiten las noticias de ciencia y la ausencia de claridad en el empleo de información técnica, influye en el ánimo y la conciencia o toma de decisiones de los espectadores. Hubiera sido más interesante saber, si es que se conoce la inminencia de otro sismo, qué están haciendo los investigadores y las autoridades de protección civil para evitar una tragedia como la que ya vivió la ciudad. O también, saber qué podemos hacer nosotros como ciudadanos, qué tipo de precauciones tomar en nuestro hogar, escuela o lugares de trabajo.

Ante situaciones como ésta, es recomendable que los reporteros nos esforcemos por especializarnos en fuentes de información tan importantes y estratégicas (aunque no se reconozca) como lo son la ciencia y la tecnología. Sobre todo en temas de interés para la población. El asunto de los terremotos y sus efectos sobre las construcciones es un tema que involucra a especialistas con grados académicos impresionantes, pero no es un tema que debe ser ajeno a cualquiera de nosotros como ciudadanos y habitantes de una ciudad altamente sísmica.

Hasta aquí en lo que toca a los medios, pero también es necesario mostrar a los científicos que a la gente le interesan los temas que trabajan. Algunos investigadores se limitan a su trabajo de laboratorio, estadístico o teórico y se olvidan del mundo. El Sistema Nacional de Investigadores exige niveles de excelencia tan estrictos que los científicos se esfuerzan por cumplir y en el intento, se alejan de las aulas de licenciatura y se limitan a los posgrados, se olvidan de su relación con los medios de comunicación y de intentar hacer más accesible su trabajo y sus resultados a los grandes públicos, escribiendo artículos o libros de divulgación.

El reportaje como género periodístico puede ser un importante canal de enlace entre el reportero y el científico. Mediante el trabajo conjunto es posible lograr productos periodísticos de divulgación que enseñen, motiven y muevan a la acción concreta de los lectores, ya sean estudiantes, amas de casa, empleados o burócratas, en pocas palabras, al público en general. Si bien existen revistas y suplementos de noticias científicas en los periódicos mexicanos, considero que no son suficientes y que estamos ante un panorama rico e inexplorado del periodismo. Es necesario ir más allá de las noticias aisladas sobre descubrimientos, aparatos de medición y muestreo, metodologías de investigación y declaraciones incomprensibles. El reportaje nos da la oportunidad de profundizar en la información, nos lleva a la reflexión de nuestros lectores y de nosotros mismos como comunicadores. Necesitamos imaginación, compromiso, interés y entusiasmo para realizar un trabajo que efectivamente tenga un impacto y relevancia.

El conocimiento científico lo construyen los hombres. Los conceptos, las hipótesis, las grandes teorías científicas que encontramos en los artículos de revistas especializadas o en libros técnicos, a pesar de su aparente aridez y seriedad, tienen un rico transfondo humano y anecdótico. Los protagonistas de este relato son 6 hombres

como cualquier otro, que comparten un objeto de estudio común, eso es motivo suficiente para unir sus vidas, sus experiencias, sus desacuerdos, sus logros y también sus fracasos. A la mayoría de ellos como a mí, nos tocó vivir el sismo del 19 de septiembre de 1985 en la zona sur de la ciudad. Esto no es casual si tomamos en cuenta que casi todos estamos ligados a la UNAM y Ciudad Universitaria se ubica en la Delegación Coyoacán. Para muchos universitarios es más cómodo vivir en el sur y evitar cruzar la gran ciudad dos veces al día.

Con este recuento de hechos, conceptos y anécdotas traje nuevamente a la memoria del lector, aquel acontecimiento trágico que se convirtió en un parteaguas para la investigación sísmica en México. Era necesario para mí revivir las experiencias de los científicos que estudian los sismos y conocer sus opiniones, no sólo como expertos, sino como capitalinos, como habitantes de esta ciudad. Quise conocer el rostro, la voz, el carácter de estos hombres cuyos artículos y reportes de investigación suelen ser complicados y técnicos para los lectores ajenos a las ciencias de la Tierra. Quise conocer también la dinámica de su trabajo cotidiano, la relación con sus colegas y con su objeto de estudio.

Era necesario abordar este relato haciendo un recuento de la historia vertiginosa de la Ciudad de México en los últimos 500 años. La ciudad crece y crece sin que exista nadie que la detenga. Lamentablemente nuestra memoria histórica es bastante corta y parece que nos hemos olvidado del desastre causado por el sismo. Este año, el que sigue y el que sigue, en la semana previa al aniversario del 19 de septiembre, la prensa abordará el tema, se harán notas y reportajes, algunas entrevistas y artículos de opinión, tal vez escucharemos algunas declaraciones de dirigentes políticos sobre la necesidad de la descentralización, pero nada más. La gente que perdió familiares y amigos se reunirá en las plazas donde aquella mañana quedaron sepultados, la

asamblea de barrios hará un baile popular, el presidente dirá que la ciudad ya es moderna, los científicos hablarán de sus investigaciones, las autoridades de protección civil dirán que están trabajando, que se hacen simulacros, que estamos preparados. Pero nada cambiará, nadie estará dispuesto a salir de la Ciudad a buscar fortuna en provincia, ninguna industria se irá a fundar un nuevo polo de desarrollo y empleo en ninguna parte. Tendrá que llegar otro sismo algún día, igual, sin que nadie lo espere, para recordarnos que la ciudad está construida sobre una zona sísmica muy particular .

La investigación científica en ingeniería sísmica y sismología posterior a 1985 se ha caracterizado por su eficiencia y calidad. En su momento se aportaron fuertes cantidades de dinero y se distribuyó el presupuesto en investigación básica e instrumentación práctica. Es indudable que ahora se conocen más cosas sobre las características del subsuelo de la Ciudad de México; sin embargo, aún falta mucho y el interés gubernamental para apoyar estos estudios ha disminuido, lo cual debe preocuparnos a los capitalinos pues cada día vivimos el riesgo de presenciar otro gran sismo y estar en un edificio inseguro.

La narración de los científicos mexicanos y su trabajo puede interesar a los lectores jóvenes para elegir una profesión dentro de la investigación. Para el lector adulto capitalino, el recuento de la historia del crecimiento de la ciudad y las condiciones del suelo y subsuelo, pueden motivar acciones individuales o colectivas para conocer las características del lugar donde vivimos y mejorarlas.

F I N

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Valdivia, Luis M. Propiedades geofísicas de la tierra. Cuadernos de Geofísica no.10. 1a. Ed, México, UNAM-Plaza y Valdés, 1996.
 - Bustamante, Carlos y Burgueño, Fausto. coords. Economía y planificación urbana en México. México, Instituto de investigaciones Económicas, UNAM, 1989.
 - Camarillo, Ma. Teresa. (coord) Memoria Periodística del terremoto (19 septiembre - 10 octubre 1985) 1a. Ed. México, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM. 1987.
 - Carr, E.H. ¿Qué es la historia? Colección Obras Maestras del pensamiento contemporáneo. 1a. Ed. España, Origen-Planeta, 1985.
 - CENAPRED. La prevención de desastres en México. Centro Nacional de Prevención de Desastres, fascículo 1, México, Secretaría de Gobernación, 1990.
 - Cserna de, Zoltan. Estructura geológica, gravimétrica, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México. 1a. Ed. Instituto de Geología, Boletín 104, México, UNAM, 1987.
 - De la Maza, Francisco. La ciudad de México en el siglo XVII. Colección Lecturas mexicanas no. 95. México, SEP-FCE, 1985.
 - Espíndola, J. Manuel. y Jiménez. Z. Terremotos y ondas sísmicas. Cuadernos de Geofísica. No. 1. México, Instituto de Geofísica, UNAM, 1994.
- Las catástrofes geológicas Cuadernos del Instituto de Geofísica núm 3, México, Instituto de Geofísica, UNAM, 1992.
- Feldman, C. Reissner, L. et al. Reportaje. Colección Testimonios del Siglo XX. 1a. Ed. México, Universidad Autónoma de Sinaloa-Editores mexicanos unidos, 1985.
 - Fernández, Marta. Ciudad Rota. La ciudad de México después del sismo. 1ra. edición, México, Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, 1990.
 - Flores M, Francisco. Devocionario popular. Latin-castellano Guadalajara, Ediciones populares, 1991.

- Galeana de Valadés, P. Los siglos de México 1a. Ed. México, Editorial Nueva Imagen, 1991.
- García, Virginia. Suárez, Gerardo. Los sismos en la historia de México 1a. Ed. México, UNAM-CIESAS-FCE, 1996.
- Gortari, Hira de. "Política y administración. Del Distrito Federal a la creación del Departamento del Distrito Federal. Una perspectiva actual". en Macrópolis mexicana. Ensayos sobre la Ciudad de México. vol. IV, 1a. Ed. México, DDF-Universidad Iberoamericana-CNCA, 1994. p.83-102.
- Ibarrola, Javier. El Reportaje Colección Técnicas Periodísticas. no. 3, 1a. Ed. México, Ediciones Gernika, 1988.
- Jiménez, Víctor. "Desarrollo urbano y tendencias arquitectónicas" en Macrópolis Mexicana. Ensayos sobre la Ciudad de México. vol. IV, 1a. Ed. México, DDF-Universidad Iberoamericana-CNCA, 1994. p. 21- 39.
- Leñero, Vicente. Talacha Periodística 1ra. edición, México, Editorial Diana, 1983.
- Leñero, Vicente y Marín, Carlos. Manual de periodismo 2da. Ed. México, Editorial Grijalbo, 1987.
- León Portilla, M. México-Tenochtitlán. 1325-1975. Pasado, presente y futuro de una gran ciudad. México, DDF, 1975.
- Lugo Hubp, José. La superficie de la tierra. II. Procesos Catastróficos, mapas, el relieve mexicano. Colección La Ciencia desde México, no. 101. 1ra. edición, México, FCE, 1992.
- Martín Vivaldi, Gonzálo. Curso de Redacción Madrid, Paraninfo, 1969.
- Medina, Francisco. Sismicidad y Volcanismo en México Colección La Ciencia desde México no. 151. 1ra. edición, México, FCE, 1997.
- Mooser, F. Características geológicas y geotécnicas del Valle de México México, COVITUR, DDF, 1986.
- Mooser, F. Historia geológica de la cuenca de México en la Memoria. Obra del Sistema de Drenaje Profundo. México, DDF, 1975.

- Musacchio, Humberto. Ciudad Quebrada. Consecuencias del terremoto de 1985: un juicio a 10 años de distancia Serie Contrapuntos, 1a. Ed. México, Joaquín Mortiz, 1995.
- Musacchio, Humberto. Diccionario Enciclopédico de México 4 Vols., México, Andrés León Editor, 1990.
- Nava, Alejandro. Terremotos Colección La Ciencia desde México. no. 34. 2da, ed., México, FCE, 1995.
- Nava, Alejandro. La inquieta superficie terrestre Colección La Ciencia desde México. no. 113. 1a. Ed, México, F.C.E, 1993.
- Negrete, Ma. Eugenia. "Evolución de la Población y organización urbana. Enfoque ecológico-demográfico del cambio metropolitano" en Macrópoli mexicana. Ensayos sobre la ciudad de México IV, 1a. Ed. México, DDF-Universidad Iberoamericana-CNCA, 1994. p. 67-82.
- Novelo, David. Cuarto Informe 1993-1996 México, Instituto de Geofísica, UNAM, 1996.
- Ordaz, Mario. et al. Bases de datos para la estimación de riesgo sísmico en la Ciudad de México Cuadernos de Investigación no. 1. México, CENAPRED, 1994.
- Pérez, J.Manuel. Y volvió a temblar. Cronología de los sismos Cuadernos de la Casa Chata no 135, 1a. Ed. México, CIESAS, 1987.
- Romero, Álvarez, Lourdes. El relato periodístico: entre la ficción y la realidad. (análisis narratológico) Tesis de doctorado Universidad Complutense de Madrid, 1995.
- Sabouraud, Christine. Los archivos de la Tierra Colección Conocer la Ciencia. Barcelona, RBA Editores, 1994.
- SALVAT. La formación de la Tierra Biblioteca Salvat de Grandes Temas. 1a. Ed. Barcelona, Salvat, 1979.
- Sebastián, Bernal y Louis Albert Chillón. Periodismo Interpretativo de Creación España, Editorial Mitre, 1985.
- Singh, Krishna. Ordaz, Mario. Sismicidad y movimientos fuertes en México: una visión actual Cuadernos de investigación núm 18 México, , CENAPRED, 1994.

- Servicio Sismológico Nacional. Estado actual, desarrollo y perspectivas Instituto de Geofísica, México, UNAM, 1998.
- Soustelle, Jacques. La vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista 10a. reimpresión, México, Fondo de Cultura Económica, 1983.
- Suárez, Gerardo. Jiménez, Zenón. Sismos en la Ciudad de México y el terremoto del 19 de septiembre de 1985 Cuadernos del Instituto de Geofísica no. 2, México, Instituto de Geofísica, UNAM, 1987.
- Tricart, Jean. Los lagos del Eje neovolcánico de México México, Instituto de Geografía, UNAM, 1985.
- Valek, Gloria. Texcoco: el rescate de un lago urbano Tesis de maestría en Historia, Cambridge, Inglaterra, 1995.
- Verne, Julio. Viaje al centro de la Tierra 1a. Ed., Barcelona, Plaza y Janés, 1998.
- Ward, Peter. México: una megaciudad. Producción y reproducción de un medio ambiente urbano 1a. Edición, Colección los noventa. México, CNCA-Alianza, 1991.
- Wolfe, Tom. El Nuevo Periodismo Barcelona, Anagrama, 1976.

HEMEROGRAFÍA.

- Aguilar, M.A. "Sismología: Prevenir siempre es mejor que reconstruir" en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol.14, núm. 191, septiembre de 1992. p. 34-37.
- Álvarez, Elvira. "En sistemas geográficos, la consulta para el diagnóstico del peligro por sismos" en Gaceta UNAM. México, 10 de mayo de 1994. p.27.
- Barreda, Raquel. "Previsión de nuevos terremotos. Diez años después de los sismos de septiembre" en Revista Ciencia y Desarrollo. México, CONACYT, vol. XXI, núm. 124, septiembre-octubre 1995, p. 22-26.
- Bermúdez, Guillermo. "Predecir es mucho decir. Causas, efectos y suposiciones de los sismos" en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p. 15-18.
- Brice, L.F. "Del sismógrafo chino al acelerógrafo" en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 14, núm. 191, septiembre de 1992. p. 38-39.
- Correa, Raúl. "La historia de la Geofísica en A.L, la de las grandes catástrofes naturales" en Gaceta UNAM, México, 10 de julio de 1995. p. 8-9.
- Correa, Raúl. "Conocer las estructuras de los edificios del D.F. permite estimar riesgos por temblor" en Gaceta UNAM, México, 18 de septiembre de 1995. p. 7-8.
- Cserna, Zoltan de. "La evolución de la geología en México (1500-1929)" en Revista del Instituto de Geología. México, vol. 9, núm. 1, UNAM, 1990. p. 1-20.
- Durazo, Jaime. "Razones por las que a Dios no se le dio definitividad como investigador" en Geonoticias. Boletín del Instituto de Geofísica, México, año.5, núm. 37, febrero de 1998. p.8.
- Esteva, M. Luis. "Emilio Rosenblueth Deutsch" en Geounam. Boletín informativo del área de ciencias de la Tierra. México, vol.2, núm. 2, mayo de 1994. p. 23-25.
- García, Ismael. "Sismos: Una ciudad en constante movimiento" en Reforma. México, miércoles 13 de septiembre de 1995, p.3 y 4-B
- Ezcurra, Exequiel. "Crecimiento y colapso en la Cuenca de México" en Revista Ciencias. México, UNAM, núm. 25, enero 1992. p. 13-27.

- Herrera, Norma. "Lección para la ingeniería. Sismos y construcciones" en Revista de Información Científica y Tecnológica, México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p.29-31.

- Iglesias, J. "Crónica de 5 000 días. La ingeniería sísmica en la UAM" en Ciencia y Desarrollo. México, CONACYT, núm. 115, Marzo-abril, 1994. p.46-53.

- Imaz, Mireya. "Historia natural del valle de México" en Revista Ciencias. México, UNAM, núm. 15, julio 1989. p. 15- 21.

- Ladislao, Ulises. "Los cimientos de la ciudad de los palacios. Un viaje al subsuelo del D.F." en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p. 32-36.

- Legorreta, Jorge. "Agua y más agua para la ciudad" en Suplemento La Jornada Ecológica. México, núm. 58, lunes 28 de julio de 1997. p.12.

- León, Javier. "El movimiento imprevisible" en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p.18-22.

- Lomnitz, Cinna. "A diez años de la catástrofe" en Suplemento La Jornada Semanal. México, septiembre de 1995. p. 4-5.

- Lugo, Guadalupe. "México es uno de los mejores países con mejor tecnología sísmica: Francisco Sánchez" en Gaceta UNAM. México, 3 de abril de 1995. p. 3-4.

"Aún no es posible medir los grandes sismos en el preciso momento en que ocurren" en Gaceta UNAM. México, 4 de septiembre de 1995.

"Aún sin resultados concretos los intentos en el mundo en torno a la predicción de sismos" en Gaceta UNAM. México, 18 de septiembre de 1995. p.9.

"Cinna Lomnitz, un científico propositivo, vanguardista y con gran imaginación" en Gaceta UNAM. México, 16 de noviembre de 1995. p.12.

- Matos M, Eduardo. "Arquitectura Mexica" en Revista de Arqueología Mexicana. México, CNCA-INAH, vol. III, núm. 15, septiembre-octubre de 1995. p.48.

"Excavaciones arqueológicas en la catedral de México" en Revista de Arqueología Mexicana. México, CNCA-INAH, vol. 6, núm. 31, mayo-junio de 1998. p.12-19.

- Meli, Roberto. "Instrumentación sísmica de edificios para el estudio de efectos de sitio y de respuesta estructural" en Geounam Boletín del área de ciencias de la Tierra. México, vol.2, núm. 2, mayo de 1994. p.19-22.
- Novelo, D. Suárez. G. "El servicio sismológico Nacional: pasado, presente y futuro" en Suplemento En la ciencia. México, Centro Universitario de Comunicación de la ciencia. vol.III, núm.26, diciembre de 1993. p.1-2.
- Mooser, F. "Nueva fecha para la tefracronología de la Cuenca de México en A propósito del Cuaternario" en Homenaje a Francisco González Rul. México, Dirección de Salvamento Arqueológico INAH, 1995. p. 19-23.
- Mooser, F. "Laguna Verde antes de la carga" en Excelsior, 9 de dic. de 1987, p.47-A.
- Pacheco, Javier. "Sismicidad de los meses de enero y febrero de 1998" en Geonoticias. México, Boletín del Instituto de Geofísica, año.5, núm. 38, marzo de 1998. p.7
- Río Reynaga, Julio del. "El reportaje: el género periodístico del siglo XX", en Revista de la Escuela Nacional de Ciencias Políticas. Año X, núm. 38. Octubre-diciembre de 1964. pp.641-654.
- Romero Álvarez, Lourdes. "El relato periodístico como acto de habla" en Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. México, UNAM, año XLI, núm. 165, julio-septiembre de 1996. p.9-27.
- "Anacronías: el orden temporal en el relato periodístico" en Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. México, UNAM, año XLI, núm. 169, julio-septiembre, 1997. p. 63-92.
- "El futuro del periodismo en el mundo globalizado. Tendencias actuales" en Revista Mexicana de Ciencias Políticas y sociales. México, UNAM, año. XLIII, núm, 171, enero-marzo, 1998. p. 157-171.
- Romero, Laura. "La simulación de sismogramas, un nuevo método para la prevención de desastres" en Gaceta UNAM. México, 5 de junio de 1995. p.14.
- Romero, Laura. "La investigación en ingeniería civil debe normar la construcción de obras más seguras y económicas" en Gaceta UNAM, México, 20 de febrero de 1997. p. 10-11.

- Rosenblueth, E. Singh, K. Ordaz, M. Sánchez Sesma, F. "Espectros de diseño para el D.F." en Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. México. 19-21 de noviembre de 1987. p.17.

- Sánchez Sesma, F. et al. "Efectos de sitio en la Ciudad de México a 10 años de los sismos de 1985", versión impresa de un artículo en prensa del autor.

"La respuesta sísmica del Valle de México: observaciones y modelos" en Geounam. Boletín informativo del área de ciencias de la Tierra. México, vol. 1, núm. 2 noviembre de 1992. p. 2-27.

"Modelo de la respuesta sísmica del Valle de México: resultados preliminares" en Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. México, 16-19 de noviembre de 1989. p.10.

- Sánchez Sesma, F. Singh, Krishna. "Grandes temblores y sus efectos en el Valle de México: observaciones y teoría" en Memorias del Simposio Los Sismos de 1985: casos de mecánica de suelos. México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 5 y 6 de septiembre de 1986. pp.12.

- Simpson, Máximo. "Reportaje, objetividad y crítica social. El presente como historia" en Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales, núms. 86-87. México, Año XXIII, Octubre-diciembre 1976 a enero-marzo de 1977. p. 143-151.

- Singh, K. Ordaz, M. "La sismología y la ingeniería sísmica en México" en Suplemento Investigación y Desarrollo de La Jornada. México, año. 2, núm. 16, septiembre de 1994. p. 7-8.

- Tejeda Martínez, A. "¿Cómo medir un sismo? Magnitud, intensidad y aceleración" en Revista de Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p. 25-28.

- Tonda, Juan. "Las características del temblor. Una ruptura de 200 km, de longitud" en Revista Información Científica y Tecnológica. México, CONACYT, vol. 7, núm. 110, noviembre de 1985. p.7-14.

-Varios autores. "A diez años del sismo de 1985" en Revista Ingeniería Civil. México, Colegio de Ingenieros Civiles de México, núm. 317. septiembre de 1995. .

OTRAS FUENTES

RADIO UNAM

Programa: Espacio Universitario.
 Título: "Ingeniería Sísmica".
 Conductor: Dr. Jaime Litvak.
 Invitado: Dr. Mario Ordaz Schroeder.
 Fecha: 13 de julio de 1995.
 Radio UNAM.

TV UNAM

Serie: Premios UNAM.
 Programa: Dr. Emilio Rosenblueth Deutsch.
 Realizador y productor: Fernando Chacón.
 Guionista: Germán Dehesa.
 Duración: 28:30 min.
 TV UNAM, 1987.

Serie Reto 2000.
 Programa: "S 8.5"
 Realizador: Ivan Argüello
 Guionista: Concepción Olivares.
 Productor: Maya Iris González.
 Duración 28 min.
 TV UNAM, 1996.

ENTREVISTAS.

Dr. Cinna Lomnitz. 5 de febrero de 1996; 24 de abril, 25 de junio y 3 de julio de 1998.

Dr. Shri Krishna Singh. 2 de febrero de 1996; 26 de marzo y 30 de junio de 1998.

Dr. Francisco Sánchez Sesma. 1 de febrero de 1996; 30 de abril de 1998.

Dr. Mario Ordaz Schroeder. 30 de enero de 1996; 7 de julio de 1998.

Ing. Federico Mooser. 9 de febrero de 1996; 30 de julio de 1998.

Dr. Javier Pacheco. 25 de abril de 1998.