



Cráter "El Chichón"; foto de S. de la Cruz

ing (1993). De ellos se transcriben a continuación algunos fragmentos en forma resumida.

El 13 de noviembre de 1985, de las 21:08 a las 22:00, flujos piroclásticos de alta temperatura, producidos por una erupción moderada del volcán Nevado del Ruiz en Colombia, derrieron abruptamente grandes cantidades de hielo y nieve. Flujos masivos de lodo descendieron por las cañadas del volcán. Este escenario había sido considerado y su posible ocurrencia había sido prevista desde octubre. Los lahares fueron detectados durante su bajada y varias estaciones de radio informaron esto entre las 21:30 y las 22:30. A las 22:30, la población de Chinchiná fue alcanzada por los lahares, matando 1100 personas. Entre las 21:45 y las 22:00, algunas autoridades gubernamentales intentaron ordenar la evacuación de Armero, en medio de un intenso aguacero mezclado con ceniza. A las 23:30, el enorme lahar, que alcanzó por momentos aforos de 48 000 m³/seg y duró casi dos horas, impactó Armero causando más de 25 000 víctimas.

"La catástrofe del volcán Nevado del Ruiz no fue producto de ineffectividad tecnológica, ni de una terrible erupción sin precedentes. Tampoco fue causada por una jugada de la mala suerte. La

tragedia de Armero fue causada llana y simplemente por acumulación de errores humanos... En última instancia, el gobierno local actuó en forma responsable, pero no estuvo dispuesto a enfrentar los costos políticos y económicos de una evacuación temprana o de una falsa alarma, y las acciones fueron retrasadas lo más posible... Armero pudo haber sido un evento sin víctimas; allí radica su inmensa tragedia."

Estos hechos nos conducen a hacer algunas reflexiones. El Hombre parece ser una excepción entre las especies, ya que no existen otras especies macroscópicas depredadoras que lo fustiguen. El único depredador natural del Hombre parecen ser las catástrofes geológicas y meteorológicas. Al igual que lo ha hecho para combatir las especies depredadoras microscópicas, la mitigación de los desastres destaca como la respuesta de la inteligencia humana a través de la ciencia moderna para encarar ese problema. No obstante, el riesgo ante los fenómenos naturales ha aumentado en la misma proporción que el explosivo crecimiento de la población, a través del incremento en la vulnerabilidad de más y mayores centros poblacionales. En el umbral del siglo XXI, son inconcebibles el florecimiento y el progreso de una sociedad sin una serie de mecanismos científicamente diseñados de defensa activa que la protejan de los desastres naturales.

El desarrollo científico actual no permite por lo general evitar la ocurrencia del fenómeno destructivo. Aún no se puede controlar ni evitar la ocurrencia de terremotos, erupciones volcánicas o huracanes. Sin embargo, es mucho lo que se puede hacer para evitar, o al menos reducir sus efectos destructivos.

El marco teórico que engloba el concepto científico de mitigación de los posibles efectos de un desastre se puede representar por la idea de preparación. Este concepto contiene una variedad de categorías que, si se plantean adecuadamente, permitirán una minimización efectiva de los daños potenciales que podría causar un fenómeno natural. Entre estas categorías pueden incluirse tres aspectos principales:

a) **La medida del fenómeno.** Es difícil hablar de un enfoque científico a un problema si no es posible medirlo. La cuantificación de la capacidad destructiva de un cierto fenómeno natural es por lo tanto un primer paso para plantear y encarar adecuadamente al problema.

Generalmente la capacidad destructiva de un fenómeno está relacionada con dos aspectos: la energía que libera, y la rapidez con la que la libera. En términos generales, puede llamarse *magnitud* a la medida de la energía liberada, e *intensidad*, a la rapidez o razón de liberación de energía. Esta nomenclatura debe manejarse con precaución, dado que en ocasiones esas denominaciones se aplican a conceptos distintos, como es, por ejemplo, el caso de la intensidad sísmica, en la cual la escala de Mercalli ofrece una medida de la energía que incide en una región, no de la razón de liberación de energía sísmica en la fuente. Por lo general, es conveniente expresar las magnitudes por medio de escalas logarítmicas. Esto implica que cada número sucesivo de la escala representa un orden de magnitud más alto que el anterior. Así por ejemplo las escalas de magnitud sísmica, como la de Richter, indican la potencia a la que hay que elevar un número base para obtener la energía liberada por un sismo en unidades adecuadas.

Un fenómeno que libere grandes cantidades de energía puede no ser muy destructivo si la libera con lentitud. Por ejemplo, las erupciones del Parícutín, entre 1943 y 1952, y la de El Chichón en 1982, liberaron cantidades aproximadamente comparables de energía. Sólo que el Parícutín lo hizo en 9 años y El Chichón en pocas horas. Esta diferencia de intensidades se refleja en los daños causados: Víctimas del Parícutín: 0; víctimas de El Chichón: cerca de 2 000. En forma análoga, una gran cantidad de agua que llueve sobre una extensión grande, sin alcanzar precipitaciones muy altas, permite a los sistemas hidrológicos drenar el agua sin o con poca acumulación. Una lluvia de gran intensidad que exceda la capacidad de drenaje provocará inundaciones.

b) **El pronóstico del fenómeno, a través de la evaluación de su probabilidad de ocurrencia.** Este concepto está estrechamente ligado al anterior, pues la experiencia muestra que las magnitudes e intensidades de los fenómenos destructivos naturales están por lo general inversamente relacionadas con las probabilidades de ocurrencia. Esto es, los fenómenos más destructivos, de gran magnitud e intensidad, ocurren por lo general con menor frecuencia que fenómenos menores del mismo tipo. Así los temblores pequeños, las erupciones menores y las tormentas moderadas son mucho más comunes que los grandes terremotos, y las erupciones y los huracanes devastadores.

Si podemos conocer con precisión la relación matemática que obedecen las probabilidades de ocurrencia como función del tamaño del fenómeno, se contará con un criterio racional para la evaluación probabilística del riesgo

a largo plazo. La investigación estadística de la ocurrencia de fenómenos destructivos como función de su tamaño debe representar entonces una prioridad en los aspectos de planeación a largo plazo.

c) **La predicción del fenómeno.** El concepto anterior de pronóstico permite un análisis comparativo del riesgo entre dos regiones, o de una misma región en diferentes tiempos. No permite una predicción del momento ni del lugar en que ocurrirá el evento destructivo. Una predicción determinista de la ocurrencia de un desastre es factible en principio si es posible reconocer los precursores de éste.

La investigación encaminada al reconocimiento de precursores representa entonces otra de las prioridades centrales para la planeación. Este concepto también está relacionado al primer concepto, ya que por lo general los eventos de mayor magnitud tendrán precursores más claros. El

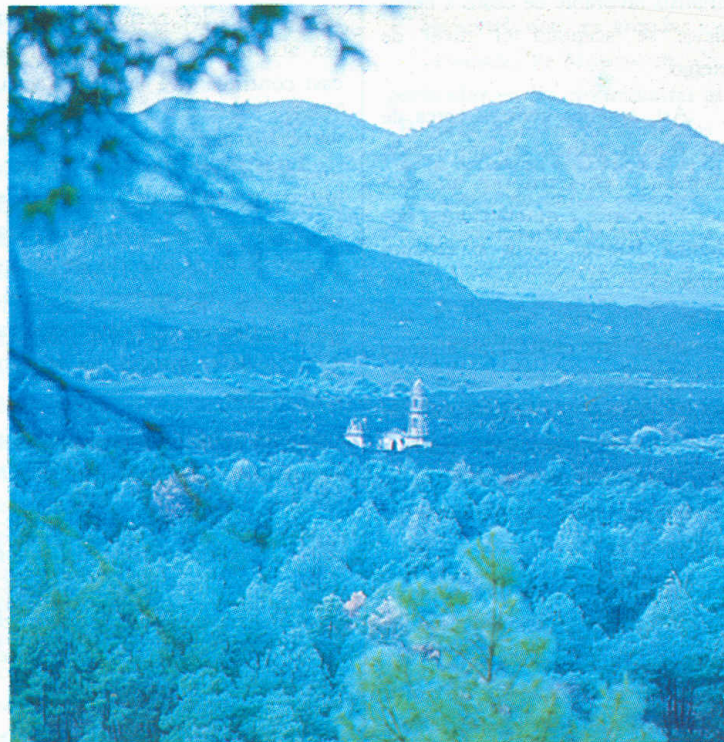
reconocimiento de precursores no implica tan sólo un desarrollo puramente científico, sino que requiere de un desarrollo tecnológico importante. Los precursores son por lo general señales sutiles y débiles, de naturaleza diversa, que requiere de alta tecnología para detectar y de considerable desarrollo científico reconocer e interpretar.

Por lo general, los precursores que permiten predicciones deterministas son señales que se presentan sobre una escala de tiempo mucho más corta que la utilizada en el aspecto de pronóstico estadístico. La razón es simple: El pronóstico estadístico se basa en la hipótesis fundamental de que el desarrollo futuro de eventos destructivos seguirá los mismos patrones como han ocurrido en el pasado. Aun cuando estos patrones puedan ser extremadamente complejos, es posible desarrollar metodologías que permitan comprenderlos y calcular la probabilidad de que vuelvan a presentarse en

determinado lugar y dentro de un cierto intervalo de tiempo. En contraste, la predicción requiere que los precursores estén causalmente relacionados con el evento destructivo. Los precursores no son otra cosa que las primeras manifestaciones de un fenómeno físico que crecerá hasta alcanzar en algún momento proporciones catastróficas.

Existen así mismo otros mecanismos de evaluación del riesgo respecto al espacio; esto es, respecto a la distancia y la posición relativas a los volcanes. Éstos son los mapas de peligro volcánico, los que, basándose en la información geológica disponible, que es un indicador de lo que el volcán en cuestión ha sido capaz en el pasado, y en los datos topográficos que controlan el avance de algunos productos volcánicos, delimitan esquemáticamente las áreas potencialmente vulnerables a los efectos de una erupción volcánica. Este tipo de mapas presupone que una potencial actividad futura tendrá esencialmente las mismas características que erupciones anteriores. Existen mapas de riesgo publicados por la UNAM para varios volcanes de México: el de Colima y el Popocatepetl entre ellos.

A este respecto, dentro de sus programas de investigación, el CENAPRED ha desarrollado mapas computarizados de escenarios de riesgo para los volcanes activos de nuestro país. Actualmente se dispone en forma operativa de mapas computarizados de escenarios de riesgo de los volcanes de Colima, Popocatepetl, Tacaná, Pico de Orizaba, San Martín Tuxtla, Ceboruco y Tres Vírgenes. Estos mapas computarizados son programas interactivos para PC que permiten visualizar las trayectorias más probables de ciertos productos volcánicos controlados por la gravedad y la topografía. Con estos



Torre de la iglesia de San Juan Parangaricutiro entre lava del Parícutín; foto S. de la Cruz