

inundaciones. Tanto la extensión de la primitiva destrucción como la naturaleza de la propiedad de la tierra son importantes para explicar esa transformación del polder de Nabeta.

En respuesta a un peligro de ciclones bien conocido, en la costa de Bangladesh no se han producido esos cambios del aprovechamiento de la tierra. En dos comunidades, Char Jabbar y Galachipa, por ejemplo, las tendencias a permanecer después de graves ciclones y a restablecer el modo de vida tradicional con ayuda del socorro nacional o internacional parecen sumamente fuertes.

Char\*/Jabbar es una isla ganada al mar en la desembocadura del delta del Ganges-Brahmaputra-Meghna, expuesta a los daños causados por ciclones, al macareo del fondo de la bahía de Bengala y a condiciones del suelo salinas. La comunidad depende del cultivo de subsistencia del arroz aman, cuya plantación y recolección atraen trabajadores inmigrantes que aumentan la población total durante la estación de los ciclones. La isla se ve periódicamente inundada, y las catastróficas tormentas de octubre de 1960 y noviembre de 1970 cubrieron casi totalmente de agua la zona y, con más frecuencia, tormentas menores la afectan casi todos los años. La población local tiene conciencia aguda del peligro de inundaciones, hacia el que muestra una actitud fatalista. En su mayoría no tiene la intención de abandonar la zona, al haber nacido en ella y no conocer otra forma de ganarse la vida en un lugar menos peligroso.

En Char Jabbar no hay controles oficiales del aprovechamiento de la tierra, ni programas de educación agrícola para difundir las ideas del cambio de aprovechamientos. Los agricultores propietarios o arrendatarios, obligados por los bajos ingresos y la falta de materiales de construcción, sólo han podido realizar pequeñas adaptaciones en sus viviendas a fin de reducir los daños causados por las inundaciones. La elevación del lugar del asentamiento aproximadamente un metro sobre el nivel normal de la marea es muy frecuente y resulta útil. Plataformas internas de bambú ofrecen alguna protección contra las inundaciones de poca importancia, y postes de bambú apoyados contra las paredes exteriores pueden impedir que las viviendas sean derribadas por el viento o las aguas. Árboles plantados en torno a la vivienda central ofrecen alguna protección contra los ciclones, disminuyendo la fuerza tanto del viento como de las aguas. Sin embargo, la construcción de varios pisos y el empleo de ladrillos o de hormigón, adaptaciones típicas en la región de Nagoya, resultan demasiado costosas para su adopción general en esta zona.

También en Galachipa las posibilidades de trasladarse a otro lugar o de cambiar los aprovechamientos de la tierra a fin de reducir el peligro de inundaciones se consideran por los habitantes locales como muy limitadas. Incluso los que creen que podrían ganarse bien la vida en un lugar más seguro estiman que tienen razones para quedarse. Entre esas razones no es la menor la disponibilidad de frecuente socorro financiero después de las inundaciones graves. La concesión de socorro, sin una obligación recíproca por parte del beneficiario de intentar reducir los daños causados por inundaciones, puede por sí sola aumentar el daño potencial.

No obstante, algunos cambios del aprovechamiento de la tierra, en la actualidad no considerados, pueden resultar viables. Entre ellos se encuentran el agrupamiento de asentamientos en torno a un centro comunitario de varios pisos, capaz de ofrecer protección durante los ciclones, y la construcción de más viviendas de ladrillo o de hormigón, quizá con la ayuda de subvenciones gubernamentales. El

---

\*/ "Char" significa tierra recuperada.

socorro en casos de desastre puede prestarse de forma que fomenta los cambios beneficiosos del aprovechamiento de la tierra.

Esas respuestas locales a graves inundaciones costeras muestran que los controles del aprovechamiento de la tierra no constituyen una panacea simple y universal. Aunque hay muy pocos casos en que los controles del aprovechamiento de la tierra resulten inútiles en una zona expuesta a inundaciones, las clases de reglamentación o los cambios de aprovechamiento apropiados pueden variar enormemente. Los controles deben ser adecuados a las condiciones locales, a la intensidad del peligro físico, a la economía local existente y a la probable condición socioeconómica futura de la zona. Las complejas ordenanzas de la construcción de Nagoya serían inútiles para las viviendas de estera y bálago del delta de Bangladesh, pero no es imposible construir en éste edificios comunitarios resistentes a las inundaciones, si se orienta convenientemente la ayuda gubernamental.

Al establecer controles del aprovechamiento de la tierra eficaces, no se pueden desconocer las actitudes de la población hacia el aprovechamiento y la propiedad de la tierra. Cuando parezcan existir graves limitaciones para la aplicación de controles del aprovechamiento de la tierra, la mejor forma de lograr progresos será probablemente dedicar atención preferente a los edificios y aprovechamientos públicos de la tierra y hacer depender las subvenciones de socorro en casos de desastre, los seguros subvencionados, etc. de requisitos moderados de esfuerzo individual.

#### vi) Métodos de aplicación

Cuando una zona expuesta a inundaciones está en gran parte sin desarrollar y tiene escasa densidad de población, los controles del aprovechamiento de la tierra apropiados serán los que aseguren que no se va a producir una afluencia repentina e imprevista de personas y actividades económicas. La población asentada, poco numerosa y con antiguas tradiciones familiares de residencia en la zona, habrá adoptado ya probablemente modalidades de aprovechamiento de la tierra tan compatibles con los riesgos conocidos como sea posible sin grandes gastos. Lo que más se necesita es impedir un desarrollo acelerado que no tenga en cuenta el peligro. Si, como es corriente, los colonos proceden de fuera de la zona, su falta de conocimiento de las condiciones locales puede inducirles a graves errores en la elección de los emplazamientos.

En estos casos, el organismo de planificación del aprovechamiento de la tierra o la junta de control del desarrollo deben investigar por qué la economía existente ha dejado algunos lugares sin aprovechar o ha adoptado determinados tipos de edificios, porque la idea de "adaptación al peligro" no estará probablemente bien definida en la comunidad local, si es que llega a admitirse siquiera. No se informará voluntariamente a los recién llegados de los peligros, y el organismo de planificación tendrá que obtener esa información de las tradiciones locales.

Cuando una zona expuesta a peligros está siendo objeto de nuevo desarrollo, como consecuencia de un desastre anterior o como parte de un programa de mejoramiento económico, los problemas son bastante diferentes. El peligro puede definirse de forma más clara, de modo más perfecto, pero los intereses existentes de aprovechamiento de la tierra pueden oponerse a un nuevo desarrollo general que adapte más los nuevos aprovechamientos a los riesgos conocidos. Sin embargo, esa oposición no es inevitable, como se ha visto en relación con la satisfactoria reconstrucción del polder de Nabeta. Incluso sin una amplia propiedad pública de la tierra pueden hacerse cambios importantes en el aprovechamiento si unos controles rigurosos son respaldados por explicaciones sobre la naturaleza del peligro y la necesidad de imponer reglamentaciones especiales. Los propietarios

privados, no sin cierta razón, suelen temer que se les privará del uso provechoso de sus tierras. Esos miedos y esa oposición pueden apaciguarse si se utiliza un enfoque selectivo y zonal de la reglamentación, permitiendo un desarrollo intensivo a prueba de inundaciones donde sea necesario y no ponga en peligro la seguridad pública.

Desde luego, no todos los problemas causados por las inundaciones pueden resolverse simplemente mediante la aplicación de controles del aprovechamiento de la tierra. Los mayores obstáculos se producen cuando hay pocas posibilidades viables distintas de los aprovechamientos actuales vulnerables a las inundaciones, como ocurre en la costa de Bangladesh. Aunque la enorme magnitud del peligro físico aconsejaría, al parecer, una política de abandono escalonado, la presión de la población en esa región y en las regiones adyacentes lo hace imposible. En lugar de ello, los programas de prevención y mitigación de desastres tendrán que luchar con el aumento de la población y la continuación de los aprovechamientos tradicionales de la tierra. Sin embargo, incluso en estos casos puede resultar útil un enfoque selectivo de los cambios del aprovechamiento de la tierra, como por ejemplo sugiriendo la construcción de alojamientos de protección comunitarios.

En muchos casos se han ejecutado programas eficaces de control del aprovechamiento de la tierra únicamente mediante la reglamentación jurídica de los derechos de aprovechamiento. No obstante, a menudo pueden lograrse útiles estímulos adicionales mediante programas gubernamentales conexos de socorro en casos de desastre, seguros, defensa contra las inundaciones subvencionada y adquisición pública de tierras. Esos estímulos son especialmente necesarios cuando los nuevos aprovechamientos de la tierra supondrían de otro modo una pesada carga para los propietarios, sin relación con el valor "natural" de sus propiedades en la economía local.

Así pues, el control del aprovechamiento de la tierra no debe considerarse aisladamente, sino como una entre varias adaptaciones complementarias al peligro de inundaciones. Cuando se han realizado obras de protección contra las inundaciones, el control del aprovechamiento de la tierra puede lograr una readaptación acertada y rápida a la disminución del riesgo. Cuando existen sistemas de alerta de inundaciones, el control del aprovechamiento de la tierra puede asegurar que la población alertada tenga un lugar seguro donde refugiarse. Cuando el cambio del aprovechamiento de la tierra es el medio elegido para reducir el peligro, ese cambio puede facilitarse, como sea necesario, mediante una redistribución parcial de los gastos. Incluso cuando las subvenciones en gran escala de socorro en casos de desastre parecen la única posibilidad existente para la comunidad afectada, esas subvenciones pueden ir acompañadas de una insistencia en que se realicen pequeños cambios limitados del aprovechamiento de la tierra. Cuando el control del aprovechamiento de la tierra se considera juntamente con otras adaptaciones al riesgo de inundaciones, su especial utilidad se hace más evidente.

#### Planificación del aprovechamiento de la tierra en las zonas propensas a terremotos 15/

##### i) Observaciones generales

En esta parte del capítulo V se examina el papel de la planificación del aprovechamiento de la tierra en las zonas expuestas a desastres

---

15/ Véase también Prevención y mitigación de desastres. vol. 3, Aspectos sismológicos, Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre (UNDRO), Ginebra, 1977.

causados por terremotos. Esta es una esfera mucho menos clara o definida que la planificación del aprovechamiento de la tierra en las zonas propensas a inundaciones. Aunque se hacen progresos constantes en materia de sismología, la predicción de los terremotos es todavía una ciencia incompleta. En el estado actual de los conocimientos, predecir con cierto grado de exactitud cuándo se producirá un terremoto es casi imposible o, al menos, muy inseguro. Los estragos causados por los terremotos en 1975 y 1976 en todas las zonas sísmicas del globo subrayan trágicamente este hecho. Aunque métodos parcialmente intuitivos, parcialmente empíricos y parcialmente científicos han servido para predecir algunos temblores de tierra de poca importancia, se han seguido produciendo terremotos importantes y realmente devastadores sin ningún conocimiento previo digno de mención. En cambio, predecir dónde es probable que se produzcan terremotos es una ciencia mucho menos insegura y en la que se están realizando progresos importantes.

Los sismólogos han ideado y están perfeccionando técnicas para evaluar la distribución espacial de los riesgos de terremotos. Esas técnicas se llaman zonificación y microzonificación sísmicas. Por regla general, las técnicas de zonificación y microzonificación sísmicas se han formulado teniendo en cuenta principalmente los problemas de la ingeniería parasísmica y, con pocas excepciones, su aplicación a la planificación general del aprovechamiento de la tierra no está todavía extendida. Sin embargo, los beneficios de utilizar los datos sobre la distribución espacial de los riesgos de terremotos con fines de planificación del aprovechamiento de la tierra son evidentes: las ordenanzas de zonificación sísmica no sólo disminuyen el riesgo real de desastres desviando el desarrollo de las zonas más vulnerables, sino que sirven también para reducir los costos adicionales de tener que cumplir normas de seguridad estructural en esas zonas.

Queda mucho por hacer para lograr que los científicos y planificadores colaboren a fin de tratar los riesgos de terremotos de forma general y práctica, con carácter interdisciplinario.

## ii) Zonificación y microzonificación sísmicas

Los terremotos producen comúnmente una serie compleja de acontecimientos que incluyen la dislocación de la superficie, los temblores de tierra y los deterioros geológicos (como hundimientos del suelo, licuefacción del suelo, corrimientos de tierras y corrientes de fango). Pueden provocar también aludes e inundaciones. Las estimaciones del riesgo de terremotos se representan en forma de mapas de zonificación o microzonificación sísmicas que determinan la ubicación y las intensidades probables de los riesgos de terremotos en una región o una localidad determinadas. Esos mapas se han basado tradicionalmente en análisis estadísticos de la intensidad y la frecuencia de terremotos registrados anteriores y, más recientemente, en el estudio de las características geológicas de la zona de que se trate, de las que pueden extrapolarse las probabilidades de riesgo.

Mientras que la zonificación sísmica tiene en cuenta la distribución de los riesgos de terremotos en todo un país o toda una región, la microzonificación sísmica describe la distribución detallada de los riesgos dentro de la zona de zonificación sísmica en el plano local e incluso a nivel de emplazamiento. Los problemas y dificultades técnicos que plantea la microzonificación sísmica no deben subestimarse, ya que es

precise considerar no sólo la naturaleza del suelo y su comportamiento probable, sino también las fuentes probables y las modalidades de propagación de las ondas sísmicas. Otro problema es seleccionar las superficies que deben incluirse en los mapas. El planificador del medio físico, el ingeniero y el planificador económico, por ejemplo, pueden necesitar análisis de riesgos sísmicos que expresen valores diferentes según diferentes criterios de planificación. Como la mayor parte de la información disponible sobre la distribución de daños causados por terremotos anteriores indica que las zonas de daños intensos están muy localizadas y que la intensidad de los daños puede variar espectacularmente en distancias muy cortas, la microzonificación sísmica se ha convertido en un instrumento cada vez más importante para la evaluación y la mitigación de los riesgos de terremotos. Así pues, sólo sobre la base de mapas detallados y fiables de microzonificación sísmica pueden formularse criterios útiles de planificación y control del aprovechamiento de la tierra.

La respuesta del suelo durante un terremoto puede diferir según los emplazamientos, como consecuencia de las condiciones del subsuelo y de la superficie. En algunos casos, puede producirse una inestabilidad permanente del suelo como consecuencia de un terremoto; en otros, suelos sin cohesión pueden compactarse por las vibraciones y dar origen a un asentamiento considerable. Cuando los suelos granulares inconsistentes están próximos a la saturación, la compactación puede producir su licuefacción. Una combinación de esfuerzos dinámicos debidos a ondas de choque en el suelo, y la acción del agua (especialmente sobre la arcilla o la arena) pueden provocar corrimientos de tierras. Se sabe además que las líneas de dislocación son centros de actividad sísmica potencialmente intensa. Por otra parte, la construcción de presas que acumulen nuevas masas importantes de agua puede influir en la sismicidad de una región o microrregión, introduciendo un elemento llamado "sismicidad inducida", que se examinará infra.

La mayoría de esos efectos probables pueden evaluarse empíricamente. Es importante decir aquí que, al emprender la microzonificación sísmica, los temblores y la inestabilidad del suelo probables deben considerarse como problemas distintos aunque conexos. El factor de inestabilidad del suelo es uno de los más importantes para determinar las modalidades de aprovechamiento de la tierra en las zonas propensas a terremotos, ya que constituye un criterio determinante para la ubicación de las actividades de construcción.

Vale la pena mencionar por lo menos tres métodos de evaluar los riesgos de terremotos utilizando métodos modernos de investigación microsísmica: la utilización de pequeños terremotos y microtemblores - como los causados por las explosiones subterráneas - como base para evaluar el comportamiento del emplazamiento; métodos analíticos de calcular el movimiento de la superficie para un terremoto de magnitud y origen determinados, sobre la base del estudio de la trayectoria de las ondas sísmicas; y, por último, la extrapolación de los datos existentes sobre movimientos fuertes, para predecir los movimientos probables del suelo en una zona determinada. Puede decirse del primero y del segundo método que, aunque no completamente fiables y necesitados de más investigaciones científicas, son importantes para desarrollar la metodología de la microzonificación sísmica.

El tercer método es actualmente el más desarrollado y ampliamente utilizado. Sin embargo, en relación con este método, los datos sísmicos de la mayoría de los países en desarrollo pueden ser insuficientes para extrapolar las probabilidades sísmicas y, en el mejor de los casos, los datos disponibles pueden no abarcar períodos significativos desde el punto de vista geológico. En parte por esta razón y en parte por consideraciones puramente técnicas, la geología local y las condiciones del suelo están llamadas a desempeñar un papel cada vez más importante en la microzonificación sísmica. Además, las condiciones del suelo y la geología locales son especialmente importantes para estimar los corrimientos de tierras y otros riesgos que pueden ser consecuencia de los terremotos.

Uno de los resultados obtenidos de la evaluación del riesgo de terremotos es que nuestra falta actual de un conocimiento científico completo de la sismicidad ha llevado en general a formular ordenanzas de la construcción probablemente demasiado conservadoras y, por lo tanto, más costosas de lo estrictamente necesario. Las medidas de aprovechamiento de la tierra basadas en la microzonificación sísmica deben servir para resolver algunos de los problemas de los costos de construcción en las zonas de terremotos, fomentando modalidades de ubicación más seguras para los nuevos aprovechamientos.

iii) Consecuencias del riesgo sísmico para la planificación y el control del aprovechamiento de la tierra

Como se ha visto, el progreso de la planificación del aprovechamiento de la tierra en las zonas propensas a terremotos dependerá, entre otros factores, de la evolución de las técnicas de microzonificación sísmica y del desarrollo de técnicas normales apropiadas para los recursos científicos y técnicos de los países en desarrollo. Los riesgos de terremotos son producidos por cierto número de fenómenos sísmicos, cada uno de los cuales tiene sus propias repercusiones en la planificación del aprovechamiento de la tierra. Esos fenómenos son la dislocación de la superficie, los temblores de tierra, los deterioros del suelo y la sismicidad inducida.

Las fallas que muestran signos de actividad actual o reciente son de interés primordial para la planificación del aprovechamiento de la tierra. La definición de falla activa puede variar según los países, en función de los datos sobre actividad sísmica anterior y de la configuración geológica de las regiones de que se trate. La clase de aprovechamiento de la tierra prevista sirve también para determinar lo que constituye una falla "activa". Según el Geological Survey de los Estados Unidos 16/, la Comisión de Energía Atómica (EE.UU.) considera que, para construir instalaciones termonucleares, una falla es activa si se ha movido una vez al menos en los últimos 35.000 años, o más de una vez en 500.000 años. Con fines de planificación urbana, el Ministerio de Obras Públicas de Nueva Zelanda estima que una falla es activa si se ha movido en los últimos 20.000 años. En cualquier caso, las fallas deben considerarse activas si se han registrado en ellas movimientos en los tiempos históricos. Cuando los datos sean confusos o inciertos, será necesario realizar estudios geológicos

---

16/ Geological Survey Circular N.º 690, Departamento del Interior de los Estados Unidos, 1974.

El saber si una falla es activa es sólo una parte de la tarea. Es preciso determinar también la ubicación de las probables dislocaciones que puedan producirse en el caso de terremotos futuros. Aunque por lo general se supone que las fracturas futuras continuarán a lo largo de las líneas de dislocación cuyo movimiento se observó por última vez, algunas zonas propensas a terremotos presentan un número considerable de fallas potencialmente peligrosas que han permanecido inactivas por períodos considerables (desde el punto de vista geológico). Estas no se consideran generalmente como activas para tipos normales de aprovechamiento, pero tendrán que tenerse en cuenta en las instalaciones termonucleares y los embalses.

Como orientación general, cuando se han producido movimientos de tierra importantes a lo largo de líneas de falla, los aprovechamientos de la tierra deberán limitarse a espacios abiertos y usos de baja densidad, como parques y agricultura. De otro modo, las reglamentaciones de zonificación tendrán que establecer distancias para la construcción a partir de las líneas de dislocación y deberán especificarse los tipos de edificaciones permitidas mediante ordenanzas de la construcción apropiadas. Cuanto más problemática sea la construcción propuesta, tanto mayor deberá ser la distancia probable. Es imperativo no ubicar construcciones sobre las líneas de dislocación. Los aprovechamientos de alto grado de ocupación (escuelas, hospitales, centros comerciales, fábricas y centros de reunión comunitarios) y los aprovechamientos residenciales tendrán que mantenerse alejados de las fallas activas, con carácter prioritario, hasta el punto de promulgar disposiciones que permitan eliminar las construcciones levantadas sobre fallas activas en contravención con las ordenanzas de aprovechamiento de la tierra (véase la figura 6). En los capítulos anteriores se han examinado detenidamente medidas detalladas de aprovechamiento de la tierra orientadas a mantener las tierras expuestas a peligros libres de aprovechamientos urbanos, industriales o comerciales.

Los daños causados por los temblores de tierra son probablemente los más frecuentes de todos los causados por terremotos. También son los más difíciles de predecir y de cuantificar. La experiencia ha mostrado que la intensidad de los temblores de tierra puede ser mucho mayor en los suelos poco compactos que en los emplazamientos que reposan sobre roca de fondo sólida. Además de depender de los efectos amplificadores de las condiciones locales del suelo, los temblores en un emplazamiento determinado dependerán de la distancia a la fuente del terremoto y de la proximidad a la línea de dislocación. A falta de información fiable para estimar el riesgo de temblores de tierra, un método para evaluar los daños potenciales en una localidad determinada consiste en relacionar el período fundamental de resonancia de los edificios proyectados con el del suelo en que se levantarán. Las resonancias dañosas se producen cuando la resonancia fundamental del edificio coincide con la del suelo en los cimientos. Los edificios más altos tienen períodos más largos. Así, los edificios altos situados en terrenos inconsistentes resultan sumamente vulnerables y, a la inversa, las construcciones de uno o dos pisos con un corto período de resonancia pueden resultar igualmente vulnerables sobre suelo más firme o roca de fondo, mientras que construcciones de muchos pisos y reforzadas sufrirían probablemente escasos daños.

Por otra parte, hay dos métodos cualitativos que pueden utilizarse para prever dónde es probable que sean más graves los temblores de tierra:

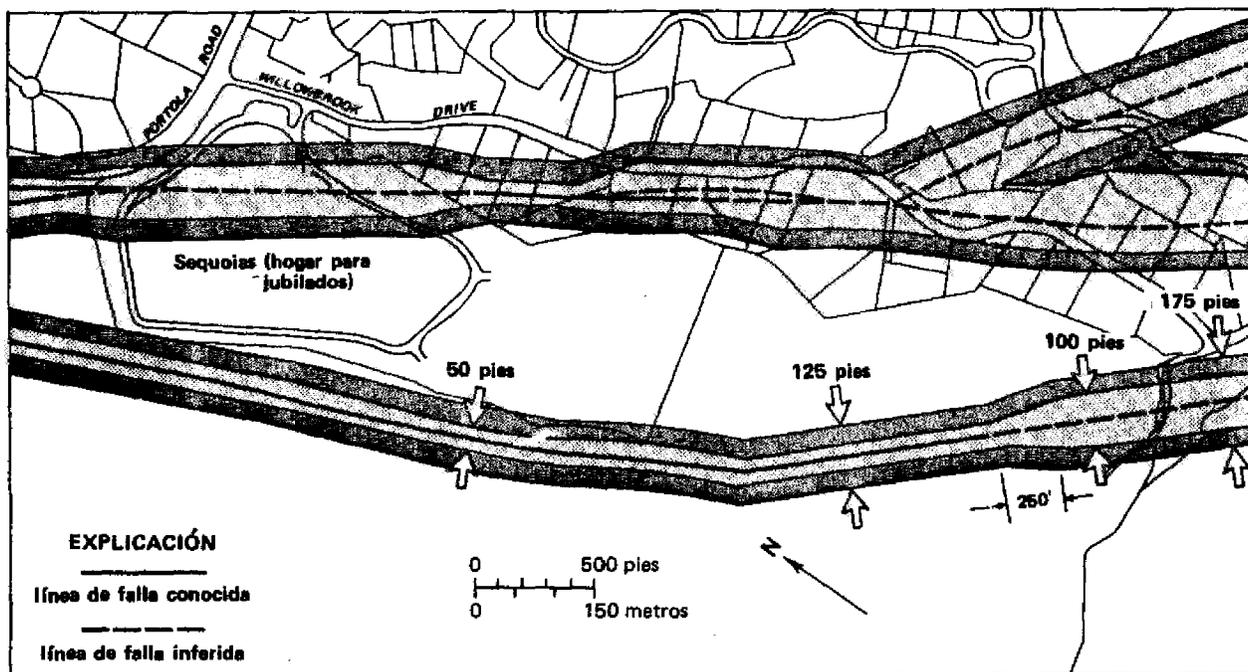


Figura 6. Ejemplo de distancias mínimas requeridas entre las construcciones y la falla activa, según la ordenanza municipal del valle de Portola (California). No puede construirse ningún edificio nuevo en la zona de sombreado claro de 100 pies de ancho (50 pies a cada lado de la línea conocida de la falla de

San Andreas); las estructuras plurifamiliares deben estar situadas a más de 125 pies de la línea de falla (sombreado oscuro). Cuando la línea de falla es menos conocida, las distancias mínimas son mayores: 100 pies para las viviendas unifamiliares y 175 pies para las demás.

La correlación entre los efectos de terremotos pasados y las condiciones del subsuelo constituye un método empírico deducido del estudio de los datos anteriores sobre daños causados por terremotos en zonas determinadas. Este método debe utilizarse con mucha cautela, porque se han producido relativamente pocos terremotos en zonas donde se apliquen ordenanzas de la construcción modernas y estrictas. La construcción tradicional en muchos países en desarrollo - especialmente la del tipo anteriormente descrito - es sumamente vulnerable a los temblores, hasta el punto de que la correlación entre los daños y el temblor puede resultar excesivamente alta. Pueden determinarse zonas de diferentes características desde el punto de vista de los temblores, a partir de buenos mapas de estudios geológicos que distingan entre la roca de fondo y los suelos sin cohesión o depósitos no consolidados. Los mapas trazados sobre esta base sólo pueden servir de orientación general con respecto a los efectos conexos de los temblores, pero no son, en modo alguno, instrumentos para evaluar el riesgo de terremotos en sí. Sin embargo, contribuyen a la elaboración de un sistema completo de microzonificación.

Entre los métodos de zonificación y microzonificación sísmicas mejor conocidos y más frecuentemente utilizados se encuentra la preparación de mapas de intensidades, utilizando la escala Mercalli modificada u otras escalas de intensidad análogas y basados en los datos históricos sobre terremotos pasados. En sentido general, la intensidad está determinada tanto por las condiciones del suelo como por la distancia desde el origen del terremoto (epicentro). Los mapas de intensidades no siempre ofrecen una visión completa de las intensidades máximas que cabe esperar, y por ello no deben utilizarse independientemente, sino en conjunción con los datos sobre las condiciones locales del suelo. De hecho, cuando no existen datos sobre terremotos anteriores, pueden prepararse mapas de intensidades por el siguiente método: los incrementos de intensidad que cabe prever por razón de las condiciones locales del suelo se suman a una intensidad básica calculada para un terremoto hipotético o "de cálculo". Esta técnica se ha utilizado en la Unión Soviética y en los Estados Unidos (California).

Los análisis mencionados ofrecen directrices cualitativas generales para estimar la probabilidad de los daños causados por temblores de tierra. No proporcionan en cambio estimaciones exactas y cuantitativas para programas de ingeniería complejos. Sin embargo, el enfoque, muy generalizado, de determinar la firmeza del suelo para evaluar los efectos probables generales de los temblores parece suficiente con fines de planificación del aprovechamiento de la tierra. Las relaciones existentes entre el riesgo de temblores y el aprovechamiento de la tierra son claras: los reglamentos de zonificación deben ejercer suma cautela para impedir que se levanten edificios de período largo (de resonancia) y de alto riesgo en suelos inconsistentes y poco consolidados, especialmente si éstos son profundos. La zonificación del aprovechamiento de la tierra debe limitar cuanto sea posible el aprovechamiento de esos suelos o, como máximo, permitir sólo aprovechamientos de poca densidad y escasa altura en los que hasta las construcciones modestas estén adecuadamente reforzadas. Cuando la insuficiencia de los mapas de intensidades arroje dudas sobre la validez de las ordenanzas de zonificación, las ordenanzas de la construcción deberán exigir investigaciones geológicas detalladas del emplazamiento para asegurar la aplicación de criterios de vulnerabilidad al diseño estructural y la planificación del aprovechamiento de la tierra.

Los materiales terrestres sueltos que producen deterioros del suelo participan también activamente en los desastres producidos por terremotos. Los materiales poco compactados de las zonas propensas a terremotos producen corrimientos de tierras y contribuyen a la licuefacción de los suelos durante los terremotos. Además, la acción del hombre puede disminuir la estabilidad del suelo y contribuir a su hundimiento cuando se producen los terremotos. Por ejemplo, la estabilidad de las laderas puede verse debilitada por una excavación excesiva y por el aumento de la pendiente como consecuencia de un relleno artificial exagerado. La construcción de bancales y el riego excesivo pueden aumentar también el riesgo de desestabilización. Los materiales sueltos pueden verse más fragmentados y erosionados por la eliminación de la capa superficial. Todos esos factores reunidos aumentan la probabilidad de desastres en caso de terremotos. Aunque las causas del deterioro del suelo pueden parecer simples, los resultados son complejos: incluyen, además de los corrimientos de tierras y la licuefacción del suelo, la aparición de grietas, las inclinaciones (o basculamientos), los hundimientos y los asentamientos diferenciales. En la mayoría de los casos, el deterioro del suelo producido durante los terremotos parece estar relacionado con problemas de licuefacción, y las consecuencias son hundimientos del suelo o asentamientos diferenciales, con efectos catastróficos en los edificios de todas clases.

Evidentemente, la planificación y el control del aprovechamiento de la tierra son de importancia decisiva en las localidades expuestas a corrimientos de tierras, pero probablemente no será posible, ni siquiera económicamente viable, prever todos los riesgos debidos a deterioros del suelo mediante las medidas de aprovechamiento de la tierra expuestas supra. El desperdicio de tierras sería enorme. Aunque las medidas de aprovechamiento de la tierra deben constituir la línea de defensa correcta para la prevención y mitigación de desastres, un factor importante para mitigar los terremotos y los desastres conexos es el papel que desempeñan las medidas de protección y las ordenanzas de la construcción.

Por último, hay que decir algo sobre la sismicidad inducida, que equivale a sismicidad causada por la acción del hombre. Las tres fuentes de sismicidad inducida son la construcción de grandes presas y embalses de agua, la excavación de minas y la inyección de fluidos en la corteza terrestre (rocas crustales). La sismicidad inducida de las presas, por ejemplo, puede producir terremotos considerables (de magnitudes de 5 o superiores en la escala Mercalli modificada). Los embalses o grandes masas de agua almacenada pueden desencadenar actividades sísmicas, ya sea aumentando la presión de las aguas subterráneas en las grietas, fisuras y poros de las formaciones rocosas, o aumentando los esfuerzos que sufren el suelo y las rocas que almacenan el agua. La UNESCO ha estimado que en los 35 grandes embalses o presas que, aproximadamente, se construyen actualmente en el mundo, cabe esperar de 10 a 15 nuevos casos de sismicidad inducida en los próximos años.

La sismicidad inducida tiene consecuencias importantes para la planificación física y el aprovechamiento de la tierra en el plano regional. Las rupturas de presas producidas por la sismicidad inducida (o por la sismicidad natural) causarían probablemente daños infinitamente mayores que los producidos sólo por la onda de choque, y la zona de destrucción sería extensa. Las repercusiones de esa probabilidad en el aprovechamiento de la tierra exigirían el cumplimiento de los siguientes

requisitos: cuando se estén realizando cultivos y asentamientos extensivos por debajo del emplazamiento proyectado de una presa, deberá darse tiempo suficiente para ejecutar un programa detallado de vigilancia sísmica de la microrregión de que se trate, a fin de estimar con cierta exactitud los riesgos de la sismicidad tanto natural como inducida. En todo caso, deberán estudiarse otros emplazamientos posibles de la presa, no sólo desde el punto de vista de la sismicidad (natural e inducida) o de la viabilidad económica, sino también desde el de sus consecuencias en las modalidades existentes o previstas de aprovechamiento de la tierra, dentro de su esfera física de influencia. Cuando las presas existen ya, la sismicidad de la región es un factor de planificación del aprovechamiento de la tierra que debe tenerse en cuenta al planificar el desarrollo de valles fluviales o de llanuras situados por debajo del nivel de esas presas.

La bibliografía y los conocimientos disponibles sobre evaluación de los riesgos de inundaciones y terremotos son copiosos. Excede del ámbito del presente estudio examinar de forma exhaustiva el conjunto de esos conocimientos. Sin embargo, se ha intentado subrayar que, con respecto a dos de los fenómenos naturales más devastadores, las inundaciones y los terremotos, puede lograrse mucho en la mitigación de los riesgos de desastres de forma apreciable y económica, con beneficios potenciales a plazo muy largo, mediante la elección sistemática de aprovechamientos de la tierra como primera línea de defensa, con preferencia a mecanismos protectores y pasivos, costos y, en definitiva, limitados.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

En la mayoría de los países en desarrollo propensos a desastres se ha prestado hasta la fecha una atención demasiado escasa a los desastres naturales, tanto en la planificación económica nacional como en el proceso de planificación regional y local del medio físico. Esta situación se debe en parte a los problemas científicos y técnicos, y en parte a problemas de recursos. Sin embargo, el problema principal es probablemente la falta de conciencia de la existencia de medidas básicas de prevención de desastres que pueden asegurar beneficios muy considerables y permanentes sin producir necesariamente gastos gubernamentales adicionales. Las medidas menos costosas consisten en adoptar decisiones racionales para ubicar los nuevos aprovechamientos e inversiones de capital en las zonas no expuestas corrientemente a daños o destrucciones sistemáticos causados por fenómenos naturales. Como se ha señalado en todo este estudio, se trata principalmente de un problema de aprovechamiento de la tierra basado en los análisis de vulnerabilidad.

Con excepción del capítulo V sobre inundaciones y terremotos, en la presente monografía no se han examinado políticas y medidas de aprovechamiento de la tierra que no sean exclusivas de la prevención y mitigación de desastres. En general, se ha descrito cómo medidas conocidas de aprovechamiento de la tierra comúnmente aplicadas para alcanzar objetivos sociales y económicos "convencionales" pueden aplicarse también con fines de prevención y mitigación de desastres. Sin embargo, el panorama cambia cuando una medida determinada de aprovechamiento de la tierra adquiere una función específica de reducción de riesgos en un tipo particular de desastres. En este caso, puede decirse que el control del aprovechamiento de la tierra se ha convertido en una técnica específica para la prevención y mitigación de desastres. No obstante, esa situación conveniente no se ha dado todavía por completo. Excepto en el caso de la ordenación de planicies de inundación y, en medida limitada, en las zonas sísmicas, la planificación del aprovechamiento de la tierra no se ha convertido aún en un instrumento reconocido y específico para la mitigación general de los riesgos de desastres naturales.

Quizá la razón fundamental de ello es que el enfoque multidisciplinario y general de la propia prevención de desastres se encuentra todavía en sus comienzos. No siempre se acepta claramente, ni por los planificadores del medio físico ni por los científicos, que cuentan con una base común sobre la que combinar sus esfuerzos a fin de controlar las repercusiones de fenómenos naturales extremos en el hombre (en este aspecto, ha existido una colaboración mucho más estrecha entre los científicos y los ingenieros que, de común acuerdo, se han dedicado con preferencia a encontrar soluciones estructurales, más orientadas a resistir los efectos de los fenómenos naturales que a evitarlos). La consecuencia es que actualmente existe una importante laguna entre el estudio de los peligros naturales y la aplicación de los resultados de ese estudio a la planificación, y más especialmente a la planificación del medio físico.

La información más inmediata y básica extraída normalmente de los datos científicos sobre desastres naturales determina invariablemente dónde se han producido y es probable que se produzcan de nuevo. Por consiguiente, la esfera más inmediata y evidente de aplicación de los conocimientos sobre peligros naturales, particularmente en los países económicamente más débiles, será la de la planificación física y, en especial, la del aprovechamiento de la tierra. En este aspecto, se han hecho muchos progresos en la aplicación de la microzonificación sísmica,

pero con un enfoque demasiado limitado. En algunos países industrializados expuestos a terremotos frecuentes y violentos se está dando actualmente mucha importancia al desarrollo de la microzonificación sísmica como instrumento de prevención de desastres. Sin embargo, con excepción de la ubicación de instalaciones de energía nuclear en casos determinados, pero no en todos, la microzonificación sísmica se ha utilizado principalmente para elaborar ordenanzas de la construcción parasísmicas. Esa microzonificación está todavía en gran parte sin desarrollar como instrumento de planificación del aprovechamiento de la tierra en las regiones propensas a terremotos, particularmente en los países en desarrollo, aunque la estrecha asociación entre la microzonificación sísmica y la zonificación del aprovechamiento de la tierra parece no sólo lógica sino evidente.

Si no se reconocen todavía suficientemente las repercusiones espaciales de los desastres naturales en el desarrollo a largo plazo es también porque queda mucho por hacer para ampliar toda la esfera del "análisis de vulnerabilidad". De hecho, la UNDRR ha mantenido sistemáticamente que la importancia de la esfera del análisis de los peligros naturales estriba generalmente en su papel determinante para cuantificar el riesgo de desastres con fines generales de planificación. Mucho se ha hablado de la frecuencia y la intensidad probables de los fenómenos naturales; sin embargo, se ha dado importancia demasiado escasa a las repercusiones espaciales de esas probabilidades, excepto en los términos más generales, normalmente en una macroescala (o escala regional) de escasa utilidad para el planificador que se ocupa de aprovechamientos nuevos específicos en localidades concretas.

Otra laguna entre el análisis de vulnerabilidad y la planificación del medio físico es que rara vez se consideran los riesgos en conjunto o de forma combinada. El ejemplo más sencillo de esto es la falta de estudio de los riesgos secundarios que acompañan a los riesgos de terremotos en una localidad determinada: corrimientos de tierras, corrientes de fango, inundaciones y cambios de la microsismicidad producidos por las zonas artificiales de captación de aguas pueden producir graves terremotos locales e incluso rupturas de presas. Otras clases de riesgos combinados pueden darse cuando los riesgos de desastres naturales guardan relación estrecha con riesgos artificiales, como incendios y contaminación ocurridos después de los terremotos, y contaminación como secuela de inundaciones desastrosas. Sin embargo, el tipo más frecuente de riesgo combinado se encuentra cuando una zona determinada es propensa a varias clases de fenómenos naturales independientes, como inundaciones y terremotos. Hay que trabajar mucho todavía en análisis de vulnerabilidad combinados en el plano local o microrregional, a fin de ubicar actividades humanas específicas.

El problema de la aplicación del análisis de vulnerabilidad a la planificación espacial y al aprovechamiento de la tierra en particular se ha visto dificultado en muchos casos por la escasa disposición de las personas y los grupos para aceptar cambios. Se ha confiado excesivamente en medidas de protección para resistir los efectos de los fenómenos naturales y, cuando esas medidas han fracasado, en la recepción de socorro. Además, toda la esfera del análisis de los peligros naturales ha quedado oscurecida por los problemas de la predicción (el cuándo) de los fenómenos naturales, hasta el punto de que ha quedado retrasada la aplicación de técnicas de análisis de riesgos a las localidades expuestas a peligros, con fines de planificación del aprovechamiento de la tierra. Es importante recordar que aunque en la etapa actual de los conocimientos científicos quizá no se pueda predecir cuándo (excepto con unas horas de antelación, en algunos casos), a menudo resulta posible predecir, con una exactitud suficientemente elevada, dónde es más probable que ocurran, por ejemplo, en planicies de inundación, zonas sísmicas o pasillos de aludes. Esto es quizá más evidente en las zonas propensas a terremotos, pero incluso en el caso de los fenómenos naturales más "erráticos" capaces de causar desastres, como los ciclones tropicales, se sabe que alrededor del 90% de las