

Francisco Javier Ayala-Carcedo
Jorge Olcina Cantos

(coordinadores)

Riesgos naturales



Ariel Ciencia

Francisco Javier Ayala-Carcedo
Jorge Olcina Cantos

(coordinadores)

RIESGOS NATURALES

Ariel



ACF5-TFJ-2G8Y

Material protegido por derechos de autor

BLOQUE 1

ASPECTOS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS

«... Los ojos de la multitud aterrorizados, vieron que de la cima del Vesubio surgía una nube de vapor, como un pino gigantesco de tronco negro y ramas de fuego, un fuego ondulante que cambiaba a cada instante de color, ya resplandeciendo con furor, ya volviéndose opaco y tenue, para enseguida centellear de nuevo con un fulgor insoporable. Siguió un silencio profundo y sobrecogedor... y al momento las mujeres se pusieron a gritar enloquecidas, mientras los hombres, mudos, se miraban unos a otros. Sintieron enseguida la agitación de la tierra bajo sus pies, el temblor de los muros del teatro y, a lo lejos, el fragor que hacían los tejados al desplomarse. Y ya parecía como si la nube de la montaña corriese hacia ellos, oscura y rauda, como un torrente, arrojando de su seno una lluvia de cenizas mezclada con trozos inmensos de piedras ardientes, que arrasaban viñedos y calles y caían por doquier... todos huían despavoridos, se empujaban, se aplastaban, se atropellaban unos a otros... todo valía para protegerse de los terrores del cielo abierto... En muchos sitios las cenizas llegaban hasta las rodillas y el hirviente aguacero que vomitaba el aliento humeante del volcán se adentraba ya por las casas, irradiando vapores densos y asfixiantes... Todo el mundo corría a ciegas y en medio de la mayor confusión. Nada quedaba en pie de la considerable maquinaria de la vida social, salvo el primitivo instinto de conservación...»

EDWARD BULWER-LYTTON, *Los últimos días de Pompeya*,
Libro V (traducción de César Palma)

CAPÍTULO 1

RIESGOS NATURALES. CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y CLASIFICACIÓN

JORGE OLCINA CANTOS
FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO

1. Interés por el estudio de la peligrosidad natural: de las calamidades a los riesgos. Algunos hitos en la disciplina de los riesgos naturales

Los desastres naturales provocan, anualmente, daños por valor de miles de millones de euros de daños en asentamientos y actividades económicas y, lo más grave, cientos de muertes. Afectan a todas las regiones de la tierra. No hay espacio geográfico terrestre que pueda calificarse, en palabras de Plinio el Viejo, de *terra mitis*, esto es, benigna y mansa, indulgente y servidora de las necesidades del hombre (*Historia Natural*, 2, 63). Eso sí, los efectos son diversos según el área planetaria afectada; las regiones más avanzadas han desarrollado medios de defensa más o menos eficaces; en las regiones más pobres la ocurrencia de un evento natural de rango extraordinario suele dejar casi siempre un rastro de desolación y caos.

Los últimos decenios del siglo XX han sido pródigos en la manifestación de episodios naturales de rango extraordinario de consecuencias funestas para la población mundial. Se ha creado la impresión de una mayor ocurrencia de eventos excepcionales, cuando lo realmente ocurrido es el incremento de la exposición de las poblaciones del mundo a los peligros naturales. Los umbrales de tolerancia ante los ries-

gos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio. Se invaden espacios con riesgo bajo la premisa del desarrollo colectivo permitiendo que los grupos sociales tornen vulnerables a la más mínima manifestación de las fuerzas de la naturaleza. En el informe «GEO-3. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial» elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como documento de trabajo para la Cumbre Río+10 (Johannesburgo, agosto 2002) se ajusta bien los términos del problema: las personas sufren cada vez más los efectos de los desastres naturales (ONU, 2002). Las personas afectadas (fallecimientos, heridos, personas sin vivienda o sin agua) por los peligros naturales durante los años noventa (Decenio para la Reducción de los Desastres Naturales de las Naciones Unidas) ascendieron a 211 millones al año, superando un 44 % el volumen de población afectada cada año durante los años ochenta del siglo XX. Y lo peor: dos terceras partes de las víctimas ocurridas por los peligros naturales desarrollados durante el decenio de los años noventa pertenecían al mundo menos desarrollado. Estamos ante un problema social, de origen natural y de repercusión territorial. He aquí una primera aproximación a la expresión riesgo natural. Hay otras, como veremos (vid. *infra*).

En el análisis de los riesgos naturales, desde una convicción ética —la única posible—, importa menos la cuantía económica de las pérdidas cuanto los fallecimientos que un evento extraordinario provoca en las poblaciones afectadas. Y ello aunque debe señalarse que el volumen de los daños por peligros naturales se ha multiplicado, por término medio, por nueve desde el decenio de los sesenta hasta el de los noventa en el conjunto del planeta (Munich Re, 2001). Si el estudio de los peligros naturales y sus consecuencias sigue interesando a investigadores y técnicos, es porque no se ha conseguido evitar el drama que supone la pérdida de vidas humanas. Y ahí está el reto, bajo la forma de compromiso moral, de los que se interesan por esta disciplina de conocimiento. El fomento de una vida más segura, donde se respete el derecho a la propia vida son preceptos de funcionamiento ético del orden mundial que siguen, sin embargo, sin cumplirse (art. 3 de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre de las Naciones Unidas en 1948; art. 17.1 de la Constitución Española, entre otras). La falta de respuesta ante un peligro natural también contribuye, entre otros factores, a ello.

Sorprende el enorme interés que ha cobrado el estudio de los riesgos naturales en distintas ramas del saber humano, que se manifiesta, asimismo, en el señalado vigor que se otorga a esta cuestión en los medios de comunicación social desde hace apenas quince años. Ello se debe, sin duda, a la admiración que todavía provoca la génesis de un evento natural extraordinario en el hombre; una mezcla de sorpresa y temor ante la fuerza de la naturaleza que muestra siempre su dominio sobre el hombre en la lucha permanente por la ocupación y organización del espacio geográfico.

Algunos autores han propuesto una denominación propia para agrupar bajo un único campo del saber a las diversas disciplinas que se ocupan del estudio de los riesgos naturales. En el marco de una reunión de la UNESCO dedicada al estudio de los riesgos tecnológicos celebrada tras el desastre de la central nuclear ucraniana de Chernobí, Faugères propuso, en 1987, la expresión «geo-cindfínica» como

«geo-ciencia del riesgo» (de *κινδύνος*, peligro) (Philipponneau, 2001). La expresión fue recogida por *Le Monde* el 10 de diciembre de 1987. Algunos años después, en 1991, Kervern y Rubise recogen esta denominación en su obra *L'archipel du danger. Introduction aux Cyndiniques* donde llevan a cabo una interesante defensa de la nueva ciencia del peligro a partir de planteamientos sistémicos. La relación de expresiones propuestas por estos autores incluye los conceptos *cyndinogénesis* relativo a las causas de los peligros y *cyndinólisis* que alude a la defensa frente a aquéllos.

Empero, esta expresión no ha hecho fortuna hasta el momento presente y la bibliografía sobre este tema prefiere manejar las expresiones ciencia o disciplina de los riesgos naturales, peligros naturales o desastres naturales para referirse a esta temática científica. Y junto a ellas es, sin duda, la denominación «geografía de los riesgos», surgida en la segunda mitad de los años sesenta, la que más ha calado en la investigación de los riesgos naturales, puesto que, en última instancia, los peligros naturales ocurren en un espacio geográfico, en un territorio organizado por el hombre. El componente territorial, geográfico, de un desastre natural es el hilo argumental que da trabazón a las investigaciones de riesgos naturales.

Se trata, por tanto, de una rama del conocimiento donde convergen ciencias naturales, sociales, históricas, económicas, disciplinas técnicas, en sus aspectos básico y aplicado, puesto que el estudio de un acontecimiento excepcional implica el análisis de los diferentes sistemas (físicos y humanos) que se dan en un territorio en cada momento histórico.

No es de extrañar que ante la importancia social y económica de los desastres naturales hayan proliferado investigaciones y estudios, particulares u oficiales, dedicadas al análisis de sus causas y efectos con la finalidad de aminorar, en la medida de lo posible sus consecuencias, así como reflexiones teórico-filosóficas sobre el papel de hombre y del medio en la génesis de un desastre natural; estudios y reflexiones que han seguido, casi siempre, al desarrollo de catástrofes importantes. Noticias sobre sequías, inundaciones, terremotos u otros

fenómenos naturales de rango extraordinario se contienen en leyendas, relatos, crónicas y escritos literarios desde época histórica (vid. Capítulo 4). Baste recordar las atribuciones sobre estos eventos reconocidos a los dioses de los diferentes panteones de las mitologías universales, los relatos sobre las plagas en Egipto, la destrucción de Sodoma o el diluvio contenido en el Antiguo Testamento o las referencias a la erupción del Vesubio contenidas en diversos autores clásicos. De la antigüedad oriental proceden algunos aparatos medidores de elementos de la naturaleza y de episodios extremos. Así, por ejemplo, del año 132 de nuestra era es el primer sismoscopio conocido, construido por el astrónomo chino Chang Heng que se conserva en el Museo de la Ciencia de Londres (Olcina Cantos y Martín Vide, 1999).

En la España de Felipe II se pusieron en marcha importantes obras de previsión de inundaciones en ciudades ibéricas y del Nuevo Mundo. En estos proyectos se incluían detalladas explicaciones sobre las causas que provocaban desbordamientos y anegamientos en los caseríos. Es el caso de las actuaciones en Lima, México, Daroca, Almansa o Valencia motivadas por correspondientes eventos extraordinarios (González Tascón, coord. 1998).

Los dramáticos efectos del terremoto del día de Todos los Santos de 1755 en Lisboa motivaron las interesantes reflexiones de Voltaire y Rousseau sobre el papel del hombre en el desarrollo de los desastres. Algunos años antes había tenido ocasión el terrible terremoto de Montesa (1748) en las tierras interiores del Reino de Valencia, uno de los más intensos padecidos en España que no ha tenido, sin embargo, un reconocimiento acorde con la magnitud de sus efectos, debido a la repercusión, ampliamente difundida, del seísmo de Lisboa.

Voltaire, en su *Cándido*, critica las tesis optimistas, de raíz leibniziana, sobre la inclusión de las catástrofes en una armonía metafísica del mundo y abre la puerta a una interpretación filosófica, centrada en la experiencia humana, que defiende la presencia del mal en la naturaleza y en el hombre. En el poema sobre el terremoto que envió a Rousseau, Voltaire culpaba a Dios y a la naturaleza de lo ocurrido («Elemen-

tos, animales, humanos, todo está en guerra. Hay que confesarlo el mal está sobre la tierra». «El mundo perece, éste es sin duda su postrer día», sic). No es de extrañar esta concepción en el marco del ambientalismo que floreció en el pensamiento occidental en la segunda mitad del siglo XVIII.

Rousseau, por su parte, defenderá la bondad de la naturaleza, incluso cuando tiene lugar un desastre, y señala a la sociedad, no al hombre individual, y al progreso humano como causa del mal. La ocupación de espacios de riesgo por parte de las sociedades está en el origen de los desastres naturales. («no es ella —la naturaleza— la que ha construido juntas veintidós mil casas de seis o siete plantas», señala Rousseau). Es éste el primer debate de ideas sobre el papel del medio y del hombre en el desarrollo de un evento natural de rango extraordinario, en la gestación de espacios y situaciones de riesgo.

Al margen de estas aproximaciones teóricas, el mundo occidental conocerá, a lo largo del siglo XIX, actuaciones para la asistencia en caso de desastre, obras sobre desastres naturales, bajo la forma de estudios individuales e, incluso, informes oficiales. Recordemos que a comienzos de dicha centuria una ley del Congreso de los EE.UU. de 1803 para la asistencia al pueblo de New Hampshire tras un pavoroso incendio, pone en marcha un organismo nacional bajo las órdenes del Presidente, para la gestión de las emergencias, antecedente de la posterior Agencia Federal para la Gestión de Emergencias (FEMA) organizada por el presidente Carter en 1979. En este sentido en España se encuentran antecedentes legales de las competencias que la Ley 2/1985 atribuirá a la actual Protección Civil en diferentes disposiciones que ordenaron la administración municipal en los diferentes gobiernos de la convulsa coyuntura política del siglo XIX y comienzos del XX (Ochoa Monzó, 1996). En ellas se delegaban en las autoridades municipales la facultad de llevar a cabo actuaciones para la mitigación de daños con ocasión de episodios naturales de rango extraordinario (Decreto XLV, de 3 de febrero de 1823, Real Decreto de 30 de noviembre de 1833, Real Decreto de 23 de julio de 1835, Ley Municipal de 1877, Estatuto Mu-

nicipal de 1924). A modo de anécdota puede señalarse que a finales del siglo XX, en situaciones de emergencia, las autoridades de algunas localidades ribereñas de los ríos ibéricos (p. ej., Segura) seguían poniendo en práctica el punto 7.º de la Real Orden de 12 de octubre de 1914 sobre *Anuncios de peligros ante la proximidad de grandes crecidas en los ríos que señalaba que «los alcaldes darán a estos anuncios la mayor publicidad en los sitios de costumbre»* (Olcina y Rico, 1998).

En el campo de la geología los decenios finales del siglo XIX conocerán la creación de los importantes Servicios Geológicos de los Estados Unidos (1879) y Japón (1882), surgidos para la exploración de los recursos minerales asumirán, a lo largo del siglo XX, competencias para la investigación de los riesgos geológicos, en particular sísmicos, en dos territorios con elevada actividad telúrica. En este sentido, los reiterados desastres sísmicos ocurridos en Italia en la segunda mitad del siglo XIX y el terremoto de San Francisco de 18 de abril de 1906, impulsaron la investigación de este riesgo natural a comienzos de la centuria pasada, que dio como resultado, entre otros aspectos, la elaboración de las escalas de referencia para la medición de los terremotos: la escala de intensidad de Mercalli, desarrollada en 1902, posteriormente modificada en 1931, y la de magnitud de Richter de 1934 que expresa, de forma logarítmica, la amplitud de la traza de la onda sísmica. El riesgo sísmico era, sin duda, el que más temor causaba en las sociedades de comienzos del siglo XX por las terribles calamidades que llevaba asociadas. Baste señalar que el mencionado seísmo de San Francisco inauguró lo que se conoce como «etapa científica» en la investigación sobre terremotos en los Estados Unidos que hasta ese momento había ido a la zaga de europeos y japoneses en este tema. Baste el elocuente dato que antes de dicho seísmo tan sólo estaban instalados unos pocos sismógrafos en toda California, una de las áreas geológicamente más inestables del planeta. El informe Lawson recogió una abundante documentación sobre los efectos del terremoto, denunció los fallos en la estructura de las edificaciones dañadas y apuntó una serie de conside-

raciones básicas para el conocimiento de la sismicidad asociada a la falla de San Andrés, que sirvieron de base para la formulación, años después, de la «teoría del efecto elástico» por parte de H. F. Reid, clave para el entendimiento moderno de los terremotos.

El siglo XIX conocerá, además, en España, la aparición de las memorias sobre las causas de las sequías en Murcia y Almería escritas por José de Echegaray y Manuel Rico y Sinobas presentadas al certamen abierto por Real Decreto de 30 de marzo de 1859, los proyectos de encauzamiento de algunos ríos peninsulares (p.e. Guadalquivir, Segura) (del Moral, 1991, Gil Olcina y Morales Gil, 1989) elaborados en esa centuria que sucedieron a episodios de inundaciones catastróficas y los trabajos del ingeniero José Agustín de Larramendi para la reconstrucción de las poblaciones del Bajo Segura (Alicante) tras el devastador seísmo de 21 de marzo de 1829.

En el apartado de mitigación de daños, de mediados del siglo XIX son los antecedentes de lo que después se conocería como Cruz Roja Internacional, merced a las ideas de Henry Dunant presentadas en su obra *Recuerdo de Solferino* donde relata la triste experiencia vivida durante la guerra por la unidad italiana, en 1859, cuando tuvo que atender en la iglesia mayor de la aldea de Castiglione, a más de 5.000 heridos. Dunant se preguntará en dicha obra si no era posible fundar sociedades de socorros que atendieran, mediante voluntarios, las necesidades de los afectados. El 17 de febrero de 1863 se fundaría el Comité Internacional de la Cruz Roja y en los meses siguientes se constituirían las primeras Sociedades de Socorros en diversos países europeos. Habrá que esperar hasta el año 1919 para la constitución de la Federación Internacional de las Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, a propuesta de Henry Davison, presidente del comité americano de la Cruz Roja. Esta Federación ha asumido el papel de coordinación internacional de las políticas de atención de auxilios en caso de desastres y de elaboración de estrategias de prevención. En los años veinte del siglo XX la Sociedad de Naciones apadrinó el primer proyecto mundial de prevención de las ca-

lamidades naturales (proyecto Cirao) germinó de la Unión Internacional de Socorro y de un atlas universal de los eventos calamitosos que debía recoger de cada país y para cada calamidad una lista cronológica de catástrofes con indicación de las causas, regiones afectadas, daños materiales y víctimas humanas (Buj, 1997). Además, desde 1924, merced a la labor llevada a cabo por el presidente de la sociedad Geográfica de Ginebra, Raoul Montandon, se editaba la revista *Materiaux pour l'Étude des Calamités*, interesante foro de opinión y estudios sobre la cuestión de los riesgos y desastres donde publicaron importantes especialistas de la época como Pardé, Vayssière, Neck, Gorgé.

Para la elaboración de la carta internacional de calamidades se establecieron once grupos de desastres: terremotos, erupciones volcánicas, marejadas, fenómenos eólicos, sequías, aludes, inundaciones, incendios, plagas de langosta, hambres y pestes. La Unión Internacional de Socorro pretendía conocer las regiones del mundo afectadas por catástrofes públicas, la frecuencia de aparición de estos fenómenos y los daños causados. Todo ello con el ánimo de «socorrer previendo, previniendo y evitando el daño».

Estos proyectos internacionales culminarían con la celebración en París el año 1937 de la primera Conferencia Internacional contra las calamidades naturales, que fue la única de este género que se llevó a efecto puesto que la guerra mundial impidió la celebración de la segunda reunión internacional en 1942. En la reunión de París se acordó que la Unión Internacional de Socorro se hiciese cargo de la edición de la revista *Matériaux*, amén de la evaluación de la posible creación de una comisión supranacional permanente de protección contra las calamidades, antecedente de lo que décadas después sería un organismo internacional de finalidad similar, el Departamento de Asuntos Humanitarios, posteriormente Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios, de las Naciones Unidas. La revista *Matériaux*, con sendos cambios de denominación y editora, se publicaría hasta el año 1975. Habrá que esperar hasta los años noventa cuando merced a la de-

claración del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-1999) verá la luz un nuevo órgano oficial de divulgación de trabajos sobre riesgos y desastres naturales, la revista *Stop Disasters*.

Participación destacada en la difusión en España de esta «geografía de las calamidades» de comienzos del siglo XX tuvo Ricardo Beltrán y Róspide, geógrafo destacado del tránsito de los siglos XIX y XX y, entre otros cargos, vocal del Consejo Superior de la Sociedad Española de Salvamento de Náufragos, que publicó diversos estudios sobre la Unión Internacional de Socorro y la geografía de las calamidades en el Boletín de la Real Sociedad Geográfica y en la revista de Escuelas Normales (Buj, 1997).

Por estas fechas, Harlan H. Barrows, en su discurso para la Asociación de Geógrafos Americanos, sentaba las bases, desde la «ecología humana», de lo que décadas más tarde fraguaría en la rama geográfica de la geografía de los riesgos. Un hecho decisivo para el impulso de estudios sobre riesgos naturales en este país fue la gran inundación de 1927 en la cuenca del Mississippi, que anegó 7 millones de hectáreas y obligó a la evacuación de 600.000 ribereños. A raíz de ello se aprobó la *Flood Control Act* de 1928 para el control de inundaciones en este gran río, un gran programa de actuación, puesto en marcha por los ingenieros de la U.S. Army, que comprendía grandes presas de laminación y más de 3.000 km. de diques y canales laterales de evacuación de aguas. Este plan fue el primero de una serie dedicada al control de inundaciones en este país basados en la gran obra pública para la defensa de este riesgo y que provocaría reacciones contrarias de diferentes profesionales por el énfasis puesto con la solución estrictamente ingenieril (Calvo, 1984).

La década de los años treinta es la de la Gran Depresión en los Estados Unidos y la del desarrollo de la llamada «Dust Bowl» o gran tempestad de polvo que sacudió los estados centrales de la Federación. La indigencia de precipitaciones causó gran sequedad ambiental y génesis de tormentas de polvo en los estados centrales. Los efectos de la «Dust Bowl» alcanzaron al 64 % del país y contribuyeron a

agravar la difícil coyuntura económica de la Depresión, forzando la emigración de numerosas familias de los estados centrales hacia California y las ciudades de la fachada atlántica. En este contexto se creó el Servicio Federal contra la erosión del suelo (1933) y dos años después Paul B. Sears escribiría su ensayo *Deserts on the March* donde advertía que, de continuar el abuso sobre las tierras del oeste americano, muchas podrían convertirse en desierto.

El segundo conflicto bélico mundial sesgó, lamentablemente, este intento de consolidación de un organismo internacional especializado en la problemática de los desastres naturales y, en gran medida, los estudios que habían ido apareciendo sobre esta temática. La consolidación de la corriente del positivismo lógico contribuiría, por su parte, a cerrar el camino de estas primeras aproximaciones epistemológicas al estudio de los riesgos naturales. No obstante, los años cuarenta, cincuenta y sesenta conocerán aproximaciones interesantes sobre la mejora de las técnicas y métodos de trabajo en las ciencias, merced a los avances en matemáticas y estadística. Debe recordarse que, en 1941, Gumbel formula la teoría estadística de los valores extremos, de uso muy extendido para el análisis de precipitaciones máximas y períodos de retorno. Estos últimos se emplean como dato básico de referencia a la hora de establecer áreas y grados de riesgo de inundación en un territorio.

En este contexto de neo-positivismo, los años sesenta conocerán un avance fundamental para el conocimiento de la estructura tectónica de la superficie terrestre. En la segunda década del siglo XX, el geofísico alemán Alfred Wegener había formulado su teoría de la «deriva de los continentes», precedente inmediato de lo que ahora fraguará como teoría de la «tectónica global». El primer paso lo constituiría el modelo de expansión de los fondos oceánicos esbozado por Hess en 1960, ampliado tres años después por Vine y Matthews. En 1965 Tuzo Wilson propuso la expresión «placa tectónica» en un estudio sobre las fallas transformantes, término que adquiriría carta de naturaleza definitiva con la formulación de la teoría de la «tectónica de placas» a partir de las aportaciones de

McKenzie y Parker en 1967 y de Morgan un año después. La teoría de la tectónica global era fruto, pues, del neo-positivismo de estos años y encontró una herramienta de trabajo idónea en el uso de las recién creadas computadoras que permitían el tratamiento del potente aparato matemático necesario para la comprobación del desplazamiento de las placas. La aceptación de esta teoría por parte de la comunidad científica inauguró una nueva etapa en los estudios de sismicidad y vulcanismo a nivel mundial.

Un importante impulso para la recuperación de las iniciativas internacionales en el estudio y prevención de los riesgos naturales, en este caso climáticos, fue la aprobación por parte de la Asamblea de la O.N.U., a finales de 1962, de una resolución por la que se conminaba a la Organización Meteorológica Mundial a la elaboración de un programa que permitiera suministrar a todos los países las observaciones y datos relativos al tiempo y clima necesarias para la adopción de medidas pertinentes. Así surgió el programa de Vigilancia Meteorológica Mundial, aprobado en el IV Congreso Mundial de la O.M.M., adoptado en el V Congreso (1967) y posteriormente actualizado y revisado en el VIII Congreso (1983). En esencia, la Vigilancia Meteorológica Mundial se planteó como un gran Servicio Meteorológico para todos los usuarios del planeta que tenía por objetivo la vigilancia atmosférica a escala mundial. Un guardián del tiempo provisto de las técnicas más modernas y sofisticadas.

En 1974, la UNESCO publicó un libro de divulgación para difundir los beneficios de este programa de vigilancia atmosférica. Se manejan, entonces, unas cifras muy llamativas. Así, entre 1870 y 1970 sólo los huracanes tropicales habrían ocasionado daños anuales superiores a 1.500 millones de dólares y pérdida de 5.000 vidas humanas anuales. Por su parte, la Secretaría de la Comisión Intergubernamental de los Tifones de Asia y Extremo Oriente calculó unas pérdidas económicas anuales por valor de 930 millones de dólares en esta parte del mundo, lo que equivalía a la suma invertida anualmente en esos países por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.

El crecimiento económico acelerado que se registró en el mundo occidental durante los años cincuenta y, sobre todo, sesenta, —la época de los «milagros económicos»— y el importante aumento de la población en todo el mundo, trajeron consigo una mutación en la consideración tradicional de los riesgos naturales. Se pasó, progresivamente, de la aceptación de los mismos como rasgo condigno de las condiciones del medio natural, a la creencia de su superación por parte del hombre en virtud de las posibilidades que ofrecían los avances técnicos. Si el hombre era capaz de lanzarse al espacio y llegar a la Luna, cómo no iba a poder vencer a las fuerzas de la naturaleza. Ello creó la sensación de falsa seguridad frente a los avatares de la naturaleza, que se ha consolidado como paradigma social en la aproximación a la cuestión de los riesgos naturales. De manera que, en esos años, se consolidó el paso de la adaptación al catastrofismo en la valoración de la peligrosidad natural. Se ha recuperado así la consideración voltairiana de los desastres donde la naturaleza cobra protagonismo como «hacedora» de calamidades.

Paralelamente los años sesenta conocerán el nacimiento y consolidación de la conciencia medioambiental en los países occidentales, a partir de la publicación de la *Primavera Silenciosa* de Rachel L. Carson en 1962. Pese a que el objetivo principal de la obra de la zoóloga americana era la denuncia de los perniciosos efectos que causaba el empleo indiscriminado y masivo de pesticidas —en concreto del DDT— sobre la fauna y las aguas continentales, en sus páginas se contienen también fragmentos que aluden a uno de los riesgos naturales menos tratados por su, *a priori*, menor afectación a los seres humanos, las plagas y epidemias entomológicas. La escritora moriría sin conocer la enorme repercusión social de su obra que se convirtió en el germen de la aparición de los grupos ecologistas más activos de la actualidad (WWF, Greenpeace y Amigos de la Tierra). Estas agrupaciones y otras de ámbito nacional han hecho de los riesgos naturales uno de sus objetivos de denuncia, al calor del «renacimiento ambiental» que tendrá lugar a partir del decenio de los años ochenta con la apari-

ción de varios «problemas» de interés mundial (cambio climático, agujero de ozono). En 1970, como consecuencia de la aprobación un año antes de la Ley de la Política Ambiental Nacional, se crearía la Agencia de Protección Ambiental estadounidense, una de las más influyentes del mundo por su normativa y métodos de evaluación de impacto ambiental. Debe recordarse que la evaluación del riesgo es pieza básica en los estudios de impacto ambiental.

Como colofón, en 1972 se celebraría en Estocolmo la primera Conferencia Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo Humano, bajo los auspicios de las Naciones Unidas, que evidenció la necesidad de tomar medidas conjuntas en todo el planeta a la hora de abordar problemas ecológicos transnacionales. Entre los Principios de la Declaración de Estocolmo (1972) se señalaba la necesidad de una planificación integrada del desarrollo (principio 13) y de una planificación racional para resolver los conflictos entre desarrollo y medio ambiente (principio 14); principios de algún modo relacionados con la cuestión de la peligrosidad natural y sus consecuencias sociales; no obstante, no se mencionaba de manera directa este tema. Si de algo sirvió la Conferencia de Estocolmo fue para la creación de una conciencia internacional sobre protección del medio que se fue afianzando durante los años setenta con el escenario de fondo de las crisis del petróleo que pone en cuestión el modelo de desarrollo basado exclusivamente en la quema masiva de combustibles fósiles, y el desarrollo de una serie de problemas ambientales que comienzan a tener eco en los medios de comunicación (hambuna en el Sahel de 1973, terremotos de Tangshan y Guatemala en 1976, inundaciones en el estado de Bengala, India, en 1978, entre otros).

En este contexto histórico, adquiere carta de naturaleza el estudio de los riesgos naturales como rama del saber geográfica de sólido fundamento epistemológico. En primer lugar, se produjo la aparición de la denominada «geografía de los riesgos», que tuvo sus iniciadores en los geógrafos estadounidenses White, Burton y Kates. Esta rama de la geografía encontró las bases conceptuales de su paradigma perceptivo en la denominada psicología de la Ges-

talt que había sido desarrollada en Alemania en los años veinte. Los trabajos primeros de Kirk y Lowenthal, en los años cincuenta y sesenta, y los más postreros de Cox y Golledge, en el tránsito de los años sesenta y setenta, acercaron las ideas del behaviorismo a los estudios territoriales. El interés por el entorno del comportamiento humano encontró en los análisis de percepción del riesgo un campo de trabajo que atrajo la labor de diversos especialistas (geógrafos, sociólogos, geólogos).

Cierto es que la bibliografía científica conocía estudios dedicados a analizar las causas y consecuencias de algún evento natural de efectos catastróficos ocurrido. Entre ellas sobresalen los trabajos del propio White que desde la Universidad de Chicago y en plena comunión con las ideas de la ecología humana que se habían fraguado allí algunos años antes, publica desde los comienzos de la década de los cuarenta, en pleno conflicto bélico mundial, sus primeros trabajos sobre el problema de las inundaciones en los Estados Unidos y la asunción del riesgo por parte del hombre (White, 1987); igualmente el trabajo del ilustre potamólogo francés Maurice Pardé sobre la importancia de las crecidas fluviales en diversas partes del mundo (1961) que constituye el mejor estudio de la época sobre el problema de las inundaciones, realizado con enfoque regional y acreedor de una documentación pluviométrica e hidrológica inusual.

Unos años antes, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, en colaboración con el Ministerio de Restauración de Tierras y Administración de Recursos Hidrológicos y otros organismos de la Unión Soviética habían organizado un seminario sobre métodos de administración de las pérdidas y perjuicios ocasionados por las inundaciones que reunió a especialistas procedentes de veintiocho países en vías de desarrollo y a un cierto número de asesores de países occidentales que proporcionaron directrices para que los funcionarios y autoridades de estos países pudiesen enfrentarse a este episodio natural de rango extraordinario.

Sin embargo, serían los trabajos de White, Burton y Kates los primeros que manejan el

concepto de «riesgo» en sentido moderno y otorgan un enfoque global (importancia del factor humano en la consideración del grado de riesgo) al tratamiento de los eventos excepcionales de la naturaleza (geofísicos y atmosféricos). En un trabajo del año 1964, Burton y Kates, en lo que se tiene como el paradigma dominante en la investigación geográfica sobre los riesgos naturales (Sauri, 1988), definirán el riesgo natural como el conjunto de elementos del medio físico y biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él. Fruto de toda esta labor, en 1969, la UNESCO y la Comisión sobre el Hombre y su Medio Ambiente de la Unión Geográfica Internacional deciden iniciar, como una de sus dos principales líneas de acción para el trienio siguiente, un programa de colaboración internacional para el estudio de los problemas planteados por los riesgos y peligros del medio ambiente.

Las contribuciones iniciales de esta nueva disciplina orientadas al estudio de riesgos individuales en un territorio dieron paso, a partir del trabajo de Hewitt y Burton sobre la peligrosidad de los lugares en 1971, a análisis territorial de la peligrosidad natural en su conjunto. Años antes el propio Hewitt había investigado, sobre las bases teóricas que hacen posible expresar los acontecimientos extremos en términos probabilísticos. Y no sólo desde la geografía se produjeron aportaciones teóricas al estudio de los riesgos naturales. Desde el ámbito de la economía Renshaw y Krutilla, en sendos trabajos de 1961 y 1966, trataron las pérdidas y daños producidos por las inundaciones como una especie de renta pagada a la naturaleza por la utilización de los lechos de inundación de los ríos. En 1966, Lind ideó un método muy perfilado de evaluación de pérdidas y beneficios derivados de la regulación de la utilización del suelo; y, en 1970, Russell escribió su trabajo sobre las pérdidas provocadas por los desastres naturales. Ese mismo año y motivados por los efectos de la sequía que afectó en 1965 a extensas zonas de Nueva Inglaterra, Russell, Kates y Arey elaboraron un estudio donde se analizaban soluciones óptimas en el tratamiento del riesgo de sequía en relación con el suministro municipal de agua. Por otro lado, las investiga-

ciones de Burton, Kates y White sobre la percepción del riesgo derivado de la ocupación de lechos de inundación en diversos territorios de Norteamérica contaron, en ocasiones, con la colaboración de psicólogos que tenían como misión evaluar los rasgos de la personalidad que afectan a las decisiones relativas a los riesgos. En 1972, René Thom y Christopher Zeeman establecen los fundamentos de la llamada «teoría de catástrofes» que ha tenido aplicación posterior al estudio de la peligrosidad natural y sus efectos sociales en espacios regionales (Casetti, 1981, Martín Vide, 1993)

De esos años son, asimismo, algunos proyectos sobre el riesgo de inundación llevados a cabo por algunos gobiernos. Así, en Francia, el Ministerio de Infraestructura y Vivienda impulsó en 1968 la preparación de mapas de áreas propensas a inundarse; tradición que se ha mantenido y mejorado hasta la actualidad con la preparación de los Planes de Exposición a los Riesgos (años ochenta) y con los actuales Planes de Riesgos Previsibles (PPR), contemplados en la Ley de Medioambiente de 1995, actualizada en febrero de 2002. En Canadá diversos organismos gubernamentales patrocinaron, asimismo, la elaboración de estudios sobre el riesgo de inundaciones. Desde entonces el interés de la comunidad científica por el estudio de los riesgos naturales ha ido en alza. En suma, el análisis de riesgos naturales es una aproximación social al mundo natural que de ningún modo es algo inmutable o externo al hombre. La naturaleza, entendida como elaboración social, cambia con el tiempo y con las transformaciones que experimenta la sociedad. El estudio de riesgos naturales tiene en cuenta estos supuestos y analiza problemas ambientales concretos en ámbitos territoriales específicos. La ciencia de los riesgos naturales es una «ciencia real» que se ocupa de cuestiones esenciales para el normal funcionamiento de una sociedad.

A lo largo de los años ochenta y noventa del siglo XX se suceden trabajos, con enfoque diverso, que refuerzan el carácter multidisciplinar de esta rama científica. Como se ha avanzado, el estudio de los riesgos naturales exige conocimientos de las causas de los eventos excepcionales (geología, geografía física,

biología, matemáticas, ingeniería, etc.), y de los efectos en las actividades humanas (sociología, geografía humana, psicología, historia) que se presentan con distinto grado de afección en unas u otras zonas de planeta y merece propuestas actuaciones concretas en virtud de las características físicas y humanas del territorio en cuestión (economía regional, análisis geográfico regional).

Progresivamente el análisis de riesgos naturales ha ido incorporando nuevos enfoques que amplían el paradigma conductista de los años sesenta y setenta. Se ha visto el interés de los análisis de los contextos económico, social y político a la hora de establecer causas y consecuencias de la peligrosidad natural. Se analizan ahora los cambios en la percepción de los riesgos naturales puesto que el crecimiento económico y las mejoras tecnológicas asociadas impulsa modificaciones en la consideración de umbrales de riesgo e incluso de territorios de riesgo. El sociólogo alemán Ulrich Beck ha caracterizado la sociedad actual —postmoderna— como «sociedad del riesgo global» (2002). Asimismo, ha avanzado el estudio histórico de catástrofes naturales a partir del rastreo, consulta e interpretación de fuentes no instrumentales (*proxy-data*) como Rogativas, Memoriales, Actas Capitulares e Informes de Corregidores. Por otra parte, las estrategias de mitigación de daños y la gestión de las emergencias han impulsado su análisis en la escala local, amparados a su vez en normativa legal (planes municipales de riesgos y de emergencias).

En España destaca la labor llevada a cabo, en el último treinteno, por organismos oficiales (IGME, Protección Civil, CEDEX, IGN) y especialistas universitarios que, desde finales de los años setenta y desde disciplinas de conocimiento variadas, se ha plasmado en obras teóricas y prácticas sobre diversos aspectos de los riesgos naturales (Olcina Cantos, 1995).

De consuno al interés por las cuestiones ambientales que se va fraguando durante el decenio de los ochenta en todo el mundo, se produce un cambio en la consideración de los peligros naturales. Vuelve a tomar cuerpo la idea del necesario respeto que el hombre debe tener por el medio que habita. La ruptura de la diná-

CUADRO 1.1. Cambios en la consideración antrópica de la peligrosidad natural a lo largo del siglo XX

Periodo	Actitud social ante el riesgo	Políticas ante los desastres naturales
Hasta los años sesenta del siglo XX	Respeto al medio y su dinámica. Adaptación del hombre y sus actividades a las condiciones de la naturaleza.	Medidas curativas postdesastre.
Años sesenta y setenta del siglo XX	Ruptura de la dinámica natural por parte del hombre. Actitud de superioridad del hombre frente a la naturaleza: «si el hombre puede llegar a la Luna, como no va a poder dominar a la naturaleza».	Medidas curativas post y pre-desastre.
Desde años ochenta del siglo XX	Reconocimiento del deterioro ambiental causado por el hombre. Llamamiento, desde la racionalidad científica, a la adopción de medidas de reducción de desastres compatibles con el medio. Adopción de medidas de ordenación racional de usos en el territorio.	Medidas preventivas. Sistema de alerta temprana. Ordenación racional del territorio. Medidas curativas postdesastre.

FUENTE: Elaboración propia.

mica natural por la acción antrópica se salda, casi siempre, con el desarrollo de una catástrofe (vid. cuadro 1.1).

Dos acontecimientos de carácter climático han contribuido a este cambio de posición: el descubrimiento del agujero de ozono estratosférico en la Antártida (1985) y la popularización de la hipótesis de cambio climático por efecto invernadero (a partir de 1987). En ambos el hombre parece estar jugando un papel destacado y a él corresponde poner medidas para solucionarlo. Por encima de incertidumbres que siguen gravitando sobre el propio origen de los fenómenos, el mayor interés de la divulgación de estas dos cuestiones es que ha permitido poner en tela de juicio el modelo de crecimiento económico mundial basado en el consumo masivo de combustibles fósiles y en el deterioro indiscriminado del medio.

Cuestión distinta es la relación, no del todo correcta, que se difunde sobre el incremento de desastres naturales a causa del cambio climático. Los peligros naturales existen con independencia de procesos coyunturales experimentados en el medio y aunque puedan experimentar una influencia futura de aquél —de confirmarse definitivamente la hipótesis de cambio cli-

mático por efecto invernadero—, merecen un tratamiento propio y racional que supere posibles oportunismos.

En todo el mundo, la década de los años noventa del siglo XX ha conocido una eclosión de trabajos sobre peligrosidad natural y riesgos que reflejan el mencionado cambio de «paradigma» de la consideración de los riesgos. Junto a los trabajos sobre causas físicas y efectos de los peligros naturales, son básicas las aportaciones sobre causas socio-territoriales de los riesgos naturales que incluyen mapas de riesgo obtenidos de la aplicación de modernos sistemas de representación y tratamiento de información facilitada por los satélites de observación remota (SIGs, teledetección).

Una labor destacada de divulgación de la cuestión de los riesgos naturales, durante los años noventa del siglo XX, se vincula, directamente, con la propia declaración de los años noventa como década internacional para la prevención de los riesgos naturales por parte de la ONU. En efecto el 2 de diciembre de 1987, la Asamblea General de las Naciones Unidas, por resolución A/42/169 designó el período comprendido entre los años 1990 y 1999 como «Decenio Internacional para la Reducción de

los Desastres Naturales» con el objetivo básico de reducir la pérdidas de vidas, los daños materiales y las perturbaciones sociales y económicas causadas, en los distintos países, por desastres naturales. Esta declaración suponía un nuevo paso en la preocupación por los estudios de desastres naturales. La compañía Munich Re Insurance, líder mundial, junto a la Swiss Re, en el aseguramiento contra el riesgo de catástrofes naturales, evaluó entonces que en los últimos veinte años las desastres naturales habían costado la vida de 3 millones de habitantes. Por su parte, el Centro de Epidemiología de los Desastres de la Universidad Católica de Lovain calculó que, entre 1966 y 1990, el número total de muertos y heridos causados por episodios atmosféricos de rango extraordinario ascendía a 743.925 y 932.781.668, respectivamente. En el marco del Decenio se han puesto en marcha una serie de programas para la mitigación del riesgo en países menos avanzados, donde la precariedad de recursos económicos y la carencia de legislación del suelo y ambiental impide la adopción de medidas de reducción de los desastres. Es la gran aportación de un Decenio que, por contra, en los países más avanzados se ha saldado con más sombras que luces.

Complemento de la declaración del Decenio Internacional, en abril de 1992, el Secretario General de la ONU, a propuesta de la Asamblea (Resolución 46/182) creó un nuevo Departamento de Asuntos Humanitarios (DHA) con la función de dar respuesta rápida y bien coordinada a las emergencias con objeto de salvar vidas y ayudar a la rehabilitación y el desarrollo de las poblaciones damnificadas. Desde junio de 1998 este Departamento ha pasado a denominarse Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA) y asume el cumplimiento de tres objetivos básicos: desarrollo de políticas humanitarias, defensa de intereses humanitarios y coordinación de actuaciones de emergencia ante desastres humanos y naturales. Las revistas «Stop Disasters», «DHA News», ya desaparecidas, y la propia página web de la OCHA, puestas en marcha con motivo del Decenio se han convertido en vehículo oficial de transmisión de programas y estudios oficiales llevados a cabo durante el Decenio y con posterioridad.

El Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales ha dado paso a la «Estrategia Internacional de Reducción de Desastres» (ONU, diciembre 2001). En el Informe para la aplicación de la mencionada Estrategia (julio 2001), previo a la aprobación del texto definitivo, se indica que el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos debe jugar un importante papel dentro de la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres en lo que atañe a la ordenación de tierras y la gestión urbana.

A comienzos del decenio de los años noventa, siguiendo la senda abierta veinte años antes por la reunión de Estocolmo y, asimismo, bajo los auspicios de la Naciones Unidas, se celebró la II Conferencia de Medio Ambiente y Desarrollo Humano en Río de Janeiro (1992). En los documentos aprobados en esta cumbre mundial comienza a reflejarse el mencionado cambio de consideración de la peligrosidad natural y su estrecha relación con la labor del hombre sobre el medio. Así, la Agenda 21, el más importante de los informes de trabajo de dicha reunión, dedicaba un apartado (capítulo 10) a la planificación y ordenación integrada de los recursos del territorio. En este capítulo se indica, entre otros aspectos, la necesidad de adoptar sistemas de planificación y ordenación que faciliten la integración de los componentes ambientales (aire, agua, territorio y otros recursos naturales) a partir de métodos de planificación ecológica del paisaje u otros que se centren en unidades tales como el ecosistema o la cuenca. Para el cumplimiento de estos objetivos, habida cuenta de la dificultad de aprobar políticas de desarrollo acorde con el medio en las escalas nacionales e internacionales, la Agenda 21 dejó abierta la puerta para la activación de políticas ambientalmente sostenibles en la escala local. Bien entendidas, las Agendas 21 locales se pueden convertir, también, en un instrumento eficaz para la reducción de los riesgos naturales existentes en un territorio a pequeña escala, siempre y cuando sus contenidos se impongan a las propuestas de planificación de los documentos legales de ordenación territorial (planes municipales de ordenación urbana).

Otra muestra del cambio de paradigma en la consideración de los riesgos por parte de los organismos internacionales ha sido la celebración, en el marco del programa Hábitat, dependiente del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Estambul, 1996) donde se aprobó la Declaración de Estambul sobre los Asentamientos Humanos. En el punto 4.º de dicho documento se señala que «para mejorar la calidad de vida en los asentamientos humanos, debemos luchar contra el deterioro de condiciones que, en la mayoría de los casos y sobre todo en los países en desarrollo, han alcanzado dimensiones críticas». Entre los aspectos necesarios para la mejora de la calidad de vida se indica la necesidad de «encontrar de manera amplia la degradación del medio ambiente y el aumento de la vulnerabilidad ante los desastres». Las políticas de ordenación racional del medio adquieren carta de naturaleza, en el sistema mundial de gobernanza, como medio eficaz de mitigación de daños por peligros naturales.

En este sentido, el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos ha publicado el informe «Cities in a globalizing world» (2001) en el que se dedica un capítulo al análisis de las «Estrategias de reconstrucción de asentamientos humanos post-desastre». Tres aspectos, según este informe, dominan cualquier análisis sobre desastres y asentamientos humanos: el aumento de la urbanización en áreas de riesgo ha provocado un incremento de la vulnerabilidad; en un número importante de países los gobiernos o las organizaciones no gubernamentales no pueden poner en marcha, por sí mismos, sistemas adecuados de asistencia a las víctimas; y, por último, la pobreza se convierte en un multiplicador de los efectos de los eventos naturales de rango extraordinario. El informe concluye el epígrafe dedicado a las catástrofes naturales en el medio urbano (cap. 15) con una propuesta para la gestión del riesgo en espacios urbanos. Frente al esquema clásico de cuatro etapas (emergencia, restauración, replazamiento y reconstrucción), centrado en reparación de daños tras la catástrofe se propone un

modelo donde priman la reducción del riesgo pre-evento extraordinario.

El desarrollo de sistemas de «alerta temprana», puestos en marcha desde hace años en los países más avanzados (Estados Unidos, Japón), es otro de los objetivos fundamentales en todos los países y regiones del mundo para la prevención de episodios extremos y la mitigación de sus efectos, según reconoce el programa de Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales y propio el Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (PNUMA). A ello ha contribuido de manera decisiva el dramático episodio del huracán «Mitch» (1998) en Centroamérica con más de 17.000 muertes y tres millones de personas sin hogar. La falta de sistemas de alerta temprana y de gestión de las emergencias contribuyó a agravar los efectos de un fenómeno meteorológico cuya trayectoria de desplazamiento tuvo, eso sí, difícil pronóstico.

Es de justicia señalar el importante papel que han jugado en los últimos años las Organizaciones no gubernamentales (ONGs) en las tareas de gestión de las emergencias y ayuda inmediata a las poblaciones afectadas por los desastres naturales. Desde la prevención de enfermedades post-catástrofe a la organización de servicios básicos, sin olvidar la educación para el riesgo, el trabajo de estas instituciones resulta esencial, no sólo como complemento de la ayuda internacional oficial que reciben los países dañados, sino como impulsores de proyectos de desarrollo local orientados a recuperar el orden de cosas anterior al desarrollo de un peligro natural extraordinario (vid. capítulo 64).

La «alerta temprana» combina medidas de predicción y de gestión de las emergencias. Son ejemplos de este tipo de medidas el sistema de alerta temprana de el fenómeno ENSO que lleva a cabo la NOAA estadounidense y el moderno Sistema de alerta temprana de hambrunas, FEWS Net, puesto en marcha, en 2000, por el Organismo de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) con objeto de mejorar la seguridad alimentaria en 17 países de África propensos a la sequía.

Para la implantación de estos sistemas es

fundamental la existencia de sistemas de información ambiental y transmisión de datos rápidos. Se ha señalado el beneficio que ha supuesto para la Humanidad la puesta en marcha del Sistema de Vigilancia Meteorológica Mundial y particularmente la instalación de los satélites de recepción remota. En idéntico sentido el programa interdisciplinar de satélites, denominado «Mission to Planet Earth», en el que participan, en la actualidad, junto a la NASA estadounidense, Japón, Europa y Canadá está ofreciendo resultados de enorme calado para la investigación de los medios terrestre, oceánico y atmosférico. El proyecto incluye el lanzamiento de una serie de satélites de órbita polar altamente especializados, con extraordinaria potencia de observación y gran resolución para el estudio de la superficie terrestre, la biosfera, la atmósfera y los océanos. La pieza central del programa es el Sistema de Observación Terrestre (EOS). Por su parte, para la mitigación de los desastres un aspecto básico ha sido la potenciación, durante la década de los años noventa del siglo XX, del sistema de comunicaciones INMARSAT, creado en 1979 para la navegación marítima, como sistema internacional de comunicación en caso de evento catastrófico. En la actualidad, dispone de satélites geoestacionarios (Inmarsat 2 y 3) que aseguran una cobertura completa del globo para el uso de teléfonos y terminales con las últimas tecnologías de comunicación digital (internet, correo electrónico, protocolo WAP). Para el año 2004 está previsto el lanzamiento de la serie 4 que permitirán el establecimiento del sistema B-GAN (Broadband Global Area Network).

Los organismos internacionales han tomado, pues, conciencia de la cuestión de los riesgos naturales, al tiempo que se ha asistido a un cambio en la consideración de los riesgos que se ha plasmado en los documentos oficiales emanados de organizaciones internacionales y administraciones nacionales. En efecto, se ha pasado de la transmisión de la idea de una naturaleza perversa que provoca calamidades a la humanidad a la aceptación del papel del hombre como agente causante, en última instancia, de los desastres. Las actuaciones sobre territorios de riesgo llevadas a cabo por éste han ex-

puesto, innecesariamente, a grupos sociales a niveles elevados de riesgo; de manera que cuando la naturaleza desata su fuerza —rasgo inherente a su dinámica— surge la catástrofe por la falta de conocimiento o de respeto a las leyes naturales.

Al necesario estudio de los rasgos de la naturaleza, que había centrado los esfuerzos de los gobiernos y organismos internacionales desde los años sesenta del siglo XX, se une ahora el análisis de las intervenciones del hombre sobre el espacio geográfico. Se habla de la necesidad de una planificación racional de los usos del suelo en el territorio. Se otorga importancia a la escala local (municipal) como escenario más próximo a los grupos vulnerables. La planificación de usos del suelo en los medios urbanos —los que presentan mayor exposición a los peligros naturales— comienza a considerar la necesidad de contar con estudios detallados del medio físico como aspecto previo a la implantación de actividades económicas, viviendas e infraestructuras en un proceso amparado, en grado diverso y según los países, por normativa específica. Al respecto, el PNUMA ha puesto en marcha el programa APELL, de Concienciación y Preparación para Emergencias a Nivel Local, para la financiación de experiencias de prevención y preparación de emergencias en la escala local.

En la Memoria sobre la labor de la ONU de 1999, el Secretario General, Kofi Annan, con los efectos aún recientes del desastre causado por el huracán «Mitch», señalaba que la adopción de estrategias de prevención eficaces no sólo permitirían ahorrar miles de millones de dólares, sino también salvar cientos de miles de vidas; y sin embargo, reconocía, que promover una cultura de la prevención no es fácil; «sus costos deben pagarse en el presente, en tanto que sus beneficios nos aguardan en un futuro lejano... de manera que no debe sorprender que el apoyo que reciben las políticas de prevención suele ser más retórico que sustantivo».

La necesidad de anticiparse a la catástrofe es ahora el objetivo a potenciar en todos los ámbitos de trabajo, comenzando por la esfera internacional. Ello ha quedado recogido en el último informe sobre «Perspectivas del medio ambien-

te mundial (Geo-3)» que ha servido de documento de trabajo en la conferencia Rio+10. Se impone la vigilancia sobre los acuerdos tomados en Johannesburgo que han sido destacados en materia de riesgos naturales.

Los próximos años van a resultar decisivos para los estudios de los riesgos naturales. La investigación científica de la peligrosidad natural y de sus efectos socio-territoriales debe contribuir a diseñar, desde una postura ética, las medidas —y las políticas— para la mitigación de los desastres naturales, con el objetivo señalado (vid. supra.) de evitar cualquier muerte humana y respetar la propia dinámica del medio. Ello debe acompañarse de la adopción de decisiones operativas por parte de los órganos de gobierno, en las diferentes escalas de trabajo.

Se impone la elaboración de una resolución específica de las Naciones Unidas sobre desastres naturales que fomente la creación de un organismo autónomo dentro de este organismo especializado en las cuestiones de peligrosidad natural y que incluya, junto a la creación de un sistema mundial de alerta temprana ante desastres naturales, obligación a los Estados miembros de implantar medidas de ordenación del territorio que impidan la ocupación de espacios de riesgo. Esa misma filosofía debería aplicarse en el territorio europeo y en sus países miembros. La aprobación de la reciente Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible (2001) parece haber olvidado que los peligros naturales, existen con independencia de la cuestión del cambio climático. El resultado es el olvido de la temática de los riesgos naturales como objetivo específico de las políticas de medioambiente en este ámbito para los años venideros. En España ha ocurrido igual; el documento de Desarrollo Sostenible, presentado a comienzos de 2002, no dedica apartado alguno a la cuestión de los riesgos naturales y ello a pesar de los ejemplos próximos de Biescas (1996), Alicante y Badajoz (1997) y el más reciente de Tenerife (marzo de 2002). La problemática de los riesgos naturales se sigue entendiendo como cuestión de la protección civil y no como elemento propio de los rasgos del medio (ambiente) español. Su consideración en el

conjunto de políticas ambientales merece la existencia de un departamento específico dentro del Ministerio ambiental. Extinguido el Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales y la propia Comisión de Catástrofes creada en el Senado en 1998, es necesaria la existencia de un organismo que sea el referente de las cuestiones de investigación de desastres y el diseño de políticas de mitigación. Es preciso dotar de contenido a dicho organismo con la aprobación de una ley marco de riesgos naturales.

La investigación de los peligros naturales ha avanzado en los últimos años con la incorporación de nuevas herramientas de gestión del territorio. Las cartografías de usos del suelo se han hecho precisas y, de acuerdo con ello, se han ajustado las cartografías de espacios con riesgo. Ahora bien, todas estas mejoras no servirán de mucho si el territorio sigue ocupándose con implantaciones poco acordes con los rasgos de su naturaleza. La escala local es decisiva en este aspecto. Los gobiernos municipales tienen la decisión última de la asignación de usos del suelo. Es imprescindible la creación de cuerpos técnicos en las administraciones locales especializados en la peligrosidad natural y sus métodos de defensa. Y sobre todo se impone la lógica coordinación de políticas territoriales y la consideración en ellas del riesgo, como un rasgo inherente a la naturaleza por encima de las decisiones, de las ambiciones del ser humano.

2. Riesgo, catástrofe, desastre

Cuestión previa al desarrollo de contenidos de los capítulos siguientes es la presentación de un corpus conceptual básico de empleo común en los trabajos de riesgos naturales. Esto es tanto más necesario en una disciplina como ésta que, como se ha señalado, tienen carácter multidisciplinar, donde convergen profesionales de diversa procedencia dentro de las ciencias naturales y sociales, cada uno de los cuales con epistemología y métodos de trabajo distintos.

Riesgo, catástrofe y desastre son conceptos ampliamente manejados en los estudios sobre

CUADRO 1.2. *Diferentes enfoques para la definición del riesgo natural*

	<i>Enfoque naturaleza</i>	<i>Enfoque social</i>	<i>Enfoque territorial</i>
<i>Riesgo</i>	Umbral de la dinámica natural de carácter extraordinario re-basado por el hombre en el desarrollo de sus actividades.	Grado de aceptación de la peligrosidad natural por un grupo humano.	Plasmación territorial de una actuación humana poco acorde con los rasgos extremos del medio donde tiene lugar.
<i>Catástrofe</i>	Efectos en una sociedad de un episodio natural de rango extraordinario.		
<i>Desastre</i>	Grado superior de una catástrofe que obliga a la puesta en marcha de ayuda externa al territorio afectado.		

Fuente: Elaboración propia.

eventos naturales de rango extraordinario y que se han popularizado en los últimos años merced al creciente interés por este asunto en la opinión pública. Se trata de términos de significado amplio que a menudo se emplean como sinónimos.

El riesgo natural es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario. La catástrofe es el efecto perturbador que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que a menudo supone la pérdida de vidas humanas. Si las consecuencias de dicho episodio natural alcanzan una magnitud tal que ese territorio necesita ayuda externa en alto grado se habla de desastre, concepto que alude al deterioro que sufre la economía de una región y al drama social provocado por la pérdida de numerosas vidas.

La diferencia entre riesgo natural y desastre natural remite a la docotomía aristotélica de la potencia y el acto propuesta por el estagirita para la interpretación del movimiento en cuanto devenir. En efecto, riesgo y catástrofe se asimilan a los términos de posibilidad y realidad. La literatura anglosajona habla de *natural risk* y *natural hazard* para designar a estos dos conceptos. Al ser el territorio el escenario de lo posible corresponde al estudio de los riesgos naturales precisar, matizar y establecer jerarquía sobre la posibilidad de que un espacio geográfico registre un evento natural de rango extraordinario, lo que debe conducir al establecimiento de ámbitos y de grados de riesgo. En este sentido el riesgo es la plasmación territo-

rial de una actuación humana poco acorde con los rasgos del medio donde tienen lugar; en otras palabras, es una infracción que el hombre comete sobre el territorio por la implantación inadecuada de actividades o asentamientos. Dicha implantación de usos en el suelo no se ajusta, por desconocimiento, o imprudencia, a las características físicas del medio. El riesgo natural siempre conlleva un componente de aleatoriedad, de probabilidad; en este sentido, Pagny (1994) se refiere al riesgo como «la espera de la catástrofe». La catástrofe, por su parte, supone fatalidad, que en el caso del desastre se convierte en grave retroceso respecto a las condiciones iniciales de una dinámica social. Hay, por tanto, diferentes enfoques para la definición del concepto riesgo «natural», según se otorgue prioridad al componente natural, social o territorial que forman parte de él (vid. cuadro 1.2).

En la balanza del riesgo natural el fiel se ha ido inclinando durante la segunda mitad del siglo XX hacia el lado de la acción del hombre y ello porque se ha producido un cambio en la percepción social de los riesgos naturales; se ha pasado de la adaptación al medio de las poblaciones al intento de sometimiento de aquél por parte del hombre; de manera que, cuando tiene lugar un peligro natural, se tiene como un hecho negativo, una contrariedad que la naturaleza ha querido poner en el camino del desarrollo humano.

Al respecto, el sociólogo Ulrich Beck en su obra *Risk Society. Towards a New Modernity* (1986) señala que el riesgo es consustancial a las sociedades industriales o post-industriales

contemporáneas. La sociedad del riesgo es un estadio de la sociedad moderna en el que la producción de riesgos políticos, ecológicos e individuales está, cada vez más, fuera del control de las instituciones encargadas de garantizar la seguridad de la sociedad. Para Beck, desde mediados de los años ochenta, la ciudadanía se ha ido formando una imagen diferente de los riesgos a los que se ve expuesta y muestra una desconfianza creciente hacia las instituciones encargadas de controlarlos. La sociedad del riesgo surge allí donde los sistemas de normas y las instituciones sociales fracasan a la hora de conseguir la seguridad prometida. Ulrich Beck señala que los peligros y los riesgos no son atribuibles a la naturaleza o a los dioses o a fuerzas metafísicas sino que dependen de decisiones adoptadas desde diversas instituciones sociales y decisiones individuales.

Resulta, por otra parte, curioso observar que este cambio en la percepción de los fenómenos naturales extraordinarios se produce, en las sociedades desarrolladas, de consumo, con el incremento del nivel de vida. Las sociedades creen que el aumento de las posibilidades económicas y la mejora en los conocimientos científicos y técnicos otorga salvaguarda plena ante los peligros naturales. De ahí que los daños asociados a uno de ellos se estiman provocados por una naturaleza problemática, sin caer en la cuenta de que justamente la búsqueda del progreso colectivo no suele respetar las reglas de aquella. Así, por ejemplo en la consideración del riesgo de sequía conforme ha aumentado el nivel de vida, las sociedades desarrolladas han pasado de la austeridad en el gasto de agua al despilfarro, de la adaptación al catastrofismo (Morales, Oleina y Rico, 2000).

Diferente consideración merece la peligrosidad natural en los países subdesarrollados donde la carencia de medios económicos aconseja el respeto de las leyes de la naturaleza para evitar, en la medida de lo posible, el desastre natural. Sin embargo, ésta es, desafortunadamente, la situación habitual cuando tiene lugar un evento catastrófico porque no se arbitran medios para mitigar sus consecuencias.

Y a esta diferente consideración del riesgo natural en relación con los medios económicos

se une la diversa peligrosidad existente en las regiones de la superficie terrestre que modifica la percepción del riesgo. Así en zonas con evidente peligro sísmico (cinturón peripacífico) la alta exposición de las sociedades a dicho riesgo crea una mayor conciencia ante eventos extraordinarios. No ocurre así en áreas que registran una frecuencia poco elevada de ocurrencia de un sismo; en éstas el paso del tiempo va reduciendo la precaución ciudadana ante dicho riesgo.

Sea como fuere, lo cierto es que en la superficie terrestre existen territorios de riesgo e incluso puede hablarse de paisajes de riesgo, esto es, espacios cuya característica geográfica principal es la inadecuada ocupación de un medio que soporta frecuentes eventos naturales de rango extraordinario. Estas últimas corresponden, generalmente, con áreas urbanas de países menos desarrollados. La misión del estudio de los riesgos naturales es soldar entre la abundancia de datos que ofrece el territorio para llegar a un conocimiento profundo de los «territorios de riesgo». Ello supone el estudio de los rasgos presentes y pasados de eventos naturales de rango extraordinario que azotan con frecuencia un espacio geográfico. Y ello con vistas a prevención de éstos y, en última instancia, a la indagación de los efectos que podrían derivarse de una alteración futura de las condiciones del medio, esto es, el planteamiento de «escenarios futuros de riesgo» que motiven la toma de nuevas medidas a los gobernantes en aras a la mitigación de sus posibles efectos.

Existen, por último, diferentes maneras de entender un peligro natural, diversas apreciaciones de un riesgo natural. Percepciones condicionadas por la propia ubicación geográfica de una región, por las formas distintas de vivir estos episodios en relación con las actividades económicas desarrolladas y por la propia tradición cultural. Hay una percepción rural y otra urbana de los peligros naturales completamente distintas. Hay un sentimiento diverso ante el riesgo según nivel de riqueza de un grupo social. Existe también una consideración diferente del fenómeno para el ciudadano y para las administraciones.

3. Carácter pluridisciplinar del estudio de los riesgos naturales

El estudio de los riesgos naturales tiene, por definición, carácter multidisciplinar. Al tratarse de una temática que aborda cuestiones geográficas, ecológicas, biológicas, geológicas, sociales, legales, económicas, sociológicas, históricas, matemáticas, físicas, químicas, de ingeniería, arquitectónicas, sanitarias y, en última instancia, de defensa civil y militar, son diversas las ramas científicas, técnicas y profesionales que se reúnen en su estudio. Incluso, intervienen cuestiones de ética personal y de grupo, esto es, el análisis de comportamientos humanos que se rigen en mayor o menor medida por la racionalidad (vid. cuadro 1.3). En la propia disciplina geográfica, una de las primeras en el estudio de los riesgos naturales, el análisis de la peligrosidad natural y de la vulnerabilidad social ante eventos de rango extraordinario, supone un punto de encuentro de las diferentes áreas de conocimiento geográficas. La investigación sobre riesgos naturales precisa conocimientos de la geografía física y de la dinámica de las sociedades que se localizan en un territorio, en un ámbito regional. Sólo desde un conocimiento exhaustivo del medio y de la sociedad que habita un territorio es posible llegar a conocer los territorios con riesgo.

Como se ha señalado, se ha defendido, por parte de algunos autores, de la existencia de una «ciencia de los riesgos» o ciencia «cindífrica» como campo de conocimiento con entidad propia en el universo de saberes. Sin negar la importancia de los estudios sobre riesgos naturales, este conocimiento es una unidad temática de enfoque múltiple dedicada a descifrar las causas de los episodios naturales de rango extraordinario, los efectos en las sociedades que habitan cada espacio geográfico y los medios de atenuarlos.

Al no existir prácticamente ningún territorio de la superficie terrestre que no se encuentre afectado por algún peligro natural, todas las actividades económicas se ven implicadas en la ocurrencia de aquéllos. Del mismo modo, ningún paisaje (agrícola, ganadero, industrial,

urbano, litoral, natural) escapa a los efectos de los peligros naturales. Los espacios agrarios son los más expuesta a los eventos de rango extraordinario, pero las áreas urbanizadas son las más vulnerables. Un dato significativo es que la vulnerabilidad de los peligros naturales se ha «litoralizado» durante los últimos decenios, de consuno a la migración de población y actividades económicas hacia este medio geográfico. Ello ha colocado a la actividad y los espacios turísticos costeros en posición privilegiada por lo que atañe de afección de los episodios naturales extremos. La internacionalización de la economía y la difusión mundial del fenómeno turístico ha integrado, en los circuitos de ocio, territorios que han puesto en valor sus recursos (naturales, culturales) en aras a la obtención de un desarrollo económico. Y de ello participan regiones desarrolladas y países menos avanzados. El ocio contribuye pues con elevados porcentajes a la riqueza nacional de los diversos estados en todo el mundo. Además la oferta de productos de ocio se especializa cada vez más, y las actividades de aventura y deporte vinculadas al aprovechamiento de algún recurso natural ganan adeptos cada temporada. La exposición de los turistas a los imponderables del medio físico es, por tanto, mayor. Hay una premisa fundamental en la localización de actividades económicas sobre un territorio cual es la necesaria seguridad para las personas que debe presumirse a todo proceso productivo. El sector turístico no escapa a ello y prueba del protagonismo que ha cobrado este tema para la actividad turística es la edición, por parte de la Organización Mundial del Turismo, en el marco del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, de una «Guía para la reducción de riesgos naturales en áreas turísticas» (1998), de referencia para la planificación de asentamientos turísticos.

La vinculación de los riesgos naturales con las diferentes actividades económicas es, por tanto, diversa. Hay actividades más expuestas a la ocurrencia de un peligro natural, con niveles de vulnerabilidad, bajos y viceversa. En general, las actividades económicas desarrolladas en espacios litorales densamente poblados presentan un alto grado de riesgo ante los epi-

CUADRO 1.3. Campos del saber y disciplinas relacionados con la temática de los riesgos naturales (según clasificación de la UNESCO)

Campos científicos	Disciplina
Matemáticas	Álgebra Estadística Probabilidad
Astronomía y Astrofísica	Planetología
Física	Electromagnetismo Mecánica Física del aire
Química	Química inorgánica Química orgánica
Ciencias de la Vida	Biología
Ciencias de la Tierra y del Espacio	Ciencias de la atmósfera Geología Geofísica Hidrología Oceanografía Edafología
Ciencias Agrarias	Agroquímica Agronomía Ciencia forestal Fitopatología
Ciencias Médicas	Medicina preventiva Salud pública
Ciencias Económicas	Economía aplicada
Geografía	Climatología Geomorfología Biogeografía Geografía del agua Geografía de la población Geografía regional Ordenación del territorio Geografía aplicada Geografía de los riesgos Geografía agraria Geografía urbana Geografía del turismo
Historia	Historia general
Ciencias Jurídicas y Derecho	Derecho administrativo Derecho penal Derecho internacional
Ciencia Política	Ciencias políticas Medios de comunicación
Psicología	Psicología social
Ciencias de las Artes y las Letras	Arquitectura Urbanismo
Sociología	Sociología de los asentamientos humanos Problemas sociales
Ciencias Tecnológicas	Ingeniería de caminos, canales y puertos Ingeniería geológica Ingeniería de minas
Ética	Ética de grupo

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 1.4. Grados de exposición y vulnerabilidad a los peligros naturales de las actividades económicas

Actividad económica	Exposición	Vulnerabilidad
Agricultura	Alta	Baja
Ganadería	Media-Baja	Baja
Industria	Media	Media
Servicios	Media-Alta	Alta
Turismo	Alta	Alta

FUENTE: Elaboración propia.

sodios naturales de rango extraordinario. El cuadro adjunto resume dicha relación (vid. cuadro 1.4).

4. Clasificación de los riesgos naturales

Al abordar el estudio de un campo con múltiples tipos de fenómenos como el que nos ocupa, es necesario clasificar dichos fenómenos. La complejidad exige siempre jerarquía. Ante todo, es necesario situar los Riesgos Naturales en el conjunto de los Riesgos, que incluyen también los Tecnológicos (accidentes indus-

triales, nucleares, de tráfico, entre otros) y los Sociales, ligados a los hábitos de vida como el tabaquismo, o a problemas como la delincuencia, estrechamente ligada a la drogadicción.

Existen múltiples criterios para realizar esta clasificación, como puede verse en la figura adjunta (vid. fig. 1.1).

En primer lugar, están los criterios *Genéticos* y *Tipológicos*, relacionados en general con el *Ambiente de Localización*. Un terremoto se genera en la litosfera y puede ser de varios tipos según la génesis: tectónico (por desplazamiento de una falla), volcánico, por deslizamientos, por explosiones, por hundimientos o por extracción de fluidos; a su vez, los terremo-



FIG. 1.1. Criterios de clasificación de los peligros naturales.

tos tectónicos, según el Ambiente Geotectónico pueden ser intraplaca o de borde de placa, que a su vez pueden ser de borde convergente, divergente o deslizante (Ayala-Carcedo, 1996). Se puede ver como con solo dos criterios de definición-clasificación, se van multiplicando las clases por la mera fuerza de la combinatoria. Otro criterio genético a utilizar, es el relativo al origen, humano o natural, de la acción desencadenante, que conduce a la división entre peligros naturales s.s. y naturales inducidos, que cursan con una dinámica plenamente natural una vez desencadenados por la acción humana, p. ej., la expansividad de suelos bajo las construcciones o los incendios provocados (Ayala-Carcedo, 1988).

La variedad de criterios en este campo, puede ser amplia. Así, en el campo de los movimientos de ladera, pueden considerarse: mecanismo de rotura, medio en el que se produce el movimiento, consistencia, velocidad, geometría de la zona movida etc. (Ayala-Carcedo, 1999; Varnes, 1984; Zaruba & Mencl, 1969).

La aplicación rigurosa de criterios genéticos a muchos de los procesos naturales que generan peligros, muestra que las clasificaciones que buscan atribuir a una sola de las Ciencias de la Naturaleza una especie de monopolio explicativo, y en el fondo competencial, carecen de base. Tomemos p.e. el caso de las inundaciones. Tienen una génesis meteorológica de raíz climática, a menudo mediada por el relieve, especialmente en las inundaciones torrenciales en la montaña. Una vez caída la lluvia, entran en acción el conjunto de sistemas, botánicos (intercepción foliar y flujo cortical, variables con cada especie), edáficos, agronómicos e hidrogeológicos que controlan la entrada de agua en el terreno y por tanto la producción de escorrentía que condiciona el coeficiente de escorrentía. Una vez producida la escorrentía, de acuerdo con la geomorfología fluvial de la cuenca, se producirán caudales mayores o menores y variará la forma, y por tanto la duración, del propio hidrograma. Determinados los caudales esperables en una sección del cauce, deberíamos aplicar criterios hidráulicos para ver si el agua desbordaba el cauce, criterios que deberán tener en cuenta los aspectos sedimen-

tológicos ligados con el transporte sólido (el solidograma), que a su vez pueden cambiar totalmente las condiciones hidráulicas como sucedió en 1996 en Biescas, en el Pirineo aragonés, tras taponar el caudal sólido el cauce artificial y volverse el torrente por el cauce natural, matando a 87 personas. Por tanto, si aplicáramos un criterio estrictamente genético a las inundaciones, deberíamos introducir factores meteoroclimáticos, hidrobotánicos, edáfico-agronómicos, geomorfológicos, hidrologicos, hidráulicos y sedimentológicos. Las inundaciones son bastante más que un peligro hidrológico o hidráulico. Lo mismo, en una vía análoga, podría decirse de los movimientos de ladera, las sequías, el karst, el cambio climático, los tsunamis, la niebla (con obvias relaciones con los aerosoles antrópicos), las plagas (con condicionantes climáticos y meteorológicos) etc. etc. Es obvio, que aunque existen factores predominantes, buena parte de los procesos tienen un carácter complejo, pluridisciplinar, y ésta debería ser la actitud científica en este campo. La simplificación disciplinar de los procesos de la Naturaleza, que no conocen una separación entre los sistemas atmosféricos, hidrosféricos, geosféricos y biosféricos, estrechamente interrelacionados, responde a nuestra incapacidad mental para manejar clasificaciones complejas y, a menudo, a intereses corporativos, pero no a la naturaleza de las cosas. Por otra parte, la naturaleza geográfica de la reflexión conjunta sobre los procesos naturales que relacionan ámbitos distintos y sobre la interrelación de éstos con la sociedad que los sufre, es obvia.

Un aspecto importante en relación con la Tipología, es el nivel de Severidad, muy importante y bien desarrollado en aquellos casos como los vientos, que pueden ser clasificados de forma simple a través de un parámetro físico como la velocidad, que ya tempranamente, en el XIX, dio origen a clasificaciones como la de Beaufort, o el caso de los terremotos, a través de la Intensidad o de la Magnitud.

El *Vector de Daño*, se refiere al elemento material transmisor del daño, que puede o no coincidir con el de génesis. Así, el elemento genético de la mayor parte de las inundaciones,

es la lluvia, pero no es la lluvia la que produce el daño, sino las aguas corrientes desbordadas o el caudal sólido que las acompaña. Otro tanto puede decirse de los tsunamis o maremotos, generados por un terremoto, donde el elemento transmisor del daño es el agua marina. En el caso de las epidemias, el vector transmisor necesario del microbio letal, suele ser un roedor o un insecto y es a él a quien hay que atender para la propagación y la prevención.

La *Previsibilidad* es un factor clave para el diseño de medidas de mitigación del riesgo. Hay inundaciones previsible temporalmente con efectos prácticos, las que tienen lugar en cuencas mayores de 500-1.000 km², frente a las inundaciones—relámpago en cuencas menores, imprevisibles a efectos prácticos en lo temporal, pero previsible en lo tipológico y territorial.

El *Radio de Acción*, como es obvio, tiene un papel decisivo para determinar la Exposición. Muchos movimientos de ladera tienen un radio de acción local, pero un movimiento en una zona de montaña que represe un río que acabe rompiendo la presa natural formada, puede ver enormemente magnificado su radio de acción al cambiar de vector de daño de la tierra al agua, mucho más móvil. Una gran erupción volcánica pliniana local que inyecte grandes cantidades de dióxido de azufre en la estratosfera, puede llegar a enfriar el clima de toda la Tierra hasta unos 2,5 años (Shönwiesse, 1988).

La caracterización del *Nivel de Actividad*, diferente de la Probabilidad, es necesaria para diversos peligros. Así, un deslizamiento puede estar activo, latente o estabilizado o fósil. Lo mismo puede suceder en un volcán, de apagado a activo.

La *Duración*, es otro elemento a tener en cuenta, pudiendo influir, no solamente sobre la severidad y el daño, como sucede en los terremotos, sino sobre el lucro cesante o pérdida de beneficios, como en una inundación.

La aplicación de este conjunto de criterios a un suceso concreto con vistas a su definición completa, es necesaria. La aplicación de todo este conjunto de criterios con vistas a la clasificación, es prácticamente inviable por la enor-

me cantidad de clases a las que conduce y es además de utilidad poco clara. Por ello, se hace necesario recurrir a *soluciones eclécticas* que priorizan algunos de los criterios, simplificando la clasificación a un nivel razonable. Diversos autores, han realizado clasificaciones para cada uno de los diversos peligros que pueden verse en los capítulos respectivos y son las que presentan una utilidad más clara, siendo necesarias con vistas a la previsión tipológica y como instrumento de comunicación unívoco, de tal forma que cuando se hable de un terremoto intraplaca, de una tormenta convectiva o de un flujo de lodo (mud-flow), todos sepamos de que estamos hablando.

Las clasificaciones generales, de menor trascendencia práctica que las citadas, han recibido menos interés, y en general han sido abordadas desde perspectivas sectoriales, geológicas (Ayala-Carcedo, 1988) o meteorológicas (Olcina Cantos, 1994).

La clasificación que se presenta a continuación, ecléctica, prioriza los criterios de ambiente de localización, los genético-tipológicos y el vector de daño (vid. cuadro 1.5).

Asimov (1979) ha clasificado las diferentes amenazas que acechan a la Humanidad, de las extraterrestres a las terrestres, incluyendo las naturales, tecnológicas, ambientales y sociales, según la magnitud de la catástrofe que pueden llegar a producir, y examinado sus probabilidades. Según el impacto, ha clasificado las amenazas en cinco clases, que afectarían sucesivamente al Universo, al Sistema Solar, a toda la vida en la Tierra, a toda la vida humana, y a la civilización. Otras clasificaciones más globales, incluyendo Riesgos Sociales y Tecnológicos, pueden verse en Hewitt (1997), Smith (2001) o Dauphiné (2001).

5. Conceptos de aplicación en el Análisis de Riesgos

Se han señalado y precisado con anterioridad los vocablos más comunes en el estudio de riesgos naturales que han cobrado amplia difusión en los últimos años. Es oportuno añadir otros conceptos que se manejan en la literatura

CUADRO 1.5. Clasificación general de los peligros naturales

TERRESTRES	FÍSICO-QUÍMICOS	En la litosfera (predominantemente geológicos y geomorfológicos)		<p>A) Internos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Terremotos: <ul style="list-style-type: none"> • Intraplaca • De borde de placa: convergente, divergente, deslizante • De falla oculta • Volcánicos — Erupciones volcánicas: <ul style="list-style-type: none"> • Hawaianas • Strombolianas • Vulcanianas • Peleanas — Diapiros — Rebrote isostático — Cambio de polaridad — Tempestades magnéticas <p>B) Externos (geomorfológicos):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Movimientos de ladera: <ul style="list-style-type: none"> • Con trayectoria aérea. • Con trayectoria terrestre (rodaduras, deslizamientos, flujos secos y húmedos) — Terremotos por deslizamientos o hundimientos kársticos — Dunas vivas — Karst — Expansión por la helada <p>C) Geopáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Aguas subterráneas y suelos peligrosos — Radiactividad natural
		Inducidos		<ul style="list-style-type: none"> — Terremotos por flujo de fluidos, explosiones y embalses — Expansividad — Colapso — Subsistencia (por minería o extracción de fluidos) — Karst inducido — Sifonamiento — Geoquímico: Gases explosivos o nocivos — Asbestos — Suelos contaminados — Erosión del suelo — Regresión de deltas por sedimentación en embalses
		Fluviales		<ul style="list-style-type: none"> — Inundaciones fluviales (por lluvias, por fusión de nieves, por rotura de presas naturales, cambio de curso) — Sedimentarios (colmatación, bancos de arena en navegación)
		Limnológicos		<ul style="list-style-type: none"> — Inundaciones endorreicas — Desbordamientos por rotura de diques morrénicos
		Glaciológicos		<ul style="list-style-type: none"> — Aludes — Glaciares
En la hidrosfera		Oceanográficos	<p>A) Litorales:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Oleaje — Mareas vivas — Dinámica sedimentaria — Ondas de marea (porroca) — Ondas de tormenta — Tsunamis — Bajíos <p>B) Océánicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Oleaje — Deriva de corrientes — Icebergs 	

CUADRO 1.5. (Continuación)

TERRESTRES	FÍSICO-QUÍMICOS	En la litosfera (predominantemente meteorológicos y climáticos)		<p>A) De la precipitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Nevadas — Granizo — Lluvias intensas y torrenciales — Sequías (secuencias de indigencia pluviométrica) — Bloques de hielo <p>B) De la temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Olas de frío y secuencias de helada — Olas y golpes de calor — Niebla (irradiación) <p>C) Del viento:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Vendavales en latitudes medias (borrascas energéticas/tornados) — Vendavales en latitudes altas («ciclones explosivos») — Vendavales en latitudes intertropicales (tormentas y ciclones tropicales/tornados/ondas de cizalladura) — Turbulencias súbitas (aviación) — Blizzards/celisia — Tormentas de arena — Vientos secos y persistentes de efecto foehn (Föhn, Chinook, Zonda, «ponientes», ...) <p>D) De la electricidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Rayos — Electricidad estática — Líneas eléctricas (inducido) <p>E) Meteo-químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Naturales: <ul style="list-style-type: none"> • Ozono troposférico (en parte) • Metano • Dióxido de carbono — Inducidos: <ul style="list-style-type: none"> • Ozono estratosférico (en parte) • Contaminación <p>F) Climáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Fenómeno ENSO — Cambios climáticos (naturales e inducidos)
		Biológicos (en la biosfera)		<ul style="list-style-type: none"> — Epidemias y enfermedades infecciosas (inducido en contaminación biológica) — Zoonosis — Plagas de los cultivos y forestales (animales y vegetales) — Ataques y mordeduras de animales — Algas tóxicas — Alérgenos aeropartados — Incendios forestales (a menudo inducido)
		ESTRATERRESTRES	Físicos	Biológicos
			<ul style="list-style-type: none"> — Contaminación biológica 	



FIG. 1.2. Modelo simplificado del análisis de riesgos.

científica o técnica. Cierto es que no existe un vocabulario totalmente aceptado, aunque las definiciones que se dan a continuación, son compartidas por numerosos especialistas. Se ofrece la traducción inglesa para facilitar la lectura de esta bibliografía imprescindible en este campo.

Por *Análisis de Riesgos (Risk Analysis)* se entiende aquella disciplina científico-técnica cuyo objeto es la identificación y análisis de los factores de riesgo, natural, tecnológico, ecológico o social (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad) con vistas a la evaluación del Riesgo y al diseño racional de medidas de mitigación del mismo.

El Análisis de Riesgos tiene tres fases (vid. fig. 1.2): a) Análisis de Factores de Riesgo (Risk Factors Analysis), con tres subfases: Análisis de Peligrosidad (Hazard Analysis), Análisis de Exposición (Exposure Analysis) y Análisis de Vulnerabilidad (Vulnerability Analysis); b) Evaluación del Riesgo (Risk Assessment): cálculo o estimación de las pérdidas esperables, y comparación con criterios de admisibilidad, aunque esta comparación puede ir también en la fase siguiente, y c) Análisis y Diseño de Medidas de Mitigación del Riesgo. Existen, empero, otras aproximaciones al Análisis de Riesgos como la que ofrecen Petak & Atkisson (1982).

En el campo de los Riesgos Ecológicos, las dos primeras fases del Análisis de Riesgos suelen denominarse Evaluación de Riesgos Medioambientales (Environmental Risk Assessment).

Gestión o Gerencia de Riesgos (Risk Management): Disciplina basada en el Análisis de Riesgos y las Técnicas de Gestión cuyo objetivo es la materialización orgánica de las medidas de mitigación del Riesgo y la gestión de organizaciones que tienen que ver con la aplicación de estas medidas y la gestión de emergencias.

Peligro o Amenaza (Hazard): Proceso o fenómeno de carácter natural o tecnológico que puede originar daños a la población, los bienes materiales o el medio ambiente natural.

Severidad o Intensidad (Severity or Intensity): Conjunto de características de un Peligro natural o tecnológico con incidencia en su capacidad de producir daño. Según el tipo de peligro, características de la Severidad pueden ser los tipos de contaminantes y su concentración, la presencia de sustancias explosivas, la magnitud y duración de un terremoto, el calado de una inundación o la explosividad de un volcán. Probablemente sería más adecuado reservar el término Intensidad para los aspectos cuantificables en forma de Escala.

Peligrosidad (Hazard level): Conjunto formado por la Severidad y la Probabilidad de un Peligro, que están mutuamente relacionadas, siendo en general la Severidad tanto mayor cuanto menor es su Probabilidad.

Probabilidad Anual de Excedencia (Annual Exceedence Probability), P_E : Probabilidad Anual de que un determinada Peligrosidad sea excedida. Es el inverso del Período de Retorno: $P_E = 1/T_R$

Probabilidad Anual de no Excedencia, $P_{NE} = 1 - P_E$.

Período de Retorno (Return Period), T_R : Número de años que han de pasar en promedio para que una determinada Severidad sea igualada o excedida. $T_R = 1/P_E$

Probabilidad de Excedencia en N años, P_{EN} .

$$P_{EN} = 1 - (1 - P_E)^N$$

El análisis probabilístico se realiza habitualmente tras el ajuste de funciones estadísticas de valores extremos a series de valores extremos anuales.

Riesgo (Risk): Daño o pérdida esperable a consecuencia de la acción de un Peligro sobre un bien a preservar, sea la vida humana, los bienes económicos o el entorno natural. Según sea la naturaleza del bien afectable, se hablará de Riesgo humano o social, económico o ecológico. El Riesgo puede medirse en términos cuantitativos, tales como víctimas, euros o árboles, o caracterizarse en términos cualitativos, como alto o bajo, aceptable o no aceptable. Puede expresarse en daño o pérdida total, o en términos anuales.

En la medida que la práctica totalidad de los Riesgos proceden del Ambiente (Natural o Tecnológico), todos los Riesgos son Ambientales, por lo que es preferible reservar el nombre de Riesgos Ecológicos para aquellos que afectan al Ambiente Natural.

Factores de Riesgo (Risk Factors): factores que deben darse todos necesariamente para que exista un daño esperable, en concreto Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad.

Exposición (Exposure), E : Conjunto de bienes a preservar que pueden ser dañados por la acción de un Peligro. Puede ser humana, económica, estructural o ecológica. La Exposición en un mismo emplazamiento suele variar a lo largo del día o estacionalmente. También se emplea «Elementos en Riesgo» (Elements at Risk).

Vulnerabilidad (Vulnerability), V : Tanto por uno de pérdida esperable de un determinado bien expuesto, que puede expresarse determinística o probabilísticamente, siendo 0 para ausencia de daño y 1 para daño o pérdida total.

Puede tratarse de vulnerabilidad humana, estructural, económica o ecológica, de acuerdo con el tipo de Riesgo a evaluar.

La Vulnerabilidad es función ante todo de la Severidad (a más Severidad, más Vulnerabilidad) y de las medidas de prevención, tanto estructurales como no estructurales. Así, la Vulnerabilidad Humana en una zona sísmica, depende de la estructural, y también de la educación para el riesgo (vid. fig. 1.3).

Riesgo Individual (Individual Risk): El que afecta a un individuo

Riesgo Colectivo (Societal Risk): El que afecta a grupos humanos

Evaluación Cuantitativa del Riesgo (ECR, Quantitative Risk Assessment): La realizada a partir de valores cuantitativos de los Factores de Riesgo con la Fórmula General del Riesgo (habitualmente en forma discretizada; en realidad es una integral):

$$R = \sum P_i \times E \times V_i$$

donde:

R : Riesgo anual (víctimas/año esperables; euros/año esperables etc.).

P_i : Probabilidad del tramo i de la función de densidad probabilística de la Severidad.

E : Exposición.

V_i : Vulnerabilidad (0-1) correspondiente a la Severidad del tramo i ; humana, económica o ecológica.

Riesgo Específico o unitario, R_s (Specific Risk): Riesgo por unidad de Exposición; $R_s = P \times V$ (Varnes, 1984).

Pérdida Máxima Probable, PML (Probable Maximum Loss) o *Siniestro Máximo Esperado (SME)*: Pérdida esperable en la hipótesis de Peligro Máximo Probable. En la práctica, se construye la curva pérdida-probabilidad y, o bien se toma el valor máximo, a menudo asintótico, o bien se decide con criterios diversos, la probabilidad de corte (de Mingo; Piserra y Busón, 1992).

Ratio Medio de Daño (Mean Damage Ratio): El correspondiente a un conjunto de bienes económicos o ecológicos heterogéneo (Tiedemann, 1992).

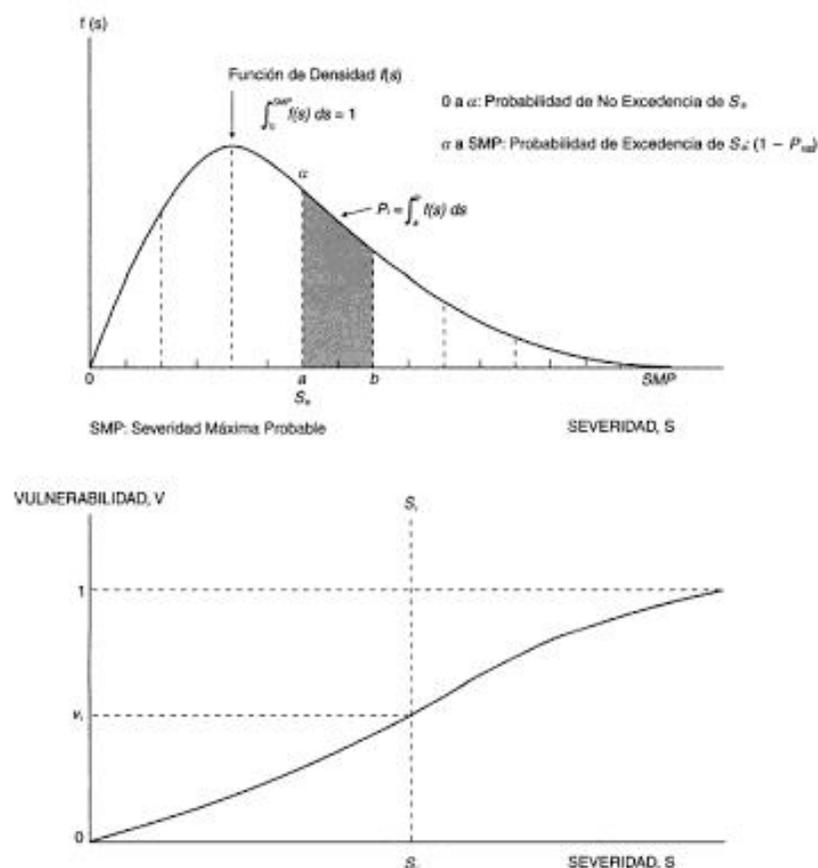


FIG. 1.3. Determinación de la probabilidad y vulnerabilidad para el cálculo del riesgo.

Desastre o Catástrofe (Disaster o Catastrophe): Suceso concentrado en el tiempo que produce de forma simultánea o cuasimultánea grandes daños humanos, económicos o ecológicos. Con un criterio operacional, puede definirse como Desastre Social aquel que produce un mínimo de diez víctimas mortales. Los umbrales para definir Desastres Económicos o Ecológicos, dependen en buena medida del nivel de desarrollo.

Calamidad Pública (Public Calamity): Fenómeno relativamente dilatado en el tiempo

que produce daños a una comunidad, como p.e. una sequía o una epidemia.

Criterio de Admisibilidad del Riesgo (Risk Acceptability Criterion): Aquel que discrimina qué riesgo es asumible, sin o con medidas de mitigación, y que riesgo no es asumible, aceptable o tolerable. En el caso del Riesgo Humano, los criterios cuantitativos suelen ser de tipo F/N, función de la Frecuencia anual del suceso (Probabilidad Anual de Excedencia en realidad) y el Número de víctimas mortales del mismo, en general en forma de fun-

ciones potenciales (log-log). Estos criterios, como el del Gobierno de Hong Kong (Wrigley & Tromp, 1995), abarcan tanto el Riesgo Individual ($N = 1$), como una gama amplia del Colectivo, por lo que son criterios de aceptabilidad social del Riesgo. En el caso del Riesgo Económico, suelen ser de tipo F/P (Frecuencia anual/ Pérdida económica), con funciones del mismo tipo (Withmann, 1984).

Para los riesgos debidos a la ingestión, inhalación o contacto con sustancias tóxicas, suelen basarse en la Dosis Crónica Segura (DCS), o en la Dosis Acumulada Umbral (DAU) para radiaciones.

Para la zona intermedia entre el Riesgo asumible sin medidas de mitigación y el no asumible, la adopción de medidas de mitigación del riesgo se basa en el Criterio ALARP (As Low as Reasonable in Practice, Tan Bajo como sea Posible en la Práctica), o mejor aún en el criterio BAT (Best Available Technology, Mejor Tecnología Disponible).

Medidas de Mitigación del Riesgo (Mitigation Measures): Aquellas que buscan, preventivamente, mitigar el riesgo, es decir, la pérdida o el daño esperable. Pueden ser de dos clases: estructurales (las que se orientan a mitigar la Peligrosidad o la Vulnerabilidad Estructural, los sistemas estructurales de Alerta) y no estructurales (Ordenación del Territorio para el Riesgo, Seguros, Educación para el Riesgo). Según el factor de riesgo mitigado, pueden ser Medidas Antipeligrosidad, Antivulnerabilidad y Antiexposición (Ayala-Carcedo, 1993). Una estrategia que incluya medidas de varias clases, es una estrategia integrada.

Medidas de Mitigación del Desastre (Disaster Alleviation o Relief Measures): Aquellas que se toman tras un desastre para minimizar los daños evitando que estos aumenten. Son muy variadas, yendo de la inspección y evaluación inmediata de la zona siniestrada por expertos a la búsqueda y salvamento de heridos y desaparecidos, el realojo de la población en zonas seguras, tratamientos médicos y psicológicos, a menudo en hospitales de campaña, abastecimiento de agua potable para evitar epidemias, entierro de víctimas, rehabilitación de zonas destruidas, etc.

Predicción (Forecast): Conjunto de acciones que buscan la definición de un Peligro en cuanto al porqué, cuando, dónde y como, previamente a su desencadenamiento. La Predicción puede ser temporal (cuando), espacial (dónde) o tipológica (porqué y como). La Predicción tiene una viabilidad diferente según los diferentes Peligros y es parte inicial y necesaria de cualquier estrategia de prevención. La Predicción Temporal se apoya en sistemas tecnológicos como satélites, aforos fluviales en tiempo real, etc., y su objetivo es tanto el dar Alertas a la población para que evacúe las zonas donde el riesgo para sus vidas no es aceptable, bien para la operación de sistemas de mitigación como embalses.

Prevención (Preparedness): Conjunto de acciones de mitigación del riesgo y preparación para la atención postdesastre.

Mapas de Riesgos (Risk Maps): Conjunto de mapas interrelacionados que pueden ser de Peligrosidad, Exposición-Vulnerabilidad o Riesgo. Forman parte necesaria del Análisis de Riesgos desde sus primeras fases, ya que materializan la predicción espacial del Peligro. Una clasificación en función de los conceptos fundamentales, puede verse en Ayala-Carcedo (1990).

Susceptibilidad (Susceptibility): Propensión o tendencia de una zona a ser afectada físicamente por un peligro, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas que han sido afectadas en el pasado. Es un concepto relacionado con la probabilidad pero distinto, y normalmente se plasma en un mapa de susceptibilidad.

Previsibilidad (Foreseeability, Predictability): Posibilidad de predecir un Peligro o un Riesgo.

Dado que existen varios tipos de Predicción, siempre que sea posible alguna de ellas, sea la temporal, la espacial o la tipológica, existe algún nivel de previsibilidad y por tanto, la posibilidad de tomar medidas preventivas. Se ha abusado de la imprevisibilidad temporal, a menudo inútil en la hipótesis de que fuera posible con vistas a tomar medidas de alerta o evacuación por el escaso margen de tiempo, p. ej., en el caso de una tormenta convectiva

como la que sucedió en la localidad aragonesa de Biescas (Ver Caso), para declarar imprevisibles muchos desastres. En realidad, el énfasis debería hacerse justamente en lo contrario, en que gran parte de esos desastres eran previsibles espacial y tipológicamente, y por tanto podían haberse evitado con su consideración en la Ordenación Territorial.

Umbral de Riesgo (Risk Threshold): Nivel de Severidad o Intensidad del Peligro que, superado, hace a la Vulnerabilidad mayor de 0, con lo cual se entra en zona de riesgo.

Ratio Medio de Muerte (Mean Death Ratio): Número total de muertes/Población expuesta (Tiedemann, 1992). Equivale a la Vulnerabilidad humana media, con independencia de los niveles de Severidad y Vulnerabilidad.

6. Una nueva unidad de análisis territorial de los riesgos naturales: la «región-riesgo»

El análisis territorial de las peligrosidad natural y sus efectos en las sociedades humanas muestra que, en la superficie terrestre, es posible delimitar unidades espaciales que comparten una afección similar de algún episodio natural de rango extraordinario. De este modo el riesgo latente en un territorio se convierte en uno de los elementos de significación geográfica más importantes en el análisis de dicho medio. Ese riesgo encuentra además significación cultural puesto que llega a determinar —condicionar— actuaciones tendentes a reducir sus efectos o evitar sus daños. Surge, así, la «región-riesgo» una unidad de análisis territorial, de dimensiones variables, que alzaprima el carácter vulnerable de una población ante un episodio natural extremo, sus implicaciones en el devenir de esa sociedad, como el rasgo más sobresaliente —o uno de ellos— de un medio geográfico. Ejemplos mundiales de espacios geográficos de riesgo —a diversa escala— donde el elemento clave de su interpretación territorial es, justamente, la frecuente aparición de peligros naturales que quiebran el desarrollo normal de una sociedad son Asia Meridional, Filipinas, el Caribe, Centroamérica, región del Sahel africano, Mozambique, llanuras

aluviales de los grandes ríos chinos (particularmente el Yangtsé), América andina. Existen otros territorios mundiales donde el riesgo es uno de los aspectos geográficos más destacados pero el nivel económico contribuye a restituir la situación previa al desarrollo de un episodio natural de rango extraordinario (Europa mediterránea, llanuras centrales de los Estados Unidos, California, Japón, Australia).

Los rasgos que definen a la «región-riesgo» son los siguientes:

— Es un espacio geográfico de dimensiones conocidas afectado por uno o varios peligros naturales con incidencia sobre la población, los asentamientos y las actividades allí instaladas. La caracterización de un territorio a partir de su grado de riesgo ante un episodio natural de rango extraordinario se adapta a las diferentes escalas de trabajo del análisis regional (ámbitos, dominios, regiones, comarcas). Los cuadros adjuntos presentan sendas propuestas de caracterización de regiones-riesgo, a diversa escala, a partir de la singularización de los peligros naturales más destacados en ellas (vid. cuadros 1.6 y 1.7).

— Aunque converjan varios peligros naturales en una misma unidad territorial, es posible caracterizar una región-riesgo en función de uno de ellos que destaca sobre los demás. Ese peligro marca el devenir de dicha unidad territorial, hasta el punto de convertirse en un elemento geográfico significativo de dicho espacio. En este sentido, la propia historia de dicho territorio está salpicada de acontecimientos de catástrofe provocados por el desarrollo frecuente de ese —o esos— peligro natural. Las enseñanzas históricas pueden contribuir a determinar cuál es el peligro natural que marca el devenir de un espacio geográfico. Es por ejemplo el caso de la región del suroeste ibérico donde convergen varios, y graves, peligros naturales pero entre los que sobresalen las secuencias de indigencia pluviométrica. Al respecto, la Sociedad Económica de Amigos del País de Alicante, en su propuesta de división de las regiones naturales de la provincia de Alicante, en 1882, incluía los partidos judiciales situados en el extremo meridional de la misma en la denominada «región de las sequías».

— La caracterización de un espacio geográfico

CUADRO 1.6. Propuesta de caracterización de dominios-riesgo en Europa

<i>Dominio-región</i>	<i>Riesgo natural que la caracteriza</i>
Europa mediterránea	Inundaciones y sequías, sismicidad, vulcanismo
Europa atlántica	Temporales (viento, lluvia)
Europa alpina	Aludes, tormentas
Europa nórdica	Temporales de viento
Europa oriental	Olas de frío

FUENTE: Elaboración propia.

fico en virtud del riesgo natural que en mayor grado le afecta otorga operatividad a la división territorial de análisis. La región-riesgo es una unidad de trabajo aplicada, con un principio rector (riesgo) sobre el que gravitan el resto de elementos que dan sentido a un espacio geográfico.

— Existen territorios en la superficie terrestre que quedan fuera de la categoría de región-riesgo al no estar caracterizados por el desarrollo en ellos, con una frecuencia significativa, de algún peligro natural. Sin que ello implique que la génesis de un evento natural de rango extraordinario, aunque excepcional, pueda causar serios trastornos en el funcionamiento de dicho territorio.

El interés por la caracterización de la peligrosidad natural condigna a un espacio geográfico se ha afianzado en los últimos lustros en la bibliografía geográfica. El tratamiento de los riesgos naturales en los análisis territoriales es, por otra parte, un aspecto esencial si se pretende conocer la dinámica socio-económica y ambiental de un espacio geográfico en su totalidad. Ello se ha entendido así en algunas obras de geografía regional del mundo editadas durante los últimos años en las que se destaca la importancia de la peligrosidad natural como elemento de significación en diferentes regiones del mundo que, en algunos casos, ha modelado paisajes y comportamientos sociales,

CUADRO 1.7. Propuesta de caracterización de «regiones-riesgo» en España

<i>Dominio-región</i>	<i>Riesgo natural que la caracteriza</i>
Sureste peninsular	Sequía, inundaciones, sismicidad
Fachada cantábrica	Temporales de viento y lluvia
Montaña cantábrica	Nevadas intensas
Meseta interior	Heladas, nieblas, granizo
Montaña central	Nevadas, tormentas
Tierras extremeñas	Inundaciones
Cataluña	Inundaciones
Canarias	Temporales de Canarias, vulcanismo
Andalucía oriental	Inundaciones, sismicidad
Andalucía occidental	Temporales del suroeste (lluvia, viento)
Valle del Ebro (sector central y desembocadura)	Viento fuerte
Alto Ebro	Tormentas de granizo
Fachada levantina	Inundaciones
Baleares	Inundaciones
Pirineos	Nevadas, aludes, tormentas
Montaña ibérica	Tormentas
Sierra Nevada	Deslizamientos

FUENTE: Elaboración propia.

amén de condicionar la planificación de usos del suelo en el territorio. Es el caso de la Geografía Universal, coordinada por Brunet y publicada en diversos tomos a partir de 1994, o de trabajos regionales específicos como la obra sobre Estados Unidos de Bethemont y Breuil (1989), de Gauthier, Dorel y Reynaud (1994) y de Boal y Royle (1999); de las obras de Musset sobre el ámbito centroamericano (1990 y 1994); del análisis sobre Latinoamérica elaborado por Preston (1996); de Songqiao sobre China (1994); de Bloc-Durafour y Mespelier sobre Japón (1991); de Robinson, Loughran y Tranter sobre Australia y Nueva Zelanda (2000) o de Powell sobre Australia (1991); de Gleave sobre Africa Tropical (1992) o de López Palomeque et al. sobre Europa (2000), entre otros estudios. En ellos hay un análisis geográfico del riesgo como elemento condicionante de la vida en esos territorios.

Dauphiné (2001) se refiere al tránsito ocurrido en la geografía universal, durante los últimos lustros, desde una geografía zonal, que irrumpió con fuerza como paradigma de análisis geográfico regional en los años setenta y ha sido objeto de recuperación en la década de los noventa del siglo XX, a una geografía «civilizadora» de las catástrofes, puesto que a la zonificación que puede hacerse de éstas sobre la superficie terrestre se une además el hecho de que los diferentes peligros originan un grado de riesgo diverso en las civilizaciones distribuidas sobre la Tierra. De este modo un gran dominio geográfico estaría formado, según Dauphiné, por los países más avanzados (Estados Unidos, Japón y Europa) que han desarrollado medios para mitigar los efectos de los peligros naturales y donde adquieren un protagonismo importante los riesgos tecnológicos; un segundo gran dominio estaría formado por los países en desarrollo, cuyo rasgo es la violencia que suelen adquirir los efectos de las catástrofes debido a la falta de mecanismos de planificación de emergencias y defensa ante los riesgos; y por último, un tercer dominio estaría formado por los antiguos países socialistas europeos, donde la tradicional creencia de supremacía del hombre sobre el medio se ha saldado con la realidad de un enorme desequilibrio ambiental, cuando los cimientos de la

ideología marxista se han derrumbado evidenciando los abusos sobre el medio.

La «región-riesgo» es un punto de encuentro de aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales dentro del análisis de sistemas territoriales. La región-riesgo supone la jerarquización, con visión social, de los elementos del medio físico que provocan una ruptura, más o menos coyuntural, de la actividad del hombre en un territorio; y esa jerarquización exige elección de criterio con el que afrontar el análisis-diagnóstico de los múltiples rasgos de un medio. Así, por ejemplo, la historia de un asentamiento, su evolución urbana, puede entenderse como la progresiva incorporación a su callejero de uno o varios cursos fluviales que determinan el devenir futuro de la población asentada. En este caso el elemento de significación territorial es la existencia de una red hidrográfica a la que debe subordinarse el caserío si no se desea convertir una ciudad en un territorio de riesgo (vid. caso. 17). Es un ejemplo de territorio urbano con riesgo; una región-riesgo, a escala local.

La región-riesgo es, en definitiva, una propuesta de clasificación sistémica del oikoumene dentro de un mundo de divisiones territoriales de geometría variable (Gómez Mendoza, 2001). Es un nuevo enfoque para su aplicación en las divisiones regionales de un espacio geográfico que alzaprima el criterio de la afección frecuente de un peligro natural en las sociedades instaladas en un medio.

Agradecimientos

Al Dr. Jordi Corominas, de la Universidad Politécnica de Catalunya, por la revisión crítica del texto.

Bibliografía

- Asimov, I. (1979): *A choice of catastrophes*, trad. como «Las amenazas de nuestro mundo» en 1984, Plaza & Janés, Barcelona, pp. 432.
- Ayala-Carcedo, F. J. (1988): «Introducción a los riesgos geológicos», en *Riesgos Geológicos*, Ayala-Carcedo, Durán Valsero y Peinado, eds., Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 3-20.

- Ayala-Carcedo, F. J. (1990): «Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos», *Boletín Geológico y Minero*, ITGE, Madrid, vol. 101-1033, pp. 456-467.
- (1993): «Estrategias para la reducción de desastres naturales», *Investigación y Ciencia*, Mayo, pp. 6-13.
- (1996): «Terremotos y tsunamis», en *Anuario de los Temas 1996*, Robles edit., Difusora Internacional, Barcelona, pp. 170-187.
- (2000): «La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población», en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 30 (monográfico sobre «Riesgos Naturales»), Madrid, pp. 37-49.
- Beck, U. (1998): *La sociedad del riesgo*, Editorial Paidós, Barcelona, p. 304.
- (2002): *La sociedad del riesgo global*, Edit. Siglo XXI, Madrid, p. 290.
- Bethemont, J. y Breuil, J. M. (1989): *Les Etats-Unis: une géographie régionale*, Masson, París, p. 304.
- Bloc-Durafour, P. y Mespelier, A. (1991): *Le Japon*, Ed. Breal, Montreuil, p. 255.
- Boal, F. W. y Royle, S. A. (edit.) (1999): *North America. A geographical mosaic*, Arnold, Londres, p. 342.
- Brunet, R. (dir.) (1994-): *Géographie Universelle*, Ed. Belin-Reclus, Maxéville, varios tomos.
- Buj Buj, A. (1997): «Los desastres naturales y la geografía contemporánea», *Estudios Geográficos*, tomo LVIII, n.º 229, octubre-diciembre, Madrid, pp. 545-563.
- Burton, I., Kates, R. W. y White, G. F. (1993): *The environment as hazard*, The Guilford Press, Nueva York y Londres, p. 290.
- Calvo García-Tornel, F. (1984): «Geografía de los Riesgos», *Geocrítica*, 54, noviembre, Barcelona, p. 39.
- (2000): «Panorama de los estudios sobre riesgos naturales en la geografía española», en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 30 (monográfico sobre «Riesgos Naturales»), Madrid, pp. 21-35.
- (2001): *Sociedades y territorios en riesgo*, Ediciones del Serbal. Colección «La Estrella Polar», Barcelona, p. 186.
- Casetti, E. (1981): «A catastrophic model of regional dynamics», *Annales of The Association of American Geographers*, 71, 4, pp. 572-579.
- Dauphiné, A. (2001): *Risques et catastrophes*.

Observer. Spatialiser. Comprendre. Gérer, Armand Colin, París, p. 268.

- Del Moral Iuarte, L. (1991): *La obra hidráulica en la cuenca baja del Guadalquivir (siglos XVIII-XX)*, Universidad de Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Sevilla, p. 591.
- Gauthier, A.; Dorel, G. y Reynaud, A. (1994): *Les Etats-Unis depuis 1945*, Breal, París, p. 286.
- Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. (eds.) (1989): *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, p. 586.
- Gil Olcina, A. y Olcina Cantos, J. (1997): *Climatología General*, Editorial Ariel. Colección Geografía, Barcelona, p. 579.
- (1999): *Climatología Básica*, Editorial Ariel. Colección Geografía, Barcelona, p. 387.
- Glacken, C. J. (1996): *Huellas en la playa de Rodas*, Ediciones del Serbal, Barcelona, p. 730.
- Gleave, M. B. (edit.) (1992): *Tropical African development*, Longman, Essex, p. 366.
- Gómez Mendoza, J. (2001): «Un mundo de regiones: geografía regional de geometría variable», en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 32 (monográfico sobre «Región y Geografía Regional»), Madrid, pp. 9-27.
- González Tascón, I. (coord.) (1998): *Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II*, Sociedad Estatal para la conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, Madrid, p. 490.
- Herrero Fabregat, C. (1996): «La geografía en la revista de Escuelas Normales (1923-1936)», *Estudios Geográficos*, Tomo LVII, n.º 222, enero-marzo, Madrid, pp. 31-65.
- Hewitt, K. (1997): *Regions of Risk. A geographical introduction to disasters*, Longman, England, p. 389.
- Keevern, G. Y et Rubise, P. (1991): *L'Archipel du danger. Introduction aux cyndiniques*, Ed. Economica (SE-CPE), París, p. 444.
- López Palomeque, F. (coord.) (2000): *Geografía de Europa*, Editorial Ariel, Barcelona, p. 619.
- Martín Vide, J. (1993-94): «La Teoría de Catástrofes y la Geografía: aplicaciones en Climatología», *Revista de Geografía*, vols. XXVII-XXVIII, Universidad de Barcelona, Barcelona, pp. 21-32.
- Mc Harg, I.L. (2000): *Proyectar con la naturaleza*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, p. 198.
- Mingo, de L.; Piserra, M. y Busón, C. (1992): *Estu-*

- do Técnico Asegurador de los Riesgos de la Naturaleza en España, MAPFRE, Madrid, p. 464.
- Morales Gil, A.; Olcina Cantos, J. y Rico Amorós, A. (2000): «Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección» en *Investigaciones Geográficas*, n.º 23, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alicante, pp. 5-46.
- Munich Re (2001): *Topics 2000: Natural Catastrophes. The Current Position*, Special Millennium Issue, Munich Re Group (www.munich-re.com).
- Musset, A. (1990): *Le Mexique*, Masson, París, p. 254.
- (1994): *L'Amérique Centrale et les Antilles*, Une approche géographique, Masson, París, p. 180.
- Ochoa Monzó, J. (1996): *Riesgos mayores y protección civil*, Mac Graw-Hill, Madrid, p. 445.
- Olcina Cantos, J. (1994): *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*, Ed. Penthalon, Madrid, p. 440.
- (1995): «El factor climático y la ordenación del territorio: los riesgos climáticos», en *Situaciones de riesgo climático en España* (J. Creus Novau, ed.), II Reunión del Grupo de Climatología de la A.G.E. Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Jaca, pp. 15-69.
- Olcina Cantos, J. y Rico Amorós, A. (1998): «Los riesgos climáticos en la ordenación urbana», *Arquitectura Técnica*, 33, Valencia, pp. 37-44.
- Olcina Cantos, J. y Martín Vide, J. (1999): *La influencia del clima en la historia*, Edit. Arco Libros, col. Cuadernos de Historia, Madrid, p. 96.
- Olcina Cantos, J. (2000): «Causas de las sequías en España. Aspectos climáticos y geográficos de un fenómeno natural», en *Causas y consecuencias de las sequías en España* (A. Gil Olcina y A. Morales Gil, eds.), Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 49-109.
- ONU (2001): *Cities in a globalizing world. Global Report on Human Settlements, 2001*, United Nations Centre for Human Settlements, Habitat, Nairobi, p. 344.
- (2002): *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Informe GEO-3*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, p. 426.
- Pagny, P. (1994): *Les catastrophes climatiques*, Presses Universitaires de France, París, p. 127.
- Pardé, M. (1961): «Sur la puissance de crues en diverses parties du monde», *Geographica*, número monográfico. Departamento de Geografía Aplicada del Instituto Elcano, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Zaragoza, p. 293.
- Petak, W. J. y Atkisson, A. A. (1982): *Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy*, Springer-Verlag, p. 489.
- Philipponneau, M. (2001): *Geografía aplicada*, Edit. Ariel, Barcelona, p. 320.
- Pita López, M.ª F. (coord.) (1999): *Riesgos catastróficos y ordenación del territorio en Andalucía*, Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Sevilla, p. 225.
- Pita López, M.ª F. y Olcina Cantos, J. (coords.) (2000): *Riesgos Naturales* (número monográfico del Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles), n.º 30, Madrid, p. 223.
- Powell, J. M. (1991): *An historical geography of Modern Australia*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 400.
- Preston, D. (ed.) (1996): *Latin America development*, Geographical perspectives. Longman, Essex, p. 313.
- Quarantelli, E. L. (ed.) (1998): *What is a disaster? Perspectives on the question*, Ed. Routledge, Londres y Nueva York, p. 312.
- Robinson, G. M.; Loughran, R. J. y Tranter, P. J. (2000): *Australia and New Zealand. Economy, society and environment*, Arnold, Londres, p. 391.
- San Juan, C. (ed.) (2001): *Catástrofes y ayuda de emergencia*, Edit. Icaria-Antrazyt, Barcelona, p. 278.
- Schönwiesse, C. D. (1988): «Volcanism and air temperature variations in recent centuries», en Gregory (ed.), *Recent Climate Change*, Belhaven Press, Londres, pp. 20-30.
- Smith, K. (2001): *Environmental Hazards. Assessing risk and reducing disaster*, Ed. Routledge, Nueva York, p. 392.
- Songqiao, Z. (1994): *Geography of China. Environment, resources, population and development*, John Wiley and Sons, Nueva York, p. 332.
- Tiedemann, H. (1992): *Earthquake and Volcanic Eruptions. A Handbook on Risk Assessment*, Swiss Re, Zurich, p. 951.
- Tobin, G. A. y Burrell E. M. (1997): *Natural Hazards. Explanatory and integration*, The Guilford Press, Nueva York y Londres, p. 388.
- Varnes, D. J. (1984): «Landslides hazard zonation: a review of principles and practice», *Natural Hazard 3*, UNESCO, p. 63.
- Withman, R. V. (1984): «Evaluating calculated risk in Geotechnical Engineering», *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 110 (2), pp. 145-188.

- White, G. F. (1987): «La investigación de los riesgos naturales», en *Nuevas tendencias en Geografía* (Richard J. Chorley, coord.), Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, pp. 281-319.
- Wrigley, J. y Tromp, F. (1995): «Risk management of major hazards in Hong Kong», *Integrated Risk Assessment*, Melcher & Stewart (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 37-41.
www.reliefweb.int/ocha_ol/
- Zaruba, Q. And Mencl, V. (1969): *Landslides and their control*, Elsevier-Academia, Praga, p. 205.

CAPÍTULO 6

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS

FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO

1. Introducción

Siempre que existe la posibilidad de que se produzca una situación no deseable existe Riesgo. Cuando se edifica una vivienda de una planta en una zona inundable torrencial, existe la posibilidad de que se produzca algún muerto, es decir, existe un Riesgo humano; una situación parecida se produce cuando se conduce o viaja en automóvil. Riesgos humanos diferidos, pero que a menudo acaban precipitando la muerte, son los asociados a hábitos sociales como el alcoholismo o el tabaquismo. Cuando se realiza una inversión o se da un crédito existe la posibilidad de que el dinero se pierda, hay un Riesgo económico.

Un planteamiento cuantitativo precisa definiciones. Definiremos por tanto el *Riesgo*, realidad conceptual, como la *pérdida o el daño anual esperado*, pérdida que podrá medirse en términos humanos (muertos, heridos, desalojados), económicos o estructurales. Se trata de una realidad conceptual potencial.

La ecuación general del Riesgo es la siguiente:

$$R = \iiint P \cdot E \cdot V \cdot dP \cdot dE \cdot dV \quad \text{o} \\ R = \sum \sum \sum P \cdot E \cdot V \cdot \Delta P \cdot \Delta E \cdot \Delta V$$

R: Riesgo (víctimas/año; euros/año); pérdida esperada

P: Probabilidad

E: Exposición (personas; euros)

V: Vulnerabilidad (tanto por uno de pérdida)

El Riesgo específico o unitario, $R_u = P \cdot V$ es de utilidad para comparaciones entre situaciones de riesgo que pueden ayudar para priorizar actuaciones empezando por mitigar las situaciones de mayor riesgo unitario; también para la realización de mapas de riesgo en zonas que carezcan aún de exposición o vayan a experimentar un crecimiento significativo de la misma.

El *Riesgo asociado a un suceso*, R_a , es igual a $E \cdot V$, ya que en ese caso, $P = 1$; en el campo del seguro, suele denominársele *Siniestro*.

Tanto *E* como *V*, son funciones de la Severidad. Un caso de este tipo de riesgo es el Siniestro Máximo Probable SMP (Probable Maximum Loss, PML), donde tanto *V* como *E* son los máximos físicamente posibles.

Los Riesgos, de acuerdo con su naturaleza, pueden clasificarse en Naturales (un terremoto), Tecnológicos (una explosión en una planta de fabricación de explosivos), Económico-financieros (una inversión o un crédito fallidos) y Sociales (tabaquismo, delincuencia). Muchos de los Tecnológicos son en realidad sociales, ya que el factor humano es responsable de las tres cuartas partes de los fallos tecnológicos (Tweeddale, 1995). Esto sucede también a menudo en el campo de la Gestión de Riesgos Naturales, bien por incompetencia, por miedo o por presunción (ver casos Nevado del Ruiz, *Titanic* o Biescas), una muestra más del carácter esencialmente interdisciplinar, natural y social de esta disciplina.

En la medida que el Riesgo es poco desea-

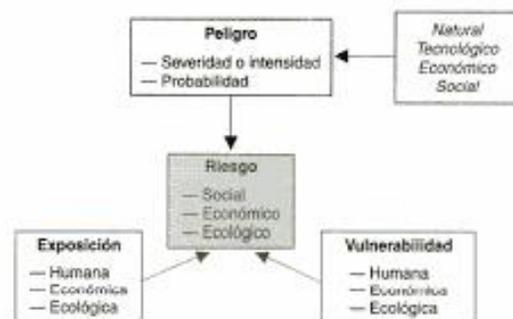


FIG. 6.1. Peligro y Riesgo.

ble se hace necesario analizarlo con vistas a su reducción; la disciplina que tiene ese objeto es justamente el Análisis de Riesgos. Podemos definirla como *aquella disciplina que identifica y analiza los Riesgos con vistas a su reducción racional*.

De lo dicho se desprende que el Riesgo surge en la interacción de sistemas naturales (un río) o tecnológicos (una línea eléctrica) que presentan una Peligrosidad potencial, y, por tanto, pueden ser calificados como Peligros, con la Sociedad. Se trata en este caso de Riesgos mediatos o indirectos, ya que no siempre producen daño, sino sólo cuando hay una Exposición vulnerable; por el contrario, los Riesgos económico-financieros y los sociales, y la mayor parte de los tecnológicos (buena parte de los sistemas tecnológicos son manejados por seres humanos), son Riesgos inmediatos, directos, en los cuales la Exposición se da por supuesta, ya que incluyen en su propia naturaleza su propia exposición vulnerable.

El Análisis de Riesgos incorpora en su propia naturaleza la *visión preventiva*; su misión es, justamente, prevenir los Riesgos, mitigarlos racionalmente antes de que se produzcan los sucesos.

El Análisis de Riesgos es una *disciplina integradora y sintética, intrínsecamente pluridisciplinar*, ya que incorpora elementos de las Ciencias Naturales (Geología, Biología, Meteorología, Ciencias Médicas etc.), las Ciencias Sociales (Sociología, Economía, Ciencias Políticas etc.), las Ciencias-Frontera como la

Geografía, las Ciencias Matemáticas (Estadística de valores extremos, p. ej.) y las diversas ramas de la Ingeniería y la Arquitectura que proveen de contenidos sustantivos al análisis de la Vulnerabilidad y al Análisis para la Reducción del Riesgo y el Diseño Óptimo de Medidas de Mitigación. Su desarrollo ha recibido un importante impulso a partir de las necesidades del sector nuclear (Higson, 1990).

Los resultados del Análisis de Riesgos (denominado a veces Evaluación de Riesgos, Risk Assessment, denominación insuficiente en mi opinión), sirven para dotar de contenidos y métodos a la *Gestión o Gerencia de Riesgos* (Risk Management), que explota los resultados del Análisis de Riesgos a través de la utilización de las Ciencias y Técnicas de Gestión. La Gestión puede clasificarse en preventiva y de emergencia, esta última estrechamente relacionada con la Protección o Defensa Civil.

Otra disciplina que se beneficia y necesita estrictamente del Análisis de Riesgos es la Ciencia y Técnica del Seguro, que fue justamente donde comenzó embrionariamente el Análisis de Riesgos, en torno a los seguros de fletes marítimos en España y el Lloyd británico en el siglo XVII. Los Seguros son una de las Medidas de Mitigación del Riesgo más eficaces, siempre que estén basados en tarifas que penalicen la exposición y la vulnerabilidad, ya que entonces inducen comportamientos de mitigación del Riesgo.

Otras disciplinas estrechamente relacionadas son la Prevención de Riesgos Laborales (la

Seguridad e Higiene en el trabajo), la Toxicología y la Epidemiología.

Dada la aversión social a los desastres, y tanto más cuanto mayores son éstos, la principal orientación del Análisis de Riesgos es la *identificación y mitigación de posibles desastres*, entendidos éstos como sucesos en los cuales se produce de forma concentrada en el tiempo una cantidad de daños que superan un umbral, umbral que debe definirse en el curso del propio proceso; con vistas al Riesgo humano, un umbral frecuente, que utilizamos en España, es el de 10 víctimas mortales.

A continuación se exponen las fases del Análisis de Riesgos que pueden verse en la figura 6.2.

- Inventario y Análisis de los Factores de Riesgo.
- Evaluación del Riesgo.
- Análisis para la Reducción del Riesgo.

2. Inventario y Análisis de los Factores de Riesgo

El *Inventario de Peligros*, la identificación de aquellos fenómenos que pueden producir daños, es siempre la fase inicial de cualquier Análisis de Riesgos. En esta fase y en la siguiente, la labor del científico natural es relevante. El objeto, puede tener cualquier extensión o naturaleza: puede tratarse de un estudio mundial, nacional, regional, local o puntual; puede tratarse de un estudio relativo a un riesgo o de uno multirriesgo o todorriesgo.

El estudio, dada la naturaleza geográfica de los riesgos, tiene que acudir a la realización de uno de los tipos de mapas de riesgos, los de Peligrosidad (Ayala-Carcedo, 1990), enlazando directamente con la siguiente fase. Para la realización y actualización periódica de estos mapas, los Sistemas de Información Geográfica, programas informáticos, resultan hoy muy convenientes.

Para que exista Riesgo es necesario que se den *todos* los Factores del Riesgo, que de acuerdo con la ecuación general del Riesgo, son la Peligrosidad (la Probabilidad es uno de

sus aspectos), la Exposición y la Vulnerabilidad. Una posible tormenta de arena o un terremoto en el desierto, al no actuar sobre una comunidad o unos bienes expuestos, se quedan sólo como peligros naturales, pero no son riesgos naturales. Un terremoto potencial de pequeña Intensidad que actúa sobre una edificación con diseño antisísmico es tan sólo un peligro natural, no un riesgo. Por tanto, es necesario proceder al *Análisis de los Factores del Riesgo*.

La *Peligrosidad*, puede definirse como el conjunto de los aspectos naturales, no sociales, de un fenómeno que tienen incidencia en el Riesgo, el daño esperado. Tiene dos componentes estrechamente relacionados, la *Severidad*, a menudo caracterizada como *Intensidad* a través de algún parámetro o índice (de la Escala MSK sísmica a la velocidad del viento) y la *Probabilidad*. La Severidad es el conjunto de aspectos físicos que pueden incidir en el Riesgo; la Probabilidad que suele considerarse es la *Annual Excedencia*, inverso del *Período de Retorno*, número de años en promedio para que un suceso de una determinada Intensidad sea igualado o excedido. Cuanto más severo es un peligro, tanto menor es su Probabilidad de Excedencia. Las leyes que relacionan ambas magnitudes son de carácter exponencial, logarítmico o potencial, lo que hace que los peligros muy intensos sean muy poco frecuentes. Estos aspectos matemáticos son estudiados por la Estadística de Valores Extremos.

El estudio de la Peligrosidad se ve facilitado cuando se dispone de Escalas de Severidad como la Beaufort para vientos, o de Escalas de Intensidad-Vulnerabilidad como la MSK o la Mercalli para terremotos.

En cuanto a la *Exposición*, puede definirse como el conjunto de personas, bienes, servicios y procesos expuestos a la acción de un peligro. Pueden distinguirse, según su naturaleza, la humana, la económica y la ecológica. Puede estar compuesta por realidades tan diferentes como transeúntes, residentes, cantidades de dinero, instalaciones, redes de transporte, servicios públicos, espacios naturales o campos de cultivo.

La *Vulnerabilidad* es el tanto por uno de la

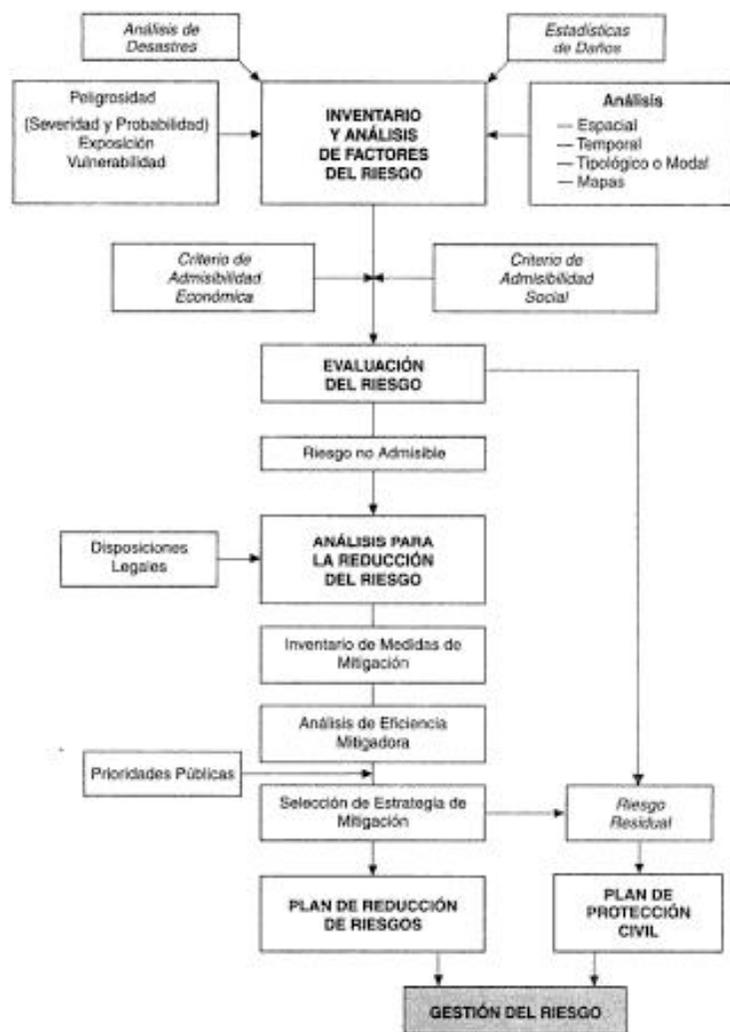


FIG. 6.2. El Análisis y Gestión de Riesgos.

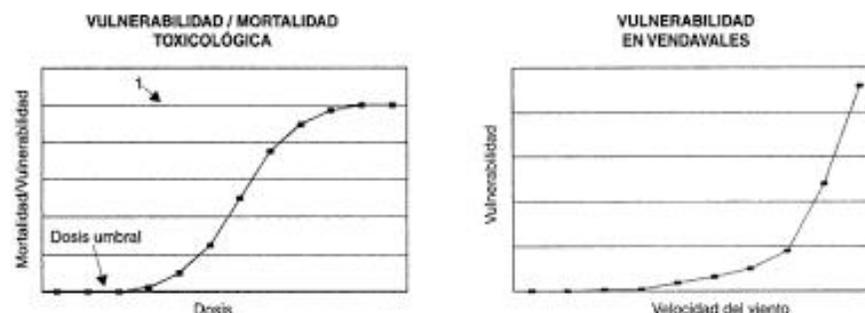


FIG. 6.3. Dos funciones Severidad-Vulnerabilidad: a) en riesgos toxicológicos, b) en vendavales.

Exposición, que puede ser dañado por la acción de un peligro con una determinada Severidad. Variará por tanto entre 0 y 1, y normalmente vendrá expresada en forma probabilística y en forma de función de la Severidad o Intensidad. En el caso de bienes con valor económico, lo más útil es definirla como el tanto por uno de pérdida. La pérdida a considerar debe también ser definida explícitamente en el curso del Análisis, bien por el costo de reparación del bien, bien por el costo de reposición cuando el nivel de daño exceda un umbral, bien, caso de muchos seguros (p. ej. el del automóvil ante siniestro total), como el valor de venta o venal del bien cuando se produce el suceso. A pesar de trabajos hechos desde la perspectiva del seguro de gran utilidad (Tiedeman, 1992), u otros (Ayala-Carcedo, 1994), este campo está necesitado de bastante investigación en el campo de los riesgos naturales.

El Análisis debe extenderse al campo espacial (¿dónde?), al temporal (¿cuándo?) y al modal o tipológico (¿cómo?).

El Análisis espacial tiene su plasmación en los mapas de Peligrosidad, en los mapas de Exposición y en los de Vulnerabilidad, que a veces van juntos. Los factores de zonificación espacial pueden ser físicos, como en los fenómenos naturales, o políticos s.l. en los peligros económicos y sociales.

El Análisis temporal, en cuanto a su dimensión probabilística plurianual, normalmente

estará reflejado en los mapas de Peligrosidad. Existen sin embargo para diversos fenómenos, principalmente los de causa meteorológica (huracanes, inundaciones) y muchos sociales, elementos de probabilidad interanual, sea estacional (los monzones, los ahogamientos en playas o piscinas, la epidemiología gripal), mensual (los impagados) semanal (el alcoholismo de fin de semana), o diario (los accidentes de automóvil), que deben ser contemplados. El objeto de esta fase no es sólo la Peligrosidad; la Exposición en un lugar puede variar sustancialmente en el tiempo, estacional y diariamente, por ejemplo, en un camping (ver Caso Biescas); todo ello deberá reflejarse a la hora de calcular estos factores mediante los correspondientes coeficientes de exposición (U.S. Bureau of Reclamation, 1989) e introducirlos en la ecuación.

En España, el número de muertos por rayo ha descendido sin disminución de la Peligrosidad; cuando se analiza la evolución de la población más expuesta, los agricultores, se ve que la disminución de la Exposición es la razón de este hecho, tal y como se ve en la figura 6.4.

El Análisis modal o tipológico indaga sobre la forma de presentación del fenómeno, en especial la presencia de fenómenos precursoros que puedan alertar, su velocidad o las circunstancias acompañantes. Una erupción volcánica, según la tipología del volcán, puede

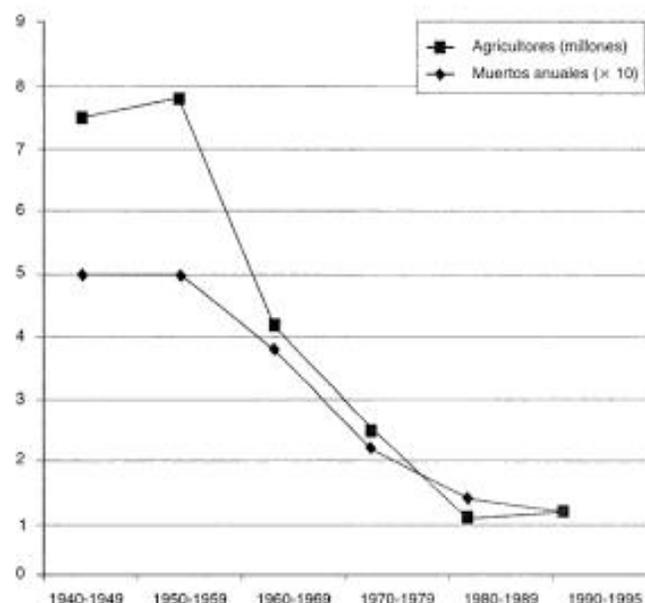


FIG. 6.4. Evolución de las víctimas por rayo en España comparadas con la evolución de la población agraria, que muestran la importancia de la variación de la Exposición en el Análisis de Daños y en el Riesgo (datos del Instituto Nacional de Meteorología y datos propios).

avisar o no; una inundación en una cuenca pequeña, normalmente será de carácter relámpago, no permitiendo ni avisos ni evacuación; una avalancha rocosa en una ladera o una humana en un estadio, por su alta velocidad, no permitirán alertas; una crisis económica en un mundo globalizado puede desencadenarse y difundirse en un día; una epidemia como el SIDA es de desarrollo lento.

En esta fase, igual que en la de Análisis para la Reducción del Riesgo, el Análisis de Desastres resulta una herramienta imprescindible.

3. Evaluación del Riesgo

Con los elementos suministrados por la fase anterior se está en disposición de calcular el Riesgo, en su doble vertiente, humana (con

escaso sentido en campos como el económico-financiero) y económica, mediante la fórmula general del Riesgo.

Una vez calculado, puede procederse a su Evaluación. El objeto de la Evaluación es, aplicando criterios de los que hablaremos a continuación, determinar si el Riesgo es aceptable o no. Si el Riesgo es aceptable, no es necesario proceder a su reducción; si no es aceptable, hay que proceder a su reducción, entrándose en la fase siguiente, el Análisis para la Reducción de Riesgo.

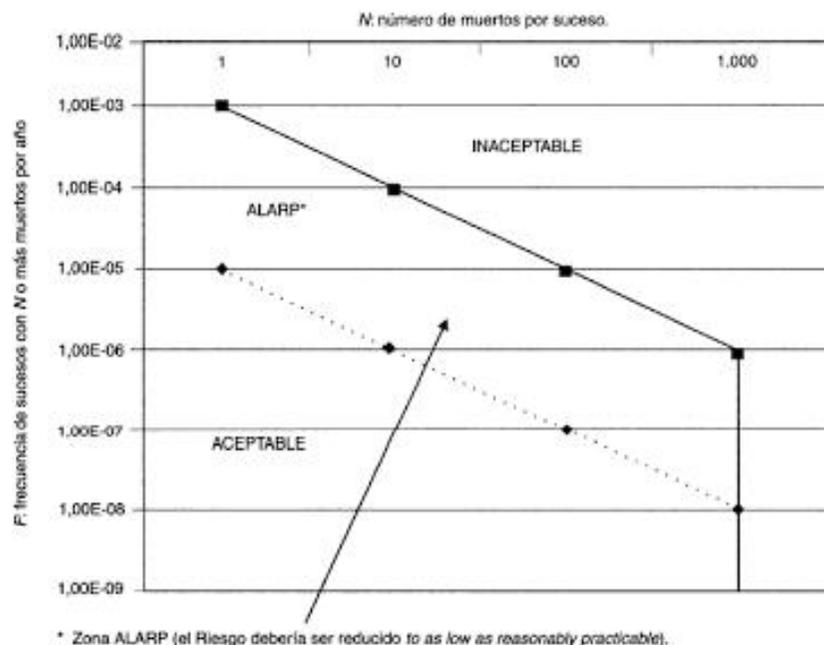
La aceptabilidad del Riesgo debe determinarse de forma separada para el Riesgo humano y para el económico.

La primera aproximación al problema de la aceptabilidad del Riesgo humano partió de la búsqueda de Probabilidades Anuales de Excedencia (llamadas Frecuencia anual en la literatura inglesa) para diversos fenómenos natura-

les y antrópicos que afectaban al ser humano a un nivel individual y eran aceptados. Así, se vieron esas probabilidades de muerte para fenómenos como la contaminación, los rayos, los accidentes de automóvil, etc. A partir de estos datos se elaboraron los *Criterios de Aceptabilidad a Nivel Individual* (Chicken, 1975). En estos criterios se admite que la Probabilidad Anual de Excedencia para que un peligro sea inaceptable a nivel de un individuo debe ser igual o mayor de 10^{-3} o 10^{-4} según los criterios; para que sea aceptable debe ser menor de 10^{-3} o 10^{-6} , también según los criterios. Entre ambos límites queda la zona ALARP (*As low as reasonable in practice*, tan bajo como sea razonable en la práctica), que indica que en ella, es necesario adoptar Estrategias de Reducción del riesgo hasta donde sea razonable, al igual, por supuesto, que si la probabilidad cae en la zona inaceptable. Este criterio es difuso e inconcre-

to, y lo razonable sería obligar a la aplicación de la Mejor Tecnología Disponible (la BAT, *Best available technology*) hasta que la probabilidad del suceso bajara hasta la de aceptabilidad incondicionada.

Estos criterios no son, sin embargo, aplicables a sucesos donde pueden producirse varias víctimas mortales. La razón estriba en que la aversión social al Riesgo crece de forma no lineal o proporcional con el tamaño del suceso medido por el número de víctimas; basta fijarse en la repercusión en la prensa de una catástrofe frente a una muerte individual. Basándose en esto, se han elaborado los *Criterios de Admisibilidad Social del Riesgo*, de los cuales es un caso el individual. Uno de ellos, fácil de recordar conociendo los niveles de probabilidad aceptable e inaceptable a nivel individual y el hecho de que se dividen por 10 cuando el suceso se multiplica por 10, correspondiente al Go-



* Zona ALARP (el Riesgo debería ser reducido *to as low as reasonably practicable*).

FIG. 6.5. Criterio de Aceptabilidad Social del Riesgo del Gobierno de Hong Kong, tipo P-N, siendo $P = F$ y $N = E.V$ correspondiente a P (Wrigley y Tromp, 1995).

bierno de Hong Kong, y válido para cualquier riesgo, se presenta a continuación (Wrigley y Tromp, 1995). Este tipo de criterios, denominados en inglés *F-N* (*N*: número de víctimas en el suceso), pueden denominarse en castellano *P-N*.

Para su aplicación, conocidas la *E* y *V* correspondientes a diversas severidades que tienen probabilidades de excedencia asociadas, se representan los puntos en el diagrama *P-N* y se procede en consecuencia según su aceptabilidad.

La aceptabilidad del Riesgo humano es un problema complejo y aún en debate (Dubreuil, 2000). Los riesgos conocidos y advertidos, como los asociados al tabaquismo, el alcohol y otras drogas, o la propia conducción de automóviles, con probabilidades anuales de excedencia cercanas o superiores a lo inaceptable, parecen ser relativamente admitidos a la luz de los enormes sectores de la población que se expone a los mismos.

El problema de la *aceptabilidad del riesgo económico* es más complejo de lo que parece a simple vista. Ante todo, ¿aceptabilidad para quién? ¿Para un individuo, para una familia, para una empresa, para una ciudad, para un país? Quien más tiene puede permitirse, en términos absolutos y relativos, una pérdida mayor, ya que tiene más posibilidades para volver a la situación pre-desastre aplicando las inversiones oportunas. Por otra parte, es necesario aplicar criterios costo-beneficio, siendo el beneficio equivalente a la reducción del Riesgo económico (menor por el menor valor de los bienes expuestos en los países menos desarrollados, mientras los costos de muchas soluciones son parecidos a los de los países más desarrollados), para determinar si es rentable reducir el Riesgo. Aquí entran en acción las disponibilidades de capital para invertir en reducción del Riesgo. Se llega así a la paradoja de que teniendo la reducción del Riesgo económico más interés relativo y absoluto para los países menos desarrollados, la propia lógica implícita en el análisis costo-beneficio económico lleva a que las inversiones en reducción del Riesgo económico, al menos las estructurales, no justifiquen a menudo esa

reducción por lo antes dicho. Sólo las actuaciones que afectan a exposiciones grandes, favorecidas por las economías de escala, justifican actuaciones de inversión de alguna entidad en los países menos desarrollados. El problema de la falta frecuente de racionalidad económica de las inversiones en reducción del Riesgo en estos países tiene consecuencias trágicas a nivel de víctimas mortales, que en una mayoría abrumadora se producen en estos países.

Por el contrario, en los países desarrollados, aunque el Riesgo sea menor, dada la menor Vulnerabilidad económica, el mayor valor de la Exposición económica justifica a menudo las inversiones en reducción del Riesgo económico, no pocas veces sobredimensionadas desde la racionalidad económica, como sucede en España (Ayala-Carcedo, 1999).

Probablemente, ésta es la lógica subyacente al carácter endémico de los desastres naturales en los países menos desarrollados, que difícilmente se romperá con declaraciones, ya que apunta con claridad al hecho de que el problema de los desastres naturales en el mundo es ante todo un problema de desarrollo económico. Otra consecuencia que se saca de esto es que los países menos desarrollados tienen un interés especial en la aplicación de medidas no estructurales, que implican inversiones mucho menores, así como en el desarrollo de tecnologías alternativas de carácter estructural de bajo costo, aunque el progreso en esta dirección no resulta fácil. Probablemente, la mejor inversión que pueden hacer los países en vías de desarrollo es la realización de programas sistemáticos de cartografía de riesgos combinados con unas buenas leyes relativas a la Ordenación del Territorio para el Riesgo, especialmente la urbana, con implicación de los afectados. Una aproximación a los desastres naturales a nivel mundial desde la doble perspectiva del Análisis de Riesgos y el Desarrollo Sostenible puede verse en Ayala-Carcedo (2001).

A nivel familiar o empresarial, la primera alternativa que debe barajarse es si resulta aceptable la suscripción de una póliza de *seguros*, que permita ir acumulando año a año un capital

que permita la recuperación de la situación pre-desastre cuando éste se presente. Esta fórmula, realizada a nivel individual mediante una anualidad de capitalización, es la mejor cuando se está en situaciones de baja exposición al riesgo. Cuando existe un sistema de seguros que penaliza la exposición al riesgo puede ser más conveniente estudiar la adopción de medidas individuales de reducción del riesgo con criterios costo-beneficio. Cuando el sistema de seguros no penaliza la exposición al riesgo, caso de España, sino que reparte los costos de los siniestros entre todas las pólizas, para las exposiciones al riesgo medias y altas es mucho más ventajoso suscribir una póliza que acometer medidas de reducción del riesgo, ya que con bastante probabilidad, su costo subestima las pérdidas reales. En EE.UU. se ha desarrollado un sistema que penaliza el Riesgo a través del National Flood Insurance Program. Una buena exposición de los diferentes sistemas de cobertura en el mundo puede verse en Nájera (1999).

Otra aproximación desde el ángulo de la empresa es el establecimiento, de forma homogénea a los criterios P-N, de criterios P-R, siendo *R* la pérdida esperable para un suceso de Probabilidad Anual de Excedencia *P*; cuanto mayor sea la pérdida esperable en un suceso, menor debe ser la Probabilidad de aceptación (Withman, 1984). Esta racionalidad tiene un interés especial para las compañías reaseguradoras, las aseguradoras de las aseguradoras, interesadas en limitar la probabilidad de los grandes cúmulos que pueden conducir a la quiebra. Se trata de relaciones matemáticas similares a las de los criterios P-N humanos, válidas a nivel puntual no universal, como las relativas al Riesgo humano, es decir, relaciones lineales entre los logaritmos de las variables, lo que remite a leyes también potenciales inversas tipo $R = a \cdot P^{-b}$, lo cual sugiere que la lógica de la aceptabilidad del Riesgo, tanto humano como económico, probablemente siga leyes fractales.

Por tanto, la lógica económica es la que se materializa con la aplicación de criterios costo-beneficio, correspondiendo los costos a la realización de medidas de reducción del riesgo.

En general, no es económico reducir el Riesgo económico a cero, ya que hay una im-

ACEPTABILIDAD DEL RIESGO ECONÓMICO

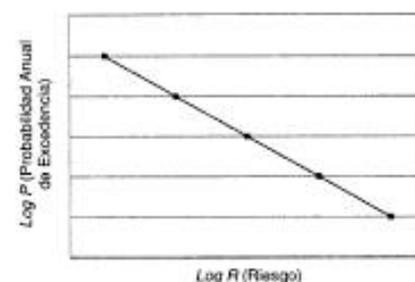


FIG. 6.6. Criterio P-R de Aceptabilidad del Riesgo económico ($Re = E \cdot V$ correspondiente al suceso de Probabilidad *P*).

placable *ley de rendimientos decrecientes* que se manifiesta en cuanto se ordenen las diversas medidas según su beneficio, tal y como se ve en la figura 6.7, como sucede en muchas otras parcelas de la vida económica. La existencia de este hecho lleva a la clasificación de las medidas de mitigación en tres clases: rentables a nivel individual para las economías privadas; rentables a nivel colectivo, y no rentables (Ayala-Carcedo, 1993). En principio, conocido el monto total del Riesgo, medido en unidades monetarias, puede aplicarse como primera aproximación una sencilla regla de los tercios: es razonable invertir individualmente (familias, empresas) o localmente hasta un tercio de la pérdida total esperada (directamente o a través de aseguramiento) porque suele resultar beneficioso (Riesgo evitado mayor que la inversión), siendo razonable que los poderes públicos inviertan el otro tercio para maximizar a nivel colectivo el beneficio; el otro tercio no debería ser invertido desde la racionalidad económica. Inversiones públicas por encima de ese tercio del Riesgo económico, siendo éste el valor anual medio de las pérdidas, probablemente están sobredimensionadas.

Desde el punto de vista de la racionalidad de las inversiones públicas en reducción del Riesgo económico, hay que aplicar otro criterio más, el de la rentabilidad comparativa de la inversión



Fig. 6.7. Rendimientos decrecientes de las inversiones en reducción del Riesgo económico, y criterios para la acción privada y pública (Ayala-Carcedo, 1993 y 1999). Esta racionalidad sólo puede aplicarse cuando hay establecido un sistema de Gestión de Riesgos basado en el Análisis de Riesgos.

en reducción del Riesgo con la correspondiente a otras parcelas de la actividad económica pública, aunque este criterio, como el anterior, debe ser matizado con la obligación pública de proteger la vida de los ciudadanos, y, especialmente, de evitar desastres. En general, los análisis realizados, al menos para EE.UU., sugieren que la inversión en reducción de riesgos naturales es menos prioritaria que la inversión en medicina (Petak y Atkisson, 1984). La aplicación de políticas racionales públicas tiene como prerequisite el conocimiento estadístico de las pérdidas, tanto humanas como económicas, bastante deficiente en muchos países.

4. Análisis para la Reducción del Riesgo

Determinada la inaceptabilidad del Riesgo, deben fijarse ante todo objetivos de reducción.

Cuando se utilizan criterios $P-N$ para el Riesgo humano o $P-R$ para el Riesgo económico, el objetivo debería ser llevar la coordenada del punto que representa la situación de no aceptabilidad a la de aceptabilidad. Se sobreentiende que se trata de hacerlo de forma racional, es decir, con el mínimo coste, con lo cual se ve que la *racionalidad perseguida en esta fase es una racionalidad económica, tanto para la reducción del Riesgo humano como para el económico.*

En principio, debe separarse el análisis de la reducción del Riesgo humano del económico, ya que las medidas de mitigación que definen la racionalidad en uno y otro caso, al ser diferentes sus objetivos, no tienen por qué coincidir.

En cualquier caso, un prerequisite condicionador en ambos casos, es el cumplimiento de las *disposiciones legales* sobre el Riesgo, tendentes en general a la evitación de desastres humanos, pero que, tal y como sucede con las

Normativas antisísmicas en países de sismicidad baja o media, en general carecen de racionalidad económica (Ayala-Carcedo, 1993), cosa lógica, habida cuenta que su objetivo no es económico sino social: evitar desastres.

Ante todo, es necesario en esta fase realizar un *Inventario de Medidas de Mitigación*. Estas medidas se clasifican a menudo en Estructurales o de Ingeniería y No Estructurales o de Gestión. Desde el punto de vista del Análisis del riesgo, es mejor utilizar una clasificación como la que se ve en la figura 5.8, basada en los Factores de Riesgo que mitigan, ya que facilita el *Análisis de Eficiencia Mitigadora* que debe seguir al Inventario (Ayala-Carcedo, 1991 y 1993). Cuando no es posible dar alertas por la propia naturaleza del fenómeno o no existen precursores que avisen y el fenómeno tiene una dinámica rápida con riesgos graves, como sucede en inundaciones

relámpago o terremotos, es necesario recurrir a medidas como evitar la Exposición o bien medidas estructurales como el diseño sismo-resistente, ya que en este caso no suele recurrirse a mitigar la Exposición.

Este análisis, lo que busca es la determinación del costo por vida salvada o por unidad monetaria ahorrada, lo cual permite una priorización de las medidas según su eficiencia económica. Según el tipo de riesgo, existe un abanico mayor o menor de medidas preventivas, siendo las inundaciones o los movimientos de ladera riesgos con muchas alternativas de mitigación, y el sísmico un riesgo con escasas medidas reductoras, casi limitadas al diseño sismo-resistente.

Obtenidos criterios de este análisis, se está en condiciones de realizar la *Selección de Estrategia de Mitigación*, que será la base del Plan y programa de Reducción de Riesgos que

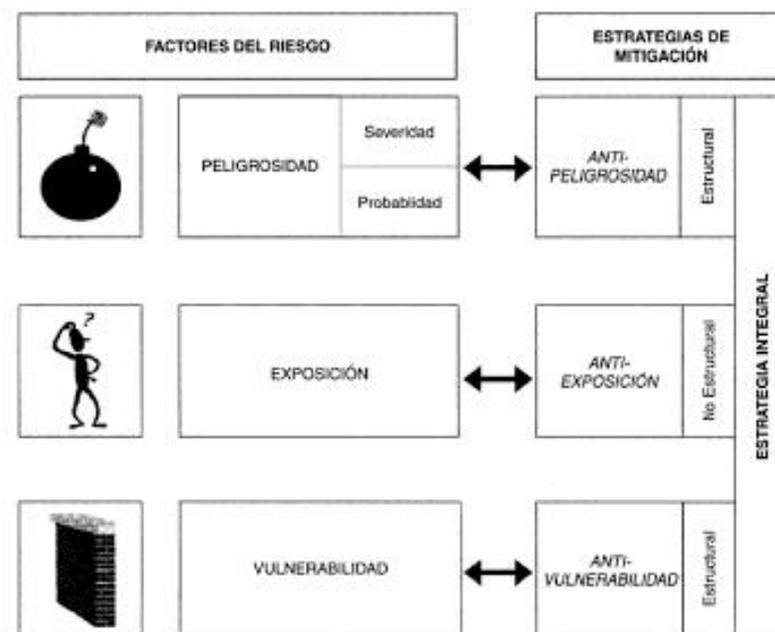


Fig. 6.8. Estrategias de Mitigación de acuerdo con el Factor de Riesgo que reducen (Ayala-Carcedo, 1993).

debe gestionar la Gerencia de Riesgos. El Riesgo residual debe contar con su correspondiente Plan de Emergencia. La imprevisibilidad relativa al error humano en los Riesgos Tecnológicos, problema clave en su mitigación, hace que sus planes de emergencia deban contemplar siniestros máximos.

El papel de los poderes públicos, materializado a través de la elaboración, aplicación y vigilancia del cumplimiento de las leyes, debe ser central en todo lo tocante a la protección de la vida y subsidiario en la reducción del Riesgo económico, ya que empresas y familias, a través de seguros o aplicación de medidas individuales de mitigación, tienen un amplio campo para autorresponsabilizarse de sus propios asuntos económicos sin recurrir a los impuestos pagados por aquellos que no se han expuesto al Riesgo, siempre que se habiliten procedimientos para que conozcan las situaciones de riesgo. Los poderes públicos sí deberían, en el caso español aplicando las conclusiones de la Comisión del Senado sobre Catástrofes de 1998 y toda la legislación de Protección Civil, realizar mapas municipales de riesgos que den a conocer a ciudadanos, promotores y empresas los posibles riesgos ligados al territorio para que obren en consecuencia suscribiendo obligatoriamente pólizas de seguros como pre-requisito para la autorización de licencias de construcción en zonas de Riesgo, todo ello siempre que se garantice la salvaguardia de la vida humana de acuerdo con el derecho constitucional a la vida. Otra alternativa, ampliamente practicada por demasiadas administraciones en demasiados lugares y cuyo lugar debería estar en el campo de la picaresca con ribetes criminales por imprudencia temeraria o apoyo implícito a la especulación del suelo, es preferir no enterarse del Riesgo para que nadie pueda reclamar si se produce un desastre, la política del avestruz, una actitud impropia de países civilizados y que renuncia a proporcionar a sus administrados las grandes posibilidades de mitigación que el desarrollo científico y tecnológico de los últimos cientos de años han puesto a nuestra disposición. En este sentido, la elaboración de un Procedimiento Técnico-Administrativo de Evaluación de Riesgos para la Población con fase de participación pública de los posibles afectados, similar al que ya existe para la protección de la vida salvaje en muchos países, la Evaluación de Impacto Ambiental (Ayala-Carcedo, 1999), permitiría racionalizar las actuaciones públicas y privadas en este campo y garantizar, más allá de las declaraciones retóricas, el derecho humano a la vida, finalidad principal del Análisis de Riesgos.

ción con fase de participación pública de los posibles afectados, similar al que ya existe para la protección de la vida salvaje en muchos países, la Evaluación de Impacto Ambiental (Ayala-Carcedo, 1999), permitiría racionalizar las actuaciones públicas y privadas en este campo y garantizar, más allá de las declaraciones retóricas, el derecho humano a la vida, finalidad principal del Análisis de Riesgos.

5. Agradecimientos

Al Dr. Jordi Corominas, de la Universidad Politécnica de Catalunya, por la revisión crítica del texto.

Bibliografía

- Ayala-Carcedo, F. J. (1990): «Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos», *Boletín Geológico y Minero*, ITGE, Madrid, vol. 101-3, pp. 456-467.
- (1993): «Estrategias para la Reducción de Desastres Naturales», *Investigación y Ciencia*, mayo, pp. 6-13.
- (1994): «Socioeconomic impacts and vulnerability resulting from slope movements», en Corominas y Georgakatos (eds.), *US-Spain Workshop on Natural Hazards*, Iowa University, USA, pp. 235-254.
- (1999): «Selección racional de estrategias estructurales y no estructurales y de actuaciones públicas y privadas en la mitigación del riesgo de inundaciones en España. Un análisis comparativo», *Revista de la Real Academia de Ciencias*, Madrid, vol. 93, 1, pp. 99-114.
- (2000): «A Risk Analysis and sustainability approach to natural disaster assessment and mitigation philosophy in the World», en Margottini (ed.), *Natural Hazards and Sustainable Development*, Springer-Verlag, en prensa. 28 pp.
- Ayala-Carcedo, F. J. y Llorente, E. (1991): «Concepts and problems dealing with Optimum Design Strategies for Natural Risks Mitigation», *International Congress on Alleviation of Natural Disasters*, World Federation of Engineering Organizations, Arusha, Tanzania, 6.1.5, FE-1 to 20.

- Chicken, J. C. (1975): *Hazard Control Policy in Britain*, Pergamon Press, Nueva York.
- Dubreuil, H. (2000): *Acceptability of Risk: Individual Choice and Social Construction*, <http://trustnet.cepn.asso.fr/DOC2.html>, 11 pp.
- Higson, D. J. (1990): «Nuclear Safety Assessment Criteria», *Nuclear Safety*, vol. 31, n.º 2, pp. 173-186.
- Mark Tweeddale, H. (1995): «Acceptable Risk in petrochemical and hazardous chemical plants», en Heinrich y Fell (eds.), *Acceptable Risks for Major Infrastructure*, Balkema, Rotterdam.
- Nájera, A. (1999): *Las catástrofes naturales y su cobertura aseguradora. Un estudio comparativo*, Consorcio de Compensación de Seguros, Madrid. 263 pp.
- National Floods Insurance Program (2000): <http://www.fema.gov/nfip/pstat.htm>.
- Petak, W. J. y Atkisson, A. A. (1984): *Natural Hazards assessment and Public Policy*, Springer-Verlag. 489 pp.
- Tiedemann, H. (1992): *Earthquake and Volcanic Eruptions. A Handbook on Risk Assessment*, Swiss Re, Zurich. 951 pp.
- U.S. Bureau of Reclamation (1989): *Policy and Procedures for Dam Safety Modification Decision Making*, Denver, CO.
- Withman, R. V. (1984): «Evaluating calculated risk in Geotechnical Engineering», *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 110 (2), pp. 145-188.
- Wrigley, J. y Tromp, F. (1995): «Risk management of major hazards» en Melcher y Stewart (eds.), Hong Kong», *Integrated Risk Assessment*, Balkema, Rotterdam, pp. 37-41.