

GRUPO DE TRABAJO 23

IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES  
DE LOS RIESGOS NATURALES

**Documento Final**  
2006

## **PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO**

Bilbao García, Javier  
Departamento de Economía Financiera  
Universidad Complutense de Madrid

Castilla Cañamero, Gabriel  
Facultad de Educación  
U. Complutense de Madrid

Davara Rodríguez, Fernando  
Fundación PREDENA

Fernández-Ardavín Martínez, Ana  
Departamento de Economía Aplicada  
Universidad Rey Juan Carlos

García López-Davalillo, Juan Carlos  
Instituto Geológico y Minero de España  
Ministerio de Educación y Ciencia

García Mayordomo, Julián  
Laboratorio de Geotecnia (CEDEX)  
Ministerio de Fomento

Martínez Torre Enciso, Isabel  
Departamento de Financiación  
Universidad Autónoma de Madrid

Nájera Ibáñez, Alfonso  
Consortio de Compensación de Seguros

Pérez Fructuoso, María José  
Vicedecana de Turismo  
Universidad Carlos III de Madrid

San Millán, Daniel  
Grupo Ferrovial

Sales Llaviá, María Jesús  
Laboratorio Sanidad Ambiental Sales Llaviá

Suárez Ordóñez, Luis  
Facultad de Ciencias Geológicas  
Universidad Complutense de Madrid

Vilaplana, Joan Manuel  
Facultat de Geologia  
Universitat de Barcelona

### Coordinador

González García, José Luis  
Colegio Oficial de Geólogos

## **RESUMEN**

Se expone la situación de los riesgos naturales en el mundo y en España, analizándose las variables que controlan el riesgo, los conceptos básicos sobre peligrosidad, exposición, vulnerabilidad, riesgo y tipología de peligros, así como las estrategias básicas de reducción del riesgo. Posteriormente, se describen las fórmulas de cobertura aseguradora ante las catástrofes naturales, los nuevos instrumentos financieros de transferencia alternativa de riesgos y las implicaciones macroeconómicas de las catástrofes. Se realiza una reflexión sobre la dificultad de cuantificar de manera eficiente otros impactos no económicos de los riesgos naturales, como los de carácter sociológico y psicológico, abordándose también el fenómeno de la recursividad entre riesgos naturales y conflictos. Por último, se señalan los retos actuales en la prevención de riesgos naturales, destacándose la importancia de las actividades de investigación, desarrollo e innovación, los beneficios de las redes temáticas de riesgos naturales para favorecer la coordinación multidisciplinar e intersectorial, el uso de tecnología de satélites y la necesidad de avanzar en el proceso de transferencia de información desde el ámbito científico-técnico a los niveles político, institucional y social, planteándose una reflexión sobre los instrumentos legales en el ámbito de la prevención de riesgos (ordenación del territorio, planeamiento urbano, planes de protección civil,...) y los programas de educación ciudadana y de alerta pública ante estos fenómenos.

## ÍNDICE

1. **IMPORTANCIA DE LOS RIESGOS NATURALES**
  - 1.1. Los riesgos naturales en el mundo y en Europa
  - 1.2. Situación en España
2. **CONCEPTOS GENERALES**
  - 2.1. Peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo
  - 2.2. Tipos de peligros naturales
3. **LA REDUCCIÓN DEL RIESGO**
  - 3.1. Predicción: evaluación de la peligrosidad
  - 3.2. Previsión: evaluación del riesgo
  - 3.3. Prevención: legislación, mitigación y educación ciudadana
4. **IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LOS RIESGOS NATURALES**
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Las catástrofes naturales y su cobertura aseguradora
  - 4.3. La transferencia alternativa de riesgos
  - 4.4. Implicaciones macroeconómicas de las catástrofes naturales
5. **IMPLICACIONES SOCIALES EN TORNO A LOS RIESGOS NATURALES**
6. **RETOS ACTUALES EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES**
  - 6.1. Retos en el ámbito científico y técnico: Investigación, desarrollo e innovación
    - 6.1.1. Introducción
    - 6.1.2. Redes temáticas de riesgos naturales
    - 6.1.3. La observación de la Tierra en apoyo de la prevención y recuperación de desastres naturales
  - 6.2. Transferencia de información del ámbito científico-técnico al político / legislativo:
    - 6.2.1. Introducción
    - 6.2.2. Riesgos naturales y ordenación del territorio
    - 6.2.3. Riesgos naturales y legislación del suelo
    - 6.2.4. Riesgos naturales y protección civil
  - 6.3. Transferencia de información del ámbito científico-técnico a la sociedad
    - 6.3.1. Educación ciudadana y concienciación del riesgo.
    - 6.3.2. Redes de alerta pública.
7. **CONCLUSIONES**
8. **BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA**

## **1. IMPORTANCIA DE LOS RIESGOS NATURALES**

### **1.1. LOS RIESGOS NATURALES EN EL MUNDO Y EN EUROPA**

En las últimas décadas, las repercusiones de los riesgos naturales en el desarrollo humano y económico está aumentando año tras año. Se cree que esta tendencia se debe a una mayor frecuencia de ciertos fenómenos naturales peligrosos, pero también al crecimiento mundial de la población que continúa expandiéndose en zonas cada vez más vulnerables, y a la constante degradación ambiental.

Durante los últimos años, terremotos, tsunamis, huracanes, inundaciones, movimientos de tierra, erupciones volcánicas, etc. han acabado con la vida de millones de personas en todo el mundo, afectando severamente al desarrollo económico.

Según cálculos de la aseguradora Swiss-Re<sup>1</sup> el número total de muertos por desastres naturales entre 2001 y 2005 fue de 482.000. Durante el año 2004 se produjeron más de 300.000 muertos, de los cuales 280.000 debidos al tsunami de Indonesia. Durante este año las pérdidas mundiales por daños materiales alcanzaron los 100.000 millones de Euros. En el 2005 se produjeron, también a nivel mundial, 95.000 víctimas y los daños sumaron 184.000 millones de Euros. Solamente los huracanes que afectaron EEUU representan las mayores cifras de pérdidas (Katrina: 108.000 millones de Euros, Wilma: 16.000 millones de Euros y Rita: 12.000 millones de Euros).

Existe una relación directa entre el grado de desarrollo y la propensión a sufrir desastres naturales. En general, los países pobres y con escaso desarrollo sufren las mayores pérdidas en términos de vidas humanas, sociales y económicas, ya que sus recursos, infraestructuras y sistemas de prevención están poco desarrollados. De todas formas, los daños producidos por los huracanes en EEUU durante el 2005 hizo ver a los expertos que un país desarrollado que no es capaz de gestionar bien la prevención de riesgos naturales puede sufrir las mayores pérdidas económicas.

En la tabla 1 se muestra el número total de desastres naturales ocurridos en el mundo entre 1995 a 2004, por continente y tipo de fenómeno, observándose que el fenómeno más recurrente son las inundaciones seguidas de las tormentas de viento (ciclones, huracanes, tornados ..). También se aprecia que las inundaciones son más frecuentes en África, Asia y Europa, y que las tormentas de viento son más comunes en América y Oceanía. En cuanto a los terremotos y tsunamis, se muestra que aproximadamente la mitad de este tipo de fenómenos se producen en Asia.

El pico de ocurrencia de desastres naturales se produce en países con un desarrollo humano medio, correspondiéndose con el 46,5 % de todos los países del mundo y el 67,8 % de la población mundial.

También se ha observado que el número de desastres naturales en el período de 2000-2004 se ha incrementado en 1,55 veces respecto al período de 1995-1999 (figura 1).

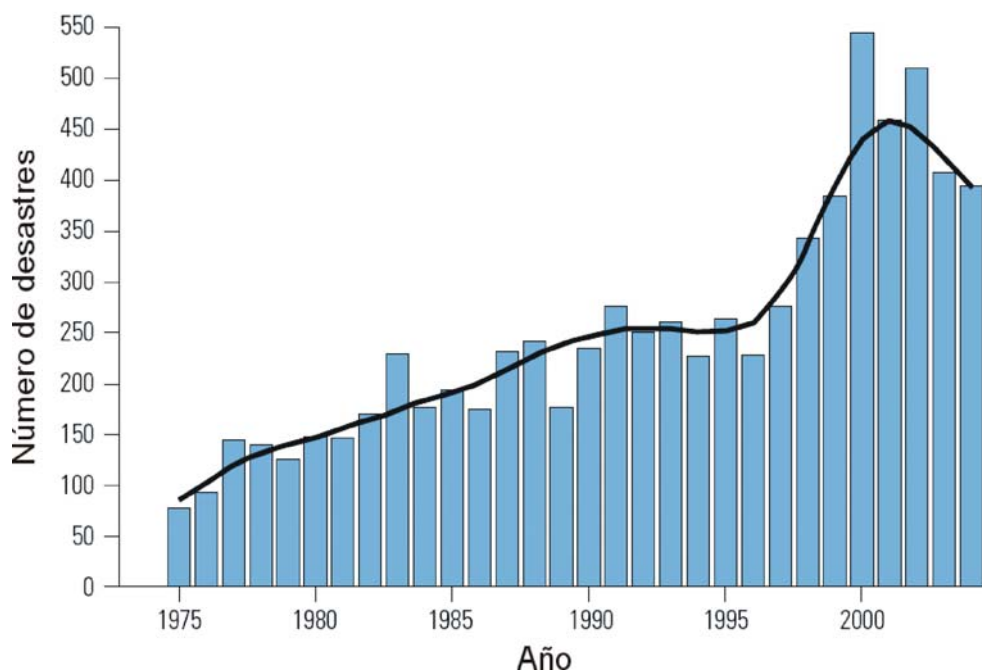
---

<sup>1</sup> SWISS RE (2006): *Sigma 2/2006*

**Tabla 1. Desastres naturales en el mundo**

	África	América	Asia	Europa	Oceanía	Total
Avalanchas / deslizamientos	11	44	112	19	8	194
Sequías	120	48	85	14	9	276
Terremotos / tsunamis	17	50	154	50	8	279
Temperaturas extremas	8	37	44	63	2	154
Inundaciones	277	267	432	199	35	1210
Incendios forestales	12	63	22	46	9	152
Erupciones volcánicas	4	23	13	2	6	48
Tormentas de viento	69	305	320	94	68	856
Otros	14	3	10	1	2	30
<b>Total</b>	<b>532</b>	<b>840</b>	<b>1192</b>	<b>488</b>	<b>147</b>	<b>3199</b>

**Fuente:** World Disasters Report 2005 de la International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, basado en datos de EM-DAT documentados por el Centro de Investigación de Epidemiología de Desastres de la Universidad de Lovaina.



**Figura 1. Número de desastres reportados por año.**

**Fuente:** “Hazards of Nature, Risk to Development”, IEG, World Bank, Washington DC, 2006, 181 pp.

A nivel internacional, la iniciativa más notable para prevenir y mitigar los efectos de los riesgos naturales en el mundo ha sido la declaración por las Naciones Unidas del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990-2000), cuyo objetivo era promover una mayor concienciación para aumentar la seguridad frente a este tipo de riesgos. La Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres Naturales, celebrada en 1994 en Yokohama, marcó un hito importante en este proceso de toma de conciencia y sirvió para definir directrices de prevención, preparación y mitigación, tales como:

- Evaluación de riesgos.
- Medidas de prevención y preparación integradas en las políticas de planificación.
- Sistemas de alerta temprana.
- Medidas preventivas implicando a todos los niveles de gobiernos locales, regionales, nacionales y ámbito internacional
- Formación y ejercicios de adiestramiento
- Acciones para compartir el uso de la tecnología en las actividades de prevención y mitigación.

### Situación en Europa

En Europa, el riesgo natural más prominente son las inundaciones, habiéndose constatado en la actualidad dos tendencias importantes que apuntan a que, cada vez, va a crecer más este riesgo debido, por una parte, a la acentuación del cambio climático y a

las prácticas inadecuadas en la gestión de los ríos y, por otra parte, al aumento de la ocupación del suelo (infraestructuras, viviendas, etc.) en las zonas de riesgo.

Como consecuencia de las graves inundaciones del Danubio y el Elba en 2002, a las que habría que sumar otros eventos catastróficos acaecidos en diversos países europeos, la Comunidad Europea ha comenzado a reclamar una acción más contundente en materia de prevención y gestión de riesgos naturales. Así, el 27 de junio de 2006, los Ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea respaldaron la Directiva de Evaluación y Gestión de Inundaciones, que tiene como principal objetivo reducir el riesgo de inundaciones en las cuencas fluviales y zonas costeras del territorio europeo: una norma que, en principio, iba dirigida a prevenir las inundaciones de Europa central, pero que también se aplicará en zonas de cauces con caudales discontinuos, propios del sur de Europa, de manera que recoja bien la singularidad de España.

En lo que se refiere a la incidencia de otros riesgos naturales en Europa, se debe destacar la importancia de los efectos de los riesgos climáticos (tormentas de viento, temperaturas extremas, sequías ...), con consecuencias muy relevantes en cuanto a pérdidas económicas y a degradación ambiental. Especialmente, debemos subrayar las consecuencias adversas de las temperaturas extremas sobre la salud humana, con episodios muy mortíferos, tales como la ola de calor que padeció Europa en el verano de 2003, en la que se estimó en 22.080 el número de defunciones asociadas con este evento, en Inglaterra y Gales, Francia, Italia y Portugal (Kosatsky, 2005).

Por último, debemos señalar el impacto que el riesgo sísmico tiene en los países de la Unión Europea, con consecuencias cada vez más gravosas debido, por una parte, a que la densidad de la población es cada vez mayor y, por otra, a la existencia de nuevas infraestructuras (oleoductos, gasoductos, presas, industrias químicas, etc.) que pueden resultar vulnerables en el caso de terremotos de magnitud elevada.

Por ello, la Comisión Europea viene prestando apoyo financiero a proyectos en materia de predicción sísmica, normativa sismorresistente (eurocódigos), y otros proyectos encaminados a la protección del patrimonio histórico y artístico en áreas de riesgo sísmico o para el reforzamiento de infraestructuras que en caso de destrucción podrían provocar catástrofes asociadas.

## **1.2. SITUACIÓN EN ESPAÑA**

Afortunadamente en España los daños producidos por los fenómenos de origen natural están lejos de alcanzar las cifras que se registran en otras partes del mundo. Ni por víctimas (ocupan un lugar de segundo orden en las estadísticas de muertes accidentales) ni por daños económicos (están muy por detrás de otros daños accidentales como accidentes de coches), cabría pensar que se trata de un problema de primer orden. Ello no significa que nuestro país no haya sufrido pérdidas importantes como consecuencia de eventos naturales, ni que en el futuro estemos libres de la amenaza de este tipo de riesgos. Al contrario los escenarios que los expertos manejan con relación al cambio climático, presentan en sus versiones menos amables un futuro con un importante incremento de los eventos climáticos extremos, tanto en frecuencia como en intensidad. De igual forma el riesgo sísmico y el riesgo volcánico, poco activos en el pasado reciente, representan una amenaza grave, sobre todo los terremotos y tsunamis, como la fuente de daño potencial más importante. (Ferrer et al. 2004)

Lamentablemente ya estamos habituados a la ocurrencia de inundaciones (el riesgo de origen natural más importante en España) y tormentas, pero actualmente en España no existe conciencia histórica acerca del fenómeno sísmico y su importancia, debido fundamentalmente al largo tiempo transcurrido desde el último gran terremoto catastrófico, el terremoto de Andalucía de 1884. No obstante desde el siglo XIV hasta el siglo XX se ha producido como media un gran terremoto catastrófico cada 100 años (Capote, 2001). Los niveles de actividad sísmica en cuanto al nivel de magnitud (Magnitud máxima anual de terremotos entre 4 y 5) no están variando respecto a periodos anteriores. (Martínez, 2001)

De igual forma el riesgo volcánico es el gran olvidado por la sociedad española (no ha habido una erupción catastrófica importante desde la de Lanzarote entre 1730 y 1736) pese a que el archipiélago canario es una región con volcanismo activo. Recientemente, una crisis sísmica de origen volcánico en la isla de Tenerife en la segunda mitad de 2004 desató la alarma y hizo reaccionar a la sociedad canaria, quedando de manifiesto, además, la falta de aplicación de la [Directriz Básica de Planificación de protección civil ante el Riesgo Volcánico](#) que fue aprobada ya en 1996 y que aún no había sido desarrollada en sus aspectos fundamentales.

No obstante, la percepción social otorga a los riesgos de origen natural una gran importancia. La razón radica en que han generado las catástrofes humanas más importantes en sucesos súbitos y violentos (por ejemplo los 815 muertos en 1.962 en las inundaciones del Besos, Barcelona, o los 1.275 muertos en 1.755 en el terremoto de Lisboa, principalmente por efecto del Tsunami asociado) y en que pueden afectar a miles de personas simultáneamente generando gran alarma social.

### **El daño social**

Desde 1990, más de 1.200 personas han muerto en nuestro país a causa de fenómenos naturales. No ha habido desastres globales, pero la nómina no deja de crecer año tras año. Las medias son (según datos de 2003) las que siguen. Al año pueden morir cerca de 23 españoles por inundaciones, 14 por tormentas, 5 por incendios forestales (en 2005 la media fue superada con creces, por desgracia), 10 por efecto del viento, 9 por golpes de calor, 3 por aludes de nieve, 2 por deslizamientos de terreno ... y así podríamos continuar hasta alcanzar las cifras totales.

El banco público de indicadores ambientales del Ministerio de Medio Ambiente (de acceso público en Internet), recoge los datos de víctimas mortales debidas a la ocurrencia de riesgos de origen natural (Cuadro 1). En el periodo comprendido entre 1995 y 2004, cabe destacar que el peligro que ocasionó más víctimas fue el de inundación, seguido de los temporales marinos. Normalmente estos últimos producen más víctimas que las inundaciones pero el triste evento ocurrido en el camping de Biescas donde murieron 87 personas y del que recientemente conmemoramos su décimo aniversario, ha sesgado esta tendencia. Así mismo no se han registrado víctimas por erupciones volcánicas, sequías o terremotos.

Tipo de riesgo natural	NÚMERO DE VÍCTIMAS MORTALES POR RIESGOS NATURALES 1995-2004										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total riesgo
Inundaciones	22	110	40	0	5	14	9	13	9	7	229
Tormentas	19	13	14	2	20	28	17	12	8	6	139
Incendios forestales	8	1	4	4	8	6	1	6	11	4	53
Deslizamientos	7	8	2	0	0	0	1	1	2	0	21
Golpes de calor	0	0	0	0	1	0	0	0	60	23	84
Aludes de nieve	7	1	0	0	0	4	2	4	4	5	27
Episodios de nieve y frío	0	2	5	1	0	2	4	0	0	3	17
Temporales marítimos	19	13	13	36	17	37	27	15	5	-	182
<b>TOTAL AÑO</b>	<b>82</b>	<b>148</b>	<b>78</b>	<b>43</b>	<b>51</b>	<b>91</b>	<b>61</b>	<b>51</b>	<b>99</b>	<b>48</b>	<b>752</b>

Cuadro 1. Número de víctimas mortales producidas como consecuencia de fenómenos naturales. (Fuente: *Banco público de indicadores ambientales del ministerio de medio ambiente*) Nota: se excluyen las erupciones volcánicas, sequías y terremotos por su nula incidencia en el periodo considerado.

Por último destacar dos tendencias contrapuestas; los rayos han sido en España la principal causa de muerte por riesgos naturales hasta hace pocas décadas. Así, por ejemplo, algunos años de la década de los años cuarenta del siglo XX llegaron a registrar más de 140 muertos (Ayala-Carcedo y Olcina Cantos, 2002). Sin embargo entre 1990 y 2000 los rayos han ocasionado la muerte de 73 personas. En contraposición se ha producido un aumento progresivo en el número de víctimas por aludes de nieve en los últimos 15 años. De los 257 muertos por aludes que se produjeron durante todo el siglo XX (Rodés y Miranda, 2006), 54 corresponden a la última década (Ayala et al, 2004) .

### El daño económico

Los efectos directos de los riesgos de origen natural sobre poblaciones e infraestructuras, entre otros sectores, llevan asociados elevados costes de reconstrucción y reparación de los bienes afectados. En España los riesgos geológicos e hidrometeorológicos dan lugar a pérdidas económicas relativamente importantes. Entre ellos, las inundaciones producen las mayores pérdidas alcanzando en las últimas décadas un valor medio anual en torno al 0,1% del producto interior bruto. Los deslizamientos o movimientos de laderas naturales constituyen otro de los procesos con mayor repercusión económica, sobre todo en vías de transporte y comunicación. Los terremotos, por su carácter aleatorio y desigual distribución temporal a lo largo del registro histórico, constituyen un importante riesgo potencial. Sin embargo, en el último siglo la actividad sísmica en España ha sido baja, dando lugar a pocas pérdidas si tenemos en cuenta su potencialidad.

La evaluación de pérdidas económicas más reciente realizada en España se presenta en la publicación "Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años", editada el pasado año (2004) por el Consorcio de Compensación de Seguros, que ha sido realizada por el Instituto Geológico y Minero de España. Al igual que su precedente, el estudio sobre el "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España" (IGME, 1987), al que revisa y amplía, emplea metodologías novedosas, en este caso desarrolladas específicamente en función de los datos históricos disponibles en España sobre las características de los desastres ocurridos y sus efectos económicos. Los resultados del estudio se recogen en los cuadros siguientes:

Pérdidas totales en España en el periodo 1987-2001/2

<b>Pérdidas 1987-2001/2</b> (millones de euros de 2002)		
<b>Terremotos (87-01)</b>	<b>Inundaciones (87-02)</b>	<b>Total</b>
203 13,5/año	11.921 745/año	12.124 760/año

Pérdidas por comunidades autónomas

<b>Terremotos (87-01)</b>		<b>Inundaciones (87-02)</b>	
Andalucía	68.408.586	C. Valenciana	3.353.227.646
Murcia	61.510.683	Andalucía	3.310.785.402
Galicia	35.772.962	Cataluña	1.325.720.511
C. Valenciana	11.301.715	País Vasco	1.100.086.293
Cataluña	9.059.768	Galicia	385.422.214
Castilla - La Mancha	8.124.573	Madrid	369.605.719
Castilla y León	2.498.926	Murcia	341.674.308
País Vasco	1.943.932	Castilla y León	333.573.020
Navarra	1.802.229	Baleares	311.290.712
Asturias	1.088.472	Extremadura	275.509.377
Canarias	1.081.575	Aragón	236.865.298
Madrid	595.617	Castilla - La Mancha	184.891.414
Baleares	237.380	Canarias	183.625.773
Aragón	43.970	Navarra	99.169.581
Cantabria	7.688	Cantabria	54.134.569
Extremadura	2.404	Asturias	39.400.584
La Rioja	-	La Rioja	11.055.190
Ceuta	-	Melilla	3.483.047
Melilla	-	Ceuta	1.514.690
<b>Total*</b>	<b>203.480.480</b>	<b>Total*</b>	<b>11.921.035.348</b>

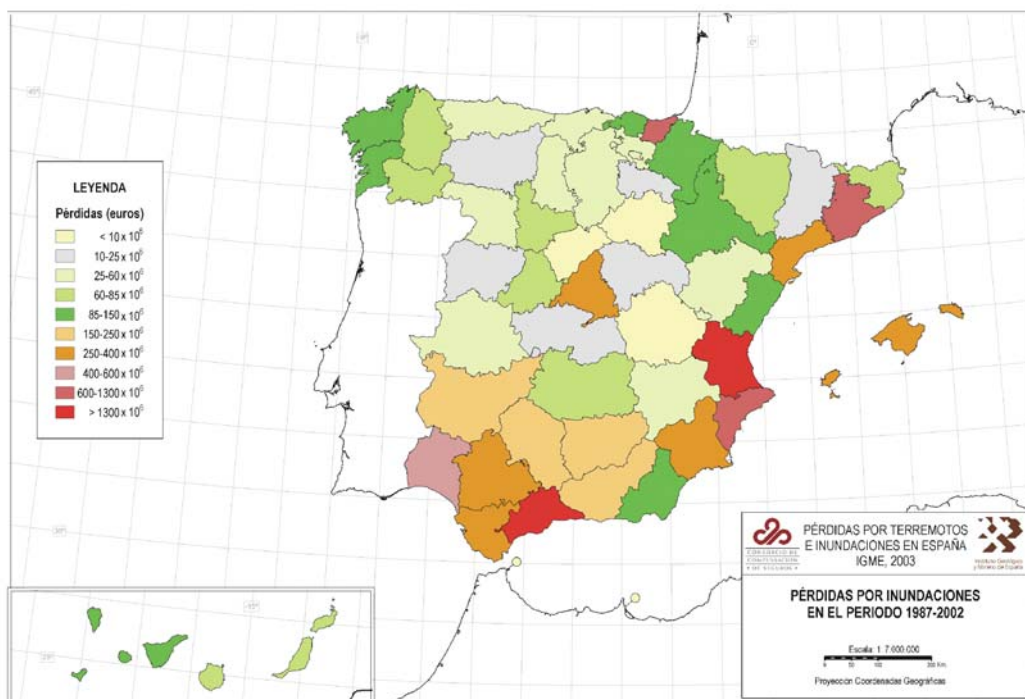
\* Euros de 2002

Pérdidas estimadas para el periodo 2004-2033:

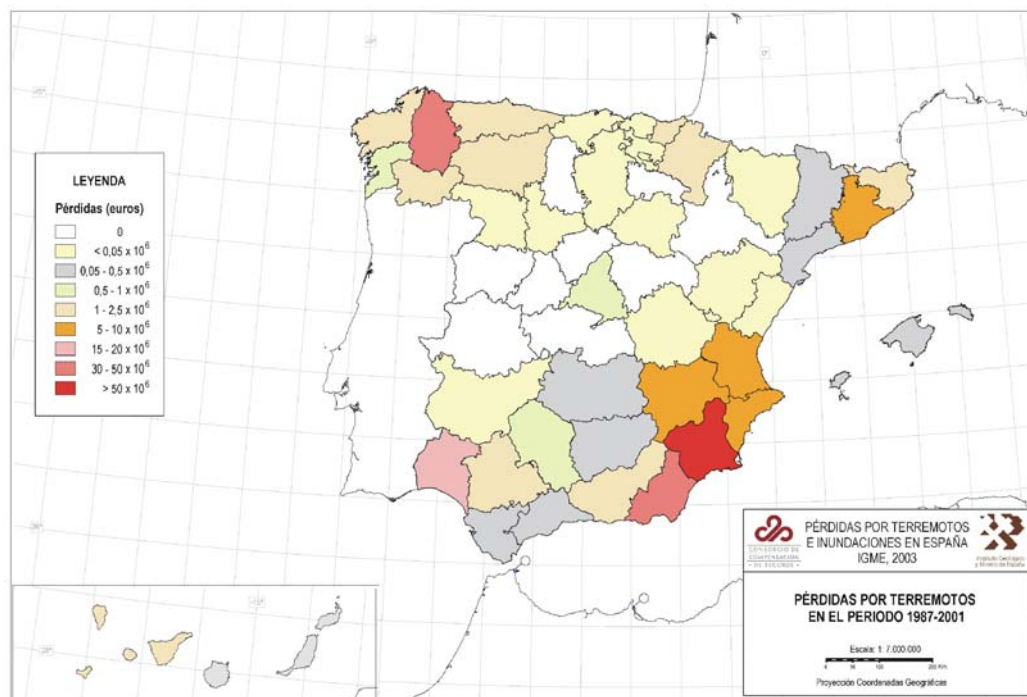
<b>Pérdidas 2004-2033</b> (millones de euros de 2002)		
<b>Terremotos</b>	<b>Inundaciones</b>	<b>Total</b>
2.096 70/año	25.722 857/año	27.818 927/año

Las pérdidas económicas asociadas a los movimientos de ladera se han estimado en unos 180 millones de euros al año, afectando principalmente a las vías de comunicación y transporte y a cascos urbanos. Las mayores pérdidas corresponden a las comunidades autónomas de Andalucía, Aragón, las dos Castillas y Cataluña. (Ferrer, 1995).

En cuanto a las pérdidas por situaciones de sequía, durante el período de 2004-2006 los daños en la agricultura han supuesto pérdidas por valor de 2.685 millones de euros.



Pérdidas estimadas por inundaciones en España en el periodo 1987-2002 (Ferrer et al., 2004)



Pérdidas estimadas por terremotos en España en el periodo 1987-2002 (Ferrer et al., 2004)

Sobre el riesgo de tsunamis, la evaluación más reciente ha sido llevada a cabo a partir de datos documentales del Instituto Geográfico Nacional y de resultados de estudios sobre tsunamis realizados por este Instituto, en colaboración con el Consorcio de Compensación de Seguros (Carreño, E. y Seller, A., 2005). Se ha efectuado una simulación de cómo afectaría humana y económicamente un tsunami de características similares al ocurrido en 1755 en la costa occidental de la provincia de Huelva estimándose, entre otras, las siguientes pérdidas:

- Pérdidas económicas esperadas en la industria: 2.001 millones de euros.
- Pérdidas económicas esperadas en el comercio: 87 millones de euros.
- Superficie total afectada en el Puerto de Huelva: 1.373.885 m<sup>2</sup>
- Población total afectada: 112.733 víctimas
- Patrimonio de viviendas afectadas: 36.674.

### Principales factores de riesgo en España

La ocupación de zonas de riesgo, la falta de medidas y sistemas de prevención y de estrategias de mitigación, de legislación, etc., implica unos costes en muchos casos gratuitos y evitables. La escasez de estudios y datos contrastados sobre el impacto de los riesgos en España contribuye también a la escasa atención que, hasta ahora, han prestado las instituciones científicas, técnicas, administrativas y políticas a esta materia.

Existe una normativa muy estricta a la hora de evaluar el impacto ambiental de una obra pública, por ejemplo. Pero se carece de una normativa similar para evaluar su riesgo para los ciudadanos. Así, a pesar de que en España las inundaciones son recurrentes en periodos de tiempo más o menos estables y sobre las mismas áreas, la ley sigue siendo demasiado laxa a la hora de evitar la construcción de edificios y urbanizaciones en zonas de riesgo como ramblas, torrentes o barrancos. El 95% de las muertes por inundación ocurridas en España desde 1990 se produjeron en estos terrenos potencialmente peligrosos.

La mayor parte de los sucesos en los temporales marítimos ocurren en el Cantábrico lo que sugiere que el factor peligrosidad es importante. Por otra parte, la vulnerabilidad de las pequeñas embarcaciones –pesqueros, deportivas, pateras- es relativamente clara. En cuanto a los vendavales en tierra, una parte importante de los sucesos está asociada a la acción del viento sobre estructuras vulnerables, tales como grúas o muros sin apeos; otra, a árboles probablemente poco podados. Los golpes de mar remiten a la alta vulnerabilidad y exposición de percebeiros y a la de turistas en las costas.

El 96,5 % de víctimas en inundaciones se han producido en pequeñas cuencas, en inundaciones torrenciales. Este hecho no hace sino corroborar lo que ya se sabía para la segunda mitad del siglo XX : el problema de las inundaciones en España desde el ángulo humano no es un problema de los ríos medios y grandes, donde la lentitud de la crecida permite en último extremo la evacuación, sino de los arroyos y cursos torrenciales (Ayala-Carcedo, 1999). El número de víctimas y de pérdidas materiales es cada vez mayor debido a una ocupación antrópica intensiva e indiscriminada de abanicos, terrazas y llanuras aluviales. (Mateu, 2000)

El problema de los rayos está claramente ligado a la exposición, a menudo relacionada con el trabajo al aire libre, y los colectivos expuestos son claros: agricultores, albañiles y excursionistas.

En cuanto a las víctimas por movimientos del terreno, los datos remarcan la importancia clave de los aludes de nieve y la población expuesta: esquiadores y montañeros. El auge de los deportes de invierno durante los últimos 15 años ha comportado una mayor frecuentación de la montaña invernal en los distintos macizos ibéricos y un cambio en la ocupación y el uso del suelo de las comarcas de montaña. A la práctica habitual del esquí alpino dentro los dominios esquiabiles securizados, hay que añadir la práctica del esquí fuera pista y la del esquí de montaña o de travesía. También hay que destacar el auge de la práctica del montañismo invernal. El gran desarrollo de los centros de esquí no se puede desligar del aumento de las zonas urbanizadas en valles de alta montaña. Todo ello ha comportado la necesidad de mantener los accesos viarios abiertos durante todo el invierno. En consecuencia, en España, muchas zonas de alta montaña donde no había ocupación o uso invernal del territorio siempre han estado expuestas a los aludes, actualmente, la presencia de esquiadores, montañeros, edificaciones, carreteras y otras infraestructuras las ha convertido en zonas potencialmente expuestas al riesgo de aludes.

En la década de los 90 incrementa enormemente el número de fallecidos por aludes. Este incremento viene condicionado por la alta siniestralidad de los eventos ocurridos en la temporada 1990 – 1991 que con 22 víctimas mortales representa prácticamente el 50% de las víctimas totales de la década. En esta temporada también ocurre uno de los accidentes más graves por su elevado número de víctimas mortales. Un grupo de militares en prácticas de esquí de montaña en el Pico de Paderna (Valle de Benasque)

desencadena un alud de placa muriendo nueve personas en el accidente ( López et al, 2000; Rodés, 1999). Ante el aumento de la actividad en montaña durante el periodo invernal se inició en el año 1990 en el Pirineo de Cataluña un programa de recogida de información sistemática sobre todos los aludes en los que se vieran implicadas personas (Base de datos ICC: <http://www.icc.es/allaus/estadistiques.html>). Los datos obtenidos de esta información muestran que un número importante de personas se encuentra expuesto al peligro por causa de los aludes, un total de 187 personas en 38 accidentes durante la década de los noventa. Desgraciadamente, un 20% de ellas corresponden a víctimas mortales o heridos graves (6% muertos y 14% heridos).

En movimientos de materiales geológicos, el problema está sobre todo en los desprendimientos de rocas (73 % de las víctimas) pero los deslizamientos súbitos pueden matar varias personas a la vez.

La necesidad de contar con estudios actualizados para su aplicación a la ordenación territorial, infraestructuras y obras públicas, compañías de seguros, protección civil, etc., es cada vez más acuciante, dado el nivel de seguridad que exige el desarrollo de una sociedad moderna. La prevención y mitigación de los daños por riesgos geológicos debe incorporarse a las actividades constructivas, de planificación urbana y ordenación del territorio y al diseño de obras e infraestructuras seguras en zonas de riesgo, con la finalidad de evitar víctimas y costes sociales y económicos.

## 2. CONCEPTOS GENERALES

### 2.1. PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO

El impacto económico y social que la ocurrencia de fenómenos de origen natural puede producir en un territorio, está controlado por tres variables fundamentales: Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad (figura 1).

La Peligrosidad mide la frecuencia de ocurrencia e intensidad con que tienen lugar fenómenos naturales (ej., inundaciones, terremotos) que constituyen potencialmente una amenaza a las personas, bienes y medioambiente. La Peligrosidad, por tanto, es un concepto con base estadística y se expresa en términos probabilistas, como por ejemplo, la probabilidad de que se supere una determinada altura de aguas en un plazo de tiempo concreto en un área determinada. La variable Peligrosidad depende fundamentalmente de la dinámica propia de los fenómenos naturales y, en algunos casos, puede estar condicionada por determinadas actividades humanas.

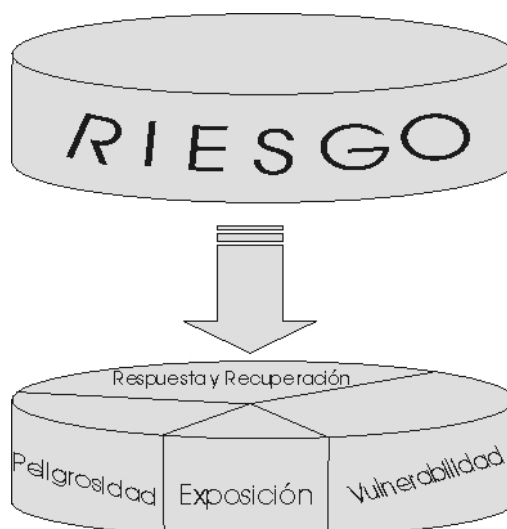


Figura 1. Variables que controlan el Riesgo.

Las variables Exposición y Vulnerabilidad, a diferencia de la Peligrosidad, dependen del marco social y económico del territorio amenazado. La variable Exposición cuantifica el número de personas y bienes que potencialmente están sometidos al peligro natural, y la Vulnerabilidad, el nivel de daños esperable en éstos dada la intensidad del fenómeno. Ambas variables evolucionan con el tiempo, de acuerdo con el desarrollo de las sociedades. Por ejemplo, la Exposición de personas a peligros naturales ha aumentado de manera muy importante en el último siglo, como consecuencia directa del aumento demográfico mundial. Por otra parte, mientras que la Vulnerabilidad ha disminuido enormemente en los países del primer mundo gracias al desarrollo de políticas de prevención, ésta sigue siendo muy alta en países en vías de desarrollo.

La Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad, conjuntamente, determinan el Riesgo: la previsión de daños personales (ej., número de víctimas, heridos, desplazados), daños materiales (ej., número de edificaciones dañadas, infraestructuras afectadas), daños medioambientales (ej., contaminación de aguas, impacto en la flora y fauna) y daños

económicos (ej., pérdidas directas e indirectas por paralización de la producción, por reconstrucción, por indemnizaciones) en un determinado territorio en un plazo de tiempo concreto. El Riesgo puede evaluarse a diferentes escalas territoriales (ej.: nacional ó local), expresarse con parámetros diferentes (ej., probabilidad de víctimas, probabilidad de pérdidas en valor monetario, reducción del PIB nacional, pérdida de capacidad adquisitiva de los habitantes), así como estar evaluado en términos de un solo peligro natural o de un conjunto de ellos.

En un sentido más amplio, el Riesgo también está controlado por otras variables, como la Capacidad de Respuesta y la Capacidad de Recuperación. Estas variables miden, por una parte, los medios y estrategias que la sociedad dispone para prevenir y para afrontar una emergencia en caso de desastre o catástrofe, y, por otra, los dispuestos para la recuperación socioeconómica del territorio y habitantes afectados. Una alta Capacidad de Respuesta puede reducir de modo importante los daños durante e inmediatamente después de una catástrofe, mientras que una alta Capacidad de Recuperación redonda en una reducción de daños a mayor plazo.

## 2.2. TIPOS DE PELIGROS NATURALES

Los peligros naturales son fenómenos de origen natural que poseen la capacidad de producir un daño a las personas, bienes o medioambiente. Los más importantes a nivel mundial, por número de víctimas, desplazados y pérdidas económicas, son los huracanes, las inundaciones y los terremotos.

Los peligros naturales se clasifican en función del agente principal que los produce: geológico, meteorológico, hidrológico,... (Tabla 1). Esta clasificación, sin embargo, es compleja, puesto que en muchos casos los peligros naturales interactúan entre ellos mismos, y con las actividades humanas. Por ejemplo, los deslizamientos de tierras son un peligro natural que en la mayoría de los casos se presenta inducido por la ocurrencia de otros peligros, como los terremotos, el volcanismo, las lluvias torrenciales,... además de actividades humanas como, por ejemplo, la construcción de taludes en infraestructuras lineales.

**Tabla 1**

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PELIGROS NATURALES</b>	
<b>GEOLÓGICOS</b> (exógenos)	Movimientos del Terreno (deslizamientos, avalanchas o aludes de nieve, desprendimientos, hundimientos), Erosión del suelo y costas, Tsunamis (inducido),...
<b>GEOLÓGICOS</b> (endógenos)	Volcanismo, Terremotos, Diapirismo, Tsunamis (inducido),...
<b>METEOROLÓGICOS</b>	Temporales (lluvia, nieve, granizo), Huracanes, Tornados, Ciclones, Olas de calor o frío, Caída de rayos, Incendios (inducido),...
<b>CLIMÁTICOS</b>	Sequía, Desertificación, Monzones, El Niño, Efectos del Calentamiento Global (cambio climático, subida del nivel mar),...

HIDROLÓGICOS	Inundaciones (periódicas, súbitas), Oleaje,...
GEOTÉCNICOS	Movimientos del terreno (inducidos), suelos expansivos, suelos orgánicos, suelos colapsables,...
BIOLÓGICOS	Peste, Gripe, Plagas,...

**Geológicos:**

Los peligros geológicos se clasifican en función de su origen: endógeno o exógeno. Los endógenos, es decir, aquellos derivadas de la actividad interna del planeta, son el volcanismo y los terremotos. Ambos fenómenos, si se dan en condiciones subacuáticas, pueden inducir la generación de tsunamis. Los peligros geológicos exógenos son los que más interrelación presentan con las actividades humanas, principalmente con las obras de ingeniería civil. Los principales son los movimientos del terreno: deslizamientos, desprendimientos, aludes o avalanchas de nieve, hundimientos,... Otros peligros exógenos importantes son los relacionados con la erosión del suelo, factor clave en la desertificación, y la erosión de costas, íntimamente relacionado con las obras portuarias.

**Meteorológicos:**

Son aquellos con origen en condiciones atmosféricas particulares que dan lugar a la ocurrencia de fenómenos muy intensos, aunque de duración limitada. Los más importantes son los huracanes y tornados, seguidos por los temporales de lluvia, nieve, y granizo. Otros son las olas de calor o frío, y las tormentas eléctricas. Los peligros meteorológicos pueden desencadenar la aparición de otros peligros naturales, como por ejemplo, inundaciones durante unas lluvias torrenciales o deslizamientos de tierras, incendios forestales por caída de rayos, la erosión y destrucción del litoral...

**Climáticos:**

Su origen, al igual que los meteorológicos, reside en las condiciones de la atmósfera pero, a diferencia de éstos, afectan a áreas mucho más extensas y son más duraderos (ej., los monzones, El Niño). Entre ellos destacan las sequías, por el importante impacto que presenta en el proceso de avance de la desertificación que comporta la erosión y pérdida del suelo, y en las epidemias de hambruna en países del tercer mundo. El calentamiento global, y los procesos de cambio climático que le acompañan, también constituye un peligro de este tipo.

**Hidrológicos:**

El agente principal en este tipo de peligros naturales es el agua, ya sea en estado líquido o en forma de hielo o nieve. El peligro más importante son las inundaciones. Éstas pueden estar producidas por fenómenos meteorológicos ocasionales o por fenómenos climáticos estacionales. La intensidad de una inundación también depende de las características geomorfológicas del territorio y de las actividades humanas desarrolladas sobre éste. En Europa y España constituyen el principal peligro natural.

**Geotécnicos:**

Son aquellos peligros geológicos exógenos cuya aparición presenta una íntima relación con las obras de ingeniería, principalmente en aquellas que implican excavaciones y movimientos de tierra. Los más importantes y frecuentes son los deslizamientos de taludes y laderas, y los hundimientos. También son peligros geotécnicos aquellos relacionados con características geológicas particulares del terreno que pueden afectar de modo importante a la cimentación de estructuras, como, por ejemplo, los suelos colapsables y los expansivos.

**Biológicos:**

Son aquellos con origen en la actividad biológica, principalmente insectos y microbios. Los más característicos son las plagas (langostas, mosquitos) y las epidemias (gripe, peste). Se estima que la epidemia global de gripe de 1917-1919 (también conocida como la gripe española) mató entre 25-40 millones de personas en todo el mundo.

### **3. LA REDUCCIÓN DEL RIESGO**

La reducción del Riesgo, es decir, de los daños sociales, económicos y medioambientales que potencialmente pueden producir los peligros naturales, es una tarea en la que está involucrada toda la sociedad. Desde el sector científico-técnico, que evalúa la existencia de los peligros y su potencial dañino, pasando por la administración, que establece políticas específicas para su prevención y mitigación, hasta el propio ciudadano, que adopta una actitud responsable y consciente hacia éstos.

La batalla por la reducción de los riesgos naturales tiene lugar en tres frentes principales: *Predicción, Previsión y Prevención*. La Predicción comprende aquellos estudios encaminados a analizar y evaluar la ocurrencia e intensidad de los fenómenos naturales. Estos estudios se conocen genéricamente como de “Evaluación de la Peligrosidad”. Sobre la base de estos estudios se realiza la Previsión, es decir la estimación de los daños potenciales dadas las características del fenómeno (peligrosidad) y del contexto territorial y socioeconómico amenazado (exposición y vulnerabilidad). Estos estudios se denominan genéricamente de “Evaluación del Riesgo”. Finalmente, el frente de la Prevención comprende todas aquellas medidas de tipo administrativo (planes de ordenación, normativas), de tipo mitigativo (ejecución de obras correctoras, planes de emergencia), o de educación ciudadana, que tienen el objetivo de reducir, o evitar, los daños potenciales.

#### **3.1. PREDICCIÓN: EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD**

La predicción de un peligro natural puede darse a tres niveles: espacial (¿dónde puede ocurrir?), frecuencia-intensidad (¿con qué frecuencia y de qué tamaño?) y temporal (¿cuándo va a ocurrir?). El estudio integrado de estas cuestiones constituye un estudio genérico de “Evaluación de la Peligrosidad”, ya sea para un territorio concreto (ej., comunidad autónoma, municipio) o para un emplazamiento determinado (ej., la ubicación de una presa, central nuclear).

La predicción espacial persigue identificar y establecer las áreas que se encuentran potencialmente amenazadas por uno o varios peligros naturales dentro un marco geográfico dado. Los resultados de un trabajo de estas características se presentan en forma cartográfica y se conocen como Mapas de Peligrosidad. Cartografías a escala territorial (1:100.000 o más pequeñas) tienen un propósito informativo general, de identificación de las áreas de mayor peligro y de valoración cualitativa de la peligrosidad (ej., alta, media, baja), en un territorio que suele coincidir con una provincia o comunidad autónoma. Este tipo de mapas tiene gran interés en las políticas de ordenación territorial. Los mapas de peligrosidad a escalas mayores (1:10.000-1:25.000) persiguen un fin similar a los anteriores pero en un entorno geográfico más reducido (ej., término municipal) y, de modo similar, tienen gran interés en cuestiones de ordenación urbana. Las cartografías a escalas locales (1:1.000-1:5.000) se realizan en las zonas urbanas de mayor peligrosidad.

La predicción de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno, y de su intensidad, se estudia mediante técnicas estadísticas y asumiendo modelos probabilistas (ej., Poisson, Extremales). Los datos empleados pueden proceder de fuentes muy diferentes, desde crónicas antiguas (ej., periódicos, diarios monásticos) que narran la ocurrencia de algún fenómeno natural pasado, generalmente de consecuencias desastrosas, pasando por

datos obtenidos en instrumentos sensibles que registran hasta los eventos de menor intensidad (ej., pluviómetros, sismógrafos), hasta datos inferidos del registro geológico (ej., paleoinundaciones, paleoterremotos). En términos generales, a mayor intensidad del fenómeno menor frecuencia de ocurrencia, y por tanto, menor número de datos disponibles y menor fiabilidad estadística de los resultados. Por ejemplo, la estimación de la altura de aguas asociada a la avenida de periodo de retorno 50 años presenta una incertidumbre menor que la de periodo de retorno 500 años. El nivel de probabilidad se expresa habitualmente con el término *periodo de retorno*, más intuitivo y cómodo. El periodo de retorno es la inversa de la probabilidad de excedencia anual de determinado efecto que el fenómeno natural es capaz de producir (ej., altura de las aguas en inundaciones, intensidad del movimiento del terreno en terremotos).

La predicción temporal, es decir, la capacidad de poder determinar el momento cuando tendrá lugar la ocurrencia del fenómeno, es factible en algunos peligros naturales susceptibles de monitorización y seguimiento (ej., volcanismo, inundaciones). La predicción temporal tiene una gran importancia en la reducción del riesgo a través de los mecanismos de alerta temprana. Por ejemplo, en España se cuenta con los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH) que permiten hacer previsiones de los riesgos potenciales derivados de lluvias importantes y actuar en consecuencia. Otros peligros naturales, como los terremotos, son impredecibles en la actualidad, y ante ellos sólo cabe una adecuada prevención.

El desarrollo de estudios de “Evaluación de la Peligrosidad” recae principalmente en el sector científico-técnico de la sociedad, como por ejemplo en España, los Organismos Públicos de Investigación, principalmente el Instituto Geológico y Minero (IGME), las Universidades y algunas empresas especializadas. El IGME actúa como centro nacional de información y documentación en el estudio de riesgos por procesos geológicos, así como su previsión, prevención y mitigación. Actualmente lidera un ambicioso plan de cartografía de peligros geológicos en España (PRIGEO), donde está prevista la producción de mapas de peligro por inundaciones, volcanismo, terremotos, movimientos del terreno,... a escala 1:50.000, o mayores, en el caso de poblaciones especialmente vulnerables, además de la creación del sistema de información geográfico SIRGEO. Para la reducción del Riesgo es necesario que los resultados de estos estudios se transfieran de forma adecuada a los organismos de la Administración con competencias en materia de Ordenación Territorial y Urbana, así como al ámbito de la Protección Civil.

### **3.2. PREVISIÓN: EVALUACIÓN DEL RIESGO**

Una vez que se ha evaluado la peligrosidad de uno o varios fenómenos naturales en un determinado territorio, puede realizarse una estimación de los daños esperables. La Evaluación del Riesgo se realiza para un marco demográfico-económico determinado y para un nivel de probabilidad de ocurrencia del peligro dado. El marco geográfico determinará las variables Exposición y Vulnerabilidad de la ecuación general del Riesgo. En el caso de la Exposición, cuantificando el número de personas y bienes expuestos y, en el caso de la Vulnerabilidad, estableciendo el grado de daños esperables en éstos.

Los estudios de Evaluación del Riesgo son complejos e implican la participación de profesionales de disciplinas muy diferentes (ej., científicos, ingenieros, arquitectos, economistas, estadistas,...). La fiabilidad de sus resultados depende fuertemente del número y calidad de los datos recabados, así como del criterio empleado en la asignación

de los niveles de daño esperable en cada elemento analizado. Por ejemplo, una estimación del Riesgo sísmico en una determinada población requiere conocer con suficiente precisión el número y tipología de construcción (ej., adobe, mampostería, hormigón) de las edificaciones expuestas y, posteriormente, en base a relaciones empíricas obtenidas de la experiencia acumulada en otros sucesos, asignar niveles de daños a cada tipología. De acuerdo con el nivel de daños alcanzado y el número de edificaciones afectadas puede estimarse el número de víctimas, heridos, desplazados,...

Los estudios de evaluación del riesgo se realizan para diferentes niveles de probabilidad de ocurrencia del suceso, o escenarios. Por ejemplo, en el caso de inundaciones, la avenida de periodo de retorno 50 años o menor se califica como frecuente, entre 50-100 años como ocasional y entre 100-500 años como excepcional. Una vez evaluado el riesgo, es competencia de la administración establecer cual es el nivel de riesgo aceptable, es decir, aquel que produciría daños económicos y sociales admisibles. El nivel de riesgo aceptable se establece sobre la base de un análisis de costes-beneficios. Por ejemplo, en el caso del riesgo sísmico, la norma sismorresistente española, así como la de la mayoría de los países de la UE, detalla las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplirse obligatoriamente para que edificaciones convencionales resistan, sin producir víctimas ni daños económicos graves, el movimiento del terreno asociado a la ocurrencia de un terremoto de periodo de retorno 500 años o menor. En el caso de edificaciones de importancia especial (ej., colegios, hospitales) el periodo de retorno se incrementa a 1000 años.

### **3.3. PREVENCIÓN: LEGISLACIÓN, MITIGACIÓN Y EDUCACIÓN CIUDADANA**

La prevención es la principal herramienta para evitar o minimizar el impacto de los riesgos naturales. Dentro de la prevención pueden distinguirse tres campos principales: el legislativo, las medidas de mitigación y la educación ciudadana.

El primero de estos campos engloba las iniciativas de las Administraciones Públicas para el desarrollo de políticas y estrategias, así como la promulgación de leyes y reglamentos, que redunden en una disminución de la exposición y vulnerabilidad de la sociedad. En el caso de España existe numerosa normativa sectorial en materias tales como el urbanismo y la ordenación del territorio, la edificación, las aguas y la protección civil.

Las medidas de mitigación son aquellas que persiguen reducir el impacto del peligro natural en el momento en que éste tiene lugar, ya sea a través de la construcción de elementos correctores (medidas estructurales) o por la puesta en marcha de planes de protección civil, y de fórmulas de cobertura aseguradora y transferencia financiera de riesgos (medidas no estructurales). Ejemplo del primer tipo de medidas sería la construcción de canalizaciones especiales para enfrentar avenidas importantes, o de elementos de contención en laderas inestables. Los planes de protección civil constituyen la capacidad de reacción de la Administración Pública ante la ocurrencia de un desastre natural y tienen una gran importancia en la reducción de daños personales.

Finalmente, la educación ciudadana se refiere a todas aquellas actividades encaminadas a concienciar a la sociedad civil de la importancia de los riesgos naturales, difusión de información a través de redes de alerta temprana y recomendaciones de actuación en caso de emergencia.

La gestión integral de los riesgos naturales en España se articula en torno al modelo de protección civil, en el que participan todas las Administraciones Públicas, con sus diferentes organismos responsables de gestión de políticas sectoriales, y cuyo fundamento jurídico es la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil, en donde por primera vez y de una manera clara se introdujeron en nuestro ordenamiento los conceptos de previsión, prevención y planificación, aludiendo a la necesidad de actuar, no solo en la esfera intervencionista y paliativa, sino también a través de acciones preventivas dirigidas a eliminar o, al menos, mitigar la peligrosidad o la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo.

## **4. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LOS RIESGOS NATURALES**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Tal como se ha señalado en el capítulo primero de este documento, en las últimas décadas se ha registrado, desde una perspectiva mundial, un paulatino incremento de las catástrofes naturales, tanto en frecuencia como en intensidad, alcanzando en los últimos años abrumadoras cifras de daños económicos y asegurados sin precedentes. Esos daños y sus múltiples y variadas repercusiones en cada zona del mundo, en cada país, han tenido un reparto desigual, en lo que habrá que señalar la conjugación de una serie de factores. Factores que son, unos, de carácter físico, como los que hacen referencia a la naturaleza y comportamiento de los diversos peligros potenciales (terremoto, inundación, erupción volcánica, huracán, etc.), a la localización espacial y a las condiciones climáticas, geológicas, orográficas, etc. de cada zona a considerar; y otros factores que son de carácter antrópico, con gran repercusión en los niveles de vulnerabilidad de cada zona, y que tienen que ver con aspectos económicos (estructura, nivel de desarrollo), financieros (mecanismos de transferencia del riesgo e instrumentos de ayudas), políticos (sistema de gobierno, desarrollo institucional, políticas de prevención y de gestión del medio), sociales (estructura, distribución e integración de la población), culturales (costumbres y prácticas tradicionales que inciden en el entorno) y psicológicos (percepción del riesgo). Tratándose de daños asegurados, y dentro de los factores financieros citados, habrá que tener en cuenta el grado de penetración de la cobertura aseguradora en cada zona, en el caso de que exista.

Las diferencias en la interacción de esos factores pueden explicar por qué en las regiones menos desarrolladas se concentran por lo general el mayor número de víctimas mortales si las comparamos con las que se registran en el mundo desarrollado, mientras que si se habla de daños económicos ocurre a la inversa, pues éstos son mucho mayores en las regiones desarrolladas al ser mayor el valor de las exposiciones, al igual que sucede con los daños asegurados, por haber, por lo común, más penetración del seguro, cubriendo exposiciones más caras. No obstante, todo ello requiere alguna matización de interés, pues si se consideran los daños económicos en términos relativos, por su repercusión en el PIB de los países afectados, hay que subrayar que los más perjudicados vuelven a ser los menos desarrollados. También hay que decir que no siempre el porcentaje de daños asegurados con respecto a los daños económicos es siempre elevado en los países desarrollados, como lo muestra el hecho de que en el terremoto de Kobe (Japón, enero 1995) los daños asegurados sólo representarían un 3% de los daños económicos. No siempre se cuenta en los países ricos con coberturas asequibles para todo tipo de riesgos y para todo tipo de exposiciones.

El significativo aumento de los daños es evidente si se compara, con datos de Munich Re (valor 2005), los que se produjeron por “grandes catástrofes” en la década de los 50 del siglo pasado, por un monto total de 48.100 millones de US\$ (pérdidas aseguradas: 1.600 millones de US\$), correspondientes a 21 eventos, con los que se registraron en la década de los 90, por un importe de 728.800 millones de US\$ (pérdidas aseguradas: 137.700 millones de US\$), a causa de 91 eventos. En los últimos 10 años las “grandes catástrofes” ocasionaron daños por valor de 575.200 millones de US\$ (pérdidas aseguradas: 176.000 millones de US\$), correspondientes a 57 eventos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> MUNICH RE (2006): *Topics Geo 2005*.

En el año 2005 los daños económicos por eventos catastróficos en el mundo alcanzaron los 220.000 millones de US\$, siendo 78.000 millones de US\$ los daños asegurados, que representan un 35,4 % de los económicos. En el citado año la catástrofe más importante fue el huracán Katrina (agosto 2005), que ocasionó daños asegurados por valor de 45.000 millones de US\$, doblando el récord que ostentaba el huracán Andrew (agosto 1992), con 22.300 millones de US\$<sup>2</sup>.

Entre las causas que expliquen este incremento habrá que citar el aumento de la población y su concentración; la concentración de bienes y el aumento del valor de las exposiciones; la ocupación de zonas de riesgo; el deterioro del medio por inadecuadas políticas de uso del suelo, de planificación territorial y urbanística, y de gestión del entorno. En cuanto a daños asegurados, a esos factores habrá que añadir en algunos supuestos una mayor penetración del seguro.

Esta tendencia alcista tan pronunciada ha sido motivo de creciente preocupación en los gobiernos, en las organizaciones internacionales y, por supuesto, en los mercados de seguro y de reaseguro, representando un auténtico reto la búsqueda de mecanismos e instrumentos idóneos para afrontar la financiación de los riesgos por eventos naturales.

Aunque los citados mercados han estado amoldándose para dar respuestas al problema, en muchas situaciones el reto del enfrentamiento a grandes pérdidas potenciales supera las capacidades de aquéllos, con lo que en diversos países se habilitaron o se actualizaron fórmulas aseguradoras con variado grado de participación estatal y de colaboración privada, con el objetivo de ofrecer cobertura a precios asequibles y con las suficientes garantías financieras. A estas iniciativas, se han unido en los últimos tiempos otras que se engloban en lo que se denomina Transferencia Alternativa de Riesgos (ART), y que son instrumentos que, utilizando la capacidad de los mercados de capitales, son un complemento que los últimos años están tomando un mayor auge, ampliando así las posibilidades de respuesta. De ello se trata a continuación.

#### **4.2. LAS CATÁSTROFES NATURALES Y SU COBERTURA ASEGURADORA**

Las catástrofes naturales tienen en el ámbito asegurador una consideración muy especial a resultas de sus características específicas como riesgo, así como por los particulares instrumentos aseguradores que se necesitan para su gestión y tratamiento.

De forma sencilla cabría decir que una catástrofe natural es el efecto dañoso<sup>3</sup> que provoca un determinado fenómeno natural en una población vulnerable. Los daños pueden ser de diferente naturaleza, esto es, personales (físicos, psicológicos, morales), materiales e intangibles; de variada significación y catalogación económica, y así pueden ser directos, indirectos y derivados, y pueden tener diversa repercusión social, económica, cultural y política en las comunidades humanas dañadas por la catástrofe.

Sufrir daños no es función únicamente del fenómeno desencadenante, sino sobre todo de la vulnerabilidad respecto del mismo, y en ella entran en conjugación factores físicos (localización geográfica, clima, estructura y morfología del terreno, etc.), culturales

<sup>2</sup> SWISS RE (2006): *Sigma 2/2006*.

<sup>3</sup> Aunque en el sistema español de cobertura de los Riesgos Extraordinarios es irrelevante a efectos del derecho a la indemnización, porque se aplica un concepto cualitativo y no cuantitativo, cabría señalarse un umbral de pérdida, de población afectada y de zona geográfica dañada a partir del cual pueda considerarse el daño como catástrofe.

(costumbres), sociales (integración, adscripción social), económicos (nivel de desarrollo), políticos (planificación, protección y gestión de los suelos y del entorno) y psicológicos (experiencia y percepción del riesgo).

Los riesgos naturales catastróficos –dejando aparte los extra-atmosféricos- tienen su origen en eventos de tipo climático o de tipo geológico. Los más comunes entre los primeros son el viento, la lluvia, el granizo, el hielo, la nieve, la sequía y la ola de frío o de calor. Y entre los segundos cabe citar los terremotos y maremotos, la erupción volcánica y los deslizamientos del terreno. Sin embargo encontramos la confluencia de varios eventos en la formación de otros, como la inundación (lluvias y relieve, o mar costero y viento), las avalanchas (nieve y relieve), la subsidencia (sequía o inundación y tipo de terreno)

Con respecto a lo que podríamos considerar riesgos ordinarios, los riesgos naturales catastróficos tienen unas características diferenciales muy marcadas. En los primeros cabe esperar un comportamiento previsible y relativamente estable desde el punto de vista estadístico, con posibilidad de realizar acertada y ajustadamente –con desviaciones muy estrechas- estimaciones de pérdidas y de calcular con el adecuado rigor técnico las tarifas de prima a aplicar. Sin embargo los riesgos naturales tienen un comportamiento errático, tanto en frecuencia como en intensidad, pues se trata de eventos que, con un nivel bajo de ocurrencia -sobre todo si los comparamos con los siniestros “ordinarios”-, y en ocasiones con grandes períodos de retorno, ocasionan o potencialmente pueden ocasionar ingentes daños, en un corto período de tiempo y en función del grado de vulnerabilidad, del nivel de concentración –de población y de valores expuestos- y de la extensión geográfica de la zona afectada. De tal manera que con un solo siniestro, y dependiendo de cómo se concreten los cúmulos<sup>4</sup>, la cartera de una entidad aseguradora podría quedar seriamente comprometida.

Atendiendo a esas particularidades tan determinantes, y por las cuales esos riesgos reciben en el sistema español de cobertura de catástrofes la denominación de “extraordinarios”, se comprende que el tratamiento asegurador de los mismos requiera de sistemas en consonancia con esa especificidad. Acordes, por lo tanto, con la problemática que plantea el control de cúmulos y con la irrelevancia estadística por falta de datos históricos en cuanto a frecuencia e intensidad, lo que dificulta extraordinariamente las previsiones de pérdidas y el tratamiento técnico de esos riesgos. Y acordes también con la eventualidad de tener que hacer frente a graves siniestralidades, lo que exige, por un lado, una fuerte y solvente capacidad financiera, canalizada y sostenida con los instrumentos pertinentes<sup>5</sup> y, por otro lado, los recursos técnicos y humanos adecuados –cuantitativa y cualitativamente- para una eficiente gestión de una irregular pero potencialmente grave siniestralidad: desde las reclamaciones hasta las indemnizaciones, pasando por la peritación de los daños. Ello, en situaciones de abultada y extendida siniestralidad, exige buenas dosis de experiencia y de capacidad de respuesta flexible, rápida y eficiente. Además, habrá que tener en cuenta que los parámetros temporales del tratamiento de estos riesgos, por su propio comportamiento, no se atienen a la referencia de ejercicios anuales desde el momento en

---

<sup>4</sup> CRESTA (*Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations*) es una iniciativa en la que participan los principales reaseguradores mundiales y cuya finalidad es principalmente diseñar formatos que contengan la información básica necesaria para el control de acumulación de una forma homogénea.

<sup>5</sup> No todas las legislaciones nacionales lo admiten, pero en muchos países a las aseguradoras privadas o a los sistemas que con apoyo estatal asumen los riesgos catastróficos, se les autoriza la constitución de provisiones de estabilización (“*equalisation reserves*”) o provisiones para fluctuación de la siniestralidad, que vienen a ser grandes fondos de supersiniestralidad, beneficiarios de tratamientos fiscales ventajosos.

que es posible que los recursos acumulados durante años de siniestralidad limitada, deban utilizarse para hacer frente a un único evento catastrófico de grandes dimensiones.

Desde hace dos décadas las catástrofes naturales han experimentado, desde una perspectiva mundial, un incremento insospechado y preocupante, tanto en frecuencia como en intensidad, batiéndose casi todos los años el record de pérdidas -sean económicas o aseguradas- del año anterior. Las razones de ese incremento de los daños económicos y asegurados caben atribuirse a una serie de factores que, de una u otra forma contribuyen a agravar la vulnerabilidad de las poblaciones frente a los eventos naturales, que, por otro lado, cada vez son menos naturales puesto que tales factores son fundamentalmente de carácter antrópico, esto es, relativos al comportamiento humano. Entre ellos destacan: la ocupación y asentamientos en zonas de riesgo; el deterioro del entorno natural, mediante alteraciones del terreno, modificaciones de uso del suelo, etc.; el incremento de la población y de los bienes y su concentración en grandes urbes, y el mayor valor de las exposiciones por su mayor componente tecnológico<sup>6</sup>. Ante los últimos años catastróficos muchos expertos apuntan al calentamiento global como otro factor que ya está actuando en el agravamiento de la siniestralidad por eventos climáticos.

En estas circunstancias las catástrofes han ganado posiciones en las preocupaciones de gobiernos, de organismos internacionales y de una amplia gama de instituciones públicas y privadas, sobre todo en relación con cuatro facetas fundamentales: el conocimiento de los riesgos, la prevención y mitigación, las ayudas oficiales y la financiación del riesgo. Por lo que se refiere a esta última cabe hablar de tres variantes, que no tienen por qué ser necesariamente excluyentes: la cobertura aseguradora, respaldada por el reaseguro y la retrocesión; los instrumentos alternativos de transferencia de riesgos (ART), utilizando la capacidad de los mercados de capitales, y la autofinanciación o auto-seguro que, de forma muy evolucionada, y cuando se trata de grandes empresas, puede adquirir la forma de “cautivas”. Pasamos a hablar de estas variantes.

1.- En el ámbito del seguro, el incremento de las catástrofes ha llevado, en muchos países desarrollados y en algunos en vías de desarrollo, con el apoyo de organizaciones internacionales, al planteamiento de las soluciones de cobertura más adecuadas, bien para crearlas ex novo, o bien para amoldar las existentes a las nuevas circunstancias siniestrales.

Ciertamente en algunos países desarrollados el seguro de catástrofes viene siendo asumido directamente por el mercado privado, pero el acusado aumento de las catástrofes y el casi inimaginable potencial destructivo de esos riesgos ha abierto el debate sobre la pertinencia en muchos casos de crear sistemas mixtos, ya existentes desde hace tiempo en algunos países, como plataformas de cooperación publico-privada, y con diferente grado de intervención y respaldo estatal. Es una fórmula que persigue dos objetivos fundamentales: por un lado, reducir al máximo la carga que para los presupuesto públicos representan las ayudas por catástrofes y, por otro, ofrecer a la generalidad de los potenciales afectados soluciones aseguradoras financieramente seguras y viables, y a precios que, sin desprestigiar los criterios técnicos, resulten asequibles. En los últimos tiempos se habla también de la complementariedad de otros instrumentos del ámbito ART.

---

<sup>6</sup> Cuando la implantación y penetración del seguro de catástrofes en una zona determinada es elevada, es obvio que ello incidirá en una potencial pérdida asegurada mayor.

Sea como fuere es evidente que las fórmulas que se han adoptado en distintos países son absolutamente heterogéneas, como no podía ser de otra forma teniendo en cuenta las diferencias en aspectos tan determinantes como: tipo de riesgos a los que se es vulnerable; situación geográfica; nivel de desarrollo económico, social y político; grado de evolución del mercado de seguros, y cultura aseguradora.

En la actualidad se dan a este respecto dos variantes: la cobertura privada y la cobertura por sistemas con diversos grados y formas de participación pública, y donde por lo general el Estado actúa como garante último del sistema. En el primer grupo, donde no todos los eventos naturales encuentran cobertura, o la tienen de forma muy limitada<sup>7</sup>, estarían entre otros el Reino Unido, Alemania, Australia, Canadá, Italia, Noruega y Holanda. Y en el segundo grupo tampoco todos los peligros son cubiertos, y de hecho se observa que algunos sistemas están diseñados exclusivamente para la cobertura de un único riesgo, quedando el resto, en su caso, a cuenta del mercado privado. Eso ocurre, por ejemplo, en Dinamarca (inundación por agua de mar), EEUU (Programa Nacional de Seguro de Inundación), Turquía (seguro contra terremoto) y Japón (programa de cobertura de terremoto para vivienda). En otros sistemas con participación pública, como los de Francia, Islandia, Nueva Zelanda, Bélgica, México, España y Suiza (compañías monopolísticas cantonales) la cobertura abarca a más riesgos, aunque exceptuado el caso de Francia, cuyo sistema no tiene un “*numerus clausus*” de riesgos a cubrir, el número de eventos incluidos en el sistema es limitado.

Desde hace más de cincuenta años está vigente en España un sistema de cobertura de Riesgos Extraordinarios, cuya figura principal es el Consorcio de Compensación de Seguros, que, bajo la forma de entidad pública empresarial, dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda, e integrado el mercado asegurador español, ofrece de forma subsidiaria cobertura para riesgos naturales catastróficos y otros de incidencia político-social (terrorismo, tumulto popular, etc.).

La heterogeneidad señalada refleja el hecho de que, ante situaciones muy diversas las soluciones aseguradoras tienen que ser diferentes, aunque, como no podía ser de otra forma, compartan en determinados aspectos muchas similitudes, trátase de cobertura privada o a cargo de los sistemas con respaldo público.

En primer lugar hay que señalar que, dadas las características específicas señaladas, estos riesgos no se aseguran de forma independiente. Si bien “Vida” generalmente garantiza todos los riesgos naturales y los ramos técnicos también suelen incluirlos a cambio de una sobretasa, la cobertura de los daños materiales catastróficos va incluida por lo común en el ramo de Incendios o, de forma más amplia, en la cobertura de daños en los bienes<sup>8</sup>. Aunque habría que señalar aquí una excepción que afecta al Programa Nacional de Seguro de Inundación de los EEUU, pues en él la cobertura es propia de inundación y no se supedita a otros ramos. Además, cabe puntualizar que la mayoría de sistemas con participación pública limitan su garantía a los daños materiales directos y, a veces, a la pérdida de beneficios. El español es el único sistema que cubre también daños relacionados con los ramos de Accidentes Personales y Vida.

En unos casos la cobertura va incluida obligatoriamente en la póliza de los riesgos a los que se vincula, sin que la compañía o el asegurado pueda rechazarla; en otros el

---

<sup>7</sup> Esa limitación puede concretarse en una oferta que actúa caso a caso, en función de determinadas circunstancias. También puede aplicar tasas muy altas que retraen la demanda, o bien se da cobertura pero con fuerte implicación del asegurado en el riesgo mediante el pago de deducibles muy elevados.

<sup>8</sup> NÁJERA, A. Y PISERRA M<sup>a</sup> T. (2000): “Los peligros naturales. Heterogeneidad de sistemas de cobertura aseguradora en el mundo”, *Gerencia de Riesgos y Seguros*, n<sup>o</sup> 70, pp. 13-28.

asegurado puede rechazarla tras oferta obligatoria del asegurador; y en otros la inclusión queda a la libre voluntad de ambas partes.

El precio de la cobertura se traduce en una prima a pagar al asegurador y es el resultado de aplicar una tasa (un porcentaje o un tanto por mil) sobre la suma asegurada para el riesgo de que se trate o sobre el capital garantizado en la póliza que incluye la cobertura<sup>9</sup>. Aunque las estadísticas sobre estos riesgos, como hemos señalado, tienen sus inconvenientes como referentes del tratamiento técnico –a veces no se conoce con exactitud el período de retorno de un evento-, allí donde es posible se tiene en cuenta la experiencia siniestral, procurando una fiabilidad suficiente de los registros históricos. Esas lagunas en el conocimiento sobre el comportamiento de los riesgos catastrófico intentan salvarse, sobre todo desde el desastre del huracán “Andrew” (Florida, agosto de 1992), mediante la utilización de modelos matemáticos, que van perfeccionándose con las experiencias de sucesivos desastres.

2.- El recurso al reaseguro permite a las aseguradoras garantizar su capacidad y estabilidad financiera al repartir sus riesgos haciendo cesión, mediante un contrato de reaseguro, de parte de los mismos a otras entidades (reaseguradoras), limitando así su posible pérdida por un siniestro único o de cúmulos.

El reasegurador generalmente acepta el riesgo natural junto con el riesgo al que vaya referenciado (incendio u otros daños en los bienes) por el período de vigencia del contrato y, al final del mismo, la prima no gastada por los compromisos indemnizatorios con los aseguradores (según la fórmula de cesión convenida) de los distintos países y por gastos de gestión, va a engrosar una reserva, que viene a ser un fondo de catástrofes para futuros siniestros. La dispersión geográfica del riesgo asumido y la internacionalización de la actividad repercuten positivamente en la estabilidad y fortaleza financiera del reasegurador.

Algunos sistemas de aseguramiento de peligros naturales con participación pública tienen en el reaseguro su fórmula básica de actuación, como es el caso del régimen francés de indemnización de catástrofes naturales, que tiene su principal puntal en la Caja Central de Reaseguro. En otros supuestos –la mayoría- la fórmula es de seguro directo, pero que en ocasiones pueden descansar en importantes programas de reaseguro internacional, como es el caso del sistema neozelandés.

3.- Las corporaciones multinacionales con dispersión geográfica cada vez utilizan más compañías cautivas de seguro y reaseguro (aseguradores/reaseguradores propiedad de la multinacional asegurada) para gerenciar los riesgos catastróficos de la naturaleza. Cuando el mercado tradicional se encuentra en situación dura (precios muy altos, poca capacidad, etc...) penalizando también a los riesgos con poca exposición es rentable el retener mas riesgo a través de este tipo de herramientas. En cualquier caso, estas compañías cautivas deben de protegerse también en el mercado de reaseguro por encima del nivel de retención óptimo para ser viables.

---

<sup>9</sup> En muchos países, se cubra el riesgo natural por el mercado privado o por el correspondiente sistema con respaldo público, la tasa se modula en función de la zona de riesgo donde se encuentra el bien asegurado. En otros casos, la tasa varía sólo en función del interés asegurado: oficinas, viviendas, industrias, comercios, etc.

### **4.3. LA TRANSFERENCIA ALTERNATIVA DE RIESGOS**

En las últimas décadas, algunas aseguradoras y diversos ingenieros financieros han diseñado nuevas formas de asumir riesgos de naturaleza catastrófica a través del intercambio en los mercados de capitales. Estos mecanismos se han desarrollado y agrupado, como se ha comentado, en dos grupos: instrumentos para financiar el riesgo e instrumentos para transferir el riesgo. En esta parte realizaremos un recorrido por algunos de los instrumentos de transferencia de riesgos catastróficos de los mercados de capitales, los cuales se han empezado a desarrollar fuertemente a partir de 1997. Estos mecanismos proporcionan a las compañías de seguros el acceso a los mercados de capitales como una forma adicional y complementaria al reaseguro. Como los riesgos catastróficos no están correlacionados con otro tipo de inversiones, estos instrumentos proporcionan a los inversores la posibilidad de reducir el riesgo de sus carteras mediante la diversificación.

#### **1.- Opciones sobre riesgos catastróficos (negociables en bolsa):**

En diciembre de 1992, el Chicago Board of Trade (CBOT) lanzó al mercado el primer activo derivado diseñado específicamente para la industria aseguradora: los contratos de futuros y de opciones sobre índices de catástrofes, CAT-futures y opciones CAT. Sin embargo, las deficiencias con las que nacieron estos contratos (falta de liquidez de los mercados y una escasa representatividad del índice de pérdidas utilizado) motivaron su sustitución, en septiembre de 1995, por las denominadas opciones PCS.

Las opciones PCS, en sus dos modalidades de calls y puts, son activos derivados, que otorgan a su poseedor el derecho (no la obligación) a ejercerlas a un valor del índice de siniestralidad subyacente determinado. Además, y a diferencia de lo que sucede con el reaseguro tradicional, estos instrumentos están estandarizados en cuanto a objetivo, dimensión temporal (ya que las especificaciones del contrato son invariables en el tiempo) y dimensión regional o geográfica.

El subyacente de estas opciones es un índice de pérdidas catastróficas (índice PCS), que refleja la cuantía acumulada de las reclamaciones debidas a catástrofes, en una zona específica de los EE.UU. durante un periodo trimestral o anual denominado “periodo de pérdidas”. Finalizado este periodo de pérdidas, se inicia un periodo anual adicional, denominado “periodo de desarrollo”, durante el cual se realiza la tramitación de los expedientes de liquidación de los siniestros y se calcula el valor final del índice PCS subyacente.

El vencimiento de las opciones PCS es de tipo europeo, es decir vencen el último día del periodo de desarrollo, momento en el que se hace público el valor de liquidación del índice. Todas las opciones que están “in-the-money” al vencimiento se ejercen de forma automática por diferencia entre el valor de liquidación del índice PCS subyacente y el índice de ejercicio de la opción.

En 1997 apareció un nuevo índice, el Guy Carpenter Catastrophe Index (GCCCI), destinado a medir las pérdidas catastróficas sobre propiedades aseguradas en los EE.UU originadas por una serie de fenómenos atmosféricos determinados. Este índice se configura como el subyacente de los contratos de activos derivados sobre riesgos catastróficos negociados en el Bermuda Commodities Exchange (BCOE), en el que se negocian tres tipos diferentes de opciones sobre índices de catástrofes: single loss CAT, aggregate loss CAT y second loss CAT.

a.- Las *single loss CAT* son opciones binarias del tipo *cash-or-nothing*, cuyo subyacente es el denominado índice *Event GCCI* para una región y periodo de riesgo determinados. Este índice relaciona las pérdidas sobre propiedades inmobiliarias para cada una de las 10 mayores catástrofes ocurridas en toda la nación respecto a su valor asegurado.

El vencimiento de las opciones *single loss CAT* se realiza en efectivo y viene determinado por la relación entre el precio de ejercicio de la opción y el valor del índice GCCI publicado. Si en cualquiera de las fechas de publicación del índice, su valor es mayor o igual que un determinado porcentaje del precio de ejercicio de la opción, la opción está *in-the-money* y liquida durante la mañana del día de negociación siguiente entregando a su poseedor 5.000 dólares.

b.- Las *aggregate CAT* y las *second loss CAT* también son opciones binarias de vencimiento en efectivo basadas en el *Aggregate GCCI* y en los dos mayores *Event GCCI* respectivamente. En el primer caso, el contrato refleja las pérdidas acumuladas durante el periodo de riesgo cubierto, y en el segundo, el contrato cubre las pérdidas derivadas de dos sucesos catastróficos de gran magnitud ocurridos a lo largo del periodo de riesgo considerado en el contrato. El resto de características de estos dos tipos de contratos coinciden con las descritas para las opciones *single loss CAT*.

Utilizar opciones sobre índices de catástrofes para la cobertura del riesgo catastrófico permite reducir los costes de transacción de las aseguradoras ya que no necesitan proporcionar información adicional a los inversores si, en un momento determinado, precisan atraer capital adicional. Los índices subyacentes de las opciones son de dominio público. Así mismo, tanto los inversores como los aseguradores tienen libre acceso a las especificaciones de los contratos, y a los resultados históricos de los índices de catástrofes utilizados en la liquidación de los mismos. Por tanto, los inversores no afrontan el riesgo de que el conocimiento de la experiencia de pérdidas de un asegurador individual, les sitúe en desventaja en la negociación de opciones catastróficas. Los inversores tampoco afrontan el riesgo de crédito del asegurador ya que el intercambio de opciones sobre índices de catástrofes se sirve de la Cámara de Compensación para liquidar las posiciones abiertas en el mercado.

Es importante señalar que al realizar la cobertura con estos instrumentos, la experiencia de pérdidas de un asegurador individual puede diferir de la recogida en el índice subyacente que se utilice en una opción determinada (riesgo de base). El asegurador se enfrenta por tanto al riesgo de que las opciones sean una cobertura pobre frente a las pérdidas catastróficas. Una baja correlación entre la experiencia de pérdidas del asegurador y el resultado de las opciones catastróficas puede reducir la efectividad de las opciones como complemento del reaseguro. Para minimizar este riesgo de base es necesario que la distribución geográfica de un asegurador sea igual que la del índice subyacente en áreas propensas a catástrofes.

Finalmente destacar que el rendimiento que obtienen los inversores en opciones catastróficas depende de las pérdidas por catástrofes y no de las condiciones económicas que afectan a los mercados. Esto supone que dicho rendimiento no está correlacionado con el rendimiento de otras inversiones por lo que las aseguradoras pueden utilizar estos derivados para mejorar el resultado de sus carteras a través de la diversificación.

## 2.- **Catastrophe Bonds (Bonos sobre catástrofes):**

Los bonos sobre catástrofes son instrumentos derivados que proporcionan a los aseguradores acceso a los mercados de capital. Su estructura es similar a la de los bonos tradicionales aunque a diferencia de estos últimos, los CAT Bonds condicionan el pago de los cupones y el valor de reembolso a la ocurrencia de un determinado suceso de naturaleza catastrófica, o suceso desencadenante, establecido en la emisión. Para compensar esta aleatoriedad en los flujos de caja, los bonos catastróficos pagan elevadas rentabilidades y proporcionan a los inversores oportunidades de reducir el riesgo de sus carteras a través de la diversificación: el rendimiento de un CAT Bond depende de que ocurra una catástrofe, cuyas características se ajusten a unos valores establecidos en el contrato. La ocurrencia de un suceso catastrófico de estas características provocará pérdidas en el interés y/o principal del bono catastrófico correspondiente pero al ser la catástrofe independiente de las condiciones del mercado de capitales, el riesgo de pérdida en los bonos catastróficos no estará correlacionado con el riesgo de pérdida en otros bonos y activos. Los bonos catastróficos son títulos “beta cero”.

Las transacciones con CAT Bonds son demandadas principalmente por compañías aseguradoras y reaseguradoras que buscan protección adicional a la que ofrece el mercado asegurador a través del contrato de reaseguro tradicional. En dichas transacciones, el asegurador cedente transfiere una parte de su riesgo suscrito a una reaseguradora denominada Special Purpose Vehicle (SPV), creada exclusivamente para esa operación de reaseguro concreta, que realiza la emisión de los bonos y que ejerce de intermediaria entre los titulares de dichos bonos y el patrocinador de la emisión. La SPV interviene en un contrato de reaseguro a través del cual indemniza las pérdidas derivadas del siniestro establecido en dicho contrato. Para poder llevar a cabo esta operación de cobertura, la SPV emite obligaciones que vende en los mercados de capitales a los inversores. De esta forma, con el principal obtenido de la colocación de la emisión, en caso de ocurrencia del siniestro, la SPV podrá indemnizar a la compañía cedente. Entonces, si no se produce el siniestro cubierto en el contrato, los inversores reciben los intereses periódicamente y el principal al término del bono. Si ocurre el siniestro, dependiendo de la estructura del bono y del contrato de reaseguro, perderán los intereses y el principal de la inversión o parte de ellos.

Entre las ventajas que ofrecen los bonos catastróficos cabe destacar el hecho de que el asegurador, como en los contratos de reaseguro tradicional, puede diseñar la estructura del bono catastrófico, para hacer frente a sus necesidades específicas. Además, desde el punto de vista de los inversores, los CAT Bonds ofrecen rentabilidades superiores a las ofrecidas por bonos con un riesgo comparable y les proporcionan oportunidades de reducir el riesgo de sus carteras a través de la diversificación al ser títulos cuya rentabilidad no está correlacionada con las fluctuaciones que se producen tradicionalmente en los mercados de capital.

Sin embargo, al operar con este tipo de instrumentos los aseguradores han de afrontar elevados costes de transacción ya que están obligados a proporcionar toda la información requerida por los inversores acerca de la exposición a pérdidas catastróficas del asegurador con el fin de evaluar el nivel del riesgo que asumen y en función del cual esperan obtener un rendimiento determinado. Esta necesidad de información por parte de los inversores puede también derivar en una falta de liquidez de los bonos catastróficos en relación con otras inversiones similares.

En cuanto a los efectos de la emisión de bonos catastróficos sobre el balance de las compañías hay que señalar que los *CAT Bonds* no tienen el mismo efecto beneficioso

sobre el apalancamiento financiero del asegurador que el reaseguro tradicional. Un asegurador puede deducir las primas cedidas al reaseguro tradicional directamente de las primas suscritas, lo que reduce la ratio primas-beneficios, haciendo que el asegurador se muestre financieramente más sólido. Pero cuando se emiten bonos catastróficos el asegurador no paga primas de reaseguro y por tanto no deduce esas primas de las primas suscritas. En este caso, la ratio primas-beneficios será mayor que en el caso de que el asegurador hubiera contratado reaseguro tradicional.

### **3.- Catastrophe Swaps (swaps de catástrofes):**

Un swap de catástrofes supone el intercambio de exposiciones de riesgos entre dos partes, con el objetivo de reducir el peso total de un determinado tipo de riesgo catastrófico dentro de una cartera de riesgos asegurados o bien, para diversificar una cartera de inversión añadiendo riesgos catastróficos. Es evidente que el riesgo catastrófico sobre propiedades aseguradas varía según el lugar en el que se produzca la catástrofe, es decir, según la situación geográfica. Con una operación swap aquellas compañías de seguros que poseen una cartera en un área propensa a catástrofes naturales tienen la oportunidad de intercambiar parte de dicha cartera por otra menos arriesgada.

El funcionamiento de un swap de catástrofes se basa en que un asegurador o reasegurador acuerda hacer pagos periódicos fijos a otra parte y ésta, habitualmente una institución financiera, acuerda hacer pagos a la aseguradora en virtud de la ocurrencia de sucesos catastróficos según una medida de la diferencia entre las pérdidas por catástrofes y las primas suscritas para su cobertura. Desde un punto de vista puramente técnico, esta estructuración es comparable a un contrato estándar de reaseguro. Sin embargo, el comprador del swap no necesita un interés asegurado o la ocurrencia de unas pérdidas determinadas para exigir el pago del derivado, el factor que determina dicho pago es simplemente la superación de un determinado nivel de pérdidas de la industria aseguradora o que entre en funcionamiento un desencadenante paramétrico establecido en el acuerdo.

Las transacciones de *catastrophe swaps* se realizan mediante un sistema de intercambio electrónico desarrollado por *Catastrophe Risk Exchange* (CATEX), que posibilitan a los aseguradores, reaseguradores y auto-aseguradores diversificar sus riesgos negociando pólizas aseguradas en diferentes regiones, y su negociación puede realizarse utilizando técnicas puras de intercambio de niveles de riesgo que tienen puntos de intervención y probabilidades de pérdidas esperadas equivalentes o en función de un valor de mercado al que se intercambian niveles de riesgo equivalentes.

El diseño de cada uno de los *swaps de catástrofes* va a determinar el perfil de los participantes en el mercado y su volumen de negociación dependerá de la necesidad de diversificación del riesgo catastrófico que tengan las distintas compañías de seguros que recurren a ellos. En estas operaciones, los acuerdos de las condiciones de pago de cada transacción establecen la cuantía de riesgo de base que afronta cada parte: si la indemnización de las reclamaciones de uno de los participantes en el *swap* determina los pagos del otro, el riesgo de base desaparecerá. Por el contrario, si los pagos de una parte dependen de las reclamaciones totales de la industria aseguradora, los dos participantes en la operación de *swap* estarán sometidos a una determinada cuantía de riesgo de base.

También existen ciertas características de los *swaps* de catástrofes que reducen la selección adversa y el azar moral. La prohibición de que los participantes en el *swap*

transfieran la totalidad de sus carteras de pólizas fomenta la gestión eficiente del grueso de sus pólizas y reduce el azar moral. La selección adversa disminuye porque los acuerdos de *swap* exigen proporcionar datos de reclamaciones y de pólizas y además el intercambio de estas últimas se hace aleatoriamente evitando de esta forma que los aseguradores negocien sólo sus pólizas más arriesgadas.

#### **4.- Industry Loss Warranties:**

Genéricamente, un *Industry Loss Warranty* (ILW), se define como un contrato de reaseguro cuyo resultado depende de dos tipos de desencadenantes: el primero de ellos se refiere a la pérdida asegurada del comprador del contrato, o indemnización; el segundo desencadenante son las pérdidas de la industria aseguradora subyacente.

El comprador de esta clase de protección recibe una compensación monetaria por reclamaciones de siniestros cuando ambos desencadenantes entran en funcionamiento, aunque en la estructura de estos contratos prevalece el desencadenante de pérdidas aseguradas de la industria. El desencadenante de indemnización se utiliza para garantizar que la cobertura ILW tiene un tratamiento contable similar al de reaseguro y para diferenciar a los ILW de los contratos derivados puros.

El desencadenante operativo de un contrato ILW es, por tanto, la pérdida de la industria y no las propias pérdidas de la compañía. Como consecuencia de ello se origina riesgo de base para el reasegurado (comprador de protección ILW), cuando la pérdida de la industria es menor que el valor del desencadenante de la indemnización. Este riesgo de base es mayor en aquellas compañías cuya concentración de exposiciones es superior a la concentración media de la industria aseguradora.

El mercado de ILW es muy amplio y la gran variedad existente de estos productos responde al tipo y al nivel de pérdidas de la industria elegidos. A su vez, el desencadenante de pérdida de la industria puede variar en función de la cuantía o el alcance geográfico considerado. Por ejemplo, un ILW puede cubrir las pérdidas aseguradas de la industria, provocadas por un huracán ocurrido en Florida, comprendidas en un intervalo entre 15.000.000.000 y 25.000.000.000 de dólares. En este caso, si el huracán causa daños considerables a propiedades inmobiliarias no aseguradas, o bien si las pérdidas aseguradas no superan los 15.000.000.000 de dólares o, finalmente, si el huracán produce daños fuera del estado de Florida, el desencadenante del contrato de reaseguro alternativo no se activa y el ILW no tiene efectos de cobertura. Este ejemplo se incluye dentro de los contratos ILW llamados de ocurrencia porque su funcionamiento depende de que se produzca, por primera o segunda vez, un determinado suceso catastrófico. Pero los ILW también pueden estructurarse aplicando la cobertura cuando la suma de las cuantías de pérdidas asociadas a la ocurrencia de una serie de catástrofes a lo largo de un año, excede un valor predeterminado. Por ejemplo, un contrato de ILW agregado que da lugar a pagos de indemnizaciones por catástrofes cuando el total de las pérdidas catastróficas anuales en la zona de California causan un daño asegurado de al menos 100.000.000 de dólares pero no superior a 5.000.000.000 de dólares.

Entre los principales motivos que pueden llevar a un asegurador / reasegurador a comprar este tipo de cobertura cabe destacar los siguientes:

- Los contratos ILW son de fácil comprensión y tienen una estructura sencilla.
- La retención realizada por el comprador puede ser muy baja de forma que la cobertura puede actuar con retenciones tan bajas como 10.000 dólares.

- No precisa de información de suscripción ya que el vendedor suscribe en función de la pérdida de la industria y no de la pérdida en la cartera del comprador.
- El precio es más competitivo que en las coberturas tradicionales debido a que existe menos incertidumbre acerca de las pérdidas de la industria que acerca de las pérdidas que pueden producirse en una determinada cartera asegurada.
- El precio de un contrato ILW depende del punto de intervención de pérdidas acordado a priori entre comprador y vendedor.
- La oferta de cobertura proporcionada por un ILW es muy amplia y puede incluir protección por costes de restablecimiento, comisiones por beneficios por pérdidas, bonificaciones por no reclamaciones y contratos de activos derivados relacionados con índices.
- Finalmente, los contratos ILW pueden cubrir los déficits de los programas tradicionales de cobertura.

Desde la perspectiva del vendedor, las principales motivaciones para negociar con ILW son:

- Son productos sencillos de tarificar, suscribir y administrar.
- Eliminan el azar moral de la cartera cubierta. El comprador de la cobertura no puede realizar declaraciones de siniestros que incrementen sus ratios de pérdidas porque el desencadenante del contrato no depende de él sino de las pérdidas de la industria aseguradora de base.
- No consideran las pérdidas inesperadas derivadas de eventos de reducida magnitud y elimina situaciones de conflicto asociadas a una pobre información de suscripción.
- Los ILW se utilizan para construir carteras equilibradas a través de la venta de cobertura en áreas geográficas donde el vendedor no tiene capacidad de reaseguro contratada.
- La cobertura del ILW puede diseñarse por riesgo o por territorio lo que permite a su vendedor ofrecer capacidad no utilizada y maximizar los ingresos asociados a una determinada cartera.
- El volumen de las pérdidas normalmente se conoce entre 24 y 36 meses después del momento en el que se produce la catástrofe.

#### **4.4. IMPLICACIONES MACROECONÓMICAS DE LAS CATÁSTROFES NATURALES**

Cuando se valora el impacto de las catástrofes naturales generalmente se hace referencia exclusivamente a los daños directos, como son el número de víctimas, desplazados o como mucho a las pérdidas económicas directas. Sin embargo se tiende a olvidar que en muchos casos limitan y retrasan el desarrollo económico de una región e incluso de países enteros (especialmente representativo son los episodios de grandes sequías). En este sentido, las catástrofes naturales afectan a las principales macromagnitudes como son el PIB, la Balanza de Pagos, el nivel de endeudamiento, el

equilibrio fiscal, la inversión tanto nacional como extranjera, o a un problema de máxima actualidad como son las corrientes migratorias. Según datos de la CEPAL (1999) los daños que produjo el huracán “Mitch” en América Central fueron de 6.000 millones de dólares en 1998. En términos macroeconómicos esto supuso un 16% del PIB de ese año, el 66% de las exportaciones, el 96,5% de la formación bruta de capital fijo y el 37,2% de la deuda externa de la región.

Es importante destacar que, según los últimos datos disponibles relativos al año 2005, se mantuvo la tendencia creciente de las catástrofes naturales lo que se tradujo en 97.000 víctimas mortales en todo el mundo. Como en años anteriores, Asia asume el triste papel de protagonista tanto en cuanto al número de catástrofes (el 52,4 % del total) como en número de víctimas (el 92,4 % del total), seguida de Estados Unidos, que concentra en ese año el 87,1% de todas las pérdidas aseguradas registradas en el mundo.

#### CATASTROFES EN 2005 POR REGIONES

REGIÓN	NÚMERO	EN %	VICTIMAS	EN %	DAÑOS ASEGURADOS (MILL \$)	EN %
<b>Norteamérica</b>	54	13,6	3 781	3,9	72 633	87,1
Europa	59	14,9	659	0,7	7 039	8,4
Asia	208	52,4	89 633	92,4	2 660	3,2
Sudamérica	21	5,3	943	1,0	47	0,1
Africa	41	10,3	1 851	1,9	49	0,1
Oceanía/ Australia	6	1,5	26	0,0	359	0,4
Océanos/espacio	8	2,0	125	0,1	609	0,7
<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>397</b>	<b>1000</b>	<b>97 018</b>	<b>100</b>	<b>83 396</b>	<b>100</b>

Fuente: SWISS RE, *Sigma* n°2/2006.

Además, las consecuencias macroeconómicas de las catástrofes naturales difieren enormemente según la región afectada, y en particular depende de si nos encontramos en un país desarrollado o en vías de desarrollo. Las diferencias se deben a diversos y complejos factores, entre los que conviene destacar los siguientes:

- Factores demográficos y de densidad de población: en este caso no sólo influye la estructura demográfica de los países (importancia del segmento de población más vulnerable niños y ancianos) y la densidad de población,

sino que interviene fuertemente en la diferenciación entre zonas rurales y urbanas y, dentro de estas últimas, en cuanto al tipo de urbanismo llevado a cabo. Ello incide no solo en el número de víctimas sino también en las pérdidas económicas y en la capacidad de recuperación de las mismas. Este factor provoca la generación de corrientes migratorias que en la fase posdesastre suelen tener un carácter nacional, pero que en periodos más largos desembocan en migraciones internacionales, cuando la fase de recuperación no se lleva a cabo satisfactoriamente como suele ocurrir en los países más pobres. Esta pérdida de capital humano compromete el desarrollo y la recuperación económica de los países, normalmente emigran los trabajadores más capaces y no del segmento más pobre de la población.

- Organización de la fase recuperación. Mientras que en los países desarrollados podemos hablar de una recuperación económica que acompaña a la reconstrucción de las zonas devastadas, en los países pobres se observa la perpetuación de un ciclo de destrucción-reconstrucción sin que se pueda hablar realmente de una recuperación económica observable en las principales magnitudes macroeconómica. Conviene destacar las diferencias en la recuperación de las corrientes comerciales tras una catástrofe según el nivel de desarrollo de la región afectada.
- Nivel de cobertura. Se trata de una diferencia sustancial ya que la transferencia de riesgos en los países en desarrollo es muy baja lo que incide enormemente en la capacidad de recuperación de estas regiones. Normalmente esta falta de cobertura se produce además en países que no disponen de sistema de solidaridad regional que permita mitigar los efectos macroeconómicos de los desastres. Esta deficiencia ha llevado a los organismos multilaterales (Banco Mundial y BID entre otros) a diseñar sistemas de evaluación de riesgos y facilidades financieras para estos casos.

Los años 90 fueron proclamados por Naciones Unidas “Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales”, sin embargo la mayoría de los gobiernos de los países no han progresado en la evaluación de las consecuencias macroeconómicas para poder paliarlas. En el cuadro siguiente se recogen algunos ejemplos de disminución del PIB por desastres naturales.

PAÍS	AÑO	TIPO DE DESASTRE	PERDIDAS PIB(%)
Argentina	1985	Inundación	1,48
Barbados	1987	Huracán	6,86
Bolivia	1982	Inundación	19,80
Chile	1985	Terremoto	9,10
Costa Rica	1991	Terremoto	8,87

Honduras	1993	Huracán/inundación	3,39
Jamaica	1988	Huracán	28,21
México	1985	Terremoto	2,18
Nicaragua	1994	Sequía	8,74
Paraguay	1983	Inundación	1,36
Perú	1983	Inundación/sequía	5,96

Fuente: KEIPI, K. Y J. TYSON (2002): "Planificación y protección financiera para sobrevivir a los desastres", *Informe Técnico*, Banco Interamericano de Desarrollo.

Esta cifras muestran la urgente necesidad de asumir un enfoque integral de gestión del riesgo que en el ámbito de la prevención y mitigación del riesgo aborde la identificación, análisis y cuantificación de las posibles pérdidas tanto directas como indirectas, de cara a articular las políticas e inversiones que permitan a las regiones afectadas recuperar la senda de crecimiento y desarrollo previo a la catástrofe.

## Conclusiones

El tratamiento asegurador de las catástrofes naturales, requiere de fórmulas e instrumentos específicos –financieros, contables y de gestión de la siniestralidad- acordes con las especiales características del comportamiento de esos riesgos en cuanto a frecuencia e intensidad, máxime teniendo en cuenta el fuerte incremento de los daños ocasionados por eventos catastróficos en las últimas décadas. Dependiendo de cada situación, no siempre los mercados de seguros y de reaseguros se encuentran en condiciones de ofrecer cobertura frente a estos riesgos. Las ayudas públicas, que a veces representan ingentes gastos presupuestarios, pueden ser un recurso para la reconstrucción a falta de otros mecanismos financieros, pero, como se ha puesto de manifiesto en muchos países, existen otras alternativas más prácticas y menos costosas a través de soluciones aseguradoras diversas que conjugan la intervención pública y la colaboración privada a distintos niveles, como vía para ofertar coberturas a la generalidad de las poblaciones, con suficientes garantías y a precios asequibles.

Algunas de estas fórmulas son de reciente creación y otras, como en el caso español, tienen ya una dilatada y eficaz trayectoria histórica. En todo caso presentan entre ellas una alta heterogeneidad, acorde con las circunstancias particulares de cada país en cuanto a riesgos, desarrollo económico, situación del mercado asegurador, cultura aseguradora, etc. En los últimos tiempos han surgido nuevos instrumentos financieros de transferencia alternativa de riesgos para canalizar capacidad complementaria a partir de los mercados de capitales.

Del punto de vista de las compañías aseguradoras, estos instrumentos financieros no se utilizan para reemplazar los mecanismos tradicionales del reaseguro, pero si suponen un importante complemento. Todas las diferentes formas de transferencia de riesgos catastróficos deberían usarse en unos porcentajes tales que permitiesen en su conjunto financiar las necesidades de las aseguradoras a la vez que permitiesen transferir el riesgo a los mercados de capitales de una forma eficiente. Estos nuevos instrumentos financieros resultan también muy útiles para los inversores.

## **5. IMPLICACIONES SOCIALES EN TORNO A LOS RIESGOS NATURALES**

Los riesgos naturales conllevan una marcada consecuencia socioeconómica en la que es difícil discriminar sus componentes, social y económico, por la íntima relación entre ambos conceptos. Con objeto de paliar esta dificultad y para diferenciar el impacto de los riesgos en cada uno de los casos, a continuación se hará un breve repaso de las implicaciones sociales, como complemento y continuación de lo expuesto en el apartado anterior respecto a las implicaciones económicas.

Desde una perspectiva social, en el momento de producirse el suceso, y a muy corto plazo, se identifica un impacto directo de los riesgos naturales representado por la pérdida de bienes e infraestructuras. Pero si se trata de cuantificar otros impactos indirectos, a medio y largo plazo, la evaluación es más complicada. Pongamos por caso la destrucción de viviendas y alojamientos; si existe alguna forma de indemnización, por medio de ayudas gubernamentales, seguros, etc., se recuperará parcialmente la pérdida. Pero no en todas partes se puede asegurar esta recuperación y en consecuencia se amplifica a posteriori el impacto del desastre, caso típico en zonas desfavorecidas o de menor desarrollo.

Si en lugar de viviendas hablamos de infraestructuras sociales parte de ellas no volverán a recuperarse, dependiendo de la magnitud del desastre, y donde pueda hacerse será obligado llevar a cabo un esfuerzo que afectará directamente a la economía y políticas sociales, al destinar recursos a estos gastos imprevistos que será necesario deducir de otros presupuestos que se verán así afectados con la consiguiente repercusión social.

En uno y otro caso, recuperación o no, el impacto social indirecto será elevado, al reducir o eliminar la capacidad que existía antes del desastre o por la necesidad de dedicar recursos extra para mantener tal capacidad. Si la zona no cuenta con esos recursos habrá que acudir a la ayuda internacional que normalmente no cubre todo y supone muchas veces contraer deudas que afectarán a la sociedad a corto y medio plazo de una forma difícilmente mensurable.

En resumen, si es difícil evaluar las consecuencias inmediatas de un desastre, mucho más lo es el tratar de cuantificar el impacto social, dado que a las dificultades en su medición se añade el hecho de presentar solamente indicios parciales en el momento inmediato al desastre para posteriormente distribuirse a lo largo de plazos extensos de tiempo.

Los principales efectos sociales de los desastres son la pérdida de vidas y producción de lesiones en la población, a los que deben añadirse el daño a los bienes y servicios básicos, con graves efectos demográficos y la consiguiente alteración de la organización social y física de la población, sin olvidar las modificaciones en las conductas de las personas.

La más importante consecuencia social de un desastre es la pérdida de vidas humanas. Detrás de ella destaca la destrucción de las viviendas que obliga a gran cantidad de personas a vivir en malas condiciones durante los peores momentos del desastre, incluso en los casos donde se dispone de servicios organizados de auxilio y asistencia. Si a ello se une la habitual reducción en la producción de alimentos, con la aparición del hambre, se generan unas importantes consecuencias demográficas indirectas, especialmente cuando no existe la adecuada capacidad de recuperación, provocando muchas veces

desplazamientos de grandes cantidades de refugiados y variaciones en la distribución demográfica, impacto que se acentúa en determinadas zonas donde se mezcla con factores étnicos o religiosas

Incluso cuando las condiciones socioeconómicas de la zona afectada permiten una buena recuperación, esta será lenta, el proceso será largo, será necesario ubicar a las personas en viviendas provisionales, lo que afectará a las condiciones normales de vida de estas comunidades afectadas.

La población en su conjunto se ve también perjudicada por la alteración de la organización social, manifestada principalmente por una disminución de las condiciones de vida, servicios sociales, en particular sanidad, pérdidas de empleo o la necesidad de realizar trabajos de ínfimas condiciones sociales; es decir un deterioro general de la calidad de vida, normalmente en zonas donde esta no es muy elevada.

Respecto a las personas en particular, uno de los impactos de los desastres naturales más difícil de evaluar es el psicológico. Estos riesgos afectan a las personas que lo sufren de forma física, causando muertos y heridos, pero también de forma psíquica, con daños emocionales como angustia, ansiedad, depresión, etc., y todo un espectro de efectos que inciden negativamente a corto, medio y largo plazo. En las sociedades más avanzadas este impacto trata de disminuirse por medio de la adecuada asistencia psicológica en el mismo momento del desastre, pero esta capacidad no existe en las zonas de mayor vulnerabilidad, con la consecuencia de un mayor impacto social y secuelas emocionales que a veces son irreversibles.

Los colectivos más afectados son los niños, las familias que han sufrido víctimas directas durante el desastre, minorías étnicas, etc., sin olvidar a los miembros de los equipos de rescate que en algunos casos, y ante la urgencia, se reclutan o presentan de forma voluntaria para ayudar in situ y reciben impactos psíquicos para los que no están preparados afectando posteriormente a su conducta emocional y por tanto a su vida normal.

Al afectar a un pequeño número de personas, en comparación con las víctimas directas, y al ser de difícil detección, estas víctimas psicológicas, no se suelen incluir en el número de víctimas ni en las consecuencias del desastre..

Existen otras consecuencias sociales, de difícil cuantificación entre las que se destaca por su importancia y creciente actualidad así como por sus probables consecuencias a posteriori, el Impacto sociopolítico. En áreas cuya organización social es débil, o nula, el desastre normalmente causará un efecto sociopolítico que cuando es de pequeña magnitud causa de perturbaciones en la actividad social normal, especialmente durante los primeras etapas del desastre y recuperación, pero que acompañada de otros factores será causa de conflictos sociales de diversos tipos.

La relación entre riesgos naturales y conflictos sociales es muy compleja, dado que no es del tipo causa – efecto, en el sentido de que un desastre natural no conlleva una amenaza para la seguridad regional o global. Pero si tales riesgos aparecen en un entorno de factores negativos estos actúan como desencadenante o iniciadores, siendo una fuente permanente de inestabilidad y conflictos, con incidencia en la seguridad local, regional o global.

En este marco conceptual es posible identificar cuales son esos factores (positivos o negativos) que incrementan, o disminuyen, la posibilidad de conflicto. En general son del tipo político, económico, social, cultural, étnico, etc, destacando de forma específica la vulnerabilidad económica y dependencia de recursos, la estabilidad política y la participación, la violencia potencial en la sociedad, los mecanismos de resolución de conflictos, etc.

En las últimas décadas, por no remontarnos a épocas pasadas, pueden identificarse de forma mas o menos clara diferentes conflictos generados por riesgos naturales. Analizando algunos de ellos se deduce que la relación entre conflictos sociales y desastres naturales puede caracterizarse por diversos fenómenos, uno de los cuales es la multicausalidad. Si bien no puede generalizarse cual será la condición necesaria para que surjan conflictos, es posible afirmar que la presencia de otros factores acrecienta o disminuye la probabilidad de la aparición de crisis de diferente intensidad. A mayor número de factores negativos, mayor probabilidad habrá de que un riesgo natural sea además causa de conflictos.

Otro de los fenómenos característicos de esta relación es la recursividad. Los riesgos naturales pueden ser una de las causas de algunos conflictos y estos, a su vez, acaban generando una degradación medioambiental, con el consiguiente peligro de desencadenar un desastre natural. Un ejemplo concreto se encuentra en el “sembrado” de minas antipersonal durante algunas de las diferentes fases de un conflicto. Cuando éste finaliza, aparece un aumento de tal degradación al no permitir ir el uso correcto de tierra cultivable, con la consiguiente escasez de uno de los recursos más vitales como es la agricultura, cuyo efecto será similar al de un riesgo como el de la sequía.

En resumen, una de las consecuencias sociales de los riesgos naturales es la posibilidad de degenerar en conflictos, que a su vez son causa de una mayor degradación medioambiental con el consiguiente riesgo de provocar desastres naturales.

## **6. RETOS ACTUALES EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES**

### **6.1. RETOS EN EL ÁMBITO CIENTÍFICO Y TÉCNICO: INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN**

#### **6.1.1. INTRODUCCIÓN**

El estudio de los riesgos naturales es una labor multidisciplinar que requiere la participación de especialistas en ciencias de la tierra, en ciencias sociales y de la ingeniería. Las principales aportaciones del ámbito científico-técnico a la prevención y mitigación de desastres naturales provienen de la identificación y de la valoración de los fenómenos catastróficos, del estudio de sus mecanismos y de la evaluación espacial y temporal de la ocurrencia del peligro natural. Los análisis detallados de los materiales geológicos, de las formas y de las estructuras, su cuantificación y su modelización han permitido la identificación y la caracterización de los mecanismos que rigen los fenómenos naturales. La simulación de procesos mediante modelos numéricos y analógicos, validados a partir de la observación y de la vigilancia instrumental de los fenómenos reales está permitiendo notables mejoras en los análisis de evaluación de la peligrosidad natural. Por otro lado, el desarrollo y uso generalizado de las técnicas de datación de los materiales geológicos ha permitido mejorar el conocimiento de la frecuencia de los peligros naturales en el pasado, su relación con los ciclos climáticos y con otros factores desencadenantes potenciales.

A continuación se presentan diversos aspectos relacionados con los procesos geodinámicos y su importancia como fenómenos que generan riesgo natural: deslizamientos, colapsos, aludes de nieve, inundaciones, destrucción del litoral y terremotos. Esta información se sustenta, en parte, en el trabajo de Corominas y Vilaplana, 2001. Se han seleccionado algunas actuaciones del ámbito científico en España que han sido difundidas en la literatura especializada internacional.

#### **Deslizamientos**

Hace veinte años, los deslizamientos eran un tema de interés menor para los especialistas en ciencias de la tierra españoles. Los primeros trabajos se orientaron sobre todo a la identificación de áreas inestables, especialmente en el Pirineo, la cordillera Cantábrica y las Béticas. La preparación de mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo para diversas administraciones autonómicas, mostró que en nuestro país era posible encontrar prácticamente todos los tipos de mecanismos de rotura. La identificación de los hundimientos gravitacionales profundos (sagging) en laderas de alta montaña requirió de estudios descriptivos de detalle para evitar que fueran confundidos con formas producidas por la erosión de los glaciares pleistocenos, o resultado de la actividad neotectónica (Bordonau & Vilaplana, 1986; Alonso & Corte, 1992; Gutiérrez et al, 2005).

#### *Evaluación de la peligrosidad de los deslizamientos*

La investigación sobre deslizamientos ha estado dirigida hacia el conocimiento del mecanismo de rotura y la evaluación de la peligrosidad. Más concretamente, los trabajos han abordado la identificación de las zonas susceptibles a los deslizamientos, la

estimación del alcance de la masa deslizada y la determinación de la frecuencia de ocurrencia y su reactivación.

El desarrollo de procedimientos para evaluar la peligrosidad de los deslizamientos y su aplicación a extensas áreas resulta difícil debido a la naturaleza compleja de las laderas. La precisión en la evaluación de la peligrosidad depende de la correcta identificación de los factores que contribuyen a la inestabilidad de la ladera. Los primeros mapas de peligrosidad de deslizamientos se basaban en análisis geomorfológicos clásicos. Estos mapas son cualitativos y dependen del criterio experto del autor, que es subjetivo, dando lugar a resultados difíciles de reproducir. Para superar esta limitación, las técnicas estadísticas, en especial el análisis multivariante, han resultado de gran utilidad para identificar los principales factores de inestabilidad. Baeza y Corominas (2001) obtuvieron una función discriminante que permitía caracterizar las zonas susceptibles a los deslizamientos superficiales, con un elevado grado de acierto (el 96% de deslizamientos mostraron un valor apropiado de la función). Esta función mostraba que los parámetros de mayor influencia en la estabilidad de la ladera son: la pendiente en la zona de rotura, el área y la pendiente de la cuenca, la forma del perfil transversal y el espesor de la formación superficial. La mayor susceptibilidad a los deslizamientos superficiales se da en laderas deforestadas y de elevada pendiente, así como en hondonadas situadas al final de cuencas grandes y suaves en las que se acumula un grosor considerable de coluviones. Recientemente se están realizando importantes mejoras de los distintos modelos de evaluación de la susceptibilidad gracias a los procedimientos de validación de los mismos (Remondo et al., 2003). La utilización de S.I.G ha aumentado la rapidez de los procedimientos cartográficos y ha permitido el análisis automático de los datos, de manera que se ha mejorado la precisión, fiabilidad y productividad del análisis regional de la peligrosidad (Chacón *et al.* 1994; Irigaray *et al.* 1999, 2003; Ayala y Corominas, 2002; Fernández *et al.*, 2003). La integración del análisis de la susceptibilidad y de la relación intensidad/frecuencia de los movimientos de ladera para evaluar la peligrosidad se ha desarrollado recientemente en los Pirineos y aplicado en el Principado de Andorra (Corominas et al, 2003).

También se ha desarrollado un procedimiento para identificar la reactivación de episodios de coladas de tierra en el Pirineo Oriental utilizando la dendromorfología (Corominas y Moya, 1999). Estos autores observaron además un comportamiento cíclico de la actividad de los deslizamientos en los últimos 80-100 años. Entre 1930 y 1959 no hubo reactivaciones de deslizamientos mientras que a partir de 1959 han tenido lugar episodios de reactivación con un promedio de 3-4 años. En regiones montañosas de Europa y de América del Norte se han observado patrones de comportamiento similar.

Un tema principal de investigación ha sido la identificación de períodos de actividad de deslizamientos durante el Holoceno y su relación con el clima. La identificación de períodos de actividad durante el pasado requiere la datación de los deslizamientos. Existe una amplia gama de técnicas de datación de depósitos cuaternarios. La precisión de estos métodos, su aplicación a la datación de deslizamientos y los requerimientos de los emplazamientos para un correcto muestreo e interpretación de los resultados se discuten en Corominas *et al.* (1994) y Lang *et al.* (1999). La reconstrucción de la actividad en el pasado de los deslizamientos en la cordillera Cantábrica y en los Pirineos (González-Díez *et al.* 1996; Moya *et al.* 1997), muestra que no es siempre coincidente con la del Centro y del Norte de Europa.

### *Deslizamientos y volcanismo*

El interés por los mecanismos de destrucción de los edificios volcánicos debido a grandes deslizamientos aumentó extraordinariamente después de la erupción del Mount Saint Helens de 1980. Las Islas Canarias, uno de los complejos volcánicos mejor estudiado del mundo, presentan unos fabulosos ejemplos de gigantescos colapsos debidos a deslizamientos. Las evidencias de estos colapsos se han encontrado tanto en investigaciones submarinas como subaéreas. La interpretación global de los principales rasgos morfológicos de las islas tal como escarpes abruptos de decenas de kilómetros de longitud y hasta un kilómetro o más de altura; la presencia de depósitos de brechas cubriendo restos de antiguas laderas; la existencia de anchas bahías asociadas; y los rasgos topográficos submarinos (depósitos de fondo marino) obtenidos a partir de prospecciones oceanográficas, han permitido la identificación de grandes deslizamientos con volúmenes superiores a varios centenares de kilómetros cúbicos. En las islas Canarias se han identificado, por lo menos, 12 colapsos gigantes (Ancochea *et al.* 1994 & 1999; Cantagrel *et al.* 1999; Carracedo *et al.* 1999; Hürlimann *et al.*, 2001; Martí *et al.*, 1997 & Urgeles *et al.* 1997).

### **Colapsos y subsidencia**

La disolución es un proceso activo en las áreas con substrato salino y yesífero. La acción antrópica como la extracción de fluidos o las labores mineras condicionan este riesgo en determinadas zonas donde los daños a infraestructuras y viviendas pueden causar un gran impacto (Guerrero *et al.*, 2004). Los fenómenos de subsidencia y de colapso pueden tener lugar en zonas donde las rocas evaporíticas están recubiertas por un notable espesor de depósitos aluviales o coluviales, causando abundantes daños en edificios, infraestructuras y preocupación ambiental (Soriano, 1992). La presencia de deformaciones en estos depósitos resulta un indicador crucial de peligrosidad. No obstante, se debe tener en cuenta que las deformaciones de sedimentos cuaternarios pueden tener distintos orígenes (tectónica, diapirismo y colapso) y su identificación no es evidente. Estudios recientes, la mayoría en la Depresión del Ebro, han aportado un conjunto de indicadores del subsuelo que permiten distinguir entre los colapsos por disolución del substrato y los de otro origen (Gutiérrez, 1996; Benito *et al.* 1998).

En formaciones cársticas recubiertas por depósitos aluviales se han identificado tres estadios de desarrollo del hundimiento (Benito *et al.*, 1995). Un estadio inicial de formación de cavidades en el substrato evaporítico infrayacente seguido de un estadio caracterizado por la erosión mecánica (tubificación, sufusión) del recubrimiento aluvial. Los aluviones erosionados se evacúan a través de las cavidades y de los conductos desarrollados en el substrato. El último estadio corresponde a la compactación o al colapso de las cavidades y conductos generados en el aluvial. También se observó una relación entre la forma de los embudos y los procesos de erosión en los depósitos aluviales (colapso del techo de la cavidad o arrastre de partículas). La combinación de métodos geomorfológicos clásicos (identificación de formas de subsidencia y de colapso) con métodos de prospección geofísica como la gravimetría y el radar, ha dado unos resultados excelentes en la localización de cavidades subterráneas y en la predicción de hundimientos potenciales.

Existen pocos intentos de evaluación del riesgo de colapso. Soriano y Simon (1995) propusieron un índice de peligrosidad para evaluar el colapso potencial debido a la disolución de yesos que tenía en cuenta la profundidad de la formación evaporítica, el espesor y la naturaleza del recubrimiento aluvial y las variaciones en el nivel freático. En

algunos casos concretos se realiza un monitoreo de la subsidencia con instrumentación en el terreno de alta precisión y también con sensores remotos (interferometría SAR), este es el caso de Sallent en la cuenca potásica catalana (Croseto *et al.*, 2003).

### **Aludes de nieve**

El primer estudio sistemático sobre los aludes o avalanchas de nieve empieza en España en 1987. Los principales objetivos científicos y aplicativos de este estudio fueron: 1) realizar mapas de peligro de aludes, su integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG), y proponer procedimientos específicos para obtener y tratar datos necesarios para la gestión del riesgo. 2) investigar los procesos básicos que intervienen en la evolución del manto nivoso y la dinámica de aludes con vistas a su aplicación a la evaluación del peligro de aludes.

Desde finales de los años ochenta se han realizado estudios metodológicos y regionales de zonas amenazadas por aludes en distintos valles del Pirineo (Furdada, 1996). Estos trabajos desarrollaron y propusieron por una parte, criterios cartográficos para reconocer y delimitar zonas probables de aludes y por otra, una leyenda apropiada de acuerdo con las características propias del Pirineo. Estos criterios, actualmente son utilizados en la elaboración de los mapas de aludes y en la base de datos de aludes del Pirineo de Cataluña que ha realizado el Institut Cartogràfic de Catalunya (Martí *et al.*, 1995; Oller *et al.*, 2006). Actualmente también se están aplicando técnicas dendrogeomorfológicas para mejorar la precisión de las cartografías de zonas de aludes y para establecer la recurrencia de los mismos (Molina *et al.*, 2004; Muntán *et al.*, 2004).

El SIG es la mejor herramienta para almacenar, gestionar, analizar y actualizar los datos de aludes, tanto los cartográficos (mapas) como los cualitativos (morfográficos, vegetación, históricos) (Furdada *et al.*, 1995; Furdada, 1996). Los análisis a partir del SIG han permitido la preparación de un modelo estadístico para la predicción de zonas de máximo alcance de los aludes en el Pirineo a partir de datos topográficos. Ello constituye una herramienta esencial para los mapas de peligrosidad y, en consecuencia, para la planificación territorial en las comarcas de montaña (Furdada, 1996; Furdada & Vilaplana, 1998).

Algunos casos de aludes, tal como grandes aludes históricos y también fenómenos peculiares en las montañas ibéricas como los “slush flows” están siendo a menudo estudiados (Furdada *et al.*, 1998 y 1999).

Nuevas investigaciones se han focalizado hacia el conocimiento de la distribución espacial de la nieve transportada por el viento en las zonas de salida de aludes; para ello se ha requerido de una gran cantidad de medidas experimentales en el terreno y en laboratorio (Font *et al.*, 1998a & 1998b; Mases *et al.*, 1998b). En esta línea se ha desarrollado un modelo empírico para la distribución espacial de las sobre acumulaciones eólicas (ventisqueros) (Mases *et al.*, 1998a).

Las investigaciones sobre dinámica de aludes se han basado en el análisis de datos experimentales obtenidos en el campo, la mayoría obtenidos mediante sensores sísmicos (Biescas *et al.*, 2003). Por un lado, algunos estudios intentan obtener parámetros físicos del flujo de nieve del alud a partir de técnicas de tratamiento de imagen y de métodos sísmicos (Sabot *et al.*, 1998). Por otro lado, el estudio de las señales sísmicas de los

aludes deberá permitir desarrollar un detector sísmico automático con aplicación a la predicción de aludes (Suriñach *et al.*, 2001).

### **Crecidas torrenciales e inundaciones**

Las crecidas torrenciales han centrado el interés de un gran número de grupos de investigación a partir de la catástrofe del camping de Biescas el 7 de agosto de 1996, en el que 87 personas perdieron la vida por el desbordamiento del Barranco de Arás en su cono de deyección. Este evento ha sido el desastre natural más estudiado en España y se han generado muchas publicaciones científicas, la mayoría desde el punto de vista hidrológico y geomorfológico (García-Ruiz *et al.* 1996; White *et al.* 1997; Benito *et al.* 1998; Gutiérrez *et al.* 1998; Alcoverro *et al.* 1999; Batalla *et al.* 1999). Tanto desde el punto de vista hidrológico como geomorfológico se pudieron extraer varias lecciones de cara a la gestión del riesgo de crecidas torrenciales: (a) en estas regiones de montaña, la utilización de períodos de retorno para una determinada precipitación conlleva errores significativos. Los registros de lluvias no incluyen los datos reales de las precipitaciones extraordinarias a menos que tengan lugar en el sector donde se encuentra el pluviógrafo, el cual a menudo suele estar situado lejos de la célula tormentosa. Los períodos de retorno calculados para localidades cercanas pueden diferir en varios órdenes de magnitud (García-Ruiz *et al.* 1996; White *et al.* 1997); (b) el cono de deyección es un ambiente predominantemente deposicional donde tanto los canales naturales como los artificiales pueden quedar sepultados por sedimentos (agradación) durante una crecida lo que provoca la avulsión y migración del flujo. Esto nos indica que las obras de corrección hidráulica no pueden ser diseñadas únicamente en base al caudal hídrico (Benito *et al.* 1998; Gutiérrez *et al.*, 1998; Alcoverro *et al.* 1999); (c) las presas de retención de sedimentos necesitan un vaciado regular de los rellenos y un mantenimiento. Si hubiesen resistido a la avenida, se habría reducido significativamente la cantidad de sedimentos movilizados, no obstante, su rotura agravó las consecuencias del flujo torrencial; (d) la aplicación de los actuales Códigos de diseño del drenaje superficial en cuencas de pequeño tamaño, puede dar cálculos irreales e infravaloraciones del caudal esperado (Alcoverro *et al.* 1999).

Las técnicas de prevención y de protección de inundaciones se basan en la correcta evaluación de la crecida esperable para un período de retorno dado. El objetivo final suele ser delimitar las zonas inundables para distintos períodos de retorno. Generalmente se aplican métodos de modelización hidráulica e hidrológica. En estos últimos años se ha visto que estas modelizaciones no son suficientes para obtener una buena delimitación de las zonas inundables. La aplicación del método geomorfológico integrado mejora notablemente los resultados. Esta metodología que investigadores españoles ya han aplicado en Centroamérica (Furdada *et al.*, 2006), delimita y clasifica las distintas zonas inundables integrando los datos geomorfológicos con los de la inundación de referencia, con los datos históricos y testimoniales y los datos hidrológicos.

Cuando los registros disponibles de las inundaciones son muy cortos y puede ocurrir que los eventos extraordinarios tengan lugar con una periodicidad que excede la de la mayoría de los registros hidrológicos. Por este motivo, los eventos extraordinarios pueden ser obviados y existe la necesidad de desarrollar métodos para estimar la magnitud de eventos de recurrencia milenaria. La reconstrucción paleohidrológica de antiguas inundaciones a partir de sedimentos fluviales de remanso ("slackwater deposits") tiene un doble interés: la identificación de avenidas extraordinarias que no están incluidas en los registros históricos y el conocimiento de la variación espacio-temporal de eventos

extremos bajo diferentes condiciones climáticas y ambientales. La interpretación paleohidrológica de los depósitos fluviales de remanso en el río Tajo (Benito *et al.* 1998) ha permitido la identificación de antiguas inundaciones en los últimos 1.000 años. La reconstrucción hidrológica de la inundación de 1947 a partir de este tipo de sedimentos, ha permitido estimar de nuevo el caudal que había sido calculado para esta avenida. La nueva estimación ha dado un valor para el caudal de sólo un tercio del valor previamente calculado, indicando que este procedimiento puede ser utilizado también para corregir los registros hidrológicos. El análisis de las inundaciones históricas de los ríos españoles ha puesto de manifiesto la existencia de varios períodos hidroclimáticos (Benito *et al.* 1996). Dos períodos de inundaciones generalizadas y de gran magnitud se produjeron entre AD 1400-1500 y AD 1850-1910, los cuales correspondieron a condiciones de transición climática. Se detectó una enorme irregularidad en las grandes inundaciones entre AD 1500 y 1850 asociada a un elevado aumento en el contraste térmico entre el invierno y el verano. Esta sensibilidad de las inundaciones con el clima abre dudas sobre la aplicabilidad del análisis estándar de la frecuencia de avenidas, que calcula las inundaciones de gran magnitud y baja frecuencia sin tener en cuenta las condiciones hidroclimáticas cambiantes.

### **Destrucción del litoral**

En relación a la erosión costera y temporales marítimos cabe destacar las pérdidas de arena y los retrocesos de playas que afectan a prácticamente todas las costas españolas, aunque son especialmente graves en la costa mediterránea. En la costa de Valencia se ha investigado especialmente sobre el retroceso costero ligado a la construcción de puertos, paseos marítimos y otras obras civiles (Pardo, 1991). Hay alguna aportación reciente sobre la erosión en marismas (Castillo *et al.* 1997). También se ha estudiado el retroceso costero inducido por actividades antrópicas tierra adentro, es decir, el cese de aportes sedimentarios a los deltas por la construcción de embalses en las cuencas fluviales. La mayoría de estos trabajos se han centrado en la evolución del delta del Ebro (Guillén *et al.*, 1992, Jiménez *et al.*, 1997). En cuanto a las pérdidas y daños en la costa por temporales marítimos, la aportación de los geomorfólogos españoles se concentra sobretudo en la costa del Golfo de Cádiz (Flores, 1997; Reyes *et al.*, 1999; Benavente *et al.*, 2000).

En la costa mediterránea española se han registrado algunos tsunamis (maremotos) de diversa entidad. Históricamente, los eventos más catastróficos han afectado a la costa sur atlántica (Huelva y Cádiz), produciendo desbordamientos, rotura de flechas litorales, e inundaciones masivas. El tsunami más destructivo que históricamente ha afectado la costa española ocurrió en 1775 y provocó unos 1000 muertos en Cádiz. Las aportaciones científicas más recientes sobre estos fenómenos, abordados desde una óptica más geológica, las encontramos en los trabajos de Dabrio *et al.*, 1998 y de Luque *et al.*, 2000.

Las investigaciones relativas a las variaciones del nivel del mar en la Península Ibérica y sus efectos se han abordado desde un punto de vista geomorfológico. Este tema ha sido muy poco tratado hasta ahora, sobre todo por la carencia de datos suficientes. Se han hecho reconstrucciones de la última subida holocena, con el objetivo de extrapolar sus efectos a un posible ascenso eustático futuro. Estos datos predictivos han sido tratados en los siguientes trabajos: Somoza *et al.*, 1992; Zazo *et al.*, 1994; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 1996; Gracia *et al.*, 1999; Soria *et al.*, 1999.

## **Terremotos**

Las investigaciones geológicas recientes sobre terremotos han aportado notables mejoras a los estudios de evaluación de la peligrosidad sísmica. Las principales investigaciones han desarrollado los siguientes aspectos:

El análisis geomorfológico permite extraer información sobre el pasado reciente y el funcionamiento actual de las fallas y las estructuras asociadas. El objetivo es obtener los parámetros sísmicos de las fallas que son necesarios para evaluar la peligrosidad sísmica. Las investigaciones en geomorfología y paleosismología son indispensables para caracterizar las fallas sismogénicas en aquellos ambientes geotectónicos donde los ciclos sísmicos de las fallas tienen una duración superior a la del registro histórico. En la Península Ibérica estas técnicas tienen mucha aplicación y en los últimos años están teniendo un importante desarrollo.

Los trabajos recientes de investigación en tectónica reciente y paleosismología se centran especialmente en el Noreste y en el Sureste de la Península Ibérica (Santanach y Masana, 2001). Los trabajos más destacables en el Noreste corresponden al estudio de las fallas de las Cordilleras Costeras Catalanas donde se localizó y estudió una falla activa de deslizamiento lento: la falla de El Camp de Tarragona (Villamarín *et al.*, 2000; Masana *et al.*, 2001). En el Sureste de la Península Ibérica, se han estudiado diversas fallas activas en las Cordilleras Béticas a partir de aproximaciones geomorfológicas, entre ellas cabe citar: índices geomórficos de actividad tectónica, encajamiento de la red fluvial, susceptibilidad a la licuefacción. Las principales zonas de estudio son la falla de Alhama-Lorca, en Murcia, el área de Adra-Carboneras, en Almería, y el borde de Sierra Nevada, en Granada (Sanz de Galdeano *et al.*, 1995; Sanz de Galdeano & López Garrido, 1999; Silva *et al.*, 1993; Silva *et al.*, 1997; Alfaro *et al.*, 1999; Hernández-Enrile *et al.*, 2000; Masana *et al.*, 2004; García-Mayordomo *et al.*, 2006). Los resultados de estos estudios presentan una vertiente aplicada de gran interés en el cálculo de la peligrosidad sísmica, como se ha puesto de manifiesto en el proyecto RISMUR (Benito *et al.*, 2006), dentro del desarrollo del Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico, recientemente aprobado por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

### **6.1.2. REDES TEMÁTICAS DE RIESGOS NATURALES**

El objetivo general de la creación de una red temática es favorecer la creación, coordinación o consolidación de equipos de masa crítica, transdisciplinares o multidisciplinares y su colaboración tanto a nivel autonómico como nacional e internacional. Los objetivos concretos de una red temática pretenden cubrir los siguientes aspectos:

a) Coordinar la investigación: Poner en común los trabajos que realicen los diferentes Grupos participantes. Detectar temas transversales que sean de interés común a los diferentes Grupos.

b) Mejorar los resultados de la investigación: Mejorar en el conocimiento, en la obtención de datos y en la vigilancia de los fenómenos naturales que generan riesgo. Mejorar los métodos de predicción de los fenómenos severos de cara a su aplicación en situaciones de alerta. Mejorar la modelización de los fenómenos naturales para implementarla en los análisis de susceptibilidad y peligrosidad.

c) Aplicar los resultados de la investigación: Mejora de los sistemas de prealertas y de alertas para gestionar con más eficiencia las situaciones de emergencia esperables. Conseguir que las cartografías de la peligrosidad y del riesgo sean utilizadas como herramientas esenciales en el ordenamiento y en la planificación territorial (uso y ocupación del suelo).

d) Difundir conocimiento y sensibilizar a la sociedad: Dar a conocer a la sociedad cuáles son los riesgos naturales a los cuales está expuesta, cuál es su impacto y cómo se pueden mitigar sus efectos. Dar a conocer los resultados de las investigaciones hechas y convencer de su beneficio social y económico.

### **La red temática de riesgos naturales de Cataluña**

En Cataluña, el Gobierno de la Generalitat promovió, hace años, la creación de redes temáticas, en diversos ámbitos, constituidas por grupos de investigación y desarrollo que trabajan en temas afines y complementarios desde diferentes instituciones, organismos y empresas públicas.

La red temática de riesgos naturales de Cataluña se inició en enero del 2002 con la voluntad de agrupar y coordinar esfuerzos de los grupos de investigación de Cataluña que trabajan en el estudio, evaluación y difusión de fenómenos geológicos, e hidrometeorológicos que generan riesgo natural (Terremotos, Volcanismo, Inundaciones, Deslizamientos, Aludes de nieve, entre otros). Se trataba de confluir y crear un forum de discusión alrededor de las estrategias de prevención multirriesgo.

En una Red de este tipo, se considera tanto la investigación en el campo de la Predicción Temporal aplicable a la gestión de situaciones de emergencia, como en el de la Predicción Espacial aplicable en la gestión de la planificación territorial.

Estos objetivos tienen que servir, en un primer estadio, para potenciar el trabajo, el intercambio de información y experiencias y la participación de los diferentes grupos en grandes proyectos; y en un segundo estadio, pensando en el usuario final, la red pretende canalizar una discusión alrededor metodologías y herramientas más útiles (modelos de predicción, cartografías multipeligro o multirriesgo, etc) para las Administraciones y Empresas encargadas de la gestión de los riesgos naturales que afectan al territorio de Cataluña. La red realiza también una importante labor de difusión a la sociedad.

La red temática de riesgos naturales de Cataluña (<http://www.ub.es/xarxariscosnat/>) está coordinada por el grupo RISKMAT de la Universidad de Barcelona y tiene como participantes los siguientes 10 grupos: el Grupo de Análisis de Situaciones Meteorológicas Adversas (Gama) de la UB; el Grupo de Investigación sobre deslizamientos de la UPC; el Grupo de Investigación en Aplicaciones Hidrometeorológicas (GRAHI) de la UPC; el Grupo de Sismología e Ingeniería Sísmica-UPC, el Grupo de Simulación de Procesos Geológicos (SIMGEO) del IJA-CSIC; el Grupo del Institut Geològic de Catalunya (IGC); el Grupo de predicción del Servicio Meteorológico de Catalunya (METEOCAT); el Grupo de Planificación de la Agència Catalana de l'Aigua (ACA); el Grupo de Protección Civil de la *Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil del Departament d'Interior de la Generalitat de*

*Catalunya*. También se encuentra integrado en la red el Grupo del *Centre de Recerca en Ciències de la Terra* de Andorra (CRECIT).

### **6.1.3. LA OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN APOYO DE LA PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE DESASTRES NATURALES**

La probabilidad de aparición de riesgos naturales no queda limitada a regiones o fronteras políticas, étnicas, etc. Este potencial carácter global demanda la integración y empleo de todos los medios disponibles para prevenir y gestionar las posibles crisis generadas por desastres naturales, entre los que destacan los avances tecnológicos en el dominio de la Observación de la Tierra desde satélites y sus aplicaciones.

Estos medios pueden ayudar a la prevención por medio del control y vigilancia global, así como la evaluación del impacto de los desastres, o la identificación de zonas de mayor probabilidad de ocurrencia. Para la gestión son útiles como medios de alerta rápida para tener la capacidad de reacción, en tiempo adecuado, y como apoyo a la resolución y posterior recuperación de las consecuencias del riesgo.

¿Porqué se presenta como uno de los retos en este dominio la observación de origen espacial? Ya se ha destacado el carácter potencialmente global de los riesgos naturales, sin dependencia del tiempo ni del espacio; cualquier lugar del mundo es susceptible de sufrir un desastre y la escasez de recursos puede producirse en cualquier momento. Este carácter global demanda que el control de los fenómenos causantes sea también global; en consecuencia se requiere una observación completa de la superficie terrestre, con un flujo de información continuo, asegurado por la capacidad de revisita de las zonas observadas.

Estas características son algunas de las que presenta la observación de la Tierra, concepto que incluye la obtención de datos desde el espacio así como la recepción, tratamiento, evaluación, análisis y difusión de los datos obtenidos. Los sensores embarcados en las plataformas espaciales pueden llevar a cabo un control global de nuestro entorno, tanto en la atmósfera, como en la superficie terrestre y en los océanos. Los datos obtenidos pueden abarcar diferentes áreas geográficas, desde una visión completa de toda la Tierra hasta zonas de dimensiones próximas al metro, y se pueden obtener en diferentes periodos de tiempo, desde años hasta horas.

Pero para asegurar que dichos datos se convierten en la información adecuada, deben ser obtenidos, actualizados y transmitidos en tiempo útil, teniendo presente que los usuarios finales necesitan informaciones coherentes, oportunas y fiables para poder hacer uso de ellas según sus propias exigencias. Por ello se debe disponer no solamente de los sensores en el espacio, sino también de una importante infraestructura terrena, capaz de gestionar y elaborar la información y ponerla a disposición de los usuarios implicados, en tiempo y formato adecuados.

#### **Unión Europea; GMES y la observación espacial**

En la actualidad existen diversas iniciativas internacionales que tratan de identificar estas necesidades para darlas adecuada respuesta por medio de sistemas operativos. La Unión Europea no permanece ajena a estos retos, que son tema de interés y atención de

las políticas de la Unión; en este contexto, la Comisión Europea y la Agencia Europea del Espacio han puesto en marcha una iniciativa denominada GMES (Global Monitoring for Environment and Security; Control Global del Medio Ambiente y Seguridad) para explotar de forma eficaz todo el potencial presente y futuro de los distintos programas y sistemas europeos de observación de la Tierra por medio de satélites y así poder hacer frente a las diferentes necesidades de los usuarios finales, en el dominio del medio ambiente y la seguridad.

La iniciativa tuvo su origen en el denominado Manifiesto de Baveno (Mayo 1998), en el que se abordó por primera vez la idea de crear en Europa una capacidad global de observación del medio ambiente, a la vez que se destacaba la importancia de la información para la gestión de riesgos causados por fenómenos naturales o provocados por actividades humanas.

El objetivo es identificar y aunar esfuerzos para proporcionar un marco común donde realizar actividades y desarrollar estrategias en el campo del medio ambiente y seguridad, utilizando información de origen espacial. Sobre esta base se trata de desarrollar la iniciativa GMES como un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones, para uso público, con la capacidad de adquirir, procesar, interpretar y distribuir toda información de utilidad relacionada con el medio ambiente, gestión de riesgos y recursos naturales.

En el ámbito global proporcionará nuevas herramientas de verificación para contribuir al control del cumplimiento de acuerdos internacionales, tanto de medio ambiente como de seguridad, tales como el protocolo de Kyoto. Al mismo tiempo, a escala regional, GMES ayudará a las autoridades locales en problemas puntuales, especialmente en los casos presión medioambiental, y permitirá reaccionar de forma más eficaz frente a catástrofes como mareas negras, inundaciones, fuegos forestales, etc.

Finalmente, en el ámbito de la Unión Europea, GMES proporcionará informaciones más objetivas en apoyo de un amplio espectro de políticas europeas, incluyendo desarrollo sostenible, cambio climático, transporte, agricultura, y política exterior y de seguridad común.

GMES constituye en la actualidad un desafío para Europa, en todos sus componentes; operativos, tecnológicos, industriales y de investigación. Cuando esta iniciativa da paso a un sistema operativo completo, integrado por todos los componentes necesarios, en espacio y en tierra, se habrá demostrado la capacidad europea de desarrollar tecnologías, basadas en la investigación, que den paso a sistemas que contribuyan a mejorar la calidad de vida a la vez que ayuden a incrementar la seguridad colectiva.

En conclusión, GMES junto con el sistema Galileo de navegación y posicionamiento global por satélite, es uno de los elementos clave de la estrategia espacial europea. Todos sus componentes deben responder a la creciente demanda de información adecuada y en tiempo apropiado en apoyo a las diferentes políticas de la Unión Europea, en particular las relativas al medio ambiente, los riesgos naturales y la seguridad.

## **6.2. TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DEL ÁMBITO CIENTÍFICO-TÉCNICO AL POLÍTICO / LEGISLATIVO**

### **6.2.1. INTRODUCCIÓN**

En numerosas ocasiones se han producido desastres naturales, debido a la ubicación del desarrollo urbanístico en zonas donde organismos científicos, como el Instituto Geológico y Minero de España, había declarado como zonas de alto riesgo de inundación u otro riesgo natural. Estas cartografías de riesgos naturales recogen, con carácter previo, la probabilidad de siniestros por lo que constituyen verdaderas crónicas de catástrofes anunciadas.

En 1996 el Pleno del Senado acordó la constitución de una Comisión Especial sobre la Prevención y Asistencia en Situaciones de Catástrofe, cuyo objeto era proceder al estudio amplio y genérico de los diversos naturales susceptibles de generar situaciones catastróficas, en donde se prestó una especial atención a los riesgos hidrológicos. El informe de esta Comisión fue aprobado en 1998, destacándose, entre otras conclusiones, la necesidad de poner en marcha un Programa Nacional de Cartografía Temática de Zonas Potencialmente Inundables, como instrumento clave para poner en marcha estrategias de reducción del riesgo, especialmente en lo referente a la implantación de medidas la restricción del uso del suelo. En este Informe, también se recomendó al Gobierno para que, en base a la Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas, fomentase convenios de colaboración con las Comunidades Autónomas para la ejecución del citado programa.

La Ley 6/1998, sobre Régimen del Suelo y Valoraciones, incluyó por primera vez en España, en su artículo nueve, un nexo entre la planificación urbana y los riesgos naturales, al establecer que tendrán la condición de suelo no urbanizable, entre otros, aquellos que estén sometidos a riesgos naturales acreditados en el planeamiento sectorial o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público. Sin embargo, estas previsiones no han sido tenidas en cuenta de una manera efectiva en el planeamiento urbano.

La exclusión en el desarrollo urbanístico de los riesgos naturales también ha sido recogida de una manera flagrante en la Sentencia de 21 de diciembre de 2005 sobre el camping de Biescas (1996, 87 muertos).

En España los trabajos realizados sobre riesgos naturales siguen siendo escasos, resultando importante reseñar su acuciante necesidad para la ordenación territorial, los planes de emergencia y de protección civil, la planificación y el urbanismo, las obras públicas e instalaciones industriales y la protección del medio ambiente.

### **6.2.2. RIESGOS GEOLÓGICOS EN LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO**

Las soluciones de planificación requieren las siguientes tareas:

- Identificar las zonas sujetas a los distintos tipos de riesgos donde la magnitud del proceso es muy superior al habitual.
- Determinar la periodicidad probable.

- Predicción del momento de ocurrencia del riesgo.
- Prevención y corrección de los efectos no deseables.

El grado de dificultad varía mucho en estas tareas. En la planificación para la ordenación del territorio, la tarea más abordable, en el estado actual del conocimiento, es la zonificación. Esta zonificación se podrá realizar definiendo la peligrosidad (probabilidad de que un proceso afecte a una zona con una intensidad) y el riesgo (que incluye daños a personas, instalaciones o actividades.)

La planificación ambiental es la utilización correcta y eficaz del territorio, de acuerdo con sus potenciales y limitaciones. Así, si un área sufre inundaciones anuales será adecuado destinarla para actividades recreativas, y si el periodo de retorno es de veinte años podrá destinarse a uso agrario y no para el desarrollo urbano.

En el proceso de planificación se emplean dos metodologías de Mapas de Riesgos:

- a) Cartografías Homogéneas, que representan integradas las características del terreno
- b) Mapas Temáticos. En cualquier caso deben resolver los siguientes problemas:

- Instrumento preventivo: Delimitación de zonas de peligrosidad.
- Establecimiento de planes de protección civil.
- Política encaminada a la corrección de los riesgos.
- Señalamiento de los sistemas de vigilancia y alerta.
- y sobre todo es de capital importancia, establecen canales y sistemas de información a las autoridades y al público en general, a fin de que se adopten las medidas legislativas y de prevención que sean viables a nivel colectivo e individual.

En España, al nivel de estudio para la planificación, es importante reseñar los trabajos del Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Geográfico Nacional (riesgo sísmico) y del Institut Cartogràfic de Catalunya.

**En lo referente a la legislación de riesgos geológicos** es importante reseñar la Norma Básica de Protección Civil, aprobada por el Real Decreto 407 / 1992, así como Directrices Básicas de Planificación de Protección Civil de Riesgos, de Inundaciones (31/1/95), de Riesgos Sísmicos (5/5/95) y de Riesgos Volcánicos (21/2/96).

No obstante, estas Directrices Básicas definen en el análisis de riesgos una zonificación, que lleva aparejada una política encaminada a la corrección de riesgos, política que falla por la base, dado que esta zonificación de riesgos apenas ha sido desarrollada o no ha sido utilizada en la planificación del territorio.

Son de destacar los planes especiales de protección civil elaborados en algunas Comunidades Autónomas para riesgo sísmico (Catalunya, Murcia,...) e inundaciones (Comunidad Valenciana, Aragón, Catalunya, País Vasco,...)

Consideramos, que el primer instrumento operativo es la delimitación de zonas de diferente peligrosidad mediante Mapas de Riesgos. En este sentido, el Instituto Geológico y Minero de España ha realizado una gran labor, pero su utilización en la ordenación del territorio es mínima, por desconocimiento o por colisión con los importantes intereses económicos en juego.

A nivel legislativo, **en materia de inundaciones**, la definición de zonas inundables es muy permisiva, dado que el apartado 3 del artículo 14 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico dice que "se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de 500 años, a menos que el Ministerio de Medio Ambiente, a propuesta del Organismo de cuenca fije, en expediente concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente."

Por otra parte, el apartado 1 del artículo 11 de la Ley de Aguas, establece que "los organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables", no produciéndose un cumplimiento efectivo de la ley, dado que no existe un reglamento de aplicación de este artículo.

En el **ámbito europeo**, es importante destacar la **Directiva Europea de Evaluación y Gestión de Inundaciones**, que obligará a elaborar mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundaciones en todas las zonas de riesgo significativo, así como a promover la coordinación dentro de las cuencas hidrográficas compartidas, y a fomentar la elaboración de planes de gestión de riesgos, en los que deberá haber un amplio proceso participativo. Se aplicará el principio de subsidiariedad para la determinación de los niveles de protección exigidos, de las medidas a tomar para alcanzarlos, y de calendario para su puesta en práctica.

La efectividad de esta norma tendrá como base fundamental la realización de la evaluación preliminar de la situación de las cuencas hidrográficas y de las zonas costeras, de forma que se haga un diagnóstico profundo de la situación actual, sobre todo en las zonas de alto riesgo como consecuencia de la actuación humana y del cambio climático.

Por otra parte, dado que las obligaciones que se deriven de esta Directiva han de estar muy relacionadas con la puesta en práctica de la Directiva Marco de Aguas, se deberá garantizar que los calendarios de ambas estén coordinados para evitar duplicidades en todo lo que se refiere a obligaciones de información y elaboración de planes.

### **6.2.3. RIESGOS NATURALES Y LEGISLACIÓN DEL SUELO**

Como ya ha sido mencionado, artículo 9 de la todavía vigente Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre Régimen del Suelo y Valoraciones, establece que debe incluirse como suelo no urbanizable, incompatible con su transformación en suelo urbano, los suelos sometidos a un régimen especial de protección, de acuerdo con los planes de ordenación territorial o legislación sectorial, en razón de los riesgos naturales acreditados en el planeamiento

sectorial, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.

Después de ocho años de vigencia de la Ley 6/1998, este artículo 9 de suelo urbanizable, en lo referido a la incompatibilidad de las zonas de riesgos naturales con la declaración de suelo no urbanizable, apenas ha sido tenido en cuenta, tanto en la legislación del suelo de las Comunidades Autónomas como de una manera efectiva en los planes generales de ordenación del territorio de las Comunidades Autónomas. En consecuencia, la asunción de los riesgos naturales como instrumento de ordenación del territorio se ha ido quedando en papel mojado.

Son destacables algunas iniciativas legislativas autonómicas, tal como la Ley 2/2002 de Urbanismo de la Generalitat de Catalunya, la cual, en su artículo 85 especifica que para que un plan sea aprobado es vinculante el informe de la comisión territorial de urbanismo que ha de tener en cuenta:

*Artículo 85.3.c), la compatibilidad con el riesgo preexistente, de acuerdo con el Mapa de protección civil de Cataluña.*

*Artículo 85.3.d), la adecuación a la planificación medioambiental y a la política de desarrollo sostenible.*

A nivel de la legislación estatal la iniciativa actual más importante ha sido la aprobación el 14 de julio de 2006 por el Consejo de Ministros, para su remisión al Parlamento, del Proyecto de Ley del Suelo, que contiene disposiciones de gran interés para la prevención efectiva de los riesgos naturales.

El Proyecto de Ley del Suelo considera que todo el suelo se encuentra a los efectos de dicha Ley, en una de las situaciones básicas de suelo rural o de suelo urbanizado, estimándose como suelo rural aquel que está en la siguiente situación:

*“En todo caso, el suelo preservado por la ordenación territorial y urbanística de su transformación mediante la urbanización, que deberá incluir, como mínimo, los terrenos excluidos de dicha transformación por la legislación de protección del dominio público, de la naturaleza o del patrimonio cultural, los que deban quedar sujetos a tal protección conforme a la ordenación territorial y urbanística por los valores en ellos concurrentes, incluso los agrícolas, ganaderos, forestales y paisajísticos, así como **aquellos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística**”*

También debemos destacar por su importancia como instrumento legal para la prevención de riesgos naturales, lo previsto en el artículo 15 del Proyecto de la Ley del Suelo, en donde se señala lo siguiente:

**“Artículo 15. Evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano.**

1. *Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística están sometidos a evaluación ambiental de conformidad con lo previsto en la legislación de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y en este artículo.*

2. **El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización debería incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.**
3. *En la fase de consultas sobre los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización, deberán recabarse al menos los siguientes informes, cuando sean preceptivos y no hubieran sido ya emitidos e incorporados al expediente ni deban emitirse en una fase posterior del procedimiento de conformidad con su legislación reguladora:*
  - a. *El de la Administración hidráulica sobre la existencia de recursos hídricos necesarios para satisfacer las nuevas demandas y sobre la protección del dominio público hidráulico.*
  - b. *El de la Administración de costas sobre el deslinde y la protección del dominio público marítimo-terrestre, en su caso.*
  - c. *Los de las Administraciones competentes, en materia de carreteras y demás infraestructuras afectadas, acerca de dicha afección y del impacto de la actuación sobre la capacidad de servicio de tales infraestructuras”.*

Apreciamos la importancia de estos preceptos del proyecto de Ley del Suelo en relación con los riesgos naturales, ya que se introducen principios hasta ahora inéditos en el modelo urbanístico español **que pueden suponer en el futuro un salto cualitativo en la defensa de los ciudadanos contra los riesgos naturales, mediante la elaboración de cartografías de riesgos, como instrumento esencial en la sostenibilidad de la ordenación del territorio.**

Consideramos, incluso, que podría ser conveniente, durante la fase de tramitación del proyecto en el Parlamento, complementar y matizar el apartado 3.a) del artículo 15, añadiendo lo siguiente: **“así como los datos y estudios sobre avenidas en cumplimiento de la legislación de aguas”.**

También sería fundamental que, una vez que se apruebe esta norma y se produzca la correspondiente aplicación por parte de las Comunidades Autónomas, se logre acreditar con suficiente claridad y precisión el alcance espacial y temporal de los riesgos naturales mediante una cartografía de riesgos y períodos de retorno, incorporándose en las leyes del suelo autonómicas la obligación de incluir en los Planes del Suelo de Ordenación Urbana cartografías de riesgos naturales que permitan evitar la aparición de catástrofes.

#### **6.2.4. RIESGOS NATURALES Y PROTECCIÓN CIVIL**

La Ley 2/1985 sobre Protección Civil, establece que la finalidad de este servicio público es el estudio y la prevención de las situaciones de grave riesgo, catástrofe y calamidad pública, así como la protección y socorro de personas y bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan.

Se refuerza el papel preventivo y de planificación de este servicio público y se crea, como órgano superior de coordinación entre la Administración del Estado y las Administraciones Autonómicas, la Comisión Nacional de Protección Civil, así como Comisiones autonómicas en donde están representadas las diferentes Administraciones Públicas.

Desde el punto de vista preventivo es importante destacar el elenco de actuaciones preventivas que recoge el artículo 14 de esta Ley, en donde se señala que, sin perjuicio de las funciones y competencias que en materia de prevención de riesgos específicos otorgan las leyes a las diferentes Administraciones Públicas, corresponderán también a estas las siguientes actuaciones preventivas en materia de Protección Civil:

- a. La realización de pruebas o simulacros de prevención de riesgos y calamidades públicas.
- b. La promoción y control de la autoprotección corporativa y ciudadana.
- c. Asegurar la instalación, organización y mantenimiento de Servicios de Prevención y Extinción de Incendios y Salvamento.
- d. Promover, organizar y mantener la formación del personal de los servicios relacionados con la Protección Civil y, en especial, de mandos y componentes de los Servicios de Prevención y Extinción de Incendios y Salvamento.
- e. La promoción y apoyo de la vinculación voluntaria y desinteresada de los ciudadanos a la Protección Civil, a través de organizaciones que se orientarán, principalmente, a la prevención de situaciones de emergencia que puedan afectarlos en el hogar familiar, edificios para uso residencial y privado, manzanas, barrios y distritos urbanos, así como el control de dichas situaciones, con carácter previo a la actuación de los Servicios de Protección Civil o en colaboración con los mismos.
- f. Asegurar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de prevención de riesgos, mediante el ejercicio de las correspondientes facultades de inspección y sanción, en el ámbito de sus competencias.

El desarrollo de la Ley de Protección Civil ha estado marcado desde su aprobación por un mayor énfasis en los aspectos relativos a lo que se conoce como planificación o preparación ante emergencias, cuya finalidad esencial es preparar el conjunto de actuaciones y medios para controlar los efectos de una emergencia, mientras que los aspectos más puramente preventivos de reducción del riesgo han seguido estando vinculados con la normativa sectorial.

La norma que regula los criterios para el desarrollo de la planificación de protección civil es la denominada Norma Básica de Protección Civil, aprobado por el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, la cual entre otros puntos, hace una mención específica a determinados riesgos naturales (riesgo sísmico, volcánico e inundaciones), señalando que estos riesgos han de ser objeto de una planificación especial de protección civil.

Para cada uno de estos riesgos naturales se han ido dictando una serie de Directrices Básicas de Planificación, en donde establecen criterios para que las Comunidades Autónomas y, en su caso, las Entidades locales, desarrollen los correspondientes planes de actuación ante emergencias.

En el caso de otros riesgos naturales no citados expresamente en la Norma Básica de Protección Civil, tales como las nevadas, deslizamientos, temporales de viento, etc., la

responsabilidad esencial de la planificación de protección civil queda marcada con carácter general en los denominados Planes Territoriales, a elaborar por las Administraciones Autonómicas y Locales.

Se ha asistido, por lo tanto, a un proceso progresivo de descentralización y de transferencia de competencias a las Administraciones territoriales en la esfera de la gestión de riesgos naturales, reservándose la Administración General la capacidad de dictar criterios generales de planeamiento o de intervención operativa en supuestos de extrema gravedad en los que el interés nacional esté en juego.

Como fruto de esta distribución competencial, las Comunidades Autónomas han ido dictando diversas normas reguladoras de la gestión de riesgos, acentuando en algunos casos el énfasis en los aspectos relativos a la previsión y prevención. Así, la Ley de Protección Civil de Cataluña faculta a la Generalitat para elaborar un Mapa de Riesgos de Cataluña, que se define como un conjunto de mapas temáticos en el que deben representarse las distintas zonas territoriales en las que se presenta cada riesgo identificado. Además, esta norma obliga a la legislación urbanística y a la planificación territorial, así como a la sectorial que afecte a actividades de riesgo, a tener en cuenta las necesidades de protección civil en estos ámbitos y a establecer, si procede, medidas de prevención de riesgos y de minimización del impacto de eventuales catástrofes y calamidades. En Cataluña ya se han implementado los planes de protección civil de la Generalitat de Catalunya (ProciCat), que en materia de riesgos naturales son los siguientes: InfoCat (incendios forestales), NeuCat (Nevadas intensas), InunCat (Inundaciones) y SismiCat (Terremotos).

Criterios similares se han ido introduciendo en otras normas legales autonómicas. La Ley de Protección Civil de la Comunidad Valenciana, también establece la obligación de elaborar mapas de riesgo, como expresión espacial de las distintas amenazas en cada ámbito geográfico objeto de planificación, que serán elaborados a partir de los datos facilitados por los correspondientes sujetos públicos o privados, facultando además a las distintas Administraciones, en el marco de sus competencias, a promover actuaciones orientadas a la reducción de riesgos y a la prevención de catástrofes.

Un aspecto relevante en lo relativo a los riesgos naturales regulados por las Directrices Básicas de Protección Civil (sísmico, volcánico e inundaciones) es la vinculación que se establece entre los análisis de riesgo de los planes de protección civil y la ordenación urbana y del territorio, apuntándose la necesidad de que estos análisis *“sean tenidos en cuenta por los órganos competentes en el proceso de planificación del territorio y de los usos del suelo”*, que es la formulación que emplea, por ejemplo, las Directrices Básicas de Protección Civil para riesgo sísmico y para inundaciones. Aunque no queda claro si ese tipo de previsiones tienen carácter vinculante para los órganos urbanísticos, sería muy deseable que exista una coordinación efectiva entre los análisis de riesgos de los planes de protección civil y la cartografía de riesgos a que se refiere el proyecto de ley del suelo.

Desde el punto de la organización de los socorros en casos de catástrofes, es importante destacar la iniciativa adoptada por el Gobierno en enero del presente año, aprobando la creación de la Unidad Militar de Emergencias, que estará dotada de 4.300 efectivos para actuar ante situaciones adversas como grandes incendios, inundaciones, nevadas, terremotos y riesgos biológicos, químicos y radiológicos, y cuya implantación y pleno funcionamiento está prevista para el año 2008.

### **6.3. TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DEL ÁMBITO CIENTÍFICO-TÉCNICO A LA SOCIEDAD**

#### **6.3.1. EDUCACIÓN CIUDADANA Y CONCIENCIACIÓN DEL RIESGO**

Tradicionalmente la actitud del ser humano ante la naturaleza ha sido de resignación y asombro. Convencidos del infortunio que supone estar sometidos a las iras de la madre Tierra, pronto aprendimos a temer, convivir y protegernos de las consecuencias de la dinámica del planeta. Incluso hoy día, a pesar de vivir inmersos en una sociedad tecnológica sustentada por la ciencia, la resignación ante los hechos naturales catastróficos forma parte del subconsciente colectivo. Esta actitud se hace evidente en las opiniones y expresiones cotidianas que recogen los medios de comunicación con motivo de catástrofes naturales recientes: “la naturaleza es imprevisible”, “la catástrofe era inevitable e impredecible”, “sólo la naturaleza es responsable de unas circunstancias como las sufridas”...

La explicación al hecho de que esta actitud permanezca tan arraigada en nuestra sociedad debemos buscarla en la propia arquitectura mental del ser humano. Desde la infancia asumimos que el mundo es tal y como lo percibimos a través de los sentidos, y recurrimos tanto a la experiencia sensible como a la intuición para intentar dar una explicación a los fenómenos naturales. Nuestra mente explica el devenir de la naturaleza como una suma de relaciones causales simples que actúan en un momento dado, de manera impredecible y con mayor o menor violencia. Es por ello que nos resulta mucho más fácil adoptar una postura *catastrofista ingenua* ante la naturaleza (“es imprevisible”, “era inevitable”), que intentar comprender la dinámica de los sistemas terrestres para actuar sobre ellos: al fin y al cabo uno puede ver en televisión cada cierto tiempo los efectos de una inundación o un terremoto, pero no puede ver ni el fluir de los sistemas en acción ni las complejas interacciones que existen entre sus componentes.

Pero la ciencia nos enseña que a partir de la interpretación de los hechos cotidianos intuitivos se suelen deducir generalizaciones incorrectas y razonamientos equívocos, malentendidos que, sin embargo, perduran y con el tiempo se arraigan en la cultura popular debido al carácter de “sentido común” que solemos otorgarles. Afortunadamente el ser humano dispone de una herramienta intelectual capaz de cambiar de forma duradera y funcional esta actitud peligrosamente ingenua ante la naturaleza. Esa valiosa herramienta es la educación.

#### **Percepción ciudadana del riesgo geológico**

El término *riesgo natural* fue acuñado en la década de los 70 del pasado siglo XX con el objetivo de perfilar y dar a conocer las consecuencias negativas que puede conllevar la inferencia entre los procesos que se dan en la naturaleza y la presencia humana o el uso que ésta hace del territorio. En esta misma línea, el concepto de *riesgo geológico* hace referencia a cualquier condición geológica, proceso o suceso potencial que suponga una amenaza para la salud, la seguridad o el bienestar de un grupo de ciudadanos o para las funciones o economía de una comunidad. Pero, como ya hemos dicho, una cosa es lo que la ciencia asevera, y otra bien distinta lo que los ciudadanos perciben en su vida diaria. Y es por ello que como educadores necesariamente debemos plantearnos la siguiente pregunta: ¿ha trascendido esta definición, nacida del ámbito científico, al conjunto de la sociedad? O dicho de otro modo, ¿somos conscientes de que por el mero

hecho de vivir en un planeta tan dinámico como la Tierra convivimos necesariamente con un elevado número de riesgos geológicos?.

Desde un punto de vista teórico, la percepción del riesgo por parte de la sociedad debería haber experimentado un aumento exponencial en las últimas décadas debido, en primer lugar, a la introducción del concepto de *riesgo natural* y *riesgo geológico* en el currículum de la Enseñanza Obligatoria de nuestro país. Segundo, por el fuerte desarrollo que en este tiempo han experimentado las tecnologías de la información, capaces de mostrar de forma rápida y veraz a los ciudadanos lo que sucede en aquellas zonas del planeta que con cierta frecuencia se ven azotadas por algún tipo de desastre natural. Y por último, porque el progresivo aumento de la población mundial está provocando una mayor ocupación de territorio, lo que sin duda favorece un aumento de la probabilidad de inferencia con los procesos naturales.

Sin embargo, en contra de la previsión teórica, lo cierto es que la percepción de muchos profesionales de la Geología y la Educación apunta justo en sentido opuesto: cada vez son más los ciudadanos que han rebajado o directamente carecen de una adecuada percepción del riesgo. ¿A qué responde esta aparente contradicción entre la teoría y la experiencia? Como primera aproximación podemos apuntar cinco posibles causas: (1) desconocimiento por falta de formación (*catastrofismo ingenuo*) o información, (2) una errónea estimación de la probabilidad de riesgo, debido, por ejemplo a una mala interpretación del concepto *tiempo de retorno*, (3) descenso en la percepción de eventos catastróficos entre los ciudadanos que viven de espaldas a la naturaleza, (4) relajación de las costumbres por exceso de confianza, y (5) ocultación de la peligrosidad por parte de organismos públicos o privados.

Una vez presentadas las posibles causas, veamos cuáles son las principales líneas de actuación que, desde el ámbito de la educación, pueden ayudar a paliar esta situación.

### **Algunas consideraciones didácticas**

Todo proceso de aprendizaje requiere que quienes participan en él sean capaces de comprender e interiorizar una serie de conceptos, abandonando el pesado lastre del conocimiento intuitivo y que, además, sean capaces de adoptar nuevas actitudes y aprender nuevos procedimientos. Desde un punto de vista teórico esto se traduce en que cualquier ciudadano debería tener la oportunidad de conocer tanto el funcionamiento de los sistemas terrestres, como las interacciones existentes entre ellos en diferentes escalas espacio-temporales, tomar conciencia sobre los procesos geológicos y sus riesgos y conocer alguna medida para prevenir o corregir sus efectos. Sin embargo, en la práctica, estos objetivos, que si bien son deseables para cualquier estudiante de Educación Secundaria o Bachillerato, se tornan de difícil cumplimiento cuando se pretenden trasladar al ciudadano medio. Si queremos que éste escuche nuestros mensajes, la acción educativa debe ser práctica, sencilla y directa, buscando resultados a corto y medio plazo.

Un objetivo intensamente perseguido por el ser humano ha sido poder anticiparse a los sucesos catastróficos naturales para conseguir adoptar las decisiones más correctas. La idea de anticipación ha proporcionado el prefijo “pre” a las tres palabras que aglutinan las posibles actuaciones humanas frente a los riesgos naturales: predicción, previsión y prevención, cuya conceptualización se introduce en el apartado 3 de este trabajo.

Tanto la predicción como la previsión se fundamenta en el trabajo que realizan los geólogos en colaboración con otros científicos, mientras que las medidas orientadas a la prevención son decisiones que deben tomar políticos y técnicos de las diferentes Administraciones Públicas.

Estas tres líneas de actuación, conocidas en su conjunto con el nombre de *regla de las tres "P"*, se fundamentan en nos ofrecen un marco de referencia mucho más práctico y realista desde el que poder abordar la formación de los ciudadanos. El número de conceptos a transmitir se reduce drásticamente y quedan articulados por preguntas sencillas y directas: ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿cómo? y ¿con qué intensidad? actúan los procesos que me pueden afectar. La actitud ante el peligro también cambia: puesto que la amenaza es real y estamos expuestos a ella, podemos y debemos exigir a las administraciones públicas que velen por nuestra seguridad invirtiendo sus recursos tanto en investigación como en la elaboración de una correcta política de prevención. Estas medidas abarcan desde una adecuada ordenación del territorio, hasta planes de actuación y evacuación en caso de desastre natural. Y por último, facilita que los ciudadanos muestren interés por aquellos procedimientos que les puedan afectar en su vida diaria, esto es, desde la selección de un seguro de hogar, hasta la elección del mejor emplazamiento para comprar o edificar una vivienda, o la realización de determinadas prácticas de ocio.

Así pues, cualquier medida o iniciativa educativa que pretenda concienciar a los ciudadanos sobre la noción de riesgo geológico y paliar en lo posible sus consecuencias, debería sustentarse en estos tres conceptos básicos, haciendo especial hincapié en el concepto de prevención. Pero, ¿cómo podemos hacer llegar este mensaje al conjunto de la sociedad? La respuesta a esta difícil pregunta se puede resumir con una sola palabra: compromiso.

Cualquier programa educativo es una apuesta por el futuro, una inversión de la cual se obtienen beneficios a largo plazo. Es por ello que para poder llevarla a buen puerto requiere una base sólida que garantice su proyección en el tiempo, y para ello resulta imprescindible aunar los esfuerzos de todas las partes implicadas, desde los propios ciudadanos, pasando por las Administraciones Públicas y las entidades privadas, sin olvidar a los profesionales responsables de hacernos llegar sus mensajes; pues no debemos olvidar que el apoyo que la sociedad brinda a los geólogos y los educadores depende, en último término, de la apreciación pública que ésta tenga del valor de sus servicios.

### **Guía ciudadana de los riesgos geológicos**

El Colegio Oficial de Geólogos ha llevado a cabo desde 1997 una campaña interna y continuada de información ciudadana sobre riesgos naturales, mediante la difusión de la Guía Ciudadana de Riesgos Geológicos en la cual, en un lenguaje no científico, al alcance de cualquier usuario, se detallan los riesgos geológicos que afectan a las personas en su quehacer diario.

Los riesgos geológicos se desgranar explicando el peligro de los mismo y la forma en que se puede contribuir a mitigarlos. Esta labor divulgativa a la sociedad es importante ya que, aunque los geólogos tienen unos conocimientos precisos para reducir los riesgos, nunca se exigen políticas públicas que garanticen el empleo de los conocimientos disponibles si no existe una adecuada cultura social sobre estos fenómenos.

Una vez conseguida esta divulgación del conocimiento sería razonable esperar que exista una mayor demanda social para que en el planeamiento territorial y urbano se tengan en cuenta los riesgos naturales.

### **Papel de la Escuela Nacional de Protección Civil en el desarrollo de la cultura social preventiva y de la autoprotección ciudadana**

Se considera muy valiosa la tarea que viene ejerciendo en España la Escuela Nacional de Protección Civil, para promover la educación ciudadana en materia de riesgos naturales y, especialmente, en pro del desarrollo de la cultura social preventiva y de la autoprotección ciudadana.

En este sentido, son muy positivos los seminarios y jornadas que se organizan regularmente en esta Escuela, tales como el II Congreso Internacional sobre educación y formación para la prevención de desastres (septiembre de 2006), o la Jornada infantil de puertas abiertas organizada el “Día Internacional para la Prevención de Desastres” (11 de octubre de 2006).

Sobre los programas de educación pública, es de destacar el Programa de Educación para la Prevención que incluye, entre otros contenidos, unas guías sobre riesgo volcánico, inundaciones y sísmico, dirigidas a los profesores de centros escolares, en forma de libro, y unos soportes didácticos en forma de CD-rom, dirigidos a escolares.

Estas Guías facilitan la metodología didáctica de cómo, sin recargar los contenidos que los profesores tienen que impartir, puedan integrar unos contenidos en materia de autoprotección, introduciendo conceptos relacionados con el desarrollo, por parte de los alumnos, de actitudes preventivas en sus conductas cotidianas y con la adquisición de conocimientos generales de autoprotección ante los correspondientes riesgos. En algunos casos también se acompaña a la documentación juegos interactivos, glosarios de términos y enlaces de internet relacionados con el riesgo.

### **6.3.2. REDES DE ALERTA PÚBLICA**

Una de las directrices de prevención definidas durante las actividades del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales fue la de promover el establecimiento de sistemas de alerta temprana, encaminados a detectar con suficiente antelación la existencia de peligros naturales y a organizar la correspondiente difusión hacia los servicios de socorro y la ciudadanía.

Por otra parte, en el marco de acción establecido en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres de Kobe-Hyogo, para promover estrategias de mitigación del riesgo durante 2005-2015, se señaló la existencia de varias deficiencias y retos particulares en determinadas esferas de actuación, entre las cuales figuraba la importancia de la identificación, evaluación y vigilancia de los riesgos y la organización de sistemas de alerta temprana.

Un sistema de alerta temprana constituye un instrumento muy eficaz para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas en caso de desastres y para mejorar la respuesta rápida de los servicios de emergencia. Esencialmente, se trata de un sistema de información cuyo soporte básico está constituido por el propio dispositivo técnico de detección del peligro, una red de comunicación y un sistema de difusión de mensajes a las organizaciones de protección civil, medios de comunicación y población en general.

Lógicamente, la bondad de estos sistemas depende, tanto del tipo de peligro como de la propia capacidad técnica para reconocer la amenaza con suficiente antelación, si bien la investigación científica y la instrumentación mediante redes de vigilancia y monitoreo permiten en algunos casos predecir o detectar fenómenos que, dependiendo de la certeza o del tiempo en que evolucionen sus efectos perniciosos, facilitan la posibilidad de declarar situaciones o estados de alerta que permitan la protección de la población afectada.

### **Riesgos meteorológicos**

Algunos fenómenos que por sus características permiten definir estados de alerta con anticipación a sus efectos son los fenómenos meteorológicos (lluvias, nevadas, vientos, tormentas, olas de frío y de calor, viento y oleaje en zonas costeras, galernas, nieblas, deshielos, polvo en suspensión, risagas y aludes).

En España, la colaboración entre el Instituto Nacional de Meteorología y la Dirección General de Protección Civil y Emergencias se materializa esencialmente a través del denominado Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos, que establece las variables y los umbrales, a partir de los cuales se elaboran avisos sobre condiciones meteorológicas que pueden suponer una alteración en la vida de los ciudadanos, ocasionar daños a sus bienes o poner en peligro sus propias vidas. Este Plan empezó a funcionar desde 1996 y recoge, amplía y desarrolla otros previos denominados PREVIMET para situaciones convectivas mediterráneas o para nevadas en determinadas épocas del año.

Las informaciones meteorológicas derivadas del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos, permiten proporcionar a las organizaciones de protección civil la información necesaria para activar las redes de alerta pública cuando se preveía o se observaba una situación meteorológica susceptible de ocasionar alteraciones en la normalidad.

### **Riesgo hidrológico**

En lo referente a alertas hidrológicas se pueden identificar dos tipos de situaciones de riesgo por fenómenos naturales: inundaciones y sequías.

El sistema de alertas para situaciones de sequía se desarrollará en los Planes Especiales de Actuación de Alerta o Eventual Sequía, previstos en la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional, y actualmente en fase de preparación por las Confederaciones Hidrográficas. Mientras tanto, los sistemas de alerta pública se articulan a través de unos Protocolos de Actuación en Situación de Sequías, en los que se incluye un sistemas de indicadores que permita prever estas situaciones y que sirva de referencia general para la declaración formal de situaciones de alerta y eventual sequía.

En cuanto al riesgo de inundaciones, las alertas hidrológicas se enmarcan en el contexto normativo de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por Acuerdo del Consejo de Ministros de 9 de diciembre de 1994, en donde se establece la necesidad de elaboración de Planes Especiales de Comunidades Autónomas ante el Riesgo de Inundaciones, previéndose el establecimiento de sistemas de información que permitan alertar preventivamente sobre este tipo de fenómenos. Estos planes, que solo han sido elaborados en un reducido número de Comunidades Autónomas, se apoyan fundamentalmente en los denominados Sistemas Automáticos de Información Hidrológica, gestionados por las Confederaciones Hidrográficas y actualmente implantados en las Cuencas del Júcar, Segura, Guadalquivir, Tajo y Ebro, y en vía de implantación a corto plazo en las Cuencas Hidrográficas del Guadiana, Norte y Duero. El resto de Cuencas son intracomunitarias y en ellas la competencia del dominio público hidráulico corresponde a la Administración Autonómica, algunas de las cuales también disponen de sistemas similares de información hidrológica (Agencia Catalana del Agua, Agencia Andaluza del Agua, Cuencas internas del País Vasco,...).

### **Riesgo sísmico**

Para alertas de tipo sísmico y volcánico, se debe tener en cuenta lo establecido en el artículo 13 del Real Decreto 1476/2004, que en su artículo 13, apartado c) encomienda a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional el ejercicio de las siguientes funciones: “La observación, detección y comunicación de los movimientos sísmicos ocurridos en territorio nacional y áreas adyacentes, así como el estudio e investigación en sismicidad y la coordinación de la normativa sismorresistente. Igualmente la observación, vigilancia y comunicación de la actividad volcánica en territorio nacional y determinación de los riesgos asociados”.

Esta tarea se realiza a través de la Red Sísmica Nacional, encuadrada dentro del Instituto Geográfico Nacional y coordinada con el Centro Sismológico Euro-Mediterráneo. Está constituida por 67 estaciones sísmicas distribuidas en la Península, Canarias, Baleares y norte de África, y un centro de recepción de datos con servicio permanente de 24 horas los 365 días del año. Además, existen otros instrumentos disponibles por el Instituto Geográfico Nacional y Real Instituto y Observatorio de la Armada, que ocasionalmente se pueden utilizar para envío de datos en tiempo real, así como diversas redes de carácter autonómico, como es el caso de la red sísmica de Cataluña gestionada por el Institut Cartogràfic de Catalunya ICC y ahora traspasada al recién creado Institut Geològic de Catalunya (IGC), y otras redes de carácter autonómico y universitario con fines fundamentalmente de investigación.

La Red Sísmica Nacional proporciona datos sobre latitud y longitud del epicentro, fecha y hora origen del terremoto, magnitud, localidad más próxima al epicentro y estimación de la profundidad. Además, y en el caso de tener noticia de que el sismo ha sido sentido por la población, es posible realizar estimaciones provisionales del valor de la intensidad sísmica.

El conocimiento científico actual no permite predecir terremotos, por lo que no se dispone de un sistema de aviso de ocurrencia de terremotos. La bondad de la Red Sísmica Nacional radica en poder disponer de una rápida estimación de la ubicación del epicentro y de los posibles daños ocasionados en un evento sísmico, facilitando el despliegue inmediato de los servicios de socorro y la información a la población.

### **Riesgo de tsunamis**

Aunque los tsunamis pueden ser generados por grandes deslizamientos submarinos o erupciones volcánicas, en España el peligro fundamental se debe a terremotos similares al que en 1755 destruyó la ciudad de Lisboa y originó un importante tsunami en las costas de Huelva y Cádiz.

En la actualidad, no existe ningún sistema de alerta ante tsunamis ni regulación alguna sobre cual sería el organismo técnico responsable de la vigilancia y detección de estos fenómenos. No obstante, determinadas redes ya existentes, como la Red Sísmica Nacional o la red sísmica del Real Instituto y Observatorio de la Armada, o redes de mareógrafos gestionadas por instituciones como Puertos del Estado o el Instituto Español de Oceanografía, podrían adecuarse para posibilitar la implantación de una red de alerta ante este tipo de fenómenos.

En cualquier caso, debido al escaso tiempo de respuesta existente entre la ocurrencia del terremoto en el mar y la llegada de la ola del tsunami, la implantación de una red de este tipo tendría una eficacia limitada.

### **Riesgo de aludes**

La predicción en España del riesgo de aludes se realiza, esencialmente, a través del Instituto Nacional de Meteorología (zonas montañosas en general) y del *Servei Meteorològic de Catalunya* (METEOCAT) para el Pirineo catalán. En 1986 el Instituto Cartográfico de Catalunya (ICC) y la Universidad de Barcelona empezaron un estudio sistemático del riesgo de aludes (predicción espacial y temporal) en el Pirineo catalán y se empezó a diseñar e implementar una red de observadores de nieve y aludes (Vilaplana y Martínez, 1996). En 1991 el ICC implementó la predicción temporal del peligro de aludes en el Pirineo de Cataluña emitiendo y difundiendo un boletín público que inicialmente era de periodicidad semanal, pero que más adelante se convirtió en un boletín diario durante la temporada invernal (Gavaldà y García, 1996). Desde 2004, la predicción de aludes en el Pirineo de Cataluña la realiza METEOCAT y el ICC está al cargo de los mapas y del sistema de información de aludes.

### **Riesgo de movimientos del terreno**

Actualmente no existen en España redes de vigilancia ni sistemas de alerta para avalanchas, deslizamientos, desprendimientos, hundimientos, u otros fenómenos relacionados con movimientos de rocas y suelos. Únicamente, en el caso de algunos deslizamientos singulares existen redes de vigilancia y monitoreo, supervisadas por aquellos organismos técnicos que ejercen actividades de investigación (Instituto Geológico y Minero, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas ...) o de control de laderas (ADIF, Confederaciones Hidrográficas ...).

La implantación de redes de alerta pública en el caso de movimientos acreditados de alto riesgo o en zonas extensas con procesos de inestabilidad potencial generalizada, se considera que sería necesaria.

## **Riesgo volcánico**

Existen redes de vigilancia y monitoreo de datos sísmicos, geodésicos y geofísicos en las Islas Canarias, única zona volcánicamente activa en España, que son gestionados por el Instituto Geográfico Nacional y por diversos grupos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En relación con fenómenos geoquímicos, la empresa ITER, participada por el Cabildo de Tenerife, realiza actividades de vigilancia volcánica en la medición de gases emitidos en áreas volcánicas de la Isla de Tenerife. El Instituto Geológico y Minero de España, también participa en proyectos de investigación y en la cartografía de la peligrosidad volcánica de las Islas Canarias.

La ya mencionada crisis volcánica iniciada en Tenerife desde finales de abril del 2004 y prolongada durante varios meses, durante los cuales se detectaron cambios en el estado de la actividad volcánica de la isla, evidenció la necesidad de mejorar los medios de vigilancia disponibles y de perfeccionar los mecanismos de coordinación de las Administraciones implicadas. Igualmente necesario es el mejorar los sistemas de alerta pública que, en el caso que nos ocupa, resultaron muy deficitarios, generándose mensajes contradictorios con la consiguiente inquietud y alarma en la población.

## **Recomendaciones sobre la difusión de los mensajes de alerta pública**

Para el logro de una eficacia total de las redes de alerta pública, es necesario concebir estos sistemas, no solo desde la perspectiva técnica de la detección y transmisión de información, sino integrando convenientemente estos aspectos con el conocimiento procedente de la investigación social.

Para ello, se pueden formular los siguientes principios a tener en cuenta en la elaboración de mensajes de alerta pública:

- Los mensajes de alerta deben ser coherentes, es decir no debe haber contradicciones y emitirse desde fuentes normalmente aceptadas o fiables.
- Los mensajes de alerta deben convencer al ciudadano del riesgo, evitando en lo posible expresiones científico-técnicas que puedan no ser comprendidas. Por ejemplo, es más útil para la población saber que se encuentran en peligro porque se está acercando una perturbación meteorológica que saber solamente que dicha perturbación se está acercando.
- Los mensajes de alerta deben tener en cuenta las características demográficas, culturales y el modo de vida de los destinatarios, dando orientaciones claras sobre la forma de actuar en caso de emergencia. En las comunidades multilingües o en aquellas con población inmigrante o turística, también es preciso la difusión de mensajes en diferentes idiomas.
- Al indicar la intensidad del peligro, los conceptos técnicos deben ir acompañados de información complementaria acerca de las consecuencias materiales probables. Por ejemplo, se comprenderá mejor los efectos de la velocidad del viento, que con frecuencia se indican en kilómetros por hora, si se añade una descripción de los efectos del viento sobre los árboles y los tejados.

- Los mensajes de alerta son más útiles si contienen información detallada sobre riesgos concretos que amenacen al territorio. Es más útil, por ejemplo, saber qué carreteras pueden quedar probablemente inundadas que indicar únicamente que se producirá una inundación general.
- En los mensajes de alerta se deben indicar explícitamente qué medidas de protección es preciso tomar y cuándo deben adoptarse.

## 7. CONCLUSIONES

1. Aunque los riesgos naturales en España no son tan catastróficos como en otras partes del mundo, los estudios más recientes realizados por los organismos especializados, señalan lo siguiente:
  - a) Los riesgos naturales han producido importantes pérdidas económicas y sociales en las últimas décadas, siendo los daños más relevantes los originados por el **fenómeno de las inundaciones**, cuyas pérdidas económicas durante el período 1987-2002 fueron evaluadas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Consorcio de Compensación de Seguros en 11.921 millones de euros, mientras que el coste en pérdida de vidas humanas para este período se ha estimado en 229 víctimas.
  - b) En relación con **riesgos naturales de origen meteorológico y climático** se destaca el impacto creciente de fenómenos tales como los temporales marítimos, aludes, sequías o temperaturas extremas. En algunos casos (grandes sequías) estos riesgos pueden tener una repercusión económica muy relevante o gran impacto social (olas de calor como la ocurrida en Europa en el verano de 2003).
  - c) Los **deslizamientos o movimientos de laderas** constituyen otro de los procesos geológicos con mayor repercusión económica, sobre todo en vías de transporte y comunicación, estimándose en 180 millones de euros al año las pérdidas económicas asociadas.
  - d) Los **terremotos** constituyen otro importante riesgo potencial, con importantes daños económicos y sociales a lo largo del registro histórico. Sin embargo, debido a su carácter aleatorio y desigual distribución espacial y temporal –en el último siglo no se ha registrado ningún evento catastrófico en España–, han dado lugar a pérdidas relativamente escasas, estimándose éstas para el período 1987-2001 en 203 millones de euros, según datos publicados por los organismos citados.
  - e) Sobre el riesgo de **tsunamis**, la valoración de posibles daños en la costa occidental de la provincia de Huelva, realizada por técnicos del Instituto Geográfico Nacional con la colaboración del Consorcio de Compensación de Seguros para un escenario de tsunami similar al de 1755, muestra una evaluación de pérdidas económicas esperadas en la industria de 2.001 millones de euros y en el comercio de 87 millones de euros, estimándose que la posible población total afectada podría alcanzar la cifra de 112.733 víctimas.
  - f) Sobre el **riesgo volcánico** se han reconocido en las Islas Canarias un total de 17 erupciones basálticas en época histórica (desde el siglo XV), una de ellas de carácter catastrófico en Lanzarote (entre 1730 y 1736) y existen indicios de una erupción explosiva en el sistema Teide ocurrida hace unos 2000 años.
  - g) **Se prevé que las pérdidas económicas y sociales aumenten en el futuro**, ya sea por el incremento de los peligros naturales (por efecto del cambio climático) o por el crecimiento de la población y bienes expuestos, habiéndose estimado por el IGME para el período 2004-2033 pérdidas de 2.096 millones

de euros en el caso de terremotos, y 25.722 millones de euros en el caso de inundaciones.

2. Desde el punto de vista de **las implicaciones macroeconómicas**, las catástrofes naturales en muchos casos limitan y retrasan el desarrollo económico de una región o de países enteros, ya que afectan a las principales macromagnitudes, como son el PIB, la Balanza de Pagos, etc. En consecuencia, a la hora de realizar una evaluación de las implicaciones económicas, no basta con valorar las pérdidas económicas directas, sino que es necesario valorar las implicaciones macroeconómicas.
3. Sobre el **tratamiento asegurador** se destaca lo siguiente:
  - a) Los mercados de seguros y de reaseguros no siempre se encuentran en condiciones de ofrecer cobertura frente a los riesgos naturales. Las ayudas públicas, que a veces representan ingentes gastos presupuestarios, pueden ser un recurso para la reconstrucción a falta de otros mecanismos financieros, pero, como se ha puesto de manifiesto en muchos países, existen otras alternativas más prácticas y menos costosas a través de soluciones aseguradoras diversas que conjugan la intervención pública y la colaboración privada a distintos niveles.
  - b) Algunas de estas fórmulas son de reciente creación y otras, como en el caso español del Consorcio de Compensación de Seguros tienen ya una dilatada y eficaz trayectoria histórica. En los últimos tiempos han surgido nuevos instrumentos financieros de transferencia alternativa de riesgos para canalizar capacidad complementaria a partir de los mercados de capitales.
  - c) Desde el punto de vista de las compañías aseguradoras, estos instrumentos financieros no se utilizan para reemplazar los mecanismos tradicionales del reaseguro, pero sí suponen un importante complemento.
4. Sobre la cuantificación de las **implicaciones sociales** de los riesgos naturales, se destaca la dificultad de evaluar las consecuencias de los desastres naturales ya que, más allá de la valoración de la pérdida de vidas, lesiones personales o daños en bienes e infraestructuras básicas, existen otras repercusiones indirectas a medio y largo plazo, en donde se mezclan numerosos aspectos (psicológicos, demográficos, culturales, éticos, políticos, etc.) cuya evaluación es difícil y compleja.
5. En España, existe un **marco jurídico e institucional para la reducción de riesgos naturales** basado en los siguientes elementos:
  - a) Una normativa sectorial que regula determinados aspectos preventivos en cada ámbito de actividad (aguas, planificación urbana y del territorio, seguros, etc.).
  - b) Una normativa de protección civil, que involucra en el proceso de planificación a todas las Administraciones Públicas (General, Autonómica y Local) y refuerza los mecanismos de coordinación administrativa a través de la

Comisión Nacional de Protección Civil y de los correspondientes órganos de coordinación autonómica.

- c) Una infraestructura de conocimiento científico-técnico, basada en un conjunto de instituciones (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Nacional de Meteorología, Instituto Geográfico Nacional, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Confederaciones Hidrográficas, Real Observatorio de la Armada y otros organismos, tanto de carácter nacional como autonómico), que proporcionan a los poderes públicos y a la sociedad información sobre el fenómeno de los riesgos naturales.
  - d) Un sistema de cobertura aseguradora de catástrofes naturales de referencia mundial y cuya figura central es el Consorcio de Compensación de Seguros, el cual, además de su labor fundamentalmente indemnizatoria, también está presente en aspectos preventivos de estudio e investigación de riesgos naturales.
6. Los riesgos naturales están controlados por tres variables fundamentales: la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad. El primer factor es función de la dinámica de los procesos naturales (factores geológicos, meteorológicos, climáticos ...), pero los otros dos dependen del marco social y económico del territorio amenazado. En consecuencia, **no se debe atribuir a la naturaleza la generación de catástrofes**, sino a la interacción de los fenómenos geológicos, climáticos o meteorológicos con las condiciones sociales y económicas, o a la falta de previsión, ya que en muchas situaciones existe una cartografía de riesgos que acredita la existencia de peligros naturales en determinados territorios.
7. La reducción de los daños sociales y económicos de los riesgos naturales se basa en tres pilares: la **predicción** (evaluación de la ocurrencia e intensidad de los fenómenos naturales), la **previsión** (estimación de los daños potenciales) y la **prevención** (puesta en práctica de todo tipo de medidas normativas, administrativas, educativas, etc, para evitar o reducir los daños. En la reducción de riesgos naturales está involucrada toda la sociedad: desde el sector científico técnico, las Administraciones públicas, hasta la propia ciudadanía.

### RETOS EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS

8. La mayor parte de los esfuerzos y logros alcanzados en materia de gestión de riesgos naturales son de carácter paliativo y de organización de los socorros, **considerándose conveniente y prioritario avanzar en las actuaciones preventivas**, especialmente en torno a los siguientes objetivos:
- a) Promoción y potenciación de la investigación básica sobre peligros naturales en España, reforzando la coordinación de los equipos e instituciones y mejorando la aplicación de los resultados de la investigación en actividades de reducción del riesgo.
  - b) Desarrollo de metodologías para la evaluación de los impactos sociales indirectos de los riesgos naturales.

- c) Desarrollo de aplicaciones tecnológicas en apoyo de la prevención y recuperación de desastres naturales en el dominio de la observación de la tierra desde satélites.
- d) Transferencia efectiva del conocimiento científico-técnico en el ámbito normativo, especialmente en materia de planeamiento urbano y del territorio, y de los planes de protección civil, e implicando a todos los niveles de las Administraciones Públicas (General, Autonómica y Local)
- e) Concienciación social del riesgo a la ciudadanía en general.
- f) Desarrollo de sistemas de alerta temprana sobre riesgos naturales para mejorar la difusión social del conocimiento sobre estos fenómenos y las actuaciones preventivas y de autoprotección.

### RECOMENDACIONES

9. Para mejorar el proceso de reducción de riesgos naturales se sugieren las siguientes **recomendaciones**:
- a) Fomentar la implantación de **redes temáticas de riesgos naturales** que permitan agrupar y coordinar los esfuerzos de los grupos sectoriales y territoriales de investigación, compartiendo información, aplicando el conocimiento científico en la ordenación territorial y urbanística y contribuyendo a la difusión social del conocimiento de los riesgos naturales, mediante los medios actualmente disponibles por las tecnologías de la información
  - b) Estudiar la necesidad de que exista un **centro de referencia** para el seguimiento, análisis y difusión de información y de datos de todo tipo (económicos, sociales, ambientales ..) para evaluar las implicaciones de los riesgos naturales, y que disponga de facultades de coordinación técnica de las redes temáticas de riesgos naturales que se establezcan y de los diferentes organismos científicos y técnicos competentes.
  - c) Desarrollar **cartografías de peligrosidad y riesgo**, como instrumentos esenciales en la sostenibilidad de la ordenación territorial y urbanística, en base a lo previsto en el proyecto de Ley del Suelo (actualmente en fase de tramitación parlamentaria), incorporando a la metodología de elaboración de estos productos, además de criterios estadísticos, otros de tipo geológico, geomorfológico, etc., que permitan acreditar con el mayor rigor la peligrosidad del territorio.
  - d) Incorporar los criterios sobre elaboración de cartografía de riesgos naturales en las leyes de suelo autonómicas, previendo la obligación de incluir las citadas cartografías en los **planes del suelo de ordenación urbana**, y logrando una coordinación efectiva entre los análisis de riesgos previstos en los planes especiales de protección civil ante riesgos naturales y los que se deriven de los planes de ordenación territorial y urbanística.

- e) Impulsar y perfeccionar los programas de **educación ciudadana y concienciación sobre riesgos naturales** fomentando, por una parte, la implantación de campañas específicas y permanentes de información y concienciación en centros escolares, medios de comunicación, organizaciones de protección civil, etc. y, por otra parte, reforzando los contenidos de los programas de la enseñanza secundaria en materias relativas al estudio de las ciencias de la tierra ya que, tal como se indica en el mensaje del Secretario General de Naciones Unidas difundido el Día Internacional para la Reducción de Desastres, la reducción del riesgo de desastre empieza en el colegio, destacando que es fundamental integrar en los planes de estudio de los colegios la educación para el riesgo de desastre y garantizar la comprensión de cómo los fenómenos naturales interactúan con el medio a ambiente.

## **8. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA**

Alcoverro, J.; Corominas, J. & Gómez, M. 1999. "The Barranco de Arás flood of 7 August 1996 (Biescas, Central Pyrenees, Spain)". *Engineering Geology*, 51: 237-255

Alfaro, P., Estévez, A., Moretti, M., Soria, JM. 1999: Structures sédimentaires de deformation interprétées comme séismites dans le Quaternaire du bassin du Bas Segura (Cordillère bétique orientale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 328, 17-22.

Alonso, V. & Corte, A. 1992. "Postglacial fracturing in the Cantabrian Cordillera (NW Spain)". *Zeits Geomorphologie N.F.*, 36: 479-490.

Ayala Carcedo, F.J. y Olcina Cantos (coordinadores). 2002. *Riesgos Naturales*. Ariel, Barcelona, 1512 pp.

Ayala Carcedo, F.J. 1999 Selección racional de estrategias estructurales y no estructurales y de actuaciones públicas y privadas en la mitigación del riesgo de inundación en España. Un análisis comparativo. *Revista de la Real Academia de Ciencias exactas, Físicas y Naturales* vol. 93 nº 1 Pág. 99-114.

Ayala Carcedo, F.J. y Corominas, J. (Eds) 2002. *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG*. IGME, Serie Medio Ambiente nº4. Madrid. 119pp.

Ayala - Carcedo, F.J., Olcina, J.; Vilaplana, J.M. 2004. "Impacto social de los riesgos naturales en España en el período 1990 - 2000 (II)". *Gerencia de riesgos y seguros*. Fundación Mapfre estudios. Año XXI Nº 85: 17 – 29.

Baeza, C. and Corominas, J., 2001. Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1251-1263.

Batalla, R.J.; de Jong, C.; Ergenzinger, P. & Sala, M. 1999. "Field observations on hyperconcentrated flows in mountain torrents". *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 247-253.

Benito, B., Gaspar Escribano, J.M., García-Mayordomo, J. Jiménez, M.E. y García Rodríguez, M.J. 2005. *Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de la Región de Murcia*. Protección Civil Murcia. Instituto Geográfico Nacional, 126 pp.

Benito, G.; Pérez del Campo, P.; Gutiérrez-Elorza, M. & Sancho, C. 1995. "Natural and human-induced sinkholes in gypsum terrain and associated environmental problems in EN Spain". *Environmental Geology*, 25: 156-164

Benito, G.; Machado, M.J. & Pérez-González, A. 1996. "Climate change and flood sensitivity in Spain". In: J. Branson; A.G. Brown & K. J. Gregory (eds.). *Global continental changes: the context of Palaeohydrology*. Geological Society Special Publication, 115: 85-98

Benito, G.; Machado, M.J.; Pérez-González, A. & Sopeña, A. 1998. "Palaeoflood hydrology of the Tagus River, Central Spain". In: G. Benito, V.R. Baker & K.J. Gregory (eds.) *Palaeohydrology and Environmental Change*. John Wiley & Sons Ltd. pp. 317-333

Benito, G.; Pérez-González, A.; Gutiérrez, F. & Machado, M.J. 1998. "River response to Quaternary subsidence due to evaporite solution (Gállego River, Ebro Basin, Spain)". *Geomorphology*, 22: 243-263

Benito, G.; Grodek, T. & Enzel, Y. 1998. "The geomorphic and hydrologic impacts of the catastrophic failure of flood-control-dams during the 1996-Biescas flood (Central Pyrenees, Spain)". *Z. Geomorphologie N.F.*, 42: 417-437

Bell, F.G. 1998. *Environmental Geology. Principles and Practice*. Blackwell Science, Oxford, 594 pp.

Bell, F.G. 1999. *Geological Hazards. Their Assessment, avoidance and mitigation*. E&FN Spon. 648 pp. Trondheim. Balkema. Vol. 1: 147-152

BID (2002): "Programa e información de indicadores para la gestión de desastres naturales. Plan de operaciones", *Documento de Trabajo*, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington DC.

Biescas, B., Dufour, F., Furdada, G., Khazaradze, G., and Suriñach, E. 2003: Frequency content evolution of snow avalanche seismic signals, *Surv. Geophys.*, 24, 447-464, doi:10.1023/B:GEOP.0000006076.38174.31.

Blaikie, P. et al. 1994. *At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters* Routledge. 284 pp.

Bolt B.A. et al. 1975. *Geological hazards : earthquakes, tsunamis, volcanoes, avalanches, landslides, floods*. Springer-Verlag. 325 pp.

Bordonau, J. & Vilaplana, J.M. 1986. "Géomorphologie et tectonique récente dans le Val d'Aran (Zone Axiale des Pyrénées Centrales, Espagne)". *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 27: 303-310

Brusi, D. y Roqué, C. 1998. Los riesgos geológicos. Algunas consideraciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 6 (2), 127-137.

Bryant, E. 2005. *Natural Hazards*. Cambridge University Press, Cambridge, 294 pp.

Cantagrel, J.M.; Arnaud, N.O.; Ancochea, E.; Fúster, J.M. & Huertas, M.J. 1999. "Repeated debris avalanches on Tenerife and genesis of Las Cañadas caldera wall (Canary Islands)". *Geology*, 27: 739-742.

Capote, R. y Martínez-Díaz, J.J. 2001. Estado actual de la prevención sísmica. Nuevas perspectivas y metodologías. En: *El riesgo sísmico prevención y seguro* Edición: Consorcio de Compensación de Seguros. Pág. 1-26.

Carracedo, J.C.; Day, S.J.; Guillou, H. & Pérez-Torrado, F.J. 1999. "Giant Quaternary landslides in the evolution of La Palma and El Hierro, Canary Islands". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 94: 169-190.

Carreño Herrero, E. y Seller, A. 2005: Simulación de daños en la costa occidental de Huelva como consecuencia de tsunamis. *Gerencia de Riesgos y Seguros*, nº 90, 23-40.

CEPAL 1999: "Centroamérica: la evaluación de los daños causados por el huracán Mitch", *LC/MEX/L.375*, México

Chacón, J.; Irigaray, C. & Fernández, T. 1994. "Large to middle scale landslides inventory, analysis and mapping with modelling and assessment of derived susceptibility, hazards and risk in a GIS". 7th International IAEG Congress. Vancouver. Balkema. Rotterdam. pp. 4669-4678

Copons, R.; Vilaplana, J.M.; Altimir, J.; Amigó, J.; Corominas, J. 2005 "Rockfall hazard management policy in urban areas: The Solà Andorra Experience (Principality of Andorra)". En: Glade, T.; Anderson, M., Crozier, M. (Eds.) *Landslide Hazard and Risk*. London: John Wiley & Sons

Corominas, J. y Alonso, E.E. 1990. "Geomorphological effects of extreme floods (November, 1982) in the southern Pyrenees". In *Hydrology in mountainous regions*. IAHS Publ. 194: 295-302.

Corominas, J.; Weiss, E.E.J.; Van Steijn, H. & Moya, J. 1994. "The use of dating techniques to assess landslide frequency, exemplified by cased studies from European countries". In: R. Casale, R. Fantechi & J.C. Flageollet (eds.) *The temporal occurrence and forecasting of landslides in European Countries*. European Commission. EUR 15805 EN, vol 1. pp. 71-94.

Corominas, J. y Moya, J. 1999. "Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat river basin, Eastern Pyrenees, Spain". *Geomorphology*, 30: 79-93.

Corominas J; Vilaplana, J.M. (2001). "Aportación reciente de la Geomorfología a los riesgos naturales en España./Recent Contributions from the Geomorphology to the Natural hazards in Spain". En: A. Gómez-Ortiz & A. Pérez González (Eds.) *Evolución reciente de la Geomorfología española (1980-2000)*. Barcelona-Madrid: SEG - UB. P: 353 – 372

Corominas, J.; Copons, R.; Vilaplana, J.M.; Altimir, J. & Amigó, J. 2003. Integrated landslide susceptibility analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards*, 30. 421-435.

Corretgé, L. G. (2000). En las entrañas del post-modernismo: las crisis de las Ciencias Geológicas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 8 (2), 119-129.

Crosetto, M., Castillo, M., Arbiol, R., 2003. Urban subsidence monitoring using radar interferometry: Algorithms and validation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69 (7), 775–783.

- Dabrio, C.J.; Goy, J.L. y Zazo, C. 1998.- The record of the tsunami produced by the 1755 Lisbon Earthquake in Valdelagrana spit (Gulf of Cádiz, Southern Spain). *Geogaceta*, 23: 31 - 34.
- Fernández, T.; Irigaray, C.; El Hamdouni, R. & Chacón, J. 2003. Methodology for landslide susceptibility mapping by means of a GIS. Application to the Contraviesa area (Granada, Spain). *Natural Hazards* 30, 297-308.
- Ferrer, M. 1995. Los movimientos de ladera en España. En: *Reducción de riesgos geológicos en España*. Ed. IGME. Pág. 69-93.
- Ferrer, M., González de Vallejo, L.I., García López-Davalillo J.C. y Rodríguez, J.A. 2004. Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033). Edición: Consorcio de Compensación de Seguros. 98 pp.
- Font, D., Mases M. & J.M.Vilaplana (1998a). Experimental Mass-Flux Measurements: A Comparison of Different Gauges with Theoretical Estimated Data. *Annals of Glaciology* .Vol.: 26: 225- 230,
- Font,D., Naaim-Bouvet,F. & Roussel,M. (1998b). Drifting-snow acoustic detector: experimental tests in La Molina, Spanish Pyrenees. *Annals of Glaciology* .Vol.: 26: 221-224.
- Furdada, G. ; Vilaplana, J.M. ; Bosch, X.; Martí, G.; Oller, P.; García, C. & Mases, M. 1995. Avalanche mapping and related G.I.S. Applications in the Catalan Pyrenees (Spain). *Surveys in Geophysics*.Vol.16/5-6: 681-693.
- Furdada, G. 1996. Estudi de les allaus al Pirineu Occidental de Catalunya: Predicció espacial i aplicacions de la cartografia. *Geoforma ediciones*. Logroño. 315 p.
- Furdada, G. & J.M. Vilaplana. 1998. Statistical Prediction of Maximum Avalanche Run-out Distances from Topographic Data in Western Catalan Pyrenees (NE Spain). *Annals of Glaciology*. Vol.: 26, nº Pagin: 285, Pagfi: 288.
- Furdada, G., J.M. Vilaplana; E. Tomàs & D.Mas. 1998. The avalanche of la tartera de la Pica (Andorra). *Conference of 25 years of Snow Avalanche Research at Norwegian Geotechnical Institute*, Vol.NGI-publication nº203:104 -107.
- Furdada, G., Oller, P., Martínez, P., Vilaplana, J.M. 1999. Slushflows at El Port del Comte (Northeast Spain). *Journal of Glaciology*. Vol.45, nº151:555-558.
- Furdada, G; Calderón, L.E; Marqués, M.A. 2006. Flood hazard map of La Trinidad (NW Nicaragua). Method and results. *Natural Hazards, Special Issue*.
- Gallart, F. and Clotet, N. 1988. "Some aspects of the geomorphic processes triggered by an extreme rainfall event: the November 1982 flood in the Eastern Pyrenees". *Catena Supplement*, 13: 79-95.

García Mayordomo, J. 1998. *Riesgo Sísmico en la Cuenca de Alcoy (Alicante). Aproximación a una Zonificación Sísmica*. Tesis de Master. Cátedra de Ingeniería Geológica, Universidad Complutense de Madrid, 100 pp.

García-Mayordomo, J., Martínez-Díaz, J.J., Arcos, A. y Blázquez, R. 2002. Estudio Preliminar de la Paleosismicidad de la Falla de Benasau (Cuenca de Alcoy, Alicante). 3ª Asamblea de Geodesia y Geofísica, Valencia 4-8 de Febrero de 2002, Tomo I, 412-415.

García-Mayordomo, J., Faccioli, E. y Paolucci, R. 2004. Comparative study of the seismic hazard assessments in European National seismic codes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2(1), 51-73.

García-Mayordomo, J. 2005. *Caracterización y Análisis de la Peligrosidad Sísmica en el Sureste de España*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 373 p.

García-Mayordomo, J., Martínez-Díaz, J.J., Insua, J.M., Álvarez-Gómez, J.A. y Canora-Catalán, C. 2006. Estimación del terremoto máximo posible y su intervalo de recurrencia en la Falla de Carrascoy (Murcia) para su implementación en el cálculo de la peligrosidad sísmica de la región. *Geogaceta*, 39, 51-54.

García-Ruiz, J.M<sup>a</sup>; White, S.M.; Martí, C.; Valero, B.; Errea, M.P. & Gómez, A. 1996. "La catástrofe del Barranci de Arás (Biescas, Pirineo aragonés) y su contexto espacio temporal". Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza. 54 pp.

Gavaldà J.; García C. 1996. La predicción del peligro de aludes en Catalunya. Un útil de aplicación social. Sexto Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Granada. Vol.I:605-614.

González, M. y Figueras, S. 2005. El Tsunami de Sumatra del 26 de diciembre de 2004. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 13 (1), 2-14.

González García, J.L. y Soriano Parra, M.V. 1989. A Case Study of Social Behavior in a Natural Disaster: The Olivares Landslide (Spain). *Disasters*, 13(1), 73-76.

González-Díez, A.; Salas, L.; Díaz de Terán, J.R. & Cendrero, A. 1996. "Late Quaternary climate changes and mass movement frequency and magnitude in the Cantabrian region, Spain". *Geomorphology*, 15: 291-309.

González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. 2002. *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall, Madrid, 715 pp.

González de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y J.M. Insua. 2006. Probabilistic Seismic Hazard Assessment of the Canary Islands. *Bulletin of the Seismological Society of America*, in press.

Gracia, F.J.; Alonso, C.; Gallardo, M.; Giles, F.; Rodríguez, J.; Benavente, J. y López Aguayo, F. 1999. Aplicación de la Geoarqueología al estudio de cambios costeros postflandrienses en la Bahía de Cádiz. En V. Rosselló (ed.): *Geoarqueología i Quaternari litoral*. Memorial Maria Pilar Fumanal. Serv. Publ. Univ. Valencia, 357 - 366.

Guerrero, J.; Gutiérrez, F. y Lucha, P. 2004. Paleosubsidence and active subsidence due to evaporite dissolution in Zaragoza city area (Huerva River valley, NE Spain). Processes, spatial distribution and protection measures for linear infrastructures". Engineering Geology, 72, 2, 309-329.

Guillén, J. y Palanques, A. 1992. Sediment dynamics and hydrodynamics in the lower course of a river highly regulated by dams: the Ebro river. Sedimentology, 39, 567 - 579.

Guillén, J.; Díaz, J.I. y Palanques, A. 1992. Cuantificación y evolución durante el siglo XX de los aportes de sedimento transportado como carga de fondo por el río Ebro al medio marino. Rev. Soc. Geol. España, 5, 27 - 37.

Gutiérrez, F. 1996. "Gypsum karstification induced subsidence: effects on alluvial systems and derived geohazards (Calatayud Graben, Iberian Range, Spain)". Geomorphology, 16: 277-293

Gutiérrez, F.; Acosta, E.; Ríos, S.; Guerrero, J.; Lucha, P. 2005. Geomorphology and geochronology of sackung features (uphill-facing scarps) in the Central Spanish Pyrenees. Geomorphology, 69, 1-4, 298-314.

Hernández-Enrile, J.L., J.J. Martínez-Díaz, E. Masana y P. Santanach: resultados preliminares del estudio paleosísmico mediante trincheras de la falla de Alhama de Murcia (Cordillera Bética). Geotemas, 1(4), 335-339, Madrid 2000.

Hürlimann, M., Ledesma, A. and Martí, J. 2001. Characterisation of a volcanic residual soil and its implications for large landslide phenomena: Application to Tenerife, Canary Islands. Engineering Geology 59, 115-132.

ICC: Base de datos <http://www.icc.es/allaus/estadistiques.html>

IEG (2006) Hazards of Nature, Risk to development. An IEG Evaluation of World Bank Assistance for Natural Disasters. World Bank, Washington DC, 181 pp. [www.worldbank.org/ieg/naturaldisasters/report.html](http://www.worldbank.org/ieg/naturaldisasters/report.html)

I.G.M.E. 1987. Impacto Económico y Social de los Riesgos Geológicos en España. Serie: Geología Ambiental. 91 pp. 22 mapas.

I.G.M.E. 1988. Riesgos Geológicos. Serie: Geología Ambiental. 333 pp.

I.T.G.E. 1988. Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos. 263 pp. 3 mapas.

I.G.M.E. 1995. Reducción de Riesgos Geológicos en España. Varios autores.

I.G.M.E. 2002. Los sistemas de información geográfica en la gestión de los riesgos geológicos y el medio ambiente. Varios autores.

Irigaray, C.; Fernández, T.; El Hamdouni, R. & Chacón, J. 1999. "Verification of landslide susceptibility mapping: a case study". Earth Surface Processes and Landforms, 24: 537-544

Irigaray, C.; Fernández, T. & Chacón, J. 2003. Preliminary rock slope-susceptibility assessment using GIS and the SMR classification. *Natural Hazards*, 30. 309-324.

Jiménez, J.A.; Sánchez, A.; Valdemoro, H.I.; Gracia, V. y Nieto, F. 1997.- Processes reshaping the Ebro delta. *Marine Geology*, 144, 59 - 79.

Keipi, K. y J. Tyson 2002: "Planificación y protección financiera para sobrevivir a los desastres", *Informe Técnico*, Banco Interamericano de Desarrollo.

Kosatsky, T. 2005. "The 2003 European heat waves". *Euro Surveill* 10 (7): 148-9.

Lang, A.; Moya, J.; Corominas, J.; Schrott, L. & Dikau, R. 1999. "Classic and new dating methods for assessing the temporal occurrence of mass movements". *Geomorphology*, 30: 33-52

Levin, a.; Mcweeney, P., and Gugliada, r. 1999: "Criteria for Insurance Securitizations", *International Securitization and Structured Finance Report*, World Trade Executive, Inc., April 15.

López, J.; Carcavilla, L.; Chicharro, E, & Escalante, E., 2000. Neve e valanghe in Spagna. *Neve e Valanghe*, nº39:6 -19.

Luque, L.; Lario, J.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Dabrio, C.J.; Silva, P. y Bardají, T. 2000.- Sedimentary record and tsunami hazard in the Gulf of Cádiz (Spain). 3º Simposio sobre a Margem Ibérica Atlántica, *Faro*, 371 - 372.

McCall G.J.H., Laming D.J.C. and Scott S.C. 1992. *Geohazards : natural and man-made*. Chapman & Hall. 227 pp.

MAPFRE (1992). *Estudio Técnico Asegurador de los Riesgos de la Naturaleza en España*. Fundación Mapfre Estudios. 464 pp. 3 mapas. 1 disquette.

Martínez Solares, J.M. 2001. Los terremotos históricos destructivos y la sismicidad actual en España. En: *El riesgo sísmico prevención y seguro* Edición: Consorcio de Compensación de Seguros. Pág. 103-118.

Martínez Torre-Enciso, M<sup>º</sup>I and Laye, J. 2001: "Financing catastrophe risk in the capital markets", *International Journal of Emergency Management*, Vol. 1, Nº 1, pp. 61-69, The Open University, Interscience Enterprises LTD, UK.

Masana, E.; Villamarín, J.A.; Sanchez-Cabañero, J.; Plaza, J.; Santanach, P. 2001 Paleoseismicity along El Camp fault (Northeast Spain): a seismogenic fault in a low seismic area. *Netherlands Journal of Geosciences*. Vol: 80 Número: 3-4: 29 – 41.

Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Hernández-Enrile, J.L. y Santanach, P. (2004). Constraining seismotectonics in a diffuse collisional plate boundary by paleoseismologic results. A preliminary approach along the Alhama de Murcia Fault (Betic Cordillera, Ibero-Maghrebian region). *Journal of Geophysical Research*, 109(1) B01301, doi:10.1029/2002JB002359.

Mases, M. y Vilaplana, J.M. 1991. Zonas de aludes en la Vallferrera: clasificación y riesgo geomorfológico. *Pirineos*, 138. pp. 38-52.

Mases, M. 2005. La defensa contra los riesgos naturales. El ejemplo de los aludes de nieve. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 13 (2), 114-126.

Mases, M., L.Buisson; W.Frey & G.Martí (1998a). Relation Between Snowdrift Development and Drifted Snow During a Win Episode. *Annals of Glaciology* Vol.: 26: 237-241.

Mases, M., D.Font & J.M. Vilaplana (1998b). Relation Between Snowdrift Development and Drifted Snow During a Win Episode. *Annals of Glaciology* Vol.: 26: 144-148.

Mata, R. y Puiguriguer, M. 2000. El Salvador, el "país de las hamacas". Lo riesgos geológicos: el ejemplo de los grandes deslizamientos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 8 (3), 261-269.

Mateu, J.F. y Camarasa A.M. 2000. Las inundaciones en España en los últimos veinte años. Una perspectiva geográfica. Serie geográfica Nº 9 Ed. UAH. Pág. 11-15.

Molina, R.; Muntan, E. ;Furdada, G.; Oller, P.; Gutiérrez, E.; Martínez, P.; Vilaplana, J.M. 2004. "Using vegetatin to characterize the avalanche to Canal del Roc Roig, Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain)". *Annals of Glaciology*. Vol. 38:159-165 .

Moya, J.; Vilaplana, J.M. & Corominas, J. 1997. "Late Quaternary and historical landslides in the South-Eastern Pyrenees". *Palaeoclimate Research*, 19: 55-73.

Mulas, J. 1992. Estudios de microzonación de la peligrosidad y vulnerabilidad sísmica en Alcoy y Lorca. En: Reducción de los Riesgos Geológicos, IGME, 25-752.

MUNICH RE ART SOLUTIONS (2001): *Risk Transfer to Capital Markets: Using the Capital Markets in Insurance Risk Management*, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.

MUNICH RE GROUP (2006): "Paying the way for opportunities", *Annual Report 2005*, Munich.

Muntán E. Andreu,L., Oller,P., Gutierrez,E., Martínez, P. (2004). Dendrochronological study of the avalanche path Canal del Roc Roig. First results of the ALUDEX Project in the Pyrenees. *Annals of Glaciology*, Vol. 38:173-179.

Nájera, A. y Pisserra Mª T. 2000 "Los peligros naturales. Heterogeneidad de sistemas de cobertura aseguradora en el mundo", *Gerencia de Riesgos y Seguros*, nº 70, pp. 13-28.

Nájera, A. 1999: *Las catástrofes naturales y su cobertura aseguradora. Un estudio comparativo*, Consorcio de Compensación de Seguros, Madrid.

OECD (2005): *Catastrophic Risks and Insurance*, Paris.

SWISS RE (2006): "Catástrofes de la naturaleza y grandes siniestros antropógenos en 2005", *Sigma nº2/2006*

Oller, P, Maturià, J, González J.C, Martínez, P. 2006. The avalanche cartography of Catalonia. A preliminary evaluation of spatial avalanche data. 5th European Congreso on Regional Geoscientific Cartography and Information System. ICC, Barcelona, 414-416.

Pardo, J.E. 1991.- La erosión antrópica en el litoral valenciano. Tesis Doctoral, Univ. Valencia. Generalitat Valenciana, 240 p.

Pérez Fructuoso, M.J. Industry Loss Warranties (ILW) ¿Reaseguro alternativo de catástrofes o titulación del riesgo catastrófico?. En prensa. Revista Española de Seguros.

Pérez Fructuoso, M.J. 2005. Swaps de catástrofes: una forma alternativa de transferencia y diversificación de grandes riesgos asegurados. BISS, Boletín Informativo Semanal del Seguro, pp.17-34. Fecha 30-05-2005. Madrid

Pérez Fructuoso, M.J. 2005. La titulación del riesgo catastrófico: descripción y análisis de los *cat bonds*. Revista Española de Seguros. Núm. 121, pp. 75-92. Fecha: enero-marzo 2005. Madrid.

Pérez Fructuoso, M.J. 2002. Nuevas tendencias en la financiación del riesgo catastrófico en EE.UU. Gerencia de Riesgos y Seguros. Núm. 78, pp. 49-59. Fecha: 2º trimestre 2002. Madrid.

Pérez Fructuoso, M.J. 2001. Una nueva generación de activos derivados: opciones catastróficas del Bermuda Commodities (BCOE). Actualidad Financiera. Vol. 4/01, pp. 69-74. Fecha: 4º trimestre de 2001. Madrid.

Pérez Fructuoso, M.J. 2001. Nuevas tendencias en la financiación del riesgo catastrófico: activos derivados de los mercados de capital. Sónar. Consorcio de Compensación de Seguros. Vol. 4, pp.2-9. Fecha: octubre 2001. Madrid.

Pozo, J. I. 2000. ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos?: El caso de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 8 (1), 13-19.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. 1998. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata  
Proyecto de Ley del Suelo. Consejo de Ministros de 14-07-2006. Ministerio de la Vivienda. <http://www.mviv.es/es/pdf/otros/PLSUELO.pdf>

Reyes, J.L.; Martins, J.T.; Benavente, J.; Ferreira, O.; Gracia, F.J.; Alveirinho-Dias, J. y López-Aguayo, F. 1999.- Gulf of Cádiz beaches: A comparative response to storm events. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 15 (1-4), 221 - 228.

Rodríguez-Ramírez, A.; Rodríguez-Vidal, J.; Gracia, F.J.; Cáceres, L.M.; Guerrero, V. y Cantano, M. 1996.- Post-Flandrian eustatic curve in Cádiz Gulf (SW Spain). State of the art. INQUA Mediterranean and Black Sea Shoreline Newsletter, 18, 7 - 12.

Rodés P. 1999. Análisis de los accidentes por aludes de nieve en España. Una aproximación a la revisión histórica. Ediciones Ergo. Madrid. 76pp.

Rodés P. y Miranda, C., 2006. Accidentes por alud de nieve en España. El registro estatal de accidentes por alud de nieve. 2as Jornadas Técnicas sobre nieve y aludes. ICC. Barcelona. 4pp.

Remondo, J., González, A., Díaz de Terán, J.R., Fabbri, A., Cheng, Ch.F., 2003. Validation of landslide susceptibility maps; Examples and applications from a case study in Northern Spain. *Natural Hazards*, 30 (3): 437-449.

Sabot F., Naaim M., Granada F., Suriñach E., Planet-Ladret P, Furdada G. 1998. Study of the Avalanche Dynamics by means of Seismic Methods, Image Processing Techniques and Numerical Models. *Annals of Glaciology*, 26, 319-323

Santanach, P.; Masana, E. 2001. Paleoseismicity in Spain. Número especial de *Acta Geológica Hispánica*.

Sanz de Galdeano C.; López Garrido A.C. ; Delgado J.; Peinado M.A. 1995. Shallow seismicity and active faults in the Betic Cordillera. A preliminary to seismic sources with specific faults: *Tectonophysics*. 248:293-302.

Sanz de Galdeano C. & López Garrido, A.C. 1999. Nature and impact of the Neotectonic deformation in western Sierra Nevada (Spain). *Geomorphology*, 30/3: 259-272.

Silva, P., Goy, J.L., Somoza, L, Zazo, C, Bardají, T. 1993: Landscape response to strike-slip faulting linked to collisional settings: Quaternary tectonics and basin formation in the Eastern Betics, southeastern Spain. *Tectonophysics*, 224, 289-303

Silva, P., Goy, J.L., Zazo, C., Lario, J, Bardají, T. 1997: Paleoseismic indications along "aseismic" fault segments in the Guadalentín Depression (SE Spain). *Journal of Geodynamics*, 24, 105-115

Somoza, L. y Díaz del Río, V. 1992.- Expected morphological impact of sea level rise in a beach-barrier complex: Mar Menor (Spain). En J.L. Suárez de Vivero (Ed.): *The Ocean Change: management patterns and the environment*. IGU Comm. on Marine Geography, Sevilla, 13 - 18.

Soria, J.M., Alfaro, P., Estévez, A., Delgado, J. Duran JJ. 1999: The Holocene sedimentation rates in the Lower Segura Basin (eastern Betic Cordillera, Spain): eustatic implications. *Bull. Soc. geol. France*, 170, 3, 349-354

Soriano, M.A. 1992. Characteristic of the alluvial dolines developed due to dissolution of gypsum materials in the Central Ebro basin (Spain). *Z. Geomorphologie N.F., Suppl-Bd.*, 85: 59-72

Soriano, M.A. & Simon, J. L. 1995. "Alluvial dolines in the Central Ebro Basin, Spain: a spatial and developmental hazard analysis". *Geomorphology*, 11: 295-309

Suriñach, E., Furdada, G., Sabot, F., Biescas, B., and Vilaplana, J. M. (2001): On the characterization of seismic signals generated by snow avalanches for monitoring purposes, *Ann. Glaciol.*, 32, 268-274.

Suárez, L. y Regueiro, M. (eds). 1997. Guía ciudadana de los riesgos geológicos : guía para comprender los riesgos geológicos, incluyendo suelos expansivos, asbestos, radón, terremotos, volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y riesgos costeros. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. 196 pp.

Suárez Ordóñez, Luis E. 2005. Riesgos geológicos y ordenación del territorio. I Curso de Gestión de Riesgos Naturales. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Madrid.

Vilaplana J.M.; Martínez P. 1996. El riesgo de aludes en el Pirineo de Cataluña. Sexto Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Granada. Vol.I:595-603.

Vilaplana, J.M. 2005. La gestion spatiale du risque d'avalanches: les cas de l'Espagne et de l'Andorre. *Géoscope*, Revista electrónica Dpt. Géologie et Génie Géol. [www.ggl.ulaval.ca](http://www.ggl.ulaval.ca). Volum: 6 Número: 6 pp:6-10.

White, S ; García-Ruiz, JM. ;Martí, C ; Valero, B. ; Errea, M.P. & Gomez-Villar, A. (1997). The 1996 Biescas camp site disaster in the Central Spanish Pyrenees and its temporal and spatial context. *Hydrological Processes*, 11 : 1797-1812

Zazo, C.; Goy, J.L.; Somoza, L.; Dabrio, C.; Belluomini, G.; Improta, S.; Lario, J.; Bardají, T. and Silva, P.G. (1994).- Holocene sequence of relative sea level fluctuations in relation to the climatic trends in the Atlantic-Mediterranean linkage coast. *Journal of Coastal Research*, 10(4), 933-945.