

IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA

EMILIO LLORENTE GÓMEZ

Instituto Tecnológico Geominero
España

Se ha realizado una estimación de las pérdidas potenciales en España por riesgos geológicos para el período 1986-2016. Para ello se ha subdividido el territorio en hojas 1/50.000 y se ha aplicado en cada una de ellas la metodología utilizada para el Master Plan de California en 1973, adaptada y modificada para el caso español. Se presentan aquí los resultados para los riesgos siguientes: terremotos, tsunamis, volcanes, inundaciones, movimientos del terreno, expansividad y erosión de costas.

1. INTRODUCCION

Entendemos por riesgo geológico «todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, de origen natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos» (AYALA, 1988).

De acuerdo con esta definición, se ha elaborado la figura 1, en la cual pueden verse clasificados dichos riesgos. Algunos de los riesgos más destructivos, como los terremotos, erupciones volcánicas o inundaciones son riesgos geológicos.

El medio más eficaz para reducir las consecuencias sociales y económicas de los riesgos geológicos son las medidas de prevención y mitigación. Para ello es necesario disponer de información sobre la naturaleza, distribución geográfica e impacto económico de los riesgos geológicos. De esta manera se podrán valorar sus posibles repercusiones, permitiendo instrumentar medidas de mitigación y planificación que puedan evitar, en gran parte, las pérdidas económicas y de vidas.

En España, como en la mayor parte de los países industrializados, los trabajos realizados sobre riesgos geológicos son aún insuficientes y, por otra parte, hasta el presente no se

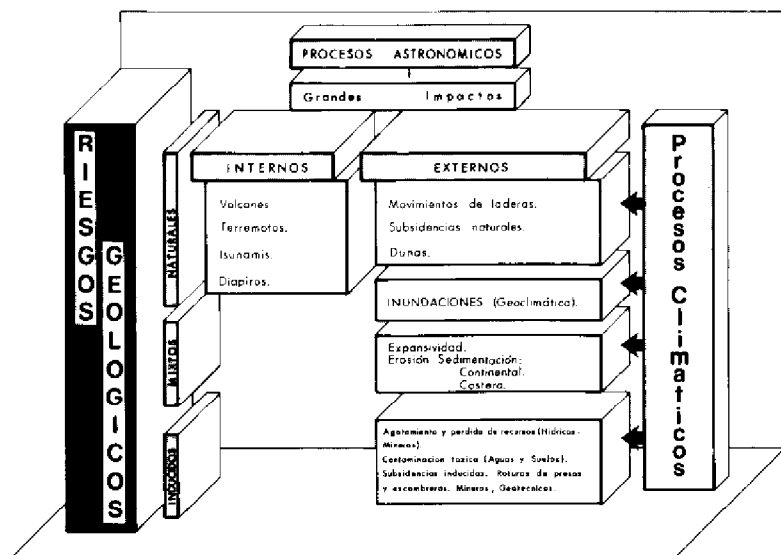


Figura 1. - Clasificación de los Riesgos Geológicos (AYALA, 1988).

dispone de estudios sobre su impacto económico y social.

Estos estudios son de acucian- te 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.

En el presente trabajo, basado en el realizado por el ITGE en 1987 (AYALA, GONZÁLEZ VALLEJO y cols., 1987), se evalúan de forma orientativa las posibles pérdidas económicas debidas a los riesgos geológicos en España para el horizonte de los años 1986-2016, estimándose el coste parcial con que contribuye cada tipo de riesgo y su distribución geográfica.

La metodología seguida está basada en el Master Plan for

California (1973) modificándose parte de sus criterios, tanto en cuestiones conceptuales como en la necesaria adaptación a la casuística española.

Se ha estudiado todo el territorio nacional, dividiéndose a efectos del estudio en celdas o unidades territoriales definidas por las cuadrículas de la hoja topográfica 1: 50.000, representadas a escala 1:2.500.000. El territorio ha quedado dividido en 1.078 cuadrículas y en cada una de ellas se ha analizado la incidencia específica de los diversos riesgos geológicos. Una posición más amplia, puede verse en la publicación citada.

2. METODOLOGIA

En general, hay que evaluar con prudencia todas las estima-

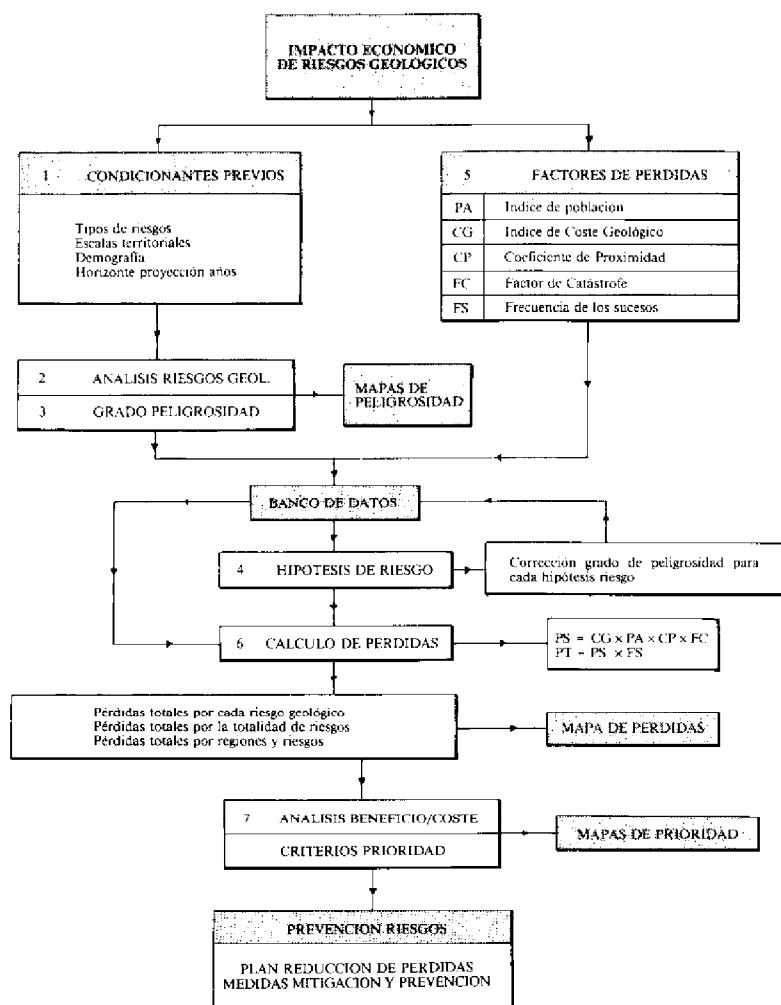
ciones cuantitativas sobre riesgos. Los datos sobre daños a las cosas y personas, pueden tener una fiabilidad aceptable; los daños a actividades (lucro cesante), tienen mucha menos fiabilidad. Los datos de las compañías de seguros abarcan, sin embargo, sólo una pequeña parte de la población y bienes expuestos a riesgo. TURNER y cols. (1979), han encontrado que en el sur de California, menos del 13% de los propietarios de casa, tiene seguro contra terremotos. Los datos de países con riesgos consorciados como España, donde, para los asegurados, automáticamente se cubren por el Estado los principales riesgos como inundaciones y terremotos, son algo más amplios, pero también escasos, ya que sólo cubren los riesgos consorciados de los asegurados.

Los datos respecto al «lucro cesante», son ampliamente insuficientes, aunque muy importantes. Piénsese que las grandes inundaciones de Levante en 1982 y del País Vasco en 1983, paralizaron la vida de regiones enteras durante una semana, y la afectaron gravemente en un mes, lo cual supone daños no menores del 3% del producto regional bruto anual de las zonas afectadas.

En el caso de grandes catástrofes, el interés puede llevar a falseamientos de las cifras, como en las situaciones en que el inventario de los daños se confecciona con datos proce-

CUADRO I.-Algunos datos históricos de riesgos geológicos más importantes en España

Riesgos	Año	Localidad	Daños	N.º muertos
Terremotos	1428	Olot	Varias poblaciones destruidas.	500
	1504	Carmona	Daños en poblaciones > 7,5 millones de maravedíes.	100
	1522	Almería	Gran destrucción en Almería.	Numerosos
	1680	Málaga	Gran destrucción en Málaga (> 10% destruida).	Numerosos.
	1829	Torre Vieja	Grandes daños (8,5 millones de reales de vellón).	Numerosos
	1884	Arenas del Rey	Grandes daños. Destrucción de más de mil edificaciones. 10 millones de pesetas de 1884.	900
Tsunamis	1755	Cádiz	Daños en Cádiz. Conil destruido. Grandes daños en la costa.	1.000
Volcanes	13 erupci. (1985 a 1971)	Canarias	Daños importantes en localidades afectadas.	Algunos
Inundaciones	1651	Murcia	Graves.	1.000
	1802	Lorca	Destrucción ciudad.	700
	1874	Cataluña	Grandes daños, más de 700 viviendas destruidas.	600
	1879	Murcia	Grandes daños.	800
	1957	Valencia	Grandes daños, más de 300 edificios destruidos, 10.000 millones de 1957.	82
	1962	Cataluña	Grandes daños. 5.000 viviendas destruidas. 2.700 millones de pérdidas.	1.000
	1971	Cataluña	Grandes daños. 7.000 millones de pérdidas.	400
	1973	Sur-Este	Grandes daños en zonas extensas.	38
	1983	País Vasco y Cantabria	Más de 150.000 millones.	40
Deslizamientos	1874 1986	Azagra (Navarra) Olivares (Granada)	Destrucción del pueblo. 1.000 millones.	100 —



problema, y como una primera aproximación al mismo. Un estudio de la problemática económica de los riesgos meteorológicos, ha sido realizado en nuestro país por FERNÁNDEZ DÍAZ y cols. (1984).

La metodología seguida ha partido de los conceptos desarrollados para el Mater Plan for California (1973), como antes se indicó, revisándose y modificándose gran parte de dichos conceptos, pero manteniendo el mismo tipo de proceso. Esta metodología es homogénea para todos los riesgos y relativamente objetiva.

El procedimiento general seguido se presenta en la figura 2, cuyo desarrollo se detalla a continuación.

1. Condicionantes previos

Riesgos analizados:

- Terremotos y fallas activas.
- Tsunamis.
- Volcanes.
- Inundaciones.
- Deslizamientos y movimientos del terreno.
- Erosión de suelos.
- Erosión de costas.
- Suelos expansivos.

Escala territorial:

- Cuadrícula territorial básica 1/50.000.
- Representación a escala 1/2.500.000.
- Todo el territorio nacional.

Demografía:

- Poblaciones mayores o iguales a mil habitantes.

Figura 2. — Metodología para el cálculo de pérdidas por riesgos geológicos.

dentes directamente de los damnificados.

Las inundaciones del País Vasco en 1983, fueron valoradas inicialmente por el Gobierno en unos 500.000 millones de ptas. (4.000 millones \$ US), que después fueron rebajados a unos 200.000 (1.600 millones \$ US). El consorcio de seguros, pagó indemnizaciones por 26.500 millones (210 millones \$ US).

En definitiva, por una u otra razón, tanto los datos de partida oficiales como los privados, suelen estar sesgados, y casi siempre, son además notoriamente insuficientes. Cuando estos datos se extrapolan, los errores en uno u otro sentido suelen magnificarse. Por todo ello, **las cifras que se dan a continuación, deben tomarse como indicaciones del orden de magnitud del**

Horizonte de proyección de daños:

— De 1986 a 2016.

2. Análisis de riesgos

- Revisión bibliográfica.
- Distribución geográfica.
- Intensidades.
- Frecuencias.
- Datos históricos de daños.
- Creación de ficheros.

3. Grados de peligrosidad (GP)

Nivel de gravedad del riesgo o intensidad del mismo.

Grado 0: Sin información o no clasificado.

Grado 1: Peligrosidad nula o inexistente.

Grado 2: Peligrosidad baja.

Grado 3: Peligrosidad moderada.

Grado 4: Peligrosidad alta.

4. Hipótesis de riesgos (HR)

En el presente estudio se ha considerado dos hipótesis de riesgo:

- Riesgo máximo: el máximo suceso histórico.
- Riesgo medio: el suceso medio más probable.

5. Factores de pérdidas

P.A. Índice de población.

Censo de población residente en cada cuadrícula, para municipios de más de mil habitantes.

C.G. Índice de coste geológico.

Pérdidas económicas por suceso y por persona en

función del grado de peligrosidad de cada tipo de riesgo geológico considerado. Este índice se expresa en pesetas/suceso/persona y es un factor de peso que indica indirectamente la severidad del riesgo geológico.

C.P. Coeficiente de proximidad.

Alcance del riesgo en función de la distancia y situación del fenómeno con respecto a una población determinada.

Coeficiente 0.0: Sin acción o fuera del alcance.

Coeficiente 0.5: Con incidencia parcial.

Coeficiente 1.0: Dentro del alcance del riesgo.

F.C. Factor de catástrofe.

Potencial destructivo de determinados riesgos y sus efectos sobre vidas y consecuencias indirectas.

Coeficiente empírico según el Master Plan for California.

F.S. Frecuencia de los sucesos.

Número de sucesos previsible en el período de retorno considerado o, alternativamente, la probabilidad de que suceda el fenómeno.

6. Cálculo de las pérdidas

El cálculo de las pérdidas se efectúa según las siguientes expresiones:

P.S. Pérdidas por suceso (ptas./suceso).

$$P.S. = C.G. \times P.A. \times C.P. \times F.C.$$

C.G.: Índice de coste geológico (ptas./suceso/persona).

P.A.: Índice de población (personas).

C.P.: Coeficiente proximidad.

F.C.: Factor de catástrofe.

P.T.: Pérdidas totales.

$$P.T. = P.S. \times F.S.$$

P.S.: Pérdidas/suceso.

F.S.: Frecuencia sucesos.

3. RESULTADOS

3.1. Mapas de peligrosidad o riesgos

Se ha realizado una recopilación de la principal información disponible para cada una de los riesgos considerados presentándose los resultados sobre el conjunto de las hojas 1/50.000 del mapa de España.

Los criterios para determinar la intensidad de los riesgos, pueden verse en el Cuadro II.

Riesgo sísmico

En la figura 3 pueden verse las principales zonas con riesgo sísmico del país, que se distribuyen en el sur (Huelva,

CUADRO II.-Criterios de peligrosidad

Peligrosidad Riesgo	G-1 Muy baja o nula	G-2 Baja	G-3 Moderada	G-4 Alta
Terremotos	I MSK \leq V	I MSK = VI y VII	I MSK = VIII	I MSK \geq IX
Tsunamis	Magnitud \leq 0 Altura ondas < 1,5 m	0 < Magnitud < 2 Altura ondas 1,5-4 m	2 \leq Magnitud < 4 Altura ondas 4-16 m	Magnitud \geq 4 Altura ondas > 16 m
Volcanes	Actividad eruptiva precuaternaria.	Actividad reciente en Olot o postmiocena en Canarias.	Actividad histórica con volcanismo monogenético sin asociaciones tectono-volcánicas.	Actividad histórica poligenética o monogenética con asociaciones tectono-volcánicas.
Inundaciones	Muy baja peligrosidad.	Inundaciones de escasa importancia con baja incidencia económica.	Inundaciones graves con importantes daños económicos y en vidas.	Inundaciones muy graves a catastróficas.
Deslizamientos y movimientos del terreno	Ausencia de inestabilidad o muy escasas.	Zonas con inestabilidad poco importantes y/o esporádicas.	Zonas con inestabilidad de relativa importancia por su frecuencia, intensidad o extensión.	Zonas con inestabilidades importantes y/o con abundantes áreas inestables por su frecuencia, intensidad o extensión.
Erosión suelos	Nivel erosivo muy bajo. Pérdidas potenciales de suelo estimadas en < 10 Tm/Ha/año.	Nivel erosivo incipiente. Pérdidas potenciales de suelo 10-50 Tm/Ha/año.	Nivel erosivo moderado. Pérdidas potenciales de suelo 50-200 Tm/Ha/año.	Nivel erosivo acusado. Pérdidas potenciales de suelo > 200 Tm/Ha/año.
Erosión costera	Costa estática o en crecimiento.	Costas arenosas con retroceso de 0 a 0,5 m/año o costas acantiladas con retroceso ligero.	Retroceso en costas arenosas de 0,5 a 1 m/año o acantiladas con retroceso apreciable.	Retroceso en costas arenosas > 1 m/año o acantiladas con retroceso muy acusado.
Expansividad de suelos	Zonas con ausencia de arcillas o con arcillas no expansivas. Potencialidad expansiva nula o baja.	Arcillas expansivas emplazadas en zonas climáticas con déficit anual de humedad. Potencialidad expansiva alta.	Arcillas expansivas en zonas climáticas con déficit anual de humedad. Potencialidad expansiva alta.	Arcillas expansivas con problemas derivados de la expansividad. Potencialidad expansiva muy alta.

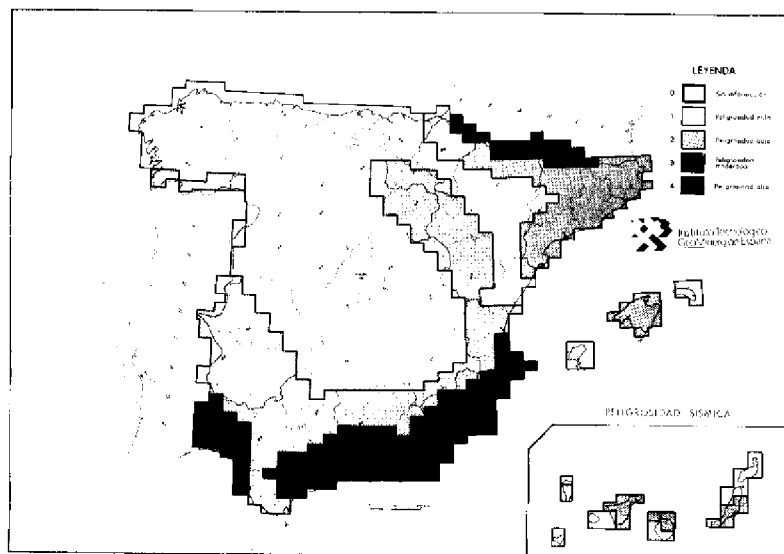


Figura 3. Peligrosidad sísmica en España

Andalucía oriental y Murcia) y Pirineos.

Riesgo volcánico

Aunque a nivel del cuaternario, última era geológica (que se desarrolla en los últimos dos millones de años), ha habido actividad volcánica en Ciudad Real, Andalucía oriental, Murcia, Valencia y Girona, es altamente improbable que puedan producirse erupciones. Sólo en cinco de las siete Islas Canarias, puede considerarse que existe un volcanismo activo, tal y como puede verse en la figura 4.

En el Cuadro III (HERNÁNDEZ PACHECO, 1982), pueden verse las trece erupciones volcánicas históricas en Canarias.

Inundaciones

Junto al riesgo sísmico y el volcánico, forma parte de los

riesgos consorciados, y es, con mucho, la principal fuente de pagos del Consorcio de Compensación de Seguros en riesgos naturales (aproximadamente los 2/3 en el período

80-84, según datos de FERNÁNDEZ DÍAZ y cols. 1984. Debe señalarse que en este período tuvieron lugar las graves inundaciones de Levante (82) y País Vasco (83)).

En la figura 5, puede verse la distribución geográfica de las zonas problemáticas.

Aunque están repartidas por casi todo el territorio, se observa una mayor problemática en el Sur, Levante y Cantábrico. En las dos primeras zonas, está fuertemente ligada a la torrencialidad del clima; en el Cantábrico, al carácter torrencial o semitorrencial de gran parte de los cortos ríos de la Cuenca Norte.

En el Cuadro IV, puede verse la distribución de «puntos negros» en las distintas Cuencas Hidrográficas.

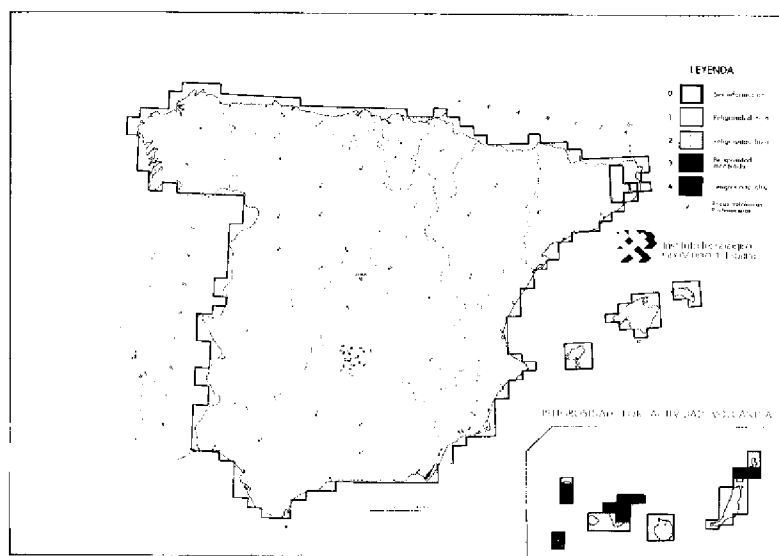


Figura 4. Peligrosidad volcánica en España.

CUADRO III.- Erupciones históricas en Canarias

Isla	Fecha	Nombre	Duración días	Volumen aprox. materiales en m ³ × 10 ⁶	Area cubierta por materiales en m ² × 10 ⁶
Tenerife	02/02/1705	Montaña Arenas	24	24,0	4,7
	05/05/1706	Montaña Negra	9	66,0	6,5
	09/06/1798	Chachorra	92	12,0	4,7
	18/11/1909	Chinyero	10	11,0	1,5
La Palma	20/05/1585	Tahuya	84	16,0	3,7
	02/10/1646	Martín	78	29,0	7,0
	17/11/1677	San Antonio	65	25,0	4,5
	09/10/1712	El Charco	56	20,0	10,2
	24/06/1949	San Juan	38	21,0	4,8
	26/10/1971	Teneguía	25	40,0	3,1
Lanzarote	01/09/1730	Timanfaya	6 años	700,0	150,0
	31/07/1824	Tao	77		
Hierro	Mayo 1793	Lomo Negro	15?	2,0	0,5

Fuente: HERNÁNDEZ PACHECO (1982).

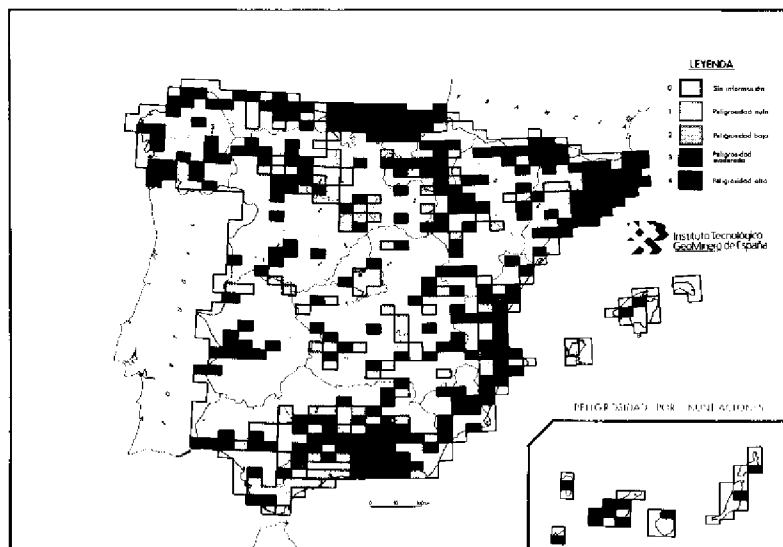


Figura 5. Peligrosidad por inundaciones en España.

Deslizamientos y desprendimientos

Estos fenómenos, afectan de modo especial a las vías de

transporte, conducciones, obras lineales, embalses, minas, etc. La problemática se asocia especialmente a áreas montañosas y/o formaciones arcillosas

o similares, así como a formaciones rocosas estratificadas que a veces provocan desprendimientos.

En la figura 6, puede verse la distribución geográfica de las áreas problemáticas.

Suelos expansivos

Las construcciones y obras realizadas sin estudios geotécnicos adecuados sobre suelos expansivos, a menudo tienen graves problemas de agrietamientos generales, levantamiento de soleras y rotura de conducciones, que suelen suponer la práctica ruina como en Orcasitas (Madrid). En España, el riesgo se acentúa por el clima mediterráneo que afecta a la mayor parte del país.

CUADRO IV.- Distribución de «puntos negros» en las distintas cuencas hidrográficas españolas

Cuenca hidrográfica	Puntos conflictivos	Zonas con riesgo potencial			
		Máximo	Intermedio	Mínimo	Total
Norte de España	300	16	39	68	123
Duero	72	15	20	48	83
Tajo	25	6	12	70	88
Guadiana	66	4	9	47	60
Guadalquivir	177	15	21	68	104
Sur de España	121	6	21	60	87
Segura	9	3	5	10	18
Júcar	173	13	28	91	131
Ebro	221	18	45	220	283
Pirineo Oriental	172	7	16	36	59
TOTAL	1.336	103	216	718	1.037

Fuente: Informe a la Comisión Técnica de Inundaciones de Protección Civil. MOPU 1984.

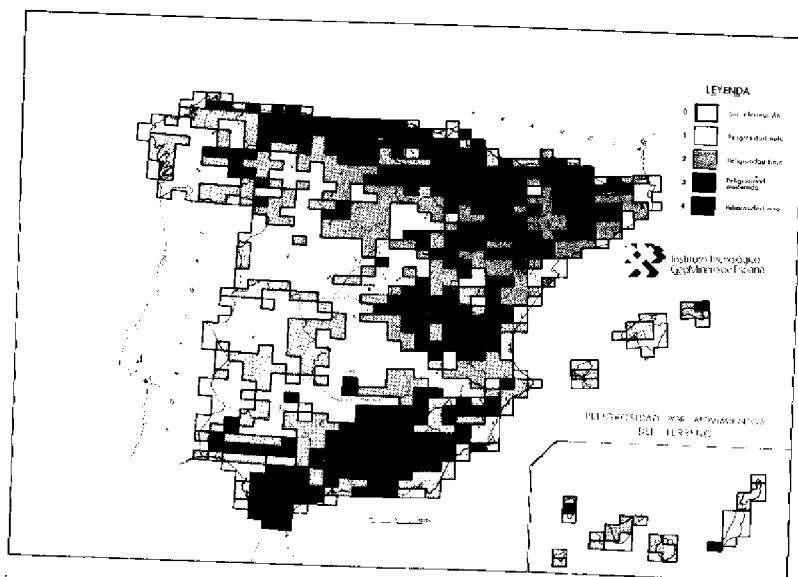


Figura 6. Peligrosidad por deslizamientos y desprendimientos en España.

Tomando como base el mapa predictor de riesgos por arcillas expansivas realizado por el IT-GE y el CEDEX (AYALA y cols. 1986), se ha confeccionado la figura 7.

Erosión costera

La permanencia de las playas, base de gran parte de la industria turística, está ligada a la dinámica del sedimento litoral.

Una parte importante de nuestro litoral, se encuentra afectada por este proceso, derivado en parte de la retención del sedimento de los embalses, tal y como se ve en la figura 8.

3.2. Evaluación de los factores de pérdidas

Siguiendo el esquema de la figura 2 se tiene:

Índice de población (P.A.)

El índice de población (P.A.) ha sido definido como el número medio de personas por año residentes en cada unidad territorial o cuadrícula. Este índice refleja la influencia de la densidad demográfica sobre las pérdidas económicas por cuadrícula en función del grado de peligrosidad asignado.

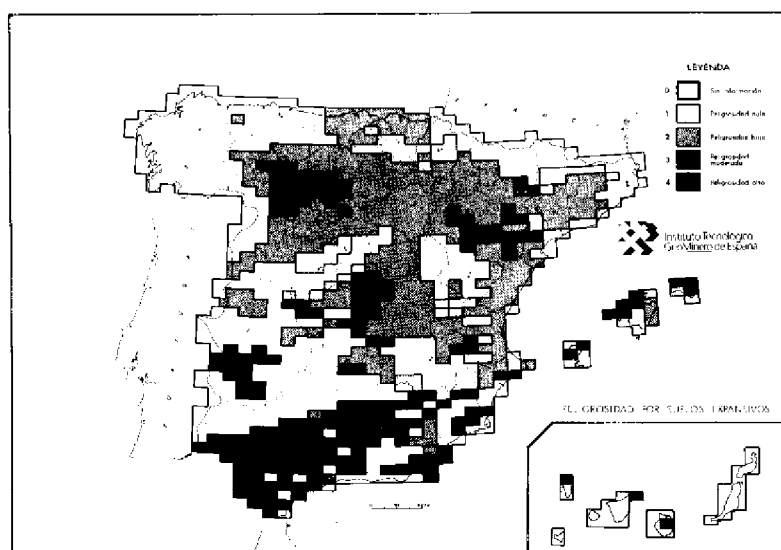


Figura 7. Peligrosidad por arcillas expansivas (adaptado de AYALA, FERRER, OTEO y SALINAS, 1986).

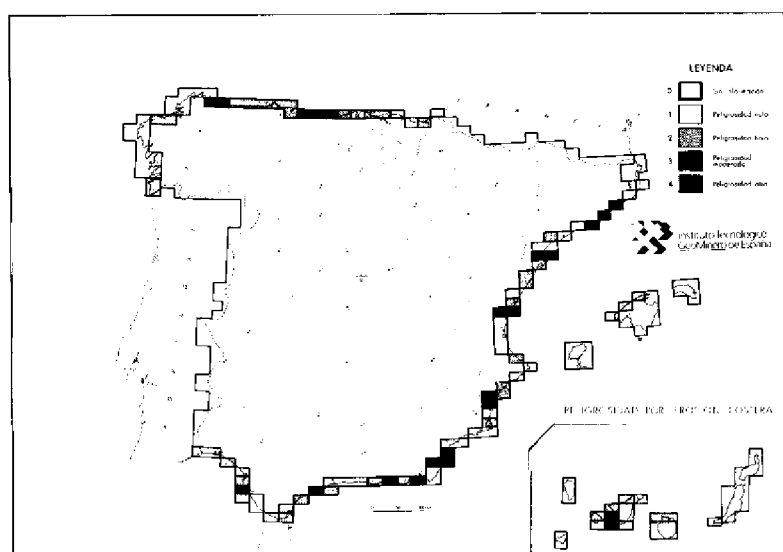


Figura 8. Peligrosidad por erosión costera

El corte poblacional se ha establecido en los municipios de más de 1.000 habitantes, lo que representa más del 94% de la población española, con-

tenida en 884 cuadrículas unitarias.

La distribución puede verse en la figura 9, confeccionada con el Censo de 1981.

Índice de coste geológico (C.G.)

En el Cuadro V, puede verse los C.G. obtenidos para los diversos riesgos considerados.

Se han utilizado los valores empíricos determinados en el Master Plan de California (ALFORS y cols. 1973), como guía. En aquellos casos en que se disponía de información fiable para España, se han corregido de acuerdo con la misma. Así ha sido para los casos de inundaciones y riesgo sísmico. En los restantes riesgos, se han corregido los valores del Master Plan, de acuerdo con los PIB de California y España. En el caso de la erosión de costas, no tratada en el Master Plan se han utilizado directamente los datos españoles disponibles del MOPU (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo).

Coefficiente de proximidad (C.P.)

Puede verse en el apartado anterior, oscilando su valor entre 0 (fuera de alcance) a 1 (dentro del alcance del riesgo).

Factor de catástrofe (F.C.)

Este factor es multiplicador de las pérdidas obtenidas al considerar junto a los costes económicos esperables las pérdidas de vidas humanas, que magnifican las pérdidas iniciales (piénsese en las pérdidas directas e inducidas por las labores de rescate en un gran

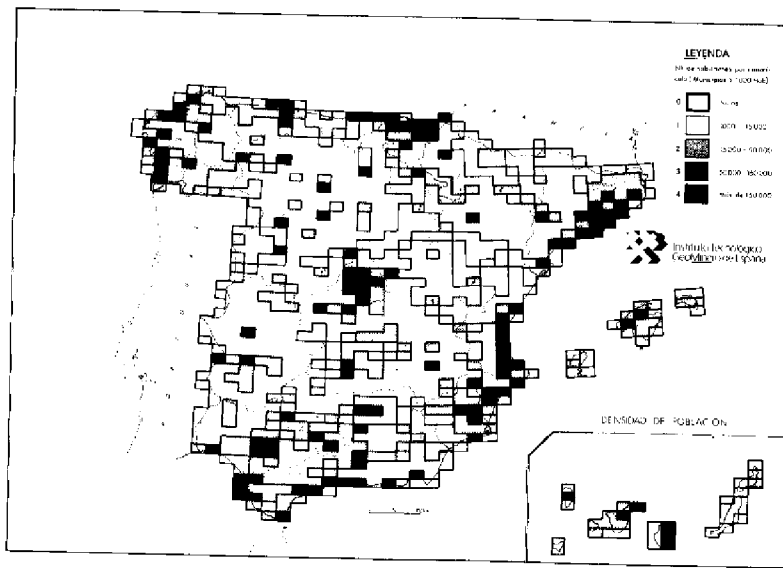


Figura 9. Densidad de población por cuadrícula 1/50.000 (adaptado del INE, 1981).

CUADRO V.-Resumen de los valores obtenidos para los índices de coste geológico

Terremotos		Actividad volcánica	
Grado de peligrosidad	CG (1)	Grado de peligrosidad	CG (1)
1	0	1	0
2	6.353	2	477
3	32.296	3	1.589
4	349.968	4	9.000
Tsunamis		Inundaciones	
Grado de peligrosidad	CG (1)	Grado de peligrosidad	CG (1)
1	0	1	0
2	160	2	5.295
3	2.224	3	15.354
4	22.875	4	46.062
Erosión en suelos		Movimientos del terreno	
Grado de peligrosidad	CG (2)	Grado de peligrosidad	CG (1)
1	0	1	0
2	500	2	159
3	1.000	3	5.560
4	1.500	4	8.471
Suelos expansivos		Erosión en costas	
Grado de peligrosidad	CG (1)	Grado de peligrosidad	CG (3)
1	0	1	0
2	0	2	2.957.000
3	318	3	5.914.000
4	477	4	8.871.000

(1) Pts. (86)/persona/suceso (2) Pts. (86)/Ha/año (3) Pts. (86)/km/año.

terremoto). Los coeficientes han sido elegidos según un intervalo de víctimas establecido en el Master Plan for California (1973).

Pérdidas potenciales de vidas humanas Coeficiente

1-10	1,1
11-100	1,5
101-1.000	2,0
>-1.000	3,0

Partiendo de estos intervalos y de los datos de pérdidas de vidas humanas por riesgos geológicos inventariados en España, ha sido posible asignar un factor de catástrofe a cada grado de peligrosidad quedando los resultados expuestos en el Cuadro VI. Los riesgos incluidos han sido sísmico, volcánico, tsunamis, inundaciones y movimientos del terreno; se han obviado la erosión de suelos y costas y los suelos expansivos, ya que no implican pérdidas de vidas humanas directamente. Este factor, ha penalizado especialmente a los terremotos e inundaciones.

Frecuencia de los sucesos (F.S.)

La probabilidad (1/F.S.) de los sucesos, se refleja en el Cuadro VII.

Puede advertirse que en general las probabilidades elegidas son pesimistas respecto a las medidas teóricas. Sin embargo, debe tenerse presente que: a) para el caso de las inundaciones, se ha utilizado la hipótesis de proyectar lo

CUADRO VI.-Coeficiente de factor de catástrofe (FC) para los riesgos considerados según los distintos grados de peligrosidad

Riesgo	Grado de peligrosidad	FC
Sísmico	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,0
	3: Medio	1,5
	4: Alto	3,0
Volcánico	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,0
	3: Medio	1,5
	4: Alto	2,0
Tsunamis	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,0
	3: Medio	2,0
	4: Alto	3,0
Inundaciones	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,1
	3: Medio	1,5
	4: Alto	3,0
Movimientos del terreno	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,0
	3: Medio	1,1
	4: Alto	1,5

que ha sucedido los últimos 10 años a los 30 considerados en el estudio; b) que para el riesgo sísmico, debe tenerse presente que aproximadamente cada 125 años, hay en España un terremoto destructor. El último fue en 1884, en Arenas del Rey (Granada), y no es por tanto improbable que haya otro en los próximos 30 años. Por otra parte, en el caso de los movimientos del terreno (deslizamientos y desprendimientos), los últimos trabajos sobre reactivación de deslizamientos y producción de nuevos movimientos (Vid por ejemplo SHEKO, 1988), tienden a señalar ciclos de 11 y 22 años ligados a la evolución de las manchas solares. En definitiva, las probabilidades definidas para los riesgos más importantes en términos socio-económicos, son representativas, aunque algo sesgadas hacia el lado pesimista.

CUADRO VII.-Probabilidades de los riesgos geológicos según las hipótesis consideradas

Probabilidad Riesgo	Riesgo máximo		Riesgo medio	
	Probabilidad teórica	Probabilidad elegida	Probabilidad teórica	Probabilidad elegida
Terremotos	1/1.000	1/30	1/500	1/30
Tsunamis	> 1/1.000	1/30	1/500	1/30
Volcanes	> 1/1.000	1/30	1/100	1/30
Inundaciones	No considerada	No considerada	1/100-1/500	1/10-1/30
Deslizamientos	1/500	1/30	1/500	1/500
Erosión de suelos y costas	1	1	1	1
Expansividad de suelos				

3.3. Pérdidas potenciales

Con los factores anteriores aplicados a cada cuadrícula 1/50.000, se han confeccionado los mapas que se exponen en las figuras 10-15.

$$P.T. = P.S. \times F.S.$$

P.T. = Pérdidas totales (ptas.).

$$P.S. = C.G. \times P.A. \times C.P. \times F.C.$$

P.S. = Pérdidas/suceso.

F.S. = Frecuencia del suceso.

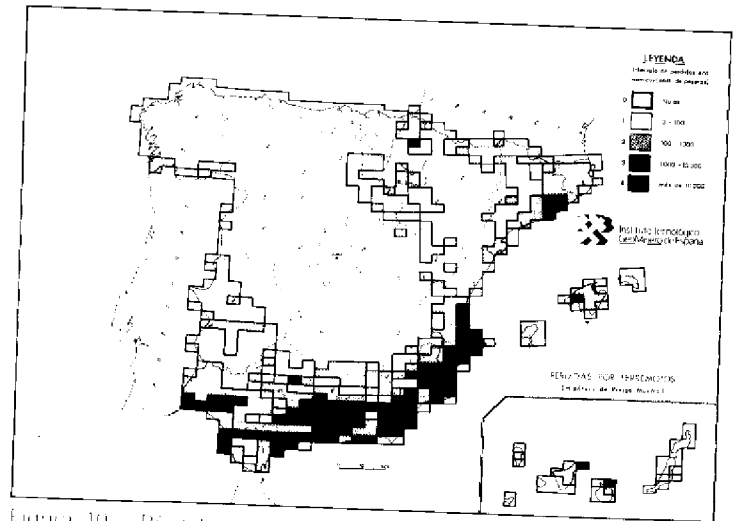


Figura 10. Pérdidas económicas potenciales por terremotos y en hipótesis de riesgo máximo (1986-2016), millones de pesetas.

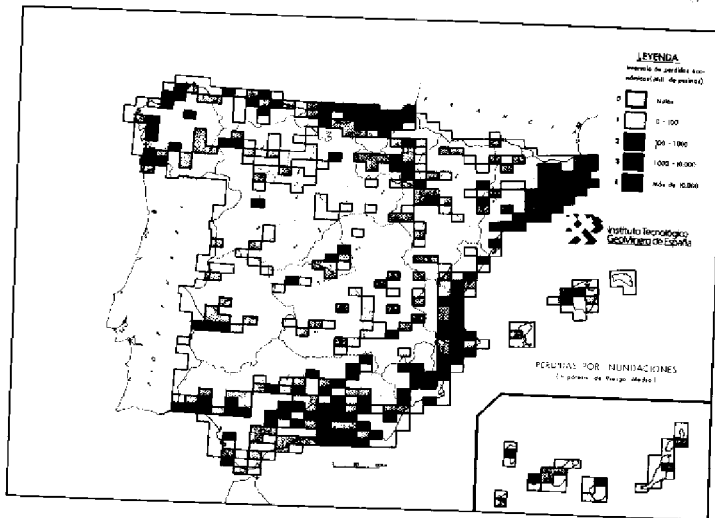


Figura 11. - Pérdidas económicas potenciales por actividad volcánica en hipótesis de riesgo máximo (1986-2016), millones de pesetas.

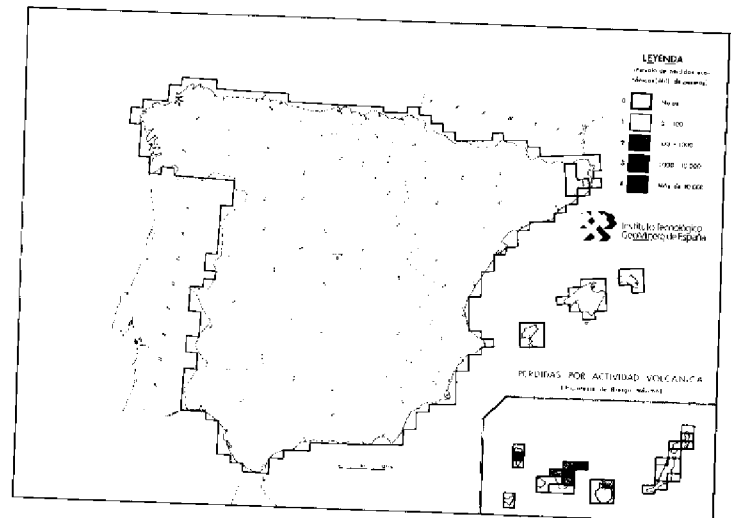


Figura 12. - Pérdidas económicas potenciales por inundaciones en hipótesis de riesgo medio (1986-2016), millones de pesetas.

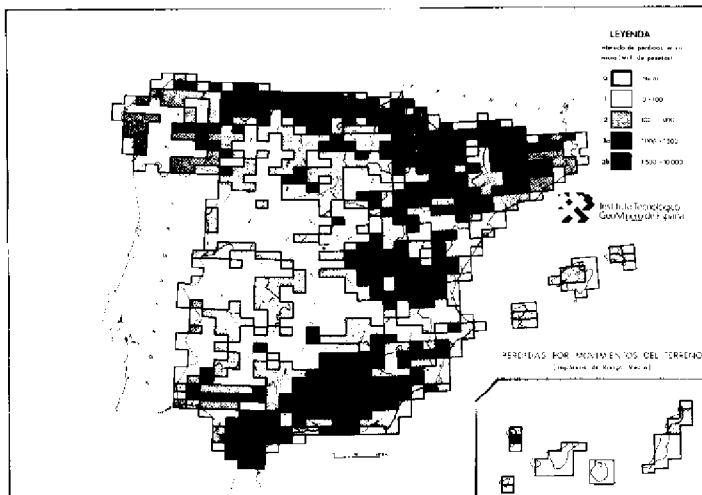


Figura 13. - Pérdidas económicas potenciales por deslizamientos y desprendimientos en hipótesis de riesgo medio (1986-2016), millones de pesetas.

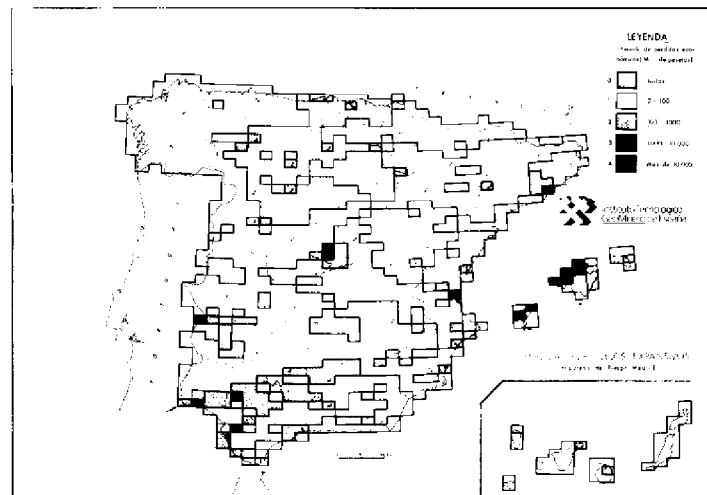


Figura 14. - Pérdidas económicas potenciales por suelos expansivos en hipótesis de riesgo medio (1986-2016), millones de pesetas.

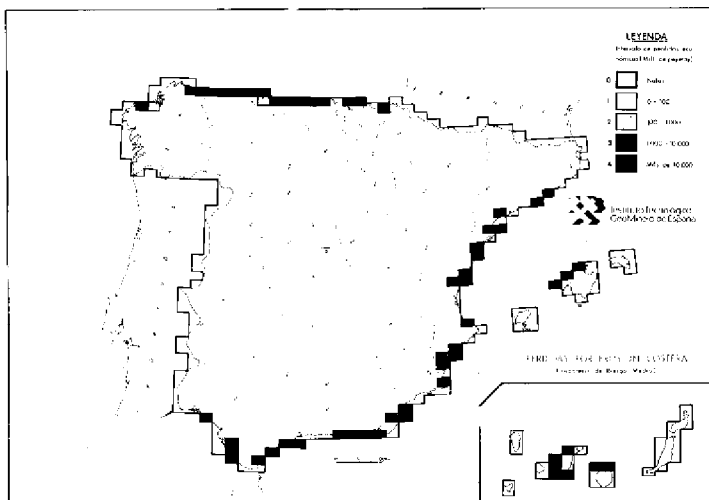


Figura 15. - Pérdidas económicas potenciales por erosión costera en hipótesis de riesgo medio (1986-2016), millones de pesetas.

En el Cuadro VIII, puede verse la población potencialmente expuesta a los distintos riesgos en los diversos grados de peligrosidad.

En el Cuadro IX, pueden verse las dos hipótesis del riesgo consideradas: riesgo máximo y medio.

La diferencia entre una y otra, estriba principalmente en las probabilidades consideradas (Cuadro VII), lo cual tiene una gran influencia en el caso

CUADRO VIII. - Población potencialmente expuesta a los distintos riesgos

Riesgo	Habitantes potencialmente expuestos al riesgo en un grado bajo de peligrosidad		Habitantes potencialmente expuestos al riesgo en un grado medio de peligrosidad		Habitantes potencialmente expuestos al riesgo en un grado alto de peligrosidad		Total de habitantes potencialmente expuestos al riesgo	
	Número	% del total	Número	% del total	Número	% del total	Número	% del total
Sísmico	12.874.289	33,47	4.975.221	12,93	1.921.933	4,99	19.771.503	51,40
Tsunamis	737.457	1,91	24.825	0,06	273.547	0,71	1.035.829	2,69
Actividad volcánica	1.011.708	2,63	6.408	0,01	640.027	1,66	1.658.143	4,30
Inundaciones	1.317.978	3,42	576.216	1,49	9.625.905	25,02	11.520.099	29,90
Movimientos del terreno	3.560.741	9,25	2.129.256	5,53	1.827.508	4,75	7.517.505	19,50
Suelos expansivos	8.725.154	23,11	1.681.319	4,45	3.351.722	8,87	13.758.196	36,44

CUADRO IX. - Hipótesis de riesgo consideradas

Riesgo geológico	Riesgo máximo		Riesgo medio	
	Criterios	Suceso tipo	Criterios	Suceso tipo
Sísmico	Máximos terremotos históricos, o los equivalentes a un período de retorno de 1.000 años.	Terremotos máximos de intensidad IX en zonas de máxima peligrosidad. Destructivos.	Terremotos más probables dentro de un período de retorno de 500 años.	Terremotos máximos de intensidad IX en zonas de máxima peligrosidad. Daños moderados.
Tsunamis	Máximos tsunamis históricos, equivalentes a un período de retorno entre 1.000 y 10.000 años.	Tsunamis de máxima magnitud $M_t = 4$ a $4,5$ (lida) en zonas de máxima peligrosidad. Destructivos.	Tsunamis más probables para un período de retorno de 500 años.	Tsunamis máximos de magnitud $M_t = 0$ a 1 (lida) en zonas de máxima peligrosidad. Daños muy escasos.
Actividad volcánica	Máximos sucesos históricos registrados.	Erupciones de moderada a gran intensidad en regiones de máxima peligrosidad. Daños importantes pero no catastróficos.	Erupciones históricas más frecuentes de pequeña a moderada intensidad en zonas de máxima peligrosidad.	Erupciones de pequeña a moderada intensidad en zonas de máxima peligrosidad. Daños escasos.
Inundaciones	No considerada. Los datos existentes permiten elaborar una hipótesis más acorde con la más probable (riesgo medio), y las obras de protección y corrección existentes hacen muy poco probable que se superen las máximas inundaciones de la hipótesis media.		Máximas inundaciones históricas producidas en España en los últimos 100 años en cada región.	Inundaciones de consecuencias catastróficas en zonas de máxima peligrosidad.
Deslizamientos y movimientos del terreno	Máximo suceso histórico suponiendo que se produce una vez cada 30 años (período de retorno del estudio).	Deslizamientos máximos producidos según datos históricos.	Máximo deslizamiento ocurrido suponiendo que se produce una vez cada 500 años.	Deslizamientos máximos según datos históricos.
Erosión suelos y costas expansividad de suelos	No considerada, dado el carácter más continuo del proceso en relación con los otros riesgos.		Procesos medios ocurridos en España según casuística y su grado de peligrosidad regional.	Pérdidas medias estimadas en función del grado de peligrosidad.

de los terremotos y erupciones volcánicas.

Comparando estas figuras con la figura 8, puede apreciarse la gran influencia del factor población. Es bien sabido que la principal razón del aumento de las pérdidas humanas y materiales debidas a riesgos, no es el aumento de la intensidad de los mismos sino el de la población y los bienes expuestos, como ha puesto de relieve KARNIK (1986) para el riesgo sísmico.

En el Cuadro X, puede verse una estimación de las pérdidas potenciales de vidas humanas, que se mueve en importantes márgenes de incertidumbre.

Como valores medios, pueden tomarse 750 y 24.300 muertes totales (1986-2016) en las hipótesis media y máxima respectivamente, o 25 y 810 muertes/año. Frente a las 100.000 aproximadamente habidas por año en la década 1970-80 significaría, habida cuenta de que España tiene el 0,8% de la población mundial, que en la hipótesis más probable tendría el 3% de las muertes que proporcionalmente le corresponderían, y en la pésima, el 100% de las que le corresponderían; por tanto, estaría probablemente por bajo de la tasa media, lo cual es concordante con lo que sucede en países de alto desarrollo. En la figura 16, se exponen las pérdidas totales para todos los riesgos, correspondientes a la hipótesis media.

CUADRO X. – Pérdidas potenciales de vidas por riesgos geológicos en treinta años

Total riesgos	Hipótesis máxima Intervalos		Hipótesis media Intervalos	
Terremotos	6.000	— 30.000	0	— 20
Tsunamis	1.000	— 10.000	0	— 0
Inundaciones	—	—	500	— 1.000
Movimientos del terreno	0	— 500	0	— 70
Actividad volcánica	100	— 1.000	0	— 10
Suelos expansivos	—	—	0	— 0
Erosión costera	—	—	0	— 0
Erosión de suelos	—	—	0	— 0
TOTAL	7.100	— 41.500	500	— 1.000
Víctimas/año	200	— 1.500	30	— 15

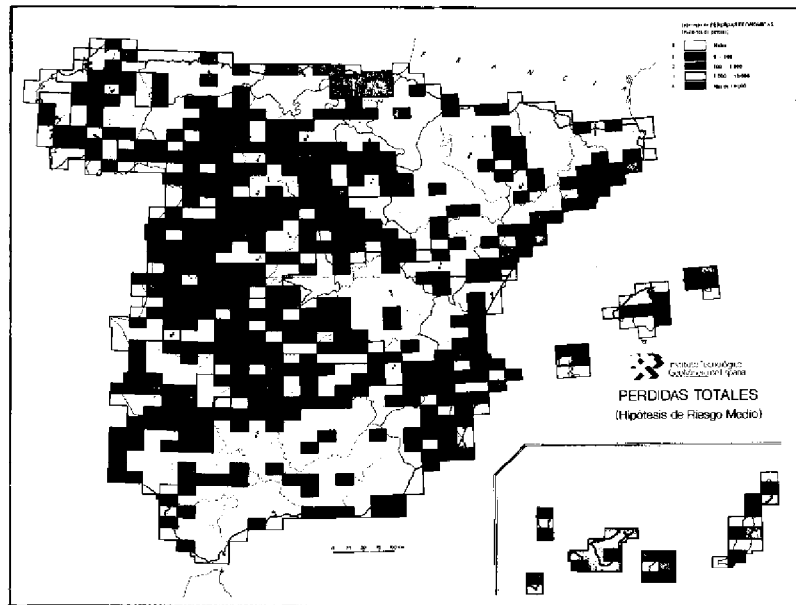


Figura 16. – Pérdidas económicas potenciales por riesgos geológicos en hipótesis de riesgo medio (1986-2016), millones de pesetas.

4. ANALISIS DE RESULTADOS GLOBALES

La integración del conjunto de resultados a nivel nacional, proporciona las gráficas de la figura 17. Puede observarse

en ella cómo las inundaciones serán previsiblemente la primera fuente de pérdidas económicas en España en los próximos treinta años, tanto en la hipótesis de riesgo máximo como en la de medio. Aplicando los índices de mitigación posible y costo de la

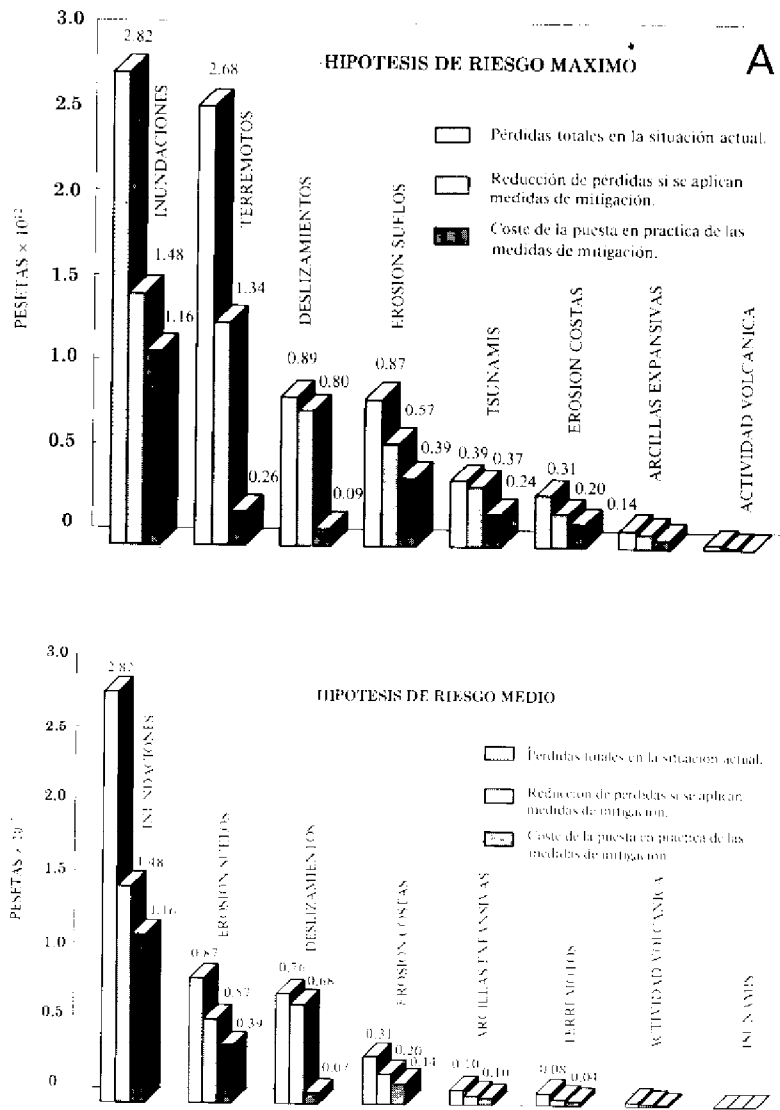


Figura 17. - Pérdidas económicas potenciales en España en hipótesis de riesgo máximo (a) y medio (b) (1986-2016), junto a posibles reducciones aplicando medidas de mitigación, billones de pesetas.

misma, tal y como en el Master Plan de California, se tendría que es factible una reducción de pérdidas en torno al 50%, con un costo próximo a dicha reducción. Aunque estas cifras deben ser contrasta-

das con la realidad española, no parece que sea económicamente rentable un programa de reducción total de pérdidas por inundaciones. La viabilidad técnica de estos programas, es muy diferente en el norte

de España, con ríos de régimen torrencial y llanuras de inundación superpobladas, que en el Sur y Levante, donde resulta más factible.

Los **terremotos**, tienen un peso escaso en la hipótesis de riesgo medio (6.º lugar), pero pasan al segundo en la de riesgo máximo. Esta hipótesis, se caracteriza precisamente por la producción de un terreno destructor en el área del Sur español (terremoto próximo), con ciudades como Sevilla, Málaga, Granada, Almería y Murcia o en la zona de Huelva (terremotos de las Azores), en su máximo nivel de daño. Habida cuenta de la alta vulnerabilidad de la mayor parte de las edificaciones, carentes de diseño antisísmico, este terremoto, podría suponer una gran catástrofe. Por ejemplo, por un terremoto de intensidad IX (MSK), MARTÍN y GARCÍA YAGÜE (1986), han estimado, para epicentro en Sevilla, 5.457 muertos, 23.563 heridos graves, 50.086 viviendas destruidas y 208.431 dañadas. Estos resultados, deberían impulsar la aplicación y exigencia sistemática de diseño antisísmico en las zonas de riesgo, que puede ser rentable frente al gravísimo daño de un gran terremoto.

Los **deslizamientos**, suponen la segunda fuente de daños catastróficos en nuestro país en la hipótesis más probable. Su mitigación, vía, esencialmente, prevención con mapas de riesgos, es muy rentable.

La **erosión de costas**, es una importante amenaza para los recursos turísticos de no pocas zonas. Según la Ley de Costas de 1988, el 17% del litoral, está afectado. La corrección o mitigación de este riesgo, es un caso interesante de ligazón entre diferentes riesgos. En efecto, la razón principal de la erosión de nuestras playas, es la retención de sedimento en los embalses ... que por otra parte son necesarios para mitigar las inundaciones.

En este sentido, la canalización de ríos en tramos urbanos, sería menos nociva para nuestras playas que la construcción de embalses.

Las conclusiones del Master Plan de California, pueden verse en la figura 18.

Destacan dos contrastes con nuestros resultados: la importancia de las pérdidas potenciales por terremotos y la comparativamente baja por inundaciones. Lo primero está en relación con la alta sismicidad de California, donde se encuentra la conocida Falla de San Andrés. Las pérdidas por inundaciones, han bajado de forma significativa gracias a la sistemática labor constructiva llevada a cabo en la primera mitad de siglo en California.

En cuanto a la distribución geográfica de las pérdidas potenciales en el período 1986-2016 por comunidades autónomas (figura 19), destaca

la concentración de riesgos en cuatro comunidades: Andalucía, Valencia, Cataluña y País Vasco, muy ligado a las inundaciones, y en el caso de Andalucía (y Murcia), también al

de inundación de los mismos, la hacen problemática, como antes se comentó.

Respecto a la **población potencialmente expuesta a ries-**

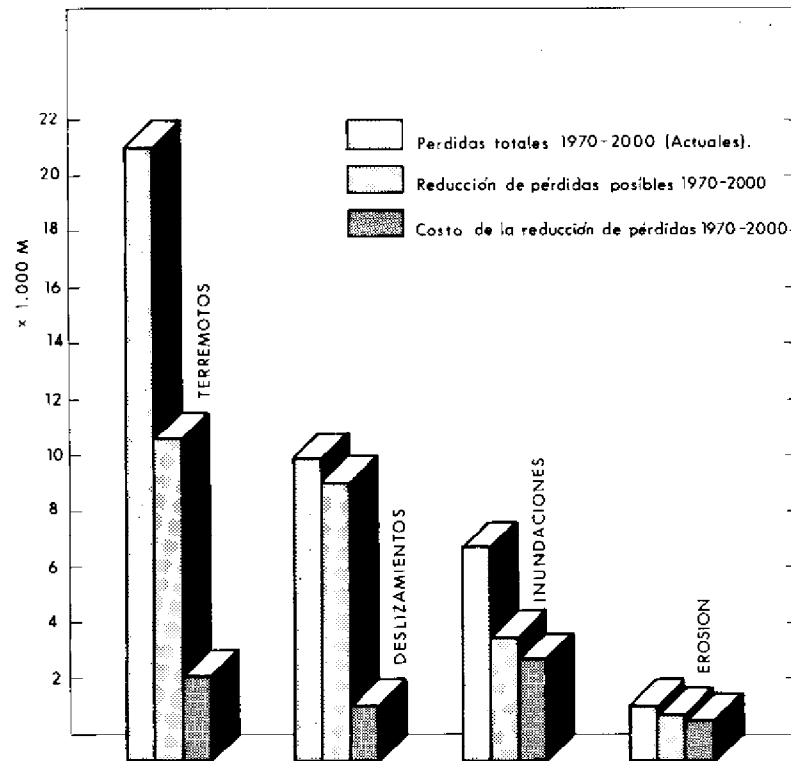


Figura 18. Pérdidas económicas potenciales en California por riesgos geológicos y posibles reducciones aplicando medidas de mitigación (1970-2000), miles de millones de US \$ de 1970 (modificado de ALIORS, BURNETT y GAY, 1973).

riesgo sísmico. La viabilidad técnica de la mitigación de inundaciones, es real en todas estas comunidades, salvo en el País Vasco, donde la pendiente de sus ríos y la ocupación intensiva de las llanuras

go (Vid. Cuadro VIII), merece resaltarse, por lo que respecta a niveles medio-altos de intensidad, la expuesta a inundaciones, con un 26,51% de la total del país, a arcillas expansivas con el 13,32% y a mo-

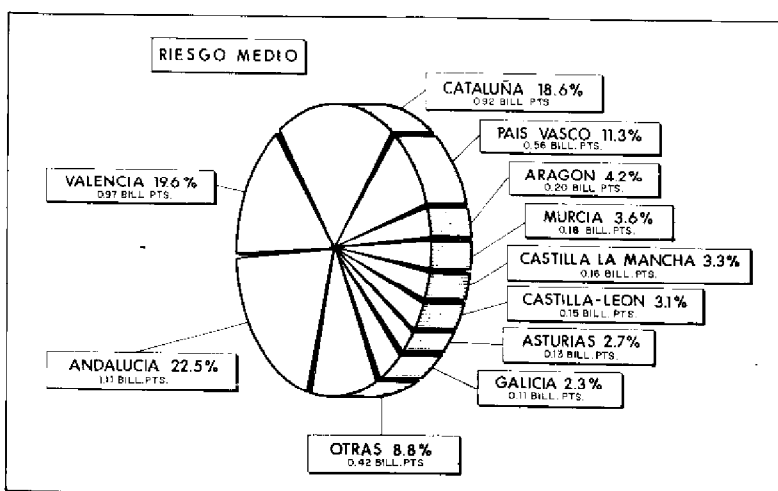
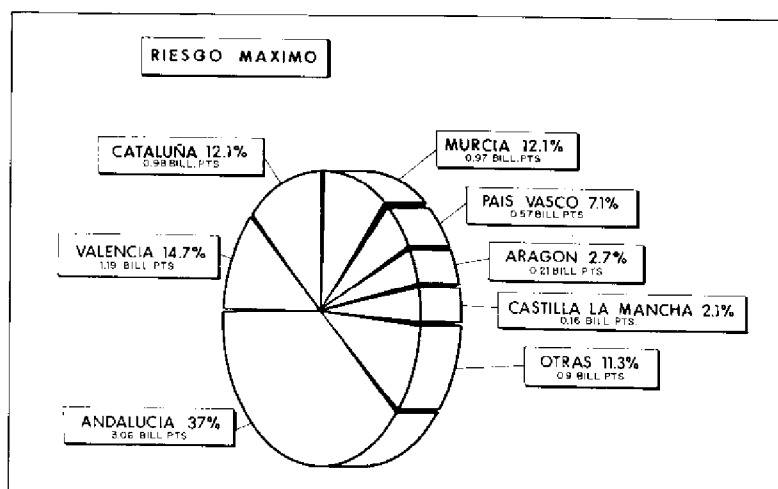


Figura 19. Pérdidas económicas potenciales por riesgos geológicos en las Comunidades Autónomas de España (1986-2016, billones de pesetas de 1986 ($\times 10^2$ pesetas).

vimientos del terreno, con el 10,28%. Para el riesgo sísmico, el 4,99% está expuesta a niveles que pueden ser realmente peligrosos. No debe olvidarse la expuesta a tsumanis, que en el verano es importante en las horas diurnas.

En términos globales, los resultados indican que en la hipótesis media, más probable, los riesgos geológicos pueden llegar a suponer en los próximos 30 años en España, pérdidas anuales medias equivalentes al 0,5% del PIB. Este resultado, pone de relieve la importancia del problema, y justifica un incremento de las inversiones en I + D y obras necesarias para su mitigación, así como la sensibilización pública y acciones de protección civil y ordenación urbana tendentes al mismo fin. ■