

**IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL
DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS
EN ESPAÑA**

THE ECONOMIC AND SOCIAL
IMPACT OF THE GEOLOGICAL
HAZARDS IN SPAIN
WITH ENGLISH SUMMARY

IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA

ESTUDIO REALIZADO BAJO LA DIRECCION Y SUPERVISION DE:

FRANCISCO J. AYALA CARCEDO

Ingeniero de Minas

Jefe del Area de Geotecnia del I. G. M. E.

EMILIO ELIZAGA MUÑOZ

Geólogo

División de Geología y Técnicas Básicas del I. G. M. E.

DIRECCION TECNICA

LUIS I. GONZALEZ DE VALLEJO

Dr. Geología, MSc. Ingeniería Geológica

Prospección e Ingeniería

Dpto. de Geodinámica, Universidad Complutense

COLABORADORES

JUAN JOSE DURAN VALSERO, I. G. M. E.

FERNANDO BELTRAN DE HEREDIA, Prospección e Ingeniería

MIGUEL ANGEL OLIVEROS, Prospección e Ingeniería

ANDRES CARBO GOROSABEL, Prospección e Ingeniería, Universidad Complutense

MARIA LUISA GUILLAMONT, Economista

RAMON CAPOTE DEL VILLAR, Universidad Complutense

Este estudio ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (I. G. M. E.), con la colaboración de Prospección e Ingeniería, S. A. La financiación ha corrido íntegramente a cargo del I. G. M. E.

MADRID, 1987

INDICE

	pág.
1. RESUMEN GENERAL	1
ENGLISH SUMMARY	9
2. DESCRIPCION GENERAL DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS	11
2.1. Riesgos ligados a la Geodinámica Interna	11
2.1.1. Riesgo sísmico	11
2.1.2. Riesgo por fallas activas	12
2.1.3. Riesgo por tsunamis	12
2.1.4. Riesgo volcánico	13
2.2. Riesgos ligados a la Geodinámica Externa	14
2.2.1. Riesgo por inundaciones y avenidas	14
2.2.2. Riesgo por erosión de suelos	15
2.2.3. Riesgo por deslizamientos y movimientos del terreno	16
2.2.4. Riesgo por suelos expansivos	17
2.2.5. Riesgo por hundimientos	18
2.2.6. Riesgos por erosión de costas	19
3. LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA	21
3.1. Introducción	21
3.2. Peligrosidad sísmica	22
3.3. Peligrosidad por fallas activas	24
3.4. Peligrosidad por tsunamis	25
3.5. Peligrosidad por actividad volcánica	26
3.6. Peligrosidad por inundaciones	29
3.7. Peligrosidad por erosión de suelos	31
3.8. Peligrosidad por deslizamientos y movimientos del terreno	33
3.9. Peligrosidad por suelos expansivos	33
3.10. Peligrosidad por hundimientos	35
3.12. Peligrosidad por erosión costera	35
4. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS DEBIDAS A LOS RIESGOS GEOLOGICOS	39
4.1. Metodología	39
4.1.1. Índice de coste geológico (CG)	42
4.1.2. Índice de población (PA)	45
4.1.3. Coeficiente de proximidad (CP)	46
4.1.4. Factor de catástrofe (FC)	46
4.1.5. Frecuencia de los sucesos (FS)	47
4.2. Resultados	49
4.2.1. Pérdidas por cada tipo de riesgo geológico	49
4.2.2. Pérdidas por Comunidades Autónomas	50
4.2.3. Pérdidas en España en relación con otros países	50
5. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS POTENCIALES EN VIDAS HUMANAS	55
6. ANALISIS BENEFICIO-COSTE	57
7. CONCLUSIONES	59
COLABORACIONES RECIBIDAS	61
BILBIOGRAFIA	63
APENDICE I: Resultados de las pérdidas en función del tipo de riesgo y su distribución por Comunidades Autónomas	69
APENDICE II: Pérdidas potenciales de vidas humanas en función del tipo de riesgo	87
APENDICE III: Mapas de Peligrosidad, Población y Pérdidas	93

1. RESUMEN GENERAL

A lo largo de la Historia, las mayores catástrofes de origen natural han estado asociadas a determinados fenómenos denominados riesgos geológicos, cuyas principales consecuencias han sido las grandes pérdidas de bienes y vidas humanas. A estas consecuencias se les suma el carácter impredecible y el difícil o imposible control que sobre dichos riesgos puede ejercerse.

El impacto sobre el hombre y su medio ambiente es cada vez mayor debido al crecimiento de la población, sobre todo concentrada en grandes ciudades, y al desarrollo industrial, especialmente el derivado de las tecnologías de alto riesgo.

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 los trabajos realizados sobre riesgos geológicos son aún muy escasos y, por otra parte, hasta el presente no se dispone de estudios sobre su impacto económico y social. Estos estudios son de 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.

En el presente estudio se evalúan de forma orientativa las posibles pérdidas económicas debidas a los riesgos geológicos en España para el horizonte de los próximos treinta años, estimándose el coste parcial al 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 informe 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 siguientes tipos de riesgos geológicos:

- Terremotos.
- Fallas activas.
- Tsunamis.
- Volcanes.
- Inundaciones.
- Erosión de suelos.
- Deslizamientos y movimientos de terreno.
- Expansividad en suelos.
- Hundimientos del terreno.
- Erosión costera.

El proceso metodológico seguido se explica con detalle en los capítulos y apartados correspondientes, pero, en síntesis, ha comprendido los siguientes pasos:

1. Identificación geológica del riesgo.
2. Distribución geográfica.
3. Grado de peligrosidad.
4. Inventario de pérdidas y daños asociados a los riesgos.
5. Población afectada y expuesta a cada riesgo.
6. Pérdidas por persona/suceso según el grado de peligrosidad.
7. Pérdidas totales para un período de 30 años (período de retorno elegido).
8. Pérdidas potenciales de vidas.
9. Análisis beneficio-coste.

El carácter predictivo del Estudio ha precisado establecer ciertas hipótesis que, en unos casos, han podido fundamentarse en datos bien documentados y abundantes, y en otros la ausencia de datos ha obligado a realizar grandes simplificaciones.

En el cálculo de las pérdidas se han establecido las siguientes hipótesis de riesgo:

- Riesgo máximo, equivalente a una situación en la que se produce el máximo suceso histórico ocurrido.
- Riesgo medio, situación en la que se produce el suceso histórico más frecuente o el equivalente a la mitad del período de retorno del máximo suceso histórico.

En el capítulo 4 (Cuadro 4.1) se indican los criterios seguidos para las distintas hipótesis de riesgo.

Las pérdidas totales obtenidas se presentan en los cuadros 1.1 y 1.2. Para la hipótesis de riesgo máximo dichas pérdidas alcanzan la cifra de 8.1 billones de pesetas, cifra en la que se incluye un crecimiento económico del 2 % anual a lo largo de los treinta años considerados (1986-2016).

Para las hipótesis de riesgo medio las pérdidas totales son de 4.9 billones de pesetas.

CUADRO 1.1
PERDIDAS POR RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA EN EL PERIODO 1986-2016
(HIPOTESIS DE RIESGO MAXIMO)

1	2	3		4		5	6
RIESGOS	PERDIDAS TOTALES (*)	POSIBLE REDUCCION DE PERDIDAS POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		COSTE ESTIMATIVO APROXIMADO POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		BENEFICIO/ COSTE	PERDIDAS TOTALES DESPUES DE LA APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION
	PTS.	%	PTS.	%	PTS.		PTS.
INUNDACIONES	2.823.480.652.170	52,5	1.482.327.342.389	41,4	1.168.920.989.998	1,27	2.510.074.299.779
SISMICO	2.684.358.229.325	50,0	1.342.179.114.663	10,0	268.435.822.933	5,00	1.610.614.937.595
MOVIMIENTOS DEL TERRENO	895.960.288.304	90,0	806.364.259.473	10,3	92.283.900.695	8,74	181.879.938.525
EROSION DE SUELOS	870.796.526.780	66,0	574.725.707.675	45,7	397.954.012.738	1,44	694.024.831.843
TSUNAMIS	391.987.433.239	95,0	372.388.061.577	63,0	246.952.082.940	1,51	266.551.454.602
EROSION COSTERA	312.049.665.237	66,0	205.952.779.057	45,7	142.606.697.013	1,44	248.703.583.194
SUELOS EXPANSIVOS	104.244.773.359	99,0	103.202.325.625	5,0	5.212.238.668	19,80	6.254.686.402
ACTIVIDAD VOLCANICA	16.252.042.291	16,5	2.681.586.978	3,5	568.821.480	4,71	14.139.276.793
TOTAL	8.099.129.610.704	69,0	5.588.399.431.386	11,2	907.102.516.399	6,16	3.417.832.695.717

COLUMNA 1

Riesgos geológicos según su orden de incidencia en las pérdidas económicas.

COLUMNA 2

Pérdidas en pesetas estimadas en España para el período comprendido entre los años 1986 y 2016 (período de 30 años). Las pérdidas están referidas a poblaciones de más de mil habitantes, excepto en erosión, deslizamientos y costas, en los que se ha considerado todo el territorio. Así mismo, se supone que durante los próximos treinta años no se aplicarán nuevas medidas de mitigación o control adicionales a las ya existentes.

(*) Las pérdidas totales han sido corregidas con un crecimiento económico real del 2 % anual en el período de treinta años.

COLUMNA 3

Reducción de pérdidas sobre el total si se llevan a cabo medidas de mitigación, expresada en porcentaje y valor absoluto, suponiendo que durante los treinta años se apliquen progresivamente las citadas medidas.

COLUMNA 4

Coste estimativo aproximado de la aplicación de medidas de mitigación en porcentaje sobre el total de pérdidas, y en valores absolutos para el intervalo de treinta años.

COLUMNA 5

Relación beneficio-coste (columna 3/columna 4) basada en el coste aproximado de la aplicación de medidas de mitigación frente a la reducción de pérdidas que éstas comportan.

COLUMNA 6

Pérdidas totales en pesetas en el intervalo de treinta años después de la aplicación de medidas de mitigación (columna 2 - columna 3 + columna 4).

CUADRO 1.2
PERDIDAS POR RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA EN EL PERIODO 1986-2016
(HIPOTESIS DE RIESGO MEDIO)

1	2	3		4		5	6
RIESGOS	PERDIDAS TOTALES (*)	POSIBLE REDUCCION DE PERDIDAS POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		COSTE ESTIMATIVO APROXIMADO POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		BENEFICIO/ COSTE	PERDIDAS TOTALES DESPUES DE LA APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION
	PTS.	%	PTS.	%	PTS.		PTS.
INUNDACIONES	2.823.480.652.170	52,5	1.482.327.342.389	41,4	1.168.920.989.998	1,27	2.510.074.299.799
EROSION DE SUELOS	870.796.526.780	66,0	574.725.707.675	45,7	397.954.012.738	1,44	694.024.831.843
MOVIMIENTOS DEL TERRENO	765.750.292.201	90,0	689.175.262.981	10,3	78.872.280.097	8,74	155.447.309.317
EROSION COSTERA	312.049.665.237	66,0	205.952.779.057	45,7	142.606.697.013	1,44	248.703.583.194
SUELOS EXPANSIVOS	104.244.773.359	99,0	103.202.325.625	5,0	5.212.238.668	19,80	6.254.586.402
SISMICO	84.784.424.216	50,0	42.392.212.108	10,0	8.478.442.422	5,00	50.870.654.529
ACTIVIDAD VOLCANICA	2.067.458.826	16,5	343.177.491	3,5	72.361.059	4,71	1.796.642.396
TSUNAMIS	0	95,0	0	63,0	0	1,51	0
TOTAL	4.963.173.792.791	69,0	3.424.589.917.026	11,2	555.875.464.793	6,16	2.094.459.340.558

COLUMNA 1

Riesgos geológicos según su orden de incidencia en las pérdidas económicas.

COLUMNA 2

Pérdidas en pesetas estimadas en España para el período comprendido entre los años 1986 y 2016 (período de 30 años). Las pérdidas están referidas a poblaciones de más de mil habitantes, excepto en erosión, deslizamientos y costas, en los que se ha considerado todo el territorio. Así mismo, se supone que durante los próximos treinta años no se aplicarán nuevas medidas de mitigación o control adicionales a las ya existentes.

(*) Las pérdidas totales han sido corregidas con un crecimiento económico real del 2 % anual en el período de treinta años.

COLUMNA 3

Reducción de pérdidas sobre el total si se llevan a cabo medidas de mitigación, expresada en porcentaje y valor absoluto, suponiendo que durante los treinta años se apliquen progresivamente las citadas medidas.

COLUMNA 4

Coste estimativo aproximado de la aplicación de medidas de mitigación en porcentaje sobre el total de pérdidas y en valores absolutos para el intervalo de treinta años.

COLUMNA 5

Relación Beneficio-Coste (columna 3/columna 4), basada en el coste aproximado de la aplicación de medidas de mitigación frente a la reducción de pérdidas que éstas comportan.

COLUMNA 6

Pérdidas totales en pesetas en el intervalo de treinta años después de la aplicación de medidas de mitigación (columna 2 - columna 3 + columna 4).

Los riesgos más importantes en cuanto a pérdidas son los siguientes (Figuras 1.1 y 1.2):

Hipótesis riesgo máximo	Hipótesis riesgo medio
Inundaciones34,8 %	Inundaciones51,0 %
Terremotos33,1 %	Erosión suelos17,5 %

En las figuras 1.3 y 1.4 se indican también los resultados de las pérdidas totales, tanto en el supuesto de que no se mejoren las actuales medidas de prevención y control de riesgos, como si se aplicaran medidas de mitigación. Así mismo, se incluye el coste estimado de la aplicación de tales medidas.

La máxima relación entre el beneficio, expresado como la reducción de pérdidas de aplicar medidas, y el coste de dichas medidas, se obtiene en la expansividad de suelos con una relación del 19,8, seguida por los deslizamientos y movimientos del terreno con un 8,7, y los terremotos con un 5. En tales casos, las inversiones destinadas a paliar los citados riesgos serían relativamente las más rentables y bajo un contexto puramente económico. Sin embargo, el análisis de rentabilidad no puede ir separado de las implicaciones sociales que comportan los riesgos, especialmente los de naturaleza catastrófica.

La eficacia de las medidas de reducción de pérdidas se traduce en una posible disminución de 4,69 billones de pesetas, en el caso de riesgo máximo, y de 2,87 billones de pesetas para el riesgo medio. Las pérdidas totales resultantes, si se aplican tales medidas, serían de 3,41 billones de pesetas o de 2,1 billones de pesetas, según la hipótesis de riesgo considerada.

La distribución geográfica de pérdidas y otros análisis de mayor detalle se especifican en el capítulo 4,

presentándose en las figuras 1.5 y 1.6 un resumen de estos datos. Las Comunidades Autónomas más expuestas a los riesgos geológicos son:

Riesgo máximo (*)	Riesgo medio (*)
Andalucía37,0 %	Andalucía22,5 %
Valencia14,7 %	Valencia22,5 %
Cataluña12,1 %	Cataluña18,6 %
Murcia12,0 %	Murcia11,3 %

(*) % de pérdidas sobre el total

Con respecto a la incidencia sobre las vidas humanas, tanto en muertos como en personas damnificadas, cada catástrofe tiene sus características propias, de manera que para una misma intensidad del fenómeno, las pérdidas varían enormemente (día, hora, calidad de construcción, tipo de edificación, etc.), no siendo posible dar criterios objetivos. A pesar de ello, y con carácter orientativo, se han estimado ciertos intervalos de acuerdo con la hipótesis de riesgo considerada. Estos intervalos pueden variar entre 7.000 a 40.000 muertos (riesgo máximo) y de 500 a 1.000 muertos (riesgo medio) para el período de treinta años.

Si ocurriese un suceso de máxima intensidad histórica (terremoto, tsunami), se podría estar cerca del máximo valor, pero su probabilidad sería extremadamente baja, por lo que un intervalo comprendido entre 1.000 y 7.000 muertos para el período de treinta años puede utilizarse como cifra más probable.

La repercusión de los riesgos geológicos en España sobre su economía podría representar del 0,68 al 1,13 % de la Renta Nacional (según la hipótesis de riesgo), o el 0,5 % del PIB (año 1986) en hipótesis media. El coste por persona puede oscilar entre 4.400 pesetas a 7.300 pesetas anuales, que supone el 2 % del presupuesto del Estado del año 1986.

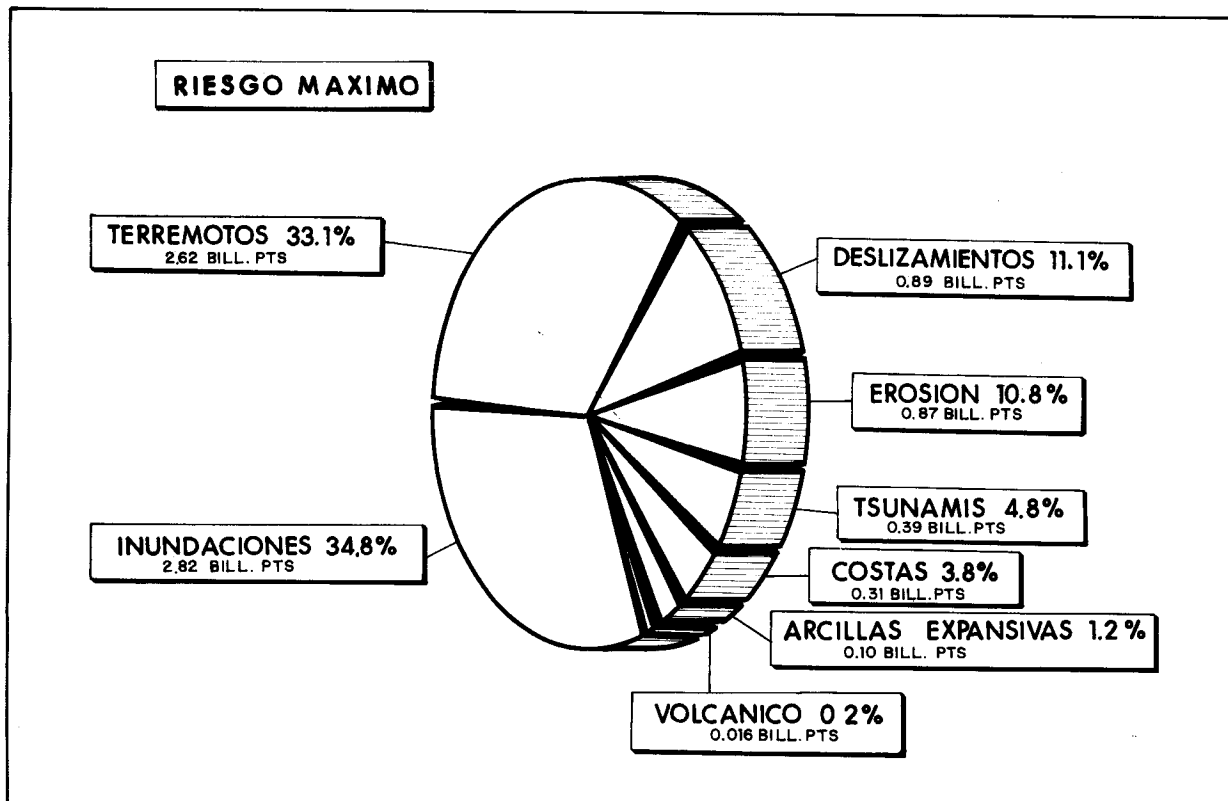


Figura 1.1. Riesgos geológicos en España para el periodo 1986/2016. Pérdidas potenciales previstas según la hipótesis de riesgo máximo de 8.1 billones de pesetas.

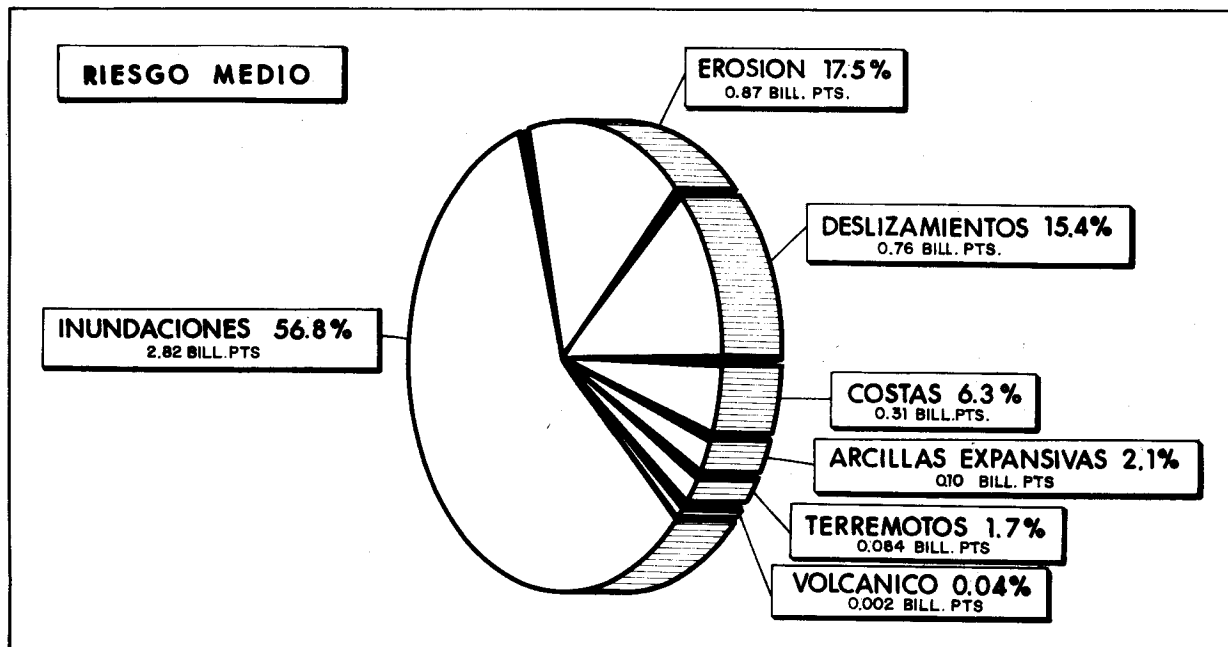


Figura 1.2. Riesgos geológicos en España para el periodo 1986/2016. Pérdidas potenciales previstas según la hipótesis de riesgo medio de 4.9 billones de pesetas.

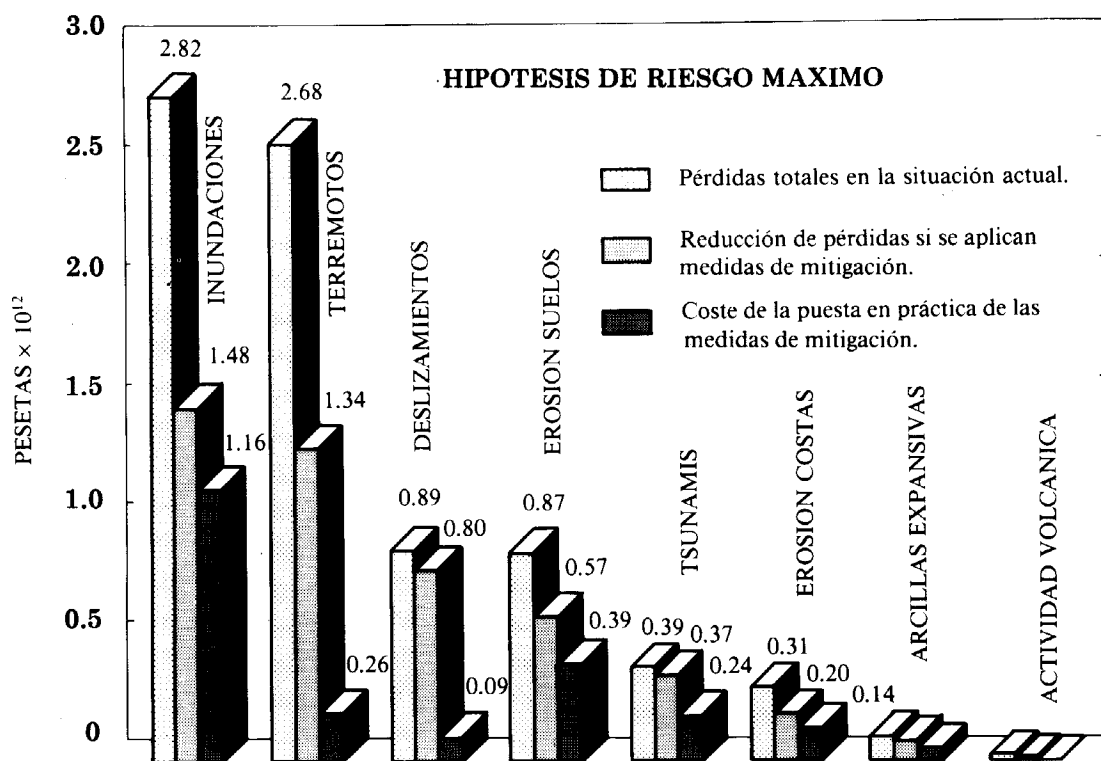


Figura 1.3. Pérdidas totales por riesgos geológicos en España en el periodo 1986/2016, junto a la reducción de pérdidas si se aplican medidas de mitigación y el coste de tales medidas, en hipótesis de riesgo máximo.

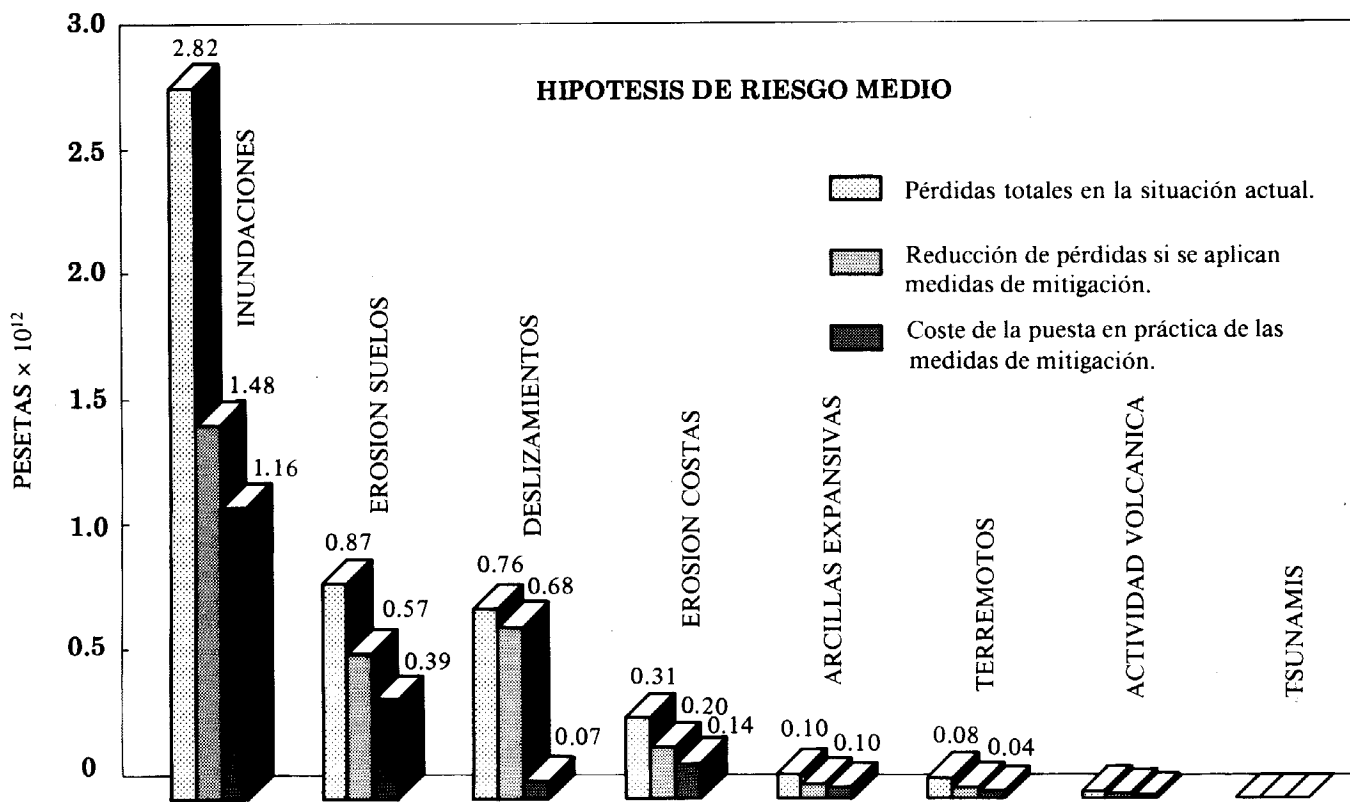


Figura 1.4. Pérdidas totales por riesgos geológicos en España en el periodo 1986/2016, junto a la reducción de pérdidas si se aplican medidas de mitigación y el coste de tales medidas, en hipótesis de riesgo medio.

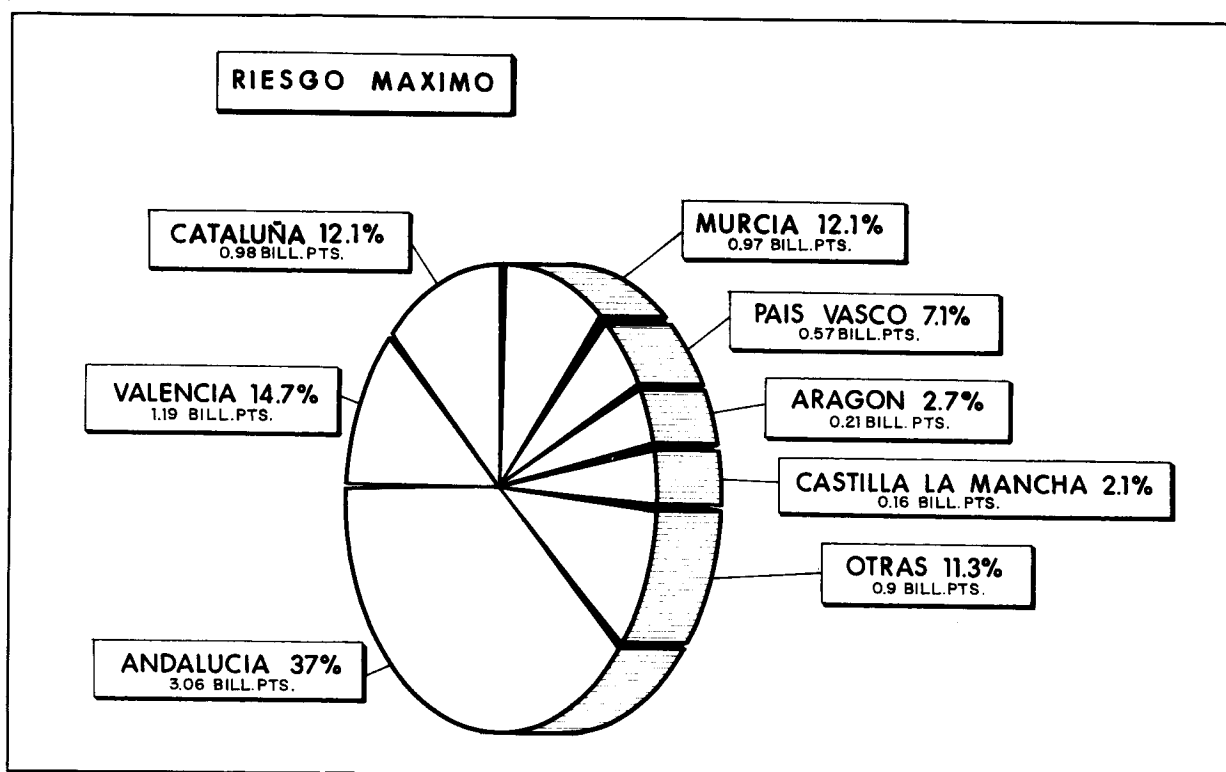


Figura 1.5. Riesgos geológicos en España para el periodo 1986/2016. Distribución de las pérdidas económicas en las diferentes Comunidades Autónomas según la hipótesis de riesgo máximo.

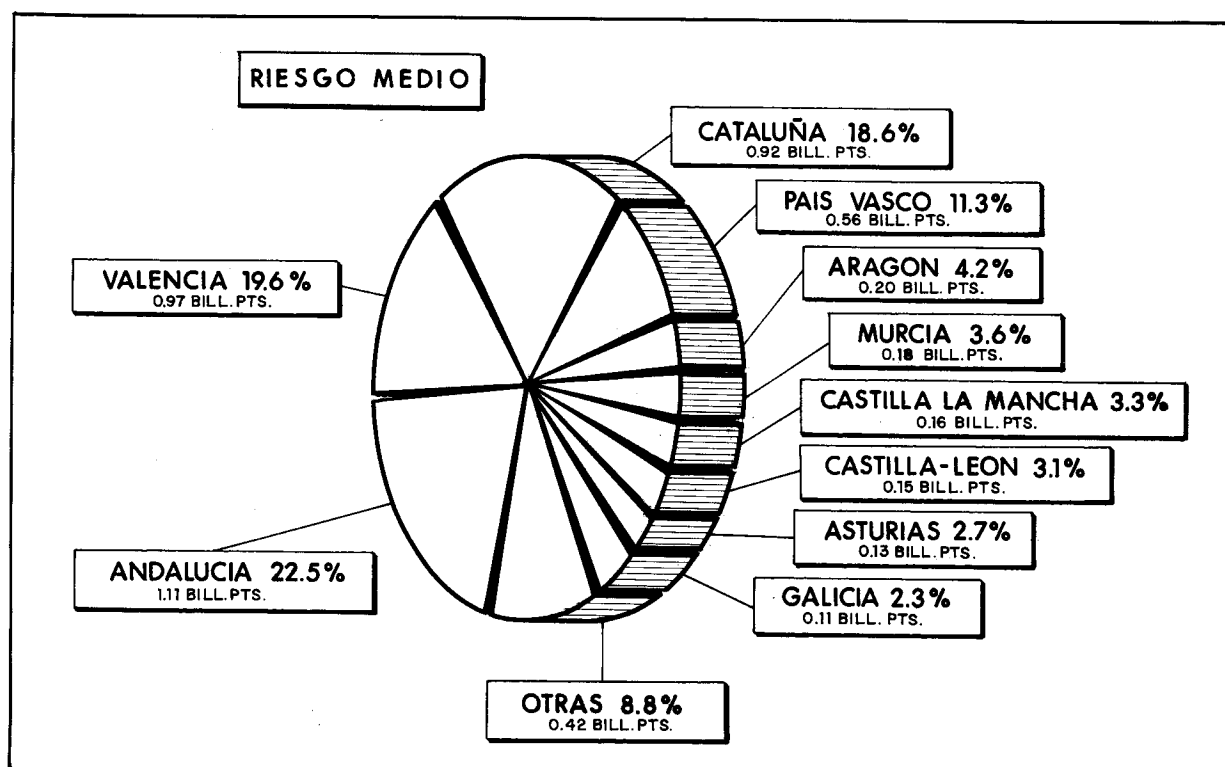


Figura 1.6. Riesgos geológicos en España para el periodo 1986/2016. Distribución de las pérdidas económicas en las diferentes Comunidades Autónomas según la hipótesis de riesgo medio.

SUMMARY

The potential cost due to geological hazards in Spain have been assessed for the next 30 years (1986/2016). The following geological hazards have been considered:

- Earthquake shaking and active faulting.
- Tsunamis.
- Volcanic activity.
- Floods.
- Soil and coastal erosion.
- Landsliding and other ground movements.
- Expansive soils.

The procedure to evaluate the economic losses has involved the following studies:

- Analysis of geological hazards.
- Geographic distribution.
- Hazard intensity rates.
- Data inventory of losses associated to geological hazards.
- Demographic distribution.
- Losses per person and event and total losses for 30 years.
- Potential life losses.
- Benefit-cost analysis.

Two risk hypothesis have been considered to assess the economic losses:

- Maximum risk hypothesis, equivalent to the maximum historic event occurred.
- Average risk hypothesis, most frequent historic event or alternately the event which probability is half of the maximum risk event.

The results are shown in table 1.2 and 1.3. The total loss for the maximum risk hypothesis has been 8.1×10^{12} pesetas ($\$ 6.2 \times 10^{10}$) for the next 30 years. The total loss for the average risk hypothesis has been 4.9×10^{12} pesetas ($\$ 3.7 \times 10^{10}$).

In fig. 1.1 and 1.2 the contribution of each geological hazards are shown. The most important hazards are:

Maximum risk	Average risk
Floods34.8 %	Floods51.0 %
Earthquakes33.1 %	Soil Erosion17.5 %

Benefit-cost analysis results (Fig. 1.3 and 1.4) have shown that the higher ratios are for expansive soils (19), landsliding (8.7) and earthquakes (5).

If loss reduction measures are undertaken the total loss could be reduced to 3.4×10^{12} pesetas ($\$ 2.6 \times 10^{10}$) or 2.1×10^{12} pesetas ($\$ 1.6 \times 10^{10}$) depending on the risk hypothesis. This represents a loss reduction of 4.69×10^{12} pesetas ($\$ 3.6 \times 10^{10}$) for the maximum risk or 2.87×10^{12} ($\$ 2.2 \times 10^{10}$) for the average risk. The geographic distribution on the geological hazards has been also considered (Fig. 1.5 and 1.6). The highest risk regions are Andalucía, Valencia and Cataluña.

Life loss due to geological hazards are very difficult to anticipate and only very rough figures could be estimated. Maximum intervals for the next 30 years if the worst events take place are in the range of 7.000 to 40.000 deaths. Alternatively an interval from 500 to 1.000 deaths for the same period has been obtained for average risk hypothesis. A probable situation could be in the range of 1.000 to 7.000 deaths for 30 years period.

The influence of the geological hazards on the Spanish economy has been related to the National Income giving a percentage of 0,68 to 1,13, depending on the risk hypothesis situation, or a 0,5 % of the GNP (1986). The cost per person is in the range of 4.400 to 7.300 pesetas/year, depending on the risk hypothesis, equivalent to a 2 % of the National Budget of 1986.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

Antes de entrar en la valoración propiamente dicha de las pérdidas por riesgos geológicos, se ha considerado oportuno incluir una breve exposición de carácter general sobre cada tipo de riesgo, tratándose la naturaleza del riesgo, los factores que en ellos influyen, las causas que controlan su aparición, así como los daños directos y efectos que de ellos se derivan.

2.1. RIESGOS LIGADOS A LA GEODINÁMICA INTERNA

2.1.1. Riesgo sísmico

- Características generales del riesgo

Los terremotos son sacudidas repentinas del terreno producidas por el paso de ondas elásticas irradiadas de una región determinada de la corteza o del manto superior de la Tierra. El paso de las ondas sísmicas causa daños importantes tanto en las edificaciones como en las personas y por su carácter catastrófico ha sido tradicionalmente considerado como el más destructivo de los riesgos naturales. Son abundantes las noticias acerca de las grandes destrucciones y pérdidas asociadas a grandes terremotos históricos en todo el mundo, y tradicionalmente han producido tal impacto psicológico sobre las sociedades antiguas que este fenómeno se ha incorporado con frecuencia a los relatos legendarios o religiosos.

Los terremotos más antiguos de los que se tiene noticia son los contenidos en los registros históricos de China, los cuales se remontan hasta hace más de cinco mil años. En la región mediterránea hay alusiones a terremotos en la Biblia, referidos a la zona del valle del Jordán, y en los escritos de los filósofos griegos, los primeros que intentaron comprender el fenómeno de forma racional.

Los daños de los terremotos sumados para períodos largos en todo el mundo, son claramente inferiores a los producidos de forma acumulativa por otros fenómenos geológicos, pero es su carácter rápido e impredecible, con daños importantes en cada evento, el que le confiere la importancia que tiene a este riesgo natural.

La causa última de los terremotos se relaciona con la dinámica de las placas en que se encuentra dividida la litosfera terrestre. Dichas placas tienen un espesor medio de unos 100 km y deslizan como piezas rígidas sobre la astenosfera, de comportamiento dúctil a escala geológica. Los movimientos relativos entre las placas producen acumulación de energía elástica en sus límites, la cual se libera mediante defor-

mación tectónica y producción de terremotos. De hecho se comprueba que los terremotos en el globo se concentran principalmente en cinturones activos que definen los límites de las placas. El interior de las placas no está exento, sin embargo, de actividad sísmica, si bien ésta es más irregular en su distribución espacial y temporal.

De forma más inmediata los terremotos se explican por la "teoría del rebote elástico", elaborada por *Reid (1910)* a raíz del terremoto de San Francisco de 1906. De forma sucinta la teoría propone que los esfuerzos transmitidos por la litosfera producen movimiento relativo de los bloques separados por una falla, si bien inicialmente sin deslizamiento en el plano de falla, como consecuencia del efecto de la cohesión y fricción a lo largo del mismo. El movimiento produce así una deformación elástica en las inmediaciones de la falla. Cuando se vence la resistencia al movimiento en el plano de falla esta deformación se elimina liberando de manera brusca la energía elástica acumulada en forma de ondas sísmicas.

El deslizamiento brusco se inicia en un punto de la falla, el foco, y se extiende posteriormente a una zona más o menos amplia.

El tamaño de los terremotos se define por la magnitud y la intensidad. La magnitud es una medida instrumental absoluta que depende de la energía sísmica liberada y se mide a partir de las ondas registradas en los sismógrafos. La intensidad es una medida subjetiva, utilizada antes de aplicarse otras medidas absolutas, y que se relaciona con los efectos de los terremotos. La intensidad se evalúa en términos de escalas arbitrarias, de las cuales la más extendida actualmente es la escala modificada de Mercalli, que comprende doce grados.

Existe una correlación entre magnitud e intensidad, pero en esta última influyen factores diversos como las condiciones geológicas locales, el tipo de construcción o la densidad de población. Las intensidades sentidas en un terremoto son máximas en el epicentro, localizado en la vertical del foco, y se atenúan con la distancia según leyes exponenciales propias de cada región litosférica en el globo.

Además de los terremotos naturales se pueden generar movimientos sísmicos por la acción del hombre, tal como ocurre con la sismicidad inducida durante el llenado de embalses, la inyección de fluidos en el subsuelo, las explosiones y las labores mineras.

- Efectos y daños de los terremotos

Los efectos de los sismos suelen traducirse en un movimiento brusco de la superficie terrestre provocado por el paso de la onda sísmica que produce sacudidas, movimientos de vaivén, levantamientos, subsidencia, desarrollo de fracturas, plegamientos, etc. acompañados de sonidos y ruidos de variable intensidad. Estos efectos desencadenan otros fenómenos inducidos que suelen agravar los daños y aumentar las pérdidas, como son los deslizamientos, coladas de barro, licuefacción y densificación de suelos, etc.

La mayor parte de los daños originados por los terremotos son causados por el colapso de estructuras, roturas en edificios, incendios y otros fenómenos indirectos provocados por el sismo. En definitiva, los resultados de los terremotos se traducen en pérdidas de vidas humanas, destrucción de bienes, pérdidas económicas, cambios ecológicos, e incluso alteraciones sociales.

- Factores que influyen en los daños

- Intensidad del sismo.
- Duración del sismo.
- Calidad de las construcciones y estructuras.
- Estabilidad de los materiales del subsuelo y espesor de éstos. Los terrenos no consolidados como sedimentos aluviales y rellenos artificiales, suelen comportarse mucho más desfavorablemente que las rocas o suelos duros.
- Fecha y hora del suceso.
- Densidad de población del área en la que se produce el suceso.

2.1.2. Riesgo por fallas activas

- Descripción general del riesgo

Falla es una fractura en la corteza terrestre que sufre un movimiento o un desplazamiento relativo entre sus labios. Falla activa es aquella falla que ha experimentado movimiento en su pasado geológico reciente, es decir, durante el Cuaternario, o de forma más precisa en el Holoceno (últimos 10.000 años), y que por ello se admite la posibilidad de sufrir movimientos en el futuro. Son escasas las fallas en las que se tiene una evidencia cierta de su actividad reciente, ya sea por falta de dataciones absolutas u otras pruebas como los registros de microsismicidad, o por la ausencia de materiales recientes que puedan ser utilizados como criterios de datación relativa de las mismas. Por otra parte, el salto total en una falla es un efecto acumulativo en el tiempo y por tanto las referencias recientes (por ejemplo sedimentos holocenos), normalmente muestran desplazamientos bajos, difíciles de detectar.

El movimiento a lo largo de las fallas, como la actividad sísmica, se relaciona con el contexto geodinámico

que describe la Tectónica de Placas. En los límites de placas es donde la litosfera tiende principalmente a deformarse y, por consiguiente, donde se encontrarán con mayor probabilidad fallas activas. Sin embargo, en el interior de las placas es posible también la existencia de fallas hoy activas, bien en relación con su herencia paleotectónica, bien en relación con esfuerzos propios de esas áreas.

- Efectos y daños

Como efecto del desplazamiento de las fallas activas se pueden producir daños en las edificaciones y estructuras, por bruscos movimientos diferenciales a ambos lados del plano de falla, o por un desplazamiento muy lento o *creep* tectónico.

2.1.3. Riesgo por tsunamis

- Descripción general del riesgo

Tsunami es el término japonés con el que se definen las olas de agua de gran período (0,1-1 hora) generadas por desplazamientos de fallas en el fondo oceánico, deslizamientos submarinos de alta velocidad o explosiones de islas volcánicas. En muchos casos el proceso de generación de un tsunami no ha podido ser observado directamente ni ha podido ser registrado instrumentalmente por tener lugar en fondos marinos alejados de la costa. Según las experiencias realizadas en laboratorio los tsunamis se pueden generar por un movimiento de tipo «pistón» a lo largo de fallas de los fondos marinos, en los que se producen desplazamientos ascendentes y descendentes de extensas zonas del fondo oceánico, transmitiendo su movimiento a la columna de agua que reposa sobre este fondo. Esta columna de agua, por acción de la gravedad, vuelve al estado de equilibrio después de una o dos oscilaciones, irradiándose ondas en diversas direcciones y a gran velocidad (Soloviev, 1980).

La velocidad de propagación del tsunami se rige por la ecuación de Lagrange:

$$v = \sqrt{gh}$$

g = aceleración de la gravedad

h = profundidad de la masa de agua

Así en grandes cuencas oceánicas la velocidad de la onda será muy elevada por existir en ellas una gran profundidad de los fondos. Se alcanzan así hasta 700 km/h. Lo contrario sucede en zonas próximas a la costa, donde se reduce la velocidad. También la longitud de onda varía con la profundidad de la masa de agua. En alta mar las longitudes de onda oscilan entre 200 y 700 km, y en la plataforma continental entre 50 y 150 km, dando lugar a amplitudes de menos de 1 m que resultan difícilmente detectables. Los tsunamis se manifiestan al aproximarse a la costa, donde se reducen de manera importante las longitudes de onda

y por tanto la amplitud crece hasta alcanzar alturas de ola entre 15 y 30 m en casos extremos. Un solo tsunami puede generar varias olas de gran altura. La llegada de estas gigantescas olas puede ir precedida de un refluo que deja al descubierto extensas zonas del fondo marino próximo a la costa.

En el cuadro 2.1 se indica la relación entre la altura de las ondas y la magnitud del tsunami, según Iida (1963).

CUADRO 2.1

**MAGNITUD DEL TSUNAMI, ALTURA Y ENERGIA
MAXIMA DE LAS ONDAS**
Iida (1963)

magnitud del tsunami M^t	energía (erg)	altura de las ondas tsunami
5	$25,6 \times 10^{23}$	> 32
4,5	12,8	24 - 32
4	6,4	16 - 24
3,5	3,2	12 - 16
3	1,6	8 - 12
2,5	0,8	6 - 8
2	0,4	4 - 6
1,5	0,2	3 - 4
1	0,1	2 - 3
0,5	0,05	1,5 - 2
0	0,025	1 - 1,5
-0,5	0,0125	0,75 - 1
-1	0,006	0,50 - 0,75
-1,5	0,003	0,30 - 0,50
-2	0,0015	< 0,30

- Factores que controlan la intensidad del tsunami

1. Parámetros referentes a las características del tsunami:
 - Período de la onda
 - Amplitud de la onda
 - Velocidad de la onda
 - Energía de la onda
2. Características morfológicas del relieve costero:
 - Forma del relieve
 - Pendiente del fondo
 - Pendiente de la costa
3. Distancia entre la costa y la fuente productora del tsunami. A menor distancia sus efectos son más graves.
4. Profundidad de la masa de agua en la región donde se produce el tsunami.
5. Profundidad de la fuente sísmica generadora. A

menor profundidad mayor probabilidad de formación de tsunamis.

- Daños por tsunamis

Las ondas de los tsunamis al aproximarse a la costa se reflejan de manera no lineal y disipan la energía de su movimiento por fricción mecánica con el fondo del mar. Las manifestaciones del tsunami pueden ser variadas. Sus efectos pueden ser desde una subida y bajada tranquila y uniforme del nivel del mar, hasta la aparición de una inmensa muralla de agua de varias decenas de metros de altura.

En este último caso, el tsunami tiene gran poder destructor, al barrer todo lo que encuentra a su paso y destruir construcciones, instalaciones portuarias y vías de comunicación, además de provocar graves pérdidas en vidas humanas.

Los daños que se producen se deben a efectos hidrostáticos e hidrodinámicos del agua, así como a los impactos de objetos arrastrados por el agua. Estos daños están en función de la extensión del territorio inundado, que a su vez depende de las características del tsunami y de la morfología de la costa.

En los últimos años se ha multiplicado importantemente el riesgo de tsunamis en las zonas costeras, ya que la ocupación turística y urbanizadora se ha situado preferentemente en dichas zonas costeras.

2.1.4. Riesgo Volcánico

- Descripción general del riesgo

La actividad volcánica tiene lugar cuando masas de material silicatado fundido (magma) penetran a través de la corteza alcanzando la superficie terrestre, donde se derraman en forma de lava o son arrojados como material piroclástico. Los volcanes producen distintos tipos de materiales que son función de la composición y propiedades físicas del magma, así como de su contenido en gases. Entre los fenómenos volcánicos que producen riesgo se pueden citar:

- **Vulcanismo explosivo**, caracterizado por erupciones de alta explosividad. Se emiten lavas de muy alta viscosidad que taponan el conducto de salida, reventando el cráter y expulsando materiales que pueden dejar amplias zonas cubiertas por una gruesa capa de depósitos.

- **Nubes ardientes**. Son masas de cenizas incandescentes, cargadas con gas muy caliente que se comporta como una emulsión móvil, lo suficientemente densa como para deslizarse por la ladera del volcán en contacto con el suelo. Este tipo de erupción es extremadamente destructivo y peligroso, al poder alcanzar velocidades de avance de más de 120 km/h.

– **Coladas de lava.** Tienen lugar cuando se producen abundantes emisiones de lava de baja viscosidad. Esta lava fluye desde el cráter a una velocidad que depende de la viscosidad y la pendiente, y se extiende cubriendo áreas más o menos extensas.

– **Conos de Cinder.** Se produce en áreas reducidas, y consiste en la acumulación de productos piroclásticos arrojados en explosiones más o menos regulares y con intensidad moderada. Los materiales son expulsados en estado prácticamente fundidos, lava incandescente (escoria) con nubes de vapor de agua.

– **Erupciones freáticas.** Se dan cuando el magma entra en contacto con el agua, dando lugar a explosiones más o menos violentas de gran peligrosidad.

– Daños y efectos

Los efectos del vulcanismo son de los más devastadores conocidos por el hombre. Extensas áreas pueden verse afectadas por sus efectos destructivos, tal como la experiencia histórica ha puesto de manifiesto.

Los daños se producen por la acción directa de materiales incandescentes y gases, y la acumulación o depósito de productos de emisión.

Este riesgo también causa importantes pérdidas de vidas humanas, agravándose con el hecho de que hoy en día son múltiples las personas que viven en zonas de alto riesgo, esto se debe al crecimiento de los asentamientos humanos tradicionales.

Además de los daños propios de la actividad volcánica, también pueden inducirse efectos secundarios, como cambios climáticos, de graves consecuencias para la Humanidad. Esto sucede algunos casos de fuerte explosividad del vulcanismo, con inyección en la atmósfera de grandes cantidades de material piroclástico.

2.2. RIESGOS LIGADOS A LA GEODINAMICA EXTERNA

2.2.1. Riesgo por inundaciones y avenidas

– Descripción general del riesgo

Cuando los caudales de agua y de sedimentos transportados por los ríos rebosan los cauces y ocupan terrenos adyacentes, se produce una inundación. Si esta inundación adquiere grandes dimensiones, se denomina comúnmente avenida. Este fenómeno está estrechamente relacionado al sistema fluvial en general. Este es un sistema natural abierto, que durante determinados períodos de tiempo llega a alcanzar el equilibrio entre todos sus factores medio-ambientales, suelo, vegetación, morfología, etc., que en última instancia están condicionados por la geología (litología, morfología e hidrogeología) y clima de la zona. Cual-

quier alteración de alguno de estos factores, como por ejemplo un aumento de precipitación, puede producir una alteración del sistema que se traduce en una modificación de la dinámica y morfología del cauce.

Así, en períodos de aguas bajas el sistema fluvial ocupa los canales de evacuación habituales, mientras que en períodos de aguas altas en los que el caudal de agua sobrepasa sus orillas, el sistema fluvial se adapta a esta situación ocupando la zona adyacente a los canales, que tiene topografía plana y es conocida como llanura de inundación. Este proceso ocurre de forma periódica y como media se estima que sucede dos veces durante el plazo de tres años.

Por tanto, la crecida y desbordamiento del río no supone, desde el punto de vista geológico, ningún acontecimiento fuera de lo normal, sino parte de la dinámica natural en la que se alternan períodos de estabilidad seguidos de otros inestables.

Las avenidas ayudan a mantener el ecosistema aportando sedimentos ricos en nutrientes que permiten el desarrollo de gran variedad de plantas en la llanura de inundación, que van ligadas a la vida de numerosas especies animales en este hábitat.

Las causas de las inundaciones pueden ser naturales y antrópicas.

– Naturales:

– De origen climático y meteorológico:

- climas con períodos de marcado estiaje, frente a otras épocas de precipitaciones torrenciales favorecen la frecuencia de inundaciones;
- lluvia directa excepcional en cuanto a intensidad, duración y extensión, favorecida por los siguientes factores: proximidad al mar, frentes montañosos perpendiculares a los vientos húmedos, enfriamiento súbito de los niveles altos de la atmósfera;
- ciclones costeros;
- fusión rápida de hielos y nieve.

– Por obstrucciones naturales de cauces fluviales causados por deslizamientos, aludes, diques de hielo, etc.

– Antrópicas: derivadas de la acción humana que altera el régimen hidrológico normal de los ríos. Sus causas pueden ser:

– Directas:

- obras en el cauce fluvial: diques, canalizaciones, presas;
- rotura de presas;
- desembalse súbito de agua;

- obras de minería y escombreras;
- cambios climáticos inducidos y experimentos con lluvias artificiales.

– Indirectas:

- deforestación y pérdidas de cobertura vegetal;
- prácticas deficientes de cultivo y usos del suelo erróneos;
- aumento de zonas urbanizadas que producen impermeabilización del terreno;
- erosión de suelos que favorece los fenómenos torrenciales.

– **Factores que controlan las avenidas**

Son múltiples los factores que controlan este fenómeno. Entre ellos destacan:

– Factores climáticos.

– Factores geológicos.

- Litológicos: la composición de la roca madre determina la capacidad de infiltración. Así un suelo saturado admite menos cantidad de agua de infiltración, incidiendo los factores mineralógicos y texturales.
- Estructurales: accidentes estructurales.
- Hidrogeológicos: capacidad de almacenamiento de los acuíferos.
- Hidrológicos: capacidad de infiltración y factor de escorrentía.

– Factores geomorfológicos.

- Tipo de pendientes: influyendo la longitud y ángulo de ésta.
- Morfometría y superficie de la cuenca de drenaje: la forma de la cuenca determina los caudales y tiempos de avenida posibles. Así, por ejemplo, una cuenca alargada favorece mayores caudales de avenida que una cuenca dendrítica.

– Factores de la vegetación.

- tipo y estado de la vegetación;
- usos agrícolas del terreno.

– **Daños y consecuencias de las avenidas**

Los efectos geológicos de las avenidas son:

- erosión y sedimentación,
- cambios en la geometría del cauce,
- movimientos de ladera.

Desde el punto de vista humano las avenidas pueden representar una catástrofe que trae consigo graves pérdidas económicas y de vidas humanas, debido a la

ocupación por parte del hombre de la llanura de inundación de los ríos. Históricamente en esta zona se han producido importantes asentamientos humanos, dado que son zonas de suave topografía, con fácil acceso al agua y con rico suelo aluvial, caracterizado por el gran contenido en nutrientes. El hombre ha mantenido así una batalla prolongada y costosa para mantener esta ocupación y realizar un mayor aprovechamiento de los terrenos ganados al río, sin tener generalmente en cuenta el comportamiento natural de este medio ni preocuparse por la conservación del ecosistema. En consecuencia muchos cauces se encuentran rellenados, estrechados, obstruidos, etc., favoreciendo el desbordamiento sobre la llanura de inundación. En los países mediterráneos son abundantes los casos conocidos de grandes pérdidas en relación con las inundaciones y avenidas, de tal manera que es quizá el riesgo geológico catastrófico de mayor incidencia por su frecuencia y magnitud.

2.2.2. *Riesgo por erosión de suelos*

– **Descripción general del riesgo**

Se entiende por erosión la destrucción de la superficie terrestre por los agentes exógenos. El proceso de erosión puede dividirse en tres tipos según el agente que les origina:

– Hídrica:

- en manto (*sheet*)
- en surcos (*rills*)
- en cárcava (*gully*)
- lineal

– Eólica

– Nival

En el término de erosión se engloban dos tipos de problemas:

- el arranque y arrastre del material de una zona;
- la deposición de este material en otra;

La erosión está en estrecha relación con el concepto de pérdida del suelo. En este sentido, suelo es la franja biológicamente fértil o productiva de la superficie terrestre. La pérdida de la cobertura edáfica acelera patentemente el proceso de desertización. Desertización –según la definición dada en la *Conferencia a petición de NN. UU. de Nairobi (1977)*– es “la disminución del potencial biológico de la tierra, así como cualquier proceso de degradación del suelo, del agua o de otros recursos naturales sometidos a condiciones de tensión ecológica”.

– **Causas**

La pérdida del suelo y el arrastre de sedimentos se deben a dos tipos de causas fundamentales:

- **Naturales:**

La erosión geológica natural es un proceso tolerable, lento, continuo y equilibrado en el que juega la dinámica del suelo. Son admisibles cifras de hasta 10 Tm/Ha/año.

En este tipo de erosión influyen los siguientes factores del terreno: ángulo y longitud de la pendiente, características físicas del suelo (granulometría, textura, estructura, etc.) y condiciones de la cobertura vegetal. También debe considerarse un factor climático, relacionado con los cambios globales que se están produciendo a nivel del planeta y en función de las grandes franjas climáticas.

- **Antrópicas:**

El hombre vive en contacto con el suelo y actúa cambiando sus propiedades, deteriorándolo y acelerando el proceso erosivo. Las distintas acciones humanas que aceleran el proceso erosivo son:

- Reducción de la capacidad de infiltración del suelo, con la urbanización, existiendo más cantidad de agua en la superficie que produce el arrastre.
- Deforestación y pérdida de la cobertura vegetal, provocada por las talas, construcciones, incendios, lo que facilita, en los terrenos estériles, el impacto de la gota de agua, los fenómenos torrenciales y la deflación eólica.
- Sobreexplotación agrícola: la agricultura intensiva unida a las malas prácticas del laboreo y el uso incontrolado de abonos minerales que reducen el contenido en materia orgánica.
- Pérdidas de suelo al producirse la expansión urbanizadora. Por ejemplo en EE. UU. cada año un millón de hectáreas pasan de ser terrenos cultivables a ser terrenos urbanizables, como consecuencia del crecimiento económico e industrial.

- **Daños y efectos**

El principal problema que representa la pérdida de material es la ruina del suelo y, en consecuencia, una disminución de la capacidad productiva del mismo. También supone un deterioro del medio ambiente. Por otro lado, se favorece el aterramiento de cauces fluviales, lagos y embalses.

Así mismo cabe destacar el grave problema que supone el relleno en zonas urbanas de sistemas de drenaje y alcantarillado, suponiendo este relleno el que ocasiona mayores pérdidas en áreas urbanas.

Aunque la erosión no ocasiona pérdidas en vidas humanas ni daños catastróficos, este riesgo es muy importante, ya que se producen las pérdidas de recursos no renovables, necesiéndose cientos o miles de años para regenerar un suelo. En nuestro país, cifras dadas por el ICONA señalan que para elaborar un suelo vegetal de 15 cm de profundidad son necesarios

siete mil años. Por ello es claro que las pérdidas de la erosión pueden tener importantes repercusiones sobre la vida del hombre y el equilibrio ecológico.

2.2.3. *Riesgos por deslizamientos y movimientos del terreno*

- **Descripción general del riesgo**

Se entiende por deslizamientos el desplazamiento de masas de tierra o rocas por causa de la gravedad. En general, los deslizamientos se refieren a movimientos rápidos, mientras que los lentos se refieren al *creep* o reptación.

El concepto de deslizamiento es más amplio de lo que su etimología indica, puesto que además comprende caídas, desprendimientos, flujo y reptación de materiales.

Este tipo de movimientos debe distinguirse de otro grupo de movimientos gravitatorios de componente vertical como son la subsidencia, el colapso y los hundimientos.

- **Causas y factores que controlan los deslizamientos**

Un deslizamiento se produce como consecuencia del desequilibrio de las fuerzas actuantes en una masa de tierra. Entre los factores que pueden producir este desequilibrio se encuentran:

1. Internos:

- Intrínsecos: afectan a las características íntimas del material y están relacionados con la resistencia del mismo. Dentro de ellos:

- Litológicos:

- tipo de litología
- grado y tipo de cementación
- caracteres texturales: granulometría
- grado de consolidación
- espesor de materiales de cobertura y suelos.

- Estructurales:

- planos de debilidad de origen tectónico: diaclasas, fallas, fracturas
- planos de estratificación

- Extrínsecos:

- Ambientales:

- climáticos: cambios estacionales de temperatura
- ciclos hielo-deshielo

- cambios de humectación que afectan a arcillas
- cambios del nivel freático: el aumento de presión intersticial entre granos provoca la disminución de la resistencia
- tipo y cambios de vegetación.

– Morfológicos:

- ángulo de pendiente de las laderas
- orientación de las laderas respecto a las discontinuidades geológicas.

2. Externos:

– Aumento del contenido en agua:

Este añade un peso suplementario a las capas de terreno con un aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de los materiales en su conjunto. Los cambios de agua pueden estar condicionados por una precipitación excesiva, cambios naturales del nivel freático, acciones humanas, etc.

– Vibraciones:

Pueden ser naturales debidas a un terremoto y en menor medida debidas a acciones humanas como será el caso de explosiones provocadas en minería y obras públicas. Las vibraciones provocan en el suelo una aceleración que favorece la rotura, así como la licuefacción.

– Acciones humanas:

Las actividades humanas han cambiado la estabilidad natural de las laderas, debido principalmente al crecimiento demográfico que ha obligado a la ocupación de zonas de laderas con pendientes acusadas. Otros factores importantes son la construcción de vías de comunicación, la explotación de minería, embalses, etc. en laderas. También los cambios en el medio vegetal influyen en la estabilidad de las laderas, como:

- podas y talas incontroladas de bosques
- utilización de áreas inadecuadas para terrenos de cultivos
- incendios forestales
- introducción de especies vegetales no adecuadas y extrañas que alteran las condiciones naturales.

– Daños y efectos de los deslizamientos

Los deslizamientos pueden causar pérdidas de vidas humanas y graves daños económicos, con importantes alteraciones de la superficie del terreno, modi-

ficación de cauces fluviales y otros fenómenos indirectos como la erosión de suelos.

Con respecto a las edificaciones e instalaciones, son de destacar los daños en obras lineales (taludes de carretera y ferrocarriles), en núcleos urbanos, áreas turísticas, y en explotaciones mineras y de rocas industriales.

2.2.4. *Riesgo por suelos expansivos*

– Descripción general del riesgo

Los suelos expansivos son materiales que experimentan un incremento de volumen cuando aumenta el contenido en humedad. De igual manera frente a la desecación, se produce una reducción de volumen. La razón por la que estos suelos se ven afectados por los cambios de humedad se debe a que en su composición mineralógica existen arcillas esmectíticas (montmorillonitas), cuyos minerales tienen un espaciado basal muy variable (de 9,6 a 21,4 Å) que permite la entrada y salida de moléculas de agua, así como de cationes que inducen en la red cristalina cambios volumétricos apreciables. En este fenómeno tienen importancia las fuerzas capilares que se establecen entre los granos.

– Factores que controlan la expansividad

- Características texturales y composicionales de los minerales arcillosos. Por ejemplo, granulometría, mineralogía, plasticidad, fábrica, etc.
- La profundidad y posibles cambios del nivel freático.
- Condiciones de drenaje de la zona.
- Profundidad de la capa activa, o espesor del suelo expansivo en función del clima. En España suele oscilar entre 3 y 4 m por término general.
- Clima, en particular los que presentan cambios estacionales muy marcados, con una estación muy húmeda frente a otra muy seca, y también los climas con un déficit permanente de humedad.
- Características de las construcciones y del tipo de cimentaciones. En general las edificaciones ligeras suelen acusar más los efectos de los suelos expansivos.
- Vegetación, que provoca la absorción brusca de humedad del terreno provocando cambios volumétricos en el suelo.

– Efectos de la expansividad

Cuando un edificio está situado sobre arcillas ex-

pansivas en un clima de tipo monzónico, pueden producirse movimientos en la cimentación, con levantamientos en la estación húmeda por hinchamiento, y asentamientos por desecación al llegar la estación seca.

En un clima con un déficit permanente de humedad, se puede producir un levantamiento en "cúpula" como consecuencia de los cambios de humedad entre la parte edificada; que evita la pérdida de humedad, y la no edificada, esto termina por distorsionar los distintos elementos estructurales del edificio como puertas, ventanas, vigas, etc. Las deformaciones pueden llegar a afectar al conjunto del edificio causando su ruina. También pueden producirse daños en obras públicas como puede ser el caso de carreteras, líneas de FF. CC., conducciones enterradas, etc.

2.2.5. Riesgo por hundimientos

- Descripción general del riesgo

Se entiende por hundimientos los fallos del terreno producidos por movimientos de la componente vertical, y que pueden ocasionar colapsos con apertura de una oquedad hacia el exterior. La evolución de esta oquedad es rápida, pasando sus paredes de ser verticales a adoptar formas de embudo, que suelen terminar por rellenarse.

- Causas

Los hundimientos van siempre ligados a la formación de cavidades y galerías subterráneas próximas a la superficie del terreno. La formación de estas cavidades debe su origen a dos tipos de procesos:

1. Karstificación

Este proceso es el más importante y significativo desde el punto de vista de los hundimientos. Se entiende por karstificación al proceso de "disolución de una roca fisurada debida a la circulación de agua". Los fenómenos kársticos se localizan en zonas constituidas por rocas solubles (carbonatadas y evaporíticas principalmente). La solubilidad de estas rocas es un fenómeno condicionado por la hidrogeología kárstica que da lugar a morfologías características. La importancia de las rocas solubles es muy considerable, al representar sólo las rocas carbonatadas más del 10 % de la superficie terrestre.

Para que tenga lugar la disolución en el interior de las formaciones de rocas solubles es necesario que el agua encuentre una vía de acceso. Este acceso de agua comienza con una infiltración puntual a favor de discontinuidades presentes (estratificación, diaclasado, fracturas) evolucionando posteriormente estos conductos proporcionalmente a su diámetro. En conjunto se puede definir una región kárstica como un "área que reúne una serie de características morfológicas e

hidrogeológicas especiales, consecuencia del predominio de los procesos de disolución sobre los de erosión y de la circulación subterránea sobre la superficial (que trae consigo una ausencia de agua superficial, pudiendo ésta llegar a ser absoluta)" (Fernández Rubio, 1981). El crecimiento de las cavidades kársticas en rocas carbonatadas es más lento que en las rocas evaporíticas, lo cual, unido a una mayor resistencia de las primeras, hace que su posibilidad de colapso sea menor.

2. Tubificación (Piping)

Se conoce con este nombre al proceso de formación de conductos de forma tubular en terrenos detríticos. Estos conductos presentan dimensiones que varían entre pocos milímetros hasta centímetros. Se producen por lavado de partículas finas en depósitos sedimentarios de baja cohesión, provocados por una circulación concentrada de agua con alto gradiente hidráulico. Esto se ve favorecido por el lavado del cemento que une las partículas. Puede tener importancia la acción de organismos excavadores, ya que sus madrigueras pueden servir como desencadenante del fenómeno. La importancia de este proceso en relación con los hundimientos es reducida.

- Factores que intervienen en el proceso

- Propiedades físicas de la roca soluble:

- Porosidad primaria.
- Discontinuidades existentes, densidad, orientación.
- Estado tensional de la roca.

- Propiedades físico-químicas del agua:

- Iones contenidos.
- Temperatura.
- pH.
- Contenido en CO₂ disuelto.

- Gradiente hidráulico y tipo de régimen hidráulico del agua circulante.

- Climatología de la región:

- Temperatura.
- Régimen pluviométrico.

- Acciones humanas:

- Cargas inducidas sobre el terreno por edificaciones y otras obras civiles.
- Aumento de la cantidad de agua en una región. Por ejemplo, filtraciones de canales, transformación de zonas de secano a regadío, etc.

- Características del terreno que recubre la cavidad, ya que el hundimiento depende de su resistencia. En el caso de formaciones rocosas éstas suelen mantener su estabilidad, mientras que en el caso de suelos el colapso es casi instantáneo.
- Removilización de rellenos de cavidades paleokársicas produciendo una reactivación del fenómeno de hundimientos.

- Daños y efectos

Los daños producidos por hundimientos suelen afectar fundamentalmente al ámbito geotécnico: edificaciones, trazado de estructuras lineales, minería, etc. La carga adicional de las estructuras construidas sobre una cavidad pueden transmitir importantes tensiones en el terreno, pudiendo llegar al colapso si éstas fueran importantes. No es frecuente que se produzcan pérdidas de vidas humanas.

2.2.6. Riesgo por erosión de costas

- Descripción general del riesgo

La línea de costa puede definirse como la intersección de la superficie topográfica con la superficie horizontal del agua de mar. Existen diversos tipos de elementos costeros (playas, bahías, estuarios, acantilados, etc.), cada uno de los cuales tiene su régimen particular, su ritmo, distintos materiales y un complejo sistema de factores que actúan sobre ellas.

De manera natural el mar produce una acción morfogenética en la costa. El agua es el agente erosivo que modela el litoral. Su energía dinámica se manifiesta a través de las fuerzas naturales más importantes del medio costero:

- oleaje
- mareas
- corrientes

Su acción se ejerce en una estrecha banda y su efectividad está condicionada por la magnitud y frecuencia de las mismas y por las características geológicas del terreno y de los materiales, (diaclasado, grado de cementación, existencia de tramos blandos, etc.) Estas fuerzas naturales además de modelar el medio costero son las que también provocan los fenómenos de transporte y de depósito de los materiales erosionados. La mayor parte de los sedimentos que se depositan en el medio costero son aportados por los ríos mientras que los sedimentos provenientes de la erosión costera representan una proporción inferior y son distribuidos por las corrientes de deriva y por el oleaje en un desplazamiento a lo largo de la costa.

Por tanto la configuración costera varía ampliamente con el tiempo de una manera natural, produciéndose esta distribución de sedimentos que varían de ubicación transportándose de una zona para acumularse en otra. Así, por ejemplo, de una manera natural los sedimentos de una playa migran de una zona para pasar a configurar una playa en otra zona donde las condiciones costeras son favorables actualmente.

- Daños y efectos

La dinámica costera natural se ve alterada por las actuaciones humanas, provocando la degradación acelerada del medio, que en definitiva resulta ser uno de los más vulnerables del planeta.

La costa es una zona elegida preferentemente para ser habitada. Las razones de este hecho son de tipo histórico, económico, comercial, de recreo, etc., y de aquí la estrecha interrelación entre el hombre y la costa. Estas actuaciones sobre el medio costero y los daños que de ellas se derivan pueden resumirse en:

- Construcción de espigones, muelles, diques, etc. Estos interrumpen el sentido habitual de circulación de las corrientes que transportan sedimentos. Se provoca así una gran acumulación de sedimentos en un lado de estas estructuras y una falta de aportes corriente abajo, ocasionando por una parte el relleno de las ensenadas y bahías así como las pérdidas de las playas por otra.
- Proliferación de embalses. Debido a su aterramiento éstos impiden la llegada de detríticos a la desembocadura de los ríos y producen, por tanto, la falta de aportes suficientes para el mantenimiento de las playas. Esto en ocasiones puede dar retrocesos en el frente playero de hasta 10 m/año.
- Edificaciones en la misma línea del frente costero y en los bordes de acantilados, que repercuten en el equilibrio de la costa y en la estabilidad del acantilado, pudiendo ocasionar desprendimientos y deslizamientos, con consecuencias desastrosas para estos edificios y estructuras.
- Construcción de carreteras y accesos en la parte trasera de la playa y de las marismas, provocando la pérdida de este entorno ecológico así como el deterioro de los campos dunares.
- Extracción de áridos y arenas de las zonas playeras para su empleo en obras de ingeniería civil.

En definitiva, la degradación del medio costero conduce a importantes pérdidas económicas especialmente en las áreas de ocupación turística.

3. LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN ESPAÑA

3.1. INTRODUCCION

España ha sufrido a lo largo de su historia catástrofes por terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones y deslizamientos, con graves pérdidas económicas y de vidas (Cuadro 3.1). Algunos de estos sucesos tienen lugar con una frecuencia muy baja, como los tsunamis, uno al milenio, y otros muy frecuentemente, como las inundaciones, con varias por década.

La distribución geográfica es asimismo muy heterogénea, pues alguno de estos riesgos sólo sucede en regiones concretas, como los volcanes en Canarias, o bien afectan a gran parte del país, como los deslizamientos.

Hay otros riesgos que también se presentan en España pero sin consecuencias catastróficas, tal es el caso de la mayoría de los deslizamientos, la expansividad de suelos, los hundimientos, la erosión de suelos y costera. Sin embargo, su incidencia económica es importante.

Para poder valorar las pérdidas económicas y su impacto es preciso, como primer paso, conocer la distribución geográfica del riesgo y el grado de peligrosidad del mismo. El grado de peligrosidad indica el nivel de gravedad o intensidad con que un fenómeno puede afectar una región o la unidad territorial establecida. Este grado de peligrosidad es independiente de los daños y está caracterizado por el proceso geológico en sí mismo y no es función de la población ni de otros factores socioeconómicos.

CUADRO 3.1
ALGUNOS DATOS HISTORICOS DE RIESGOS GEOLOGICOS MAS IMPORTANTES EN ESPAÑA

RIESGOS	AÑO	LOCALIDAD	DAÑOS	N.º MUERTOS
TERREMOTOS	1428	Olot	Varias poblaciones destruidas. Daños en poblaciones > 7,5 millones de maravedíes.	500
	1504	Carmona		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 erupciones (1985 a 1971)	Canarias	Daños importantes en localidades afectadas.	Algunos
INUNDACIONES	1651	Murcia	Graves. Destrucción ciudad. Grandes daños, más de setecientas viviendas destruidas.	1.000
	1802	Lorca		700
	1874	Cataluña		600
	1879	Murcia	Grandes daños.	800
	1957	Valencia	Grandes daños, más de trescientos edificios destruidos, 10.000 millones de 1957.	82
	1962	Cataluña	Grandes daños. Cinco mil 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.	300
1982	Levante.	Grandes daños. 300.000 millones de pérdidas.	38	
	1983	País Vasco y Cantabria	Más de 150.000 millones.	40
DESLIZAMIENTOS	1874	Azagra (Navarra)	Destrucción del pueblo. 1.000 millones.	100
	1986	Olivares (Granada)		-

Para la determinación de los grados de peligrosidad es preciso conocer la naturaleza geológica del riesgo, su intensidad o magnitud, su distribución geográfica y su frecuencia. A partir de estos datos se establecen unos niveles o grados de peligrosidad según los siguientes índices:

- 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.

Los criterios generales para estimar los grados de peligrosidad se incluyen en el cuadro 3.2.

Los mapas de peligrosidad se han obtenido representando los distintos grados de peligrosidad en cada

unidad territorial y para cada uno de los riesgos estudiados.

3.2. PELIGROSIDAD SISMICA

Aunque España esté situada a escala mundial en una zona de sismicidad moderada, en el pasado ha sido afectada por terremotos destructivos. Estos sucesos no se producen con excesiva frecuencia, pero las condiciones sismotectónicas hacen prever que en el futuro se repetirán. Algunos de los mayores terremotos se incluyen en el cuadro 3.1.

La relación de sismos está recogida en el Catálogo Sísmico Español del Instituto Geográfico Nacional (I. G. N.) en el que se registran datos desde el año 300 antes de Jesucristo hasta el presente.

CUADRO 3.2
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 pre- cuaternaria.	Actividad reciente en Olot o postmiocena en Canarias.	Actividad histórica con volcanismo monoge- nético sin asociacio- nes tectonovolcánicas.	Actividad histórica po- ligenética o monoge- nética con asociacio- nes tectonovolcánicas.
INUNDACIONES	Muy baja peligrosidad.	Inundaciones de esca- sa importancia con baja incidencia econó- mica.	Inundaciones graves con importantes da- ños económicos y en vidas.	Inundaciones muy gra- ves a catastróficas.
DESLIZAMIENTOS Y MOVIMIENTOS DEL TERRENO	Ausencia de inestabi- lidades o muy escasas.	Zonas con inestabili- dad poco importantes y/o esporádicas.	Zonas con inestabili- dades de relativa im- portancia por su fre- cuencia, intensidad o extensión.	Zonas con inestabili- dades importantes y/o con abundantes áreas inestables por su fre- cuencia, intensidad o extensión.
EROSION SUELOS	Nivel erosivo muy bajo. Pérdidas potenciales de suelo estimadas en < 10 Tm/Ha/año.	Nivel erosivo incipien- te. Pérdidas potencia- les de suelo 10-50 Tm/ Ha/año.	Nivel erosivo modera- do. Pérdidas potencia- les de suelo 50-200 Tm/Ha/año.	Nivel erosivo acusado. Pérdidas potenciales de suelo > 200 Tm/ Ha/año.
EROSION COSTERA	Costa estática o en crecimiento.	Costas arenosas con retroceso de 0 a 0,5 m/año o costas acan- tiladas con retroceso ligero.	Retroceso en costas arenosas de 0,5 a 1 m/año o acantiladas con retroceso aprecia- ble.	Retroceso en costas arenosas > 1 m/año o acantiladas con retro- ceso muy acusado.
EXPANSIVIDAD DE SUELOS	Zonas con ausencia de arcillas o con arcil- las no expansivas. Potencialidad expan- siva nula o baja.	Arcillas expansivas emplazadas en zonas climáticas sin déficit anual de humedad. Po- tencialidad moderada.	Arcillas expansivas en zonas climáticas con déficit anual de hume- dad. Potencialidad ex- pansiva alta.	Arcillas expansivas con problemas deriva- dos de la expansivi- dad. Potencialidad ex- pansiva muy alta.



Daños producidos por el terremoto de Andalucía (25-12-1884) en Alhama de Granada. Fotos cedidas por J. L. González García.

La tectónica de España y en consecuencia su sismicidad están condicionadas por su posición con respecto a las grandes placas litosféricas de Eurasia y África. La mayor sismicidad se produce en la región cercana al contacto entre ambas placas, por su borde sur mediterráneo. La mayor actividad sísmica tiene lugar en la región al sur de la flexura del Guadalquivir, que separa la zona de la Meseta, tectónicamente estable, de la zona activa de las Béticas. Los máximos grados de peligrosidad corresponden a las provincias de Granada, Málaga, Almería, Murcia y Alicante.

Para la elaboración del mapa de peligrosidad sísmica se han tenido en cuenta los estudios realizados por el *Instituto Geográfico Nacional (1981)* y la *Norma Sismorresistente (1978)*, en particular los documentos de actualización y revisión de dicha norma. De manera especial se ha consultado el trabajo de *A. Martín (1984)* en donde se estudia el riesgo sísmico de la Península Ibérica a partir de los distintos modelos matemáticos en los que se integran datos geológicos y de sismicidad. Entre los distintos mapas sobre la distribución de intensidades en función de sus periodos de retorno se ha elegido el correspondiente al retorno de 1.000 años, con datos de 1915 a 1980, estableciéndose los siguientes grados de peligrosidad sísmica:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad muy baja o nula. Zona de máxima intensidad sísmica probable I MSK \leq V.
- 2: Peligrosidad baja. Zona de máxima intensidad sísmica probable I MSK = VI y VII.
- 3: Peligrosidad moderada. Zona de máxima intensidad probable I MSK = VIII.
- 4: Peligrosidad alta. Zona de máxima intensidad sísmica probable I MSK \geq IX.

Los resultados se presentan en el Mapa de Peligrosidad Sísmica. (Apéndice III).

3.3. PELIGROSIDAD POR FALLAS ACTIVAS

La existencia de actividad neotectónica en algunas zonas de España está actualmente bien establecida, pero se carece todavía de un esquema general homogéneo para todo el país. Esta actividad tectónica reciente ha producido efectos deformacionales, pero de entre todos ellos es especialmente significativo el desplazamiento a lo largo de fallas.

Como es natural, se conoce mejor la neotectónica de las zonas en este sentido más espectaculares, como son las regiones del sur peninsular y las del levante, pero en otras extensas regiones, bien por no existir, bien por las dificultades para obtener datos, hay una carencia total de estudios. El problema se agudiza cuando consideramos la actividad propiamente actual o la más reciente. La desarrollada en el Holoceno.

Así, a diferencia de lo que ocurre en las zonas más

móviles del globo, no existen en España citas de roturas superficiales asociadas a fallas después de un gran terremoto. Tampoco existen prácticamente datos de daños atribuibles a la actividad de fallas. Únicamente en algunos trabajos recientes se citan algunos daños sobre construcciones como posiblemente debidos a estas estructuras. *Rodríguez Estrella, T., y Navarro Hervás, F. (1986)*, y *Rodríguez Estrella, T. (1986)*, interpretan ciertos daños ocasionados en el barrio de San Juan en la ciudad de Lorca y algunas roturas y fugas en el canal de trasvase Tajo-Segura, como debidas a la acción de la falla de Guadalentín. Los mismos autores atribuyen daños en la infraestructura (cañerías, firme de calles, etc.) de la comarca de los Vélez (Almería) a la actividad de fallas.

Las citas de fallas que han sido activas en el Plioceno o Cuaternario son mucho más abundantes. Desplazamientos importantes durante el Plioceno y el Cuaternario más antiguo son bien conocidas en la región bética, especialmente en la cuenca de Granada, en el sureste, en los sistemas de fosas y fallas de la región cantábrica y catalana y en las fosas cratónicas e intermontanas del interior de la península. Sin embargo, todos los autores están de acuerdo en afirmar que dichos movimientos son más intensos al comienzo del Cuaternario y que disminuyen en importancia posteriormente. Movimientos claros en el Holoceno son así únicamente citados en las regiones más activas.

La Península Ibérica se sitúa en las inmediaciones de un límite entre placas, la placa africana y la placa euroasiática, las cuales tienden a aproximarse una a la otra según una dirección próxima a NNW-SSW con una velocidad lineal entre 1,5 y 2 cm/año. Esto produce deformación en la litosfera próxima al límite de placas que se absorbe mediante deslizamientos en fallas. Se puede diferenciar una zona bética-murciana de actividad tectónica ligada a esta deformación compresiva. La deformación va haciéndose algo diferente hacia el este, donde es claramente de desgarre.

Durante el Mioceno se formó una estructura de tipo rift en el borde mediterráneo, iniciándose en la región inmediata a la costa catalana y propagándose hacia la región valenciana. La deformación es de tipo distensivo con fallas activas normales y se le asocia un vulcanismo basáltico. Hacia el interior se encuentran sistemas de fosas en la Cordillera Ibérica que se pueden incluir en esta tectónica distensiva. Surge así una zona neotectónica mediterránea.

Para la elaboración del mapa de peligrosidades por fallas activas se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- a) Presencia de fallas o lineaciones con actividad neotectónica supuesta o verificada mediante criterios geológicos.



Vista aérea de la falla activa de Padul (Granada) afectando a materiales cuaternarios. Foto cedida por J. J. Durán.

- b) Concentración de epicentros en zonas de supuesta actividad neotectónica o lineaciones.
- c) Magnitud y velocidad de los desplazamientos en fallas y de los movimientos tectónicos en general, medida o supuesta en función del contexto geotectónico.

La documentación consultada ha incluido publicaciones geológicas, estudios sismotectónicos para centrales nucleares e instalaciones radiactivas e imágenes de satélites. Los grados de peligrosidad establecidos han sido los siguientes:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad muy baja o nula. Zonas con fallas con actividad postmiocena moderada, sin evidencia de actividad holocena. Lejos de zonas geodinámicas activas.
- 2: Peligrosidad baja. Zonas con fallas con actividad postmiocena y pleistocena, lejos de zonas geodinámicamente activas pero con posible movimiento en fallas debido a la herencia paleotectónica.
- 3: Peligrosidad moderada. Zonas con fallas de actividad postmiocena y cuaternaria clara, dentro de regiones geodinámicas activas.
- 4: Peligrosidad alta. Zonas afectadas por fallas cuaternarias según criterios geológicos, actividad holocena clara y actividad sísmica asociada, dentro de regiones geodinámicamente activas. (Apéndice III).

El resultado se presenta en el Mapa de Peligrosidad por fallas activas (Apéndice III).

3.4. PELIGROSIDAD POR TSUNAMIS

Este tipo de fenómeno es muy poco conocido en España, no estando presente en la mentalidad popular la amenaza real del riesgo por tsunamis. Ello se debe a que los tsunamis han sido muy escasos y los más frecuentes han alcanzado amplitudes pequeñas que apenas superan 1 metro.

La región más expuesta es la zona costera atlántica, debido a la existencia de una importante zona tsunamogénica localizada a lo largo de la falla de Azores-Gibraltar. Cuando se producen sismos a lo largo de esta falla se generan ondas de tsunami desde el epicentro a las costas de la región atlántica: gallega, onubense, golfo de Cádiz y Canarias. La zona que presenta mayor peligrosidad corresponde al tramo costero entre la capital gaditana y el Estrecho de Gibraltar por un efecto de concentración de ondas. Estas ondas se abren en la bocana del Estrecho de Gibraltar no pasando sus efectos al Mediterráneo, debido a distintos gradientes de velocidad.

Los maremotos históricos registrados en estas zonas se indican en el cuadro 3.3. Entre éstos cabe des-

CUADRO 3.3
TSUNAMIS HISTORICOS REGISTRADOS EN LA PENINSULA IBERICA
 Catalán, M.

N.º Catálogo	Fecha	Zona	Acción del tsunami
8	216 a. J. C.	Cádiz	La mar anegó muchos lugares.
10	210 a. J. C.	Cádiz	La mar pasó hasta adelante de donde solía.
11	209 a. J. C.	Cádiz	Terremotos acompañados de maremotos.
13	80 a. J. C.	Portugal y Galicia	La mar inundó muchas tierras y en la resaca dejó en seco otras muchas.
18	382 d. J. C.	Portugal	Padecieron mucho las costas; aparecieron y desaparecieron islas frente al Cabo de San Vicente.
146	26.01.1531	Lisboa	El Tajo descubrió su lecho corriendo sus aguas por sus márgenes. En el mar se perdieron navios.
235	1731	Cádiz	Se retiró la mar una legua, dejando en Santi-Petri al descubierto la antigua Gades y el Templo de Hércules.
266	01.11.1755	Lisboa-Cádiz	Se retiró varios kilómetros. Es el más violento del Atlántico. Melilla.
274	16.11.1755	Lisboa y Galicia	Flujo y reflujo de la mar en La Coruña.
289	21.12.1755	Lisboa	En la costa avanzó la mar una legua.
303	29.03.1756	Lisboa	El Tajo subió de nivel considerablemente.
329	31.03.1756	Lisboa	Finisterre, la mar se alborotó y varió mucho de nivel.
617	23.12.1848	Campo (Portugal)	Hubo doce olas enormes.

tacar el último maremoto histórico que asoló la bahía de Cádiz. Este hecho ocurrió en 1755, con cinco olas de 22 a 27 metros de altura, causando graves daños en toda la costa, así como más de 1.000 muertos. En otras regiones del litoral atlántico español, como Galicia, Huelva o islas Canarias, nunca se han registrado maremotos tan intensos.

Caso de repetirse sucesos de esta índole en el Golfo de Cádiz, las consecuencias para las poblaciones costeras serían catastróficas, ya que debido a la proximidad del foco generador del tsunami a las costas transcurriría aproximadamente una hora entre la llegada de las ondas sísmicas y la llegada del tsunami a la costa, lo que impediría la toma de medidas urgentes.

Para la realización del mapa de peligrosidad por tsunamis se ha dispuesto de la información facilitada por el Observatorio de Marina de San Fernando (Cádiz) y los trabajos de *M. Catalán et al.* La hipótesis pésima sería la que supusiese que los máximos sucesos históricos se repitieran; sin embargo, su probabilidad sería muy baja. Al estar los máximos tsunamis ocurridos relacionados con el terremoto de Lisboa (1755) se puede considerar que la probabilidad de un suceso de este tipo podría estar comprendida entre 1/1.000 a 1/10.000. Para una hipótesis media equivalente a una probabilidad de 1/500 los tsunamis más probables y frecuentes tendrían baja a muy baja intensidad y los daños serían muy escasos o inapreciables.

Los grados de peligrosidad establecidos han sido los siguientes:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad muy baja a nula. Tsunamis de $M_t \leq 0$.
Altura de ondas < 1,5 m.
- 2: Peligrosidad baja. Tsunamis de $0 < M_t < 2$.
Altura de ondas de 1,5 a 4 m.
- 3: Peligrosidad moderada pero con muy baja probabilidad. Tsunamis de $2 \leq M_t < 4$. Máxima altura de ondas de 4 a 16 m.
- 4: Peligrosidad alta pero con muy baja probabilidad. Tsunamis de $M_t \geq 4$. Altura de ondas > 16 m.

El resultado obtenido se presenta en el Mapa de Peligrosidad por tsunamis. (Apéndice III).

3.5. PELIGROSIDAD POR ACTIVIDAD VOLCANICA

España, a excepción del Archipiélago Canario, es una región exenta de actividad volcánica actual. Sin embargo, en el pasado geológico las manifestaciones eruptivas han sido muy frecuentes. En la Península Ibérica, el último período activo tuvo lugar en las zonas de Olot (Gerona) y Campos de Calatrava (Ciudad Real) durante el Mioceno Superior al Plioceno. Los datos de estas manifestaciones están siendo revividos actualmente y recientes trabajos indican que dicha edad pudo llegar al Cuaternario. En el sur de Murcia y en la zona de Cabo de Gata (Almería) la

edad del vulcanismo es del Mioceno Medio al Superior.

La actividad volcánica histórica en el Archipiélago Canario (menos de 500 años) se manifiesta en todas las islas a excepción de La Gomera, donde no se han registrado erupciones durante el último millón de años. En las islas de Lanzarote, Tenerife, La Palma y Hierro se ha producido actividad reciente, según se indica en el cuadro 3.4.

De estas erupciones cabe destacar, por su duración anormalmente prolongada y por el volumen de materiales emitidos, la ocurrida en Lanzarote entre 1730 y 1736. La última erupción ha sido la del Teneguía, en la isla de La Palma, en 1971.

En la actualidad se ha instalado un sistema de alerta y seguimiento de la actividad volcánica en la isla de Tenerife, extendiéndose esta red de observación a la isla de La Palma para 1988. Este sistema permite reducir sensiblemente el riesgo, puesto que posibilita la evacuación de personas y la adopción de medidas mitigadoras de daños.

Los criterios para elaborar el mapa de peligrosidad de actividad volcánica han partido de una primera división geológica a escala regional, separándose las regiones con mayor actividad volcánica geológicamente reciente, es decir, cuaternaria, de las precuaternarias. Se ha determinado que solamente las zonas de Olot en Gerona y el Archipiélago Canario presentan actividad cuaternaria. En el caso de Olot hay diversidad de opiniones, atribuyéndose esta actividad en algunos casos a edad Mio-Pliocena, exclusivamente, y en otros a edades casi históricas.

En el resto, aunque hayan tenido períodos de actividad volcánica, se han producido en épocas anteriores al Cuaternario. Algunas de estas regiones, como los Campos de Calatrava, en Ciudad Real, presentan actividad postmiocena, considerando algunos autores que puede llegar a ser cuaternaria, pero de edad superior a un millón de años (Cuaternario Antiguo). En la región del Cabo de Gata también se presenta vulcanismo de edad miocena. Sin embargo, en algunos sectores de esta región almeriense, la edad llega a ser hasta de dos millones de años. Algo semejante se encuentra en algunos enclaves volcánicos de la zona de Jaén y Cartagena (Murcia). Las áreas volcánicas situadas más al norte, hasta Jumilla, parecen ser las más recientes.

Únicamente las Canarias se incluyen con seguridad dentro de las zonas de actividad volcánica reciente, es decir, de edad inferior a un millón de años. Dado que existen dudas sobre el área de Olot, se ha incluido también en este grupo, adoptando así un criterio pesimista desde el punto de vista del riesgo.

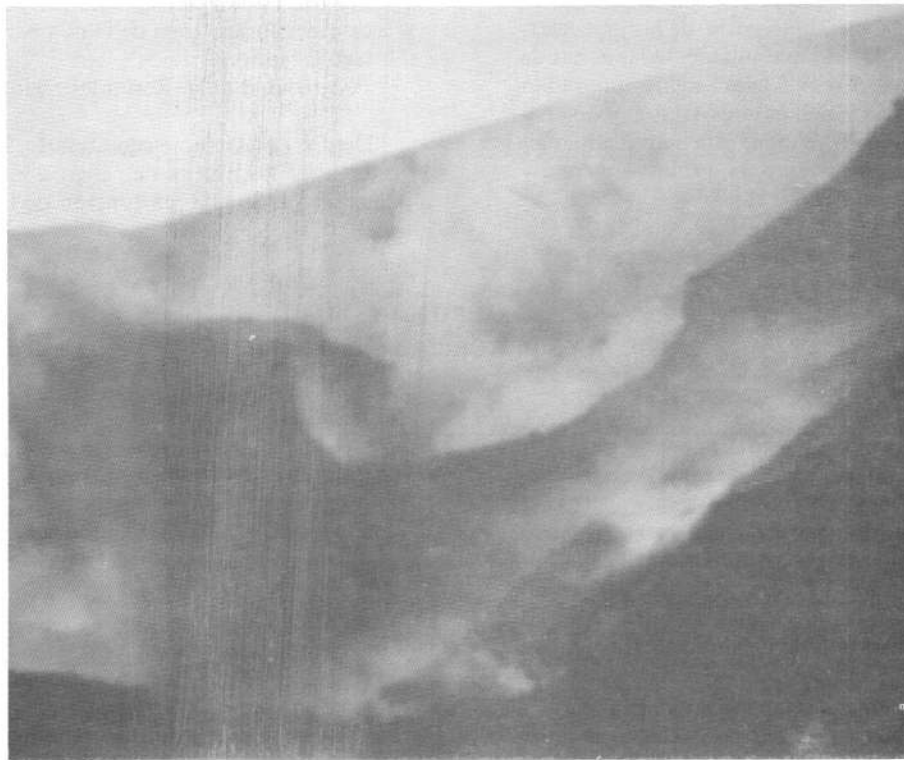
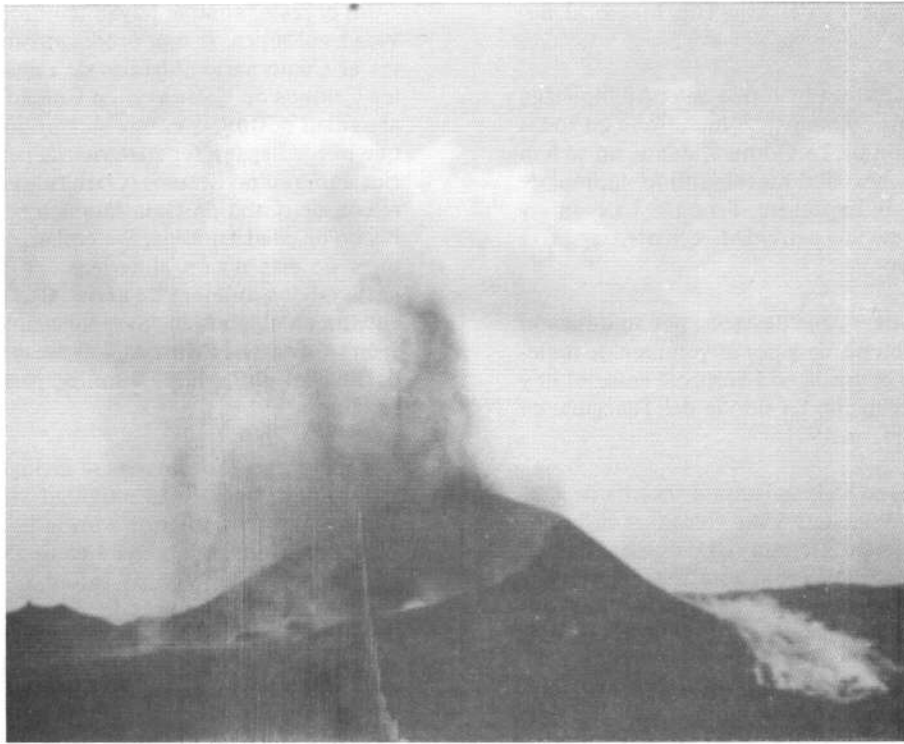
Los criterios de peligrosidad establecidos son los siguientes:

- Peligrosidad moderada o alta. Regiones con actividad volcánica histórica: Canarias.
- Peligrosidad baja. Regiones con actividad volcánica prehistórica: zona de Olot y partes del Archipiélago Canario.
- Peligrosidad nula. Restantes regiones.

Dentro del Archipiélago Canario, los criterios para diferenciar los niveles de peligrosidad alta o moderada se han efectuado en función de la evolución geo-

CUADRO 3.4
ERUPCIONES HISTÓRICAS EN CANARIAS
Hernández Pacheco, A. (1982)

Isla	Fecha	Nombre	Duración días	Volumen aprox. materiales en m ³ × 10 ⁶	Área 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	Chahorra	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



Erupción del volcán de Teneguía, isla de La Palma. Octubre de 1971. Fotos cedidas por V. Araña.

lógica del vulcanismo histórico (Araña, 1987). En un primer nivel de mayor peligrosidad están los volcanes poligenéticos, con una historia volcánica recurrente y con distintos episodios eruptivos a lo largo de su evolución. En este grupo se encuentra el Teide.

En un segundo nivel de menor peligrosidad se consideran los volcanes monogenéticos, diferenciados en función de si están o no asociados a alineaciones volcánicas, como las alineaciones del Teneguía - San Antonio en La Palma, Santiago del Teide - La Laguna en Tenerife y las erupciones de 1730-1824 en Lanzarote.

Los grados de peligrosidad resultantes son los siguientes:

- 0: Sin información.
- 1: Sin peligrosidad. Ausencia de materiales volcánicos o con actividad volcánica precuaternaria.
- 2: Con peligrosidad baja o muy baja. Actividad volcánica cuaternaria reciente en la zona de Olot, o postmiocena en la región canaria.
- 3: Con peligrosidad moderada. Actividad volcánica histórica con vulcanismo monogenético sin asociación conocida a alineaciones volcánicas.
- 4: Peligrosidad alta. Volcanes de tipo poligenético o monogenético, asociados a alineaciones volcánicas, activos históricamente.

Los resultados obtenidos se presentan en el Mapa de Peligrosidad Volcánica. (Apéndice III).

3.6. PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES

Las inundaciones son sin duda el riesgo más ampliamente extendido y conocido en nuestro país, y que constituye una seria amenaza que periódicamente devasta tierras, propiedades y vidas humanas, tanto en zonas rurales como urbanas.

La distribución geográfica de este riesgo señala a Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia, parte de Andalucía y cornisa cantábrica (Asturias, Cantabria y País Vasco) como las zonas más afectadas. Esto lo confirman las referencias históricas, algunas de ellas muy próximas, como las inundaciones de Valencia de 1957, en el Vallés y Penedés en 1962, Cataluña en 1971, Murcia y Almería en 1973, y las más recientes de la cuenca del Júcar, en 1982 y Norte de España en 1983.

Las causas de estas avenidas tienen su origen en una combinación de características climáticas y orográficas determinantes, dando lugar a tres situaciones distintas:

- Lluvia de origen frontal:

Se trata de perturbaciones ordinarias que se originan por contacto de masas de aire de diversa hume-

dad y temperatura. Tienen una duración de varios días y las intensidades no pasan de los 10 l/h, alcanzando valores máximos de 100 l/día. Afectan en general a áreas extensas. Son típicas de los meses de invierno y cuando van acompañadas de un aumento de temperatura dan mayor aporte de agua.

- Tormentas estivales:

Son precipitaciones de gran intensidad pero en áreas localizadas. Son originadas por movimientos convectivos de aire caliente y húmedo que provocan el ascenso del aire hacia niveles altos y fríos. La condensación brusca provoca precipitaciones de 1 a 2 horas como máximo, con intensidades de 80-100 l/h. Pero al ser de corta duración impiden efectos más catastróficos. Suelen ser frecuentes en los meses de julio y agosto.

- Temporales de Levante y gota fría:

Dan origen a las avenidas más importantes. Al final del verano las tierras emergidas presentan distinto comportamiento térmico que el mar. Este constituye un foco de calor que origina un alto grado de evaporación y condensación atmosférica.

Al comienzo del otoño se producen corrientes superficiales de dirección Oeste que impulsan estas masas nubosas cálidas hacia el interior. Estas masas al chocar contra la barrera montañosa costera tienden a ascender, encontrándose con una perturbación de aire frío que produce una condensación repentina y súbita que se traduce en precipitaciones torrenciales de 200-300 litros por metro cuadrado en muy cortos espacios de tiempo. Este fenómeno de embolsamiento de aire frío es lo que se conoce como gota fría.

En estos últimos años, después de la publicación del "Informe General sobre Inundaciones en España" (1983), se han estudiado entre 1983 y 1985 con mayor detalle cada una de las 10 grandes cuencas hidrográficas. En estos informes también se detallan las posibles soluciones a nivel correctivo para finalizar con los puntos negros, necesitándose la importante inversión global de 200.000 millones de pesetas.

En 1984 la Dirección General de Obras Hidráulicas (D. G. O. H.), inició el denominado Sistema Automático de Información Hidrológica (S. A. I. H.) en la cuenca del Segura, como experiencia piloto, para extenderlo al resto de las cuencas en 1988. Este sistema intenta conocer en tiempo real la situación hidrometeorológica existente en cada una de las cuencas. Para ello se necesita la instalación de puntos de control con pluviómetros, pluviógrafos, estaciones de aforo... de puntos de concentración y centros de procesos de datos en cada cuenca que permitan recopilar la información y tomar decisiones inmediatas en casos de alarma. Para la instalación de este sistema se necesita una inversión de 13.000 millones de pesetas.

El mapa de peligrosidad por inundaciones presen-



Inundaciones en Valencia de 1982. Foto Agencia EFE.



Inundaciones en Guipuzcoa de 1983. Foto Agencia EFE.

tado en este trabajo se ha basado en el mapa publicado por la *Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones* en su "Informe General sobre las Inundaciones en España" en octubre de 1983. Esta Comisión Técnica estaba integrada por 17 organismos y dependiente de ocho ministerios y fue creada por la Comisión Nacional de Protección Civil, teniendo el encargo de la realización de un estudio de zonas de riesgo y de las medidas correctoras y preventivas.

En dicho Informe General se realizó un estudio minucioso por cuencas, catalogándose 1.400 "puntos negros" por su frecuencia, peligrosidad y magnitud de inundaciones en toda la red fluvial española con el resultado indicado en el cuadro 3.5.

Para contribuir a la valoración y clasificación de las unidades territoriales o cuadrículas se ha tenido en cuenta la casuística del riesgo por inundaciones en España. En ciertos casos la valoración establecida por el citado mapa ha sido modificada de acuerdo con esta casuística.

Los criterios de peligrosidad establecidos se basan en la situación y distribución de los citados puntos negros y su categoría, estableciéndose los siguientes grados de peligrosidad:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad nula o muy baja. Sin peligrosidad o con muy baja peligrosidad de inundaciones.
- 2: Peligrosidad baja. Inundaciones de escasa importancia con baja incidencia económica.
- 3: Peligrosidad moderada a alta. Inundaciones graves con importantes daños económicos y con riesgo de pérdidas de vidas.
- 4: Peligrosidad alta a muy alta: inundaciones muy graves, pudiendo llegar a catastróficas, con pérdida de vidas humanas y graves daños económicos.

Los resultados obtenidos se presentan en el Mapa de Peligrosidad por Inundaciones. (Apéndice III).

3.7. PELIGROSIDAD POR EROSION DE SUELOS

La geografía de España presenta una situación de intensa deforestación con abrupta orografía y una climatología cambiante, implicando que los fenómenos de erosión sean de una enorme gravedad, con especial incidencia los de erosión hídrica.

España es uno de los países de la Europa Mediterránea más afectados por la desertización según el Informe de la Conferencia de Nairobi (NN. UU.) y presenta importantes problemas en cuanto a extensión y gravedad.

La superficie total amenazada por posibles pérdidas de productividad edáfica se estiman en unos 238.000 km² (el 45 % aproximadamente de la superficie del país). De ellos, 130.000 km² se pueden considerar gravemente dañados por los procesos erosivos (26 %), destacando 4.900 km² que presentan un riesgo muy elevado (aproximadamente 1 %).

El sector más vulnerable es la parte suoriental de la Península, las provincias de Almería, Granada, Murcia y Málaga, llegando a registrarse pérdidas de más de 200 Tm/Ha/año, siguiendo a esta zona la amplia banda que bordea el Mediterráneo desde el sur de Cataluña hasta las provincias andaluzas. Esto representa anualmente una pérdida de suelo y sedimentos equivalente a 1.000 millones de toneladas anuales y una disminución del perfil edáfico equivalente a 13 mm.

CUADRO 3.5
DISTRIBUCION DE "PUNTOS NEGROS" EN LAS DISTINTAS CUENCAS HIDROGRAFICAS 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

Las causas que provocan este importante problema en el área mediterránea pueden resumirse en:

- Antigüedad e intensidad de los asentamientos humanos.
- Irregularidad en las precipitaciones, oscilando desde épocas de sequía a épocas de lluvias torrenciales.
- Dificultad de cicatrización de las vertientes desnudadas.
- Incendios forestales que impiden una distribución homogénea de una cubierta vegetal protectora.
- Crecimiento relentizado de la vegetación sometida a un déficit hídrico estival.
- Prácticas agrícolas que favorecen la erosión.
- Prácticas ganaderas que favorecen la erosión.

La pérdida física del suelo representa una merma notable de la capacidad productiva de los suelos agrícolas, suponiendo un 2 % anual, no alcanzándose la media europea de 0,6 Ha cultivadas per cápita. Como consecuencia de las pérdidas del suelo se favorecen los fenómenos torrenciales y sus posibles repercusiones en las inundaciones y aterramientos que afectan a 700 grandes embalses, así como la inestabilidad y movimientos del terreno.

Para la elaboración del mapa de grados de peligrosidad ha sido necesario recurrir a diversos documentos, por no estar confeccionado un mapa general de fenómenos erosivos en España.

La región mejor estudiada y con más documentación disponible es Andalucía, ya que existe un proyecto realizado para toda la región por encargo de la

Dirección General del Medio Ambiente, M. O. P. U. (1983), en el cual la información se resume con un mapa a escala 1/500.000, dividido en celdas con distinta intensidad de tramado, según el grado de peligrosidad. También existe el proyecto Lucdeme (*ICONA (1982)*), para la zona del sureste español, donde después del análisis cualitativo y cuantitativo de los distintos factores que intervienen en el problema se presentan dos mapas finales, uno de estimación de fenómenos erosivos y otro de pérdidas de suelo anuales, ambos a escala 1/500.000.

En el caso particular de la región catalana se ha consultado un mapa a escala 1/500.000, contenido en un trabajo de valoración económica de este problema, en el que se separan zonas con el mismo grado erosivo. (*Roses Castro, 1985*).

En las restantes regiones no se han efectuado estudios semejantes. Por ello se han consultado los mapas geotécnicos editados por el *I. G. M. E.* a escala 1/200.000, en los que se marcan los puntos de erosión muy activa y algunos estudios pilotos locales. Esta información, junto con los porcentajes de distribución de las superficies afectadas por la erosión en España y la utilización de criterios geológicos, ha permitido completar una valoración estimativa de toda España.

Los grados de peligrosidad establecidos han sido los siguientes:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad muy baja o inapreciable. Nivel erosivo nulo o muy bajo. Zona con pérdidas potencia-



Erosión de suelos con formación de cárcavas en la depresión de Tabernes (Almería). Foto cedida por J. J. Durán.

les del suelo, estimadas en menos de 10 Tm/Ha/año.

- 2: Peligrosidad baja. Nivel erosivo incipiente. Zona con pérdidas potenciales del suelo estimadas en 10-15 Tm/Ha/año.
- 3: Peligrosidad moderada. Nivel erosivo moderado. Zona con pérdidas potenciales del suelo estimadas en 50-200 Tm/Ha/año.
- 4: Peligrosidad alta. Nivel erosivo acusado. Zona con pérdidas potenciales del suelo estimadas en más de 200 Tm/Ha/año.

Los resultados obtenidos se muestran en el Mapa de Peligrosidad por Erosión en Suelos. (Apéndice III).

3.8. PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTOS Y MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Los fenómenos de inestabilidad del terreno son generalmente conocidos por su incidencia en las obras públicas al estar asociados con los movimientos de tierras, carreteras, FF. CC., presas, etc. También en la minería y en el medio urbano tienen gran impacto sobre todo cuando las consecuencias afectan a la población con riesgo de pérdida de vidas humanas. Las áreas de mayor grado de peligrosidad corresponden a zonas montañosas. De éstas cabe destacar por su importancia la región pirenaica, la Cordillera Cantábrica, la parte sur de Andalucía (Cordillera Bética) y ciertas áreas del Macizo Ibérico.

Como ejemplos destacados cabe citar el deslizamiento de Azagra (Navarra) que sepultó prácticamente la totalidad del pueblo en 1874, produciendo 100 muertos, y el reciente deslizamiento de Olivares (Granada) en 1986, que ocasionó pérdidas del orden de mil millones de pesetas.

Otros ejemplos de importancia por su incidencia en poblaciones son los deslizamientos de Inza (Navarra), 1714; Poblá de Arenos (Castellón), 1881; Puigcerros (Lérida), 1881, y Tendruí (Lérida), 1959, que obligaron a cambiar el emplazamiento original de estas localidades por la progresiva ruina de sus casas.

El mapa de peligrosidad por deslizamientos ha sido realizado a partir de la síntesis de diversos trabajos, ya que por el momento no se dispone de un mapa general de movimientos del terreno, aunque está en fase de elaboración por el Instituto Geológico y Minero de España.

Uno de los trabajos realizados a nivel más general es el de *Rodríguez Ortiz et al (1978)*. En él se incluye un mapa de España dividido en cuadrículas, indicándose la peligrosidad en función de las formaciones potencialmente deslizables.

Otros trabajos consultados han sido los de *J. Corominas (1986)*, boletín n.º 16 del *S. G. O. P. (1963)* y

datos directos proporcionados por el *I. G. M. E.* así como la colección de Mapas Geotécnicos Generales escala 1/200.000.

Los resultados han sido expresados en función de los siguientes grados de peligrosidad:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad nula. Zonas con ausencia de problemas de inestabilidad.
- 2: Peligrosidad baja. Zonas con áreas sujetas a problemas de inestabilidad generalmente poco importantes y/o de carácter esporádico.
- 3: Peligrosidad moderada. Zonas con áreas sujetas a problemas de inestabilidad de relativa importancia por su frecuencia, intensidad o extensión.
- 4: Peligrosidad alta. Zonas con áreas sujetas a problemas de inestabilidad importantes por su frecuencia, intensidad o extensión, y/o con abundantes áreas inestables.

Los resultados obtenidos se presentan en los Mapas de Peligrosidades por Deslizamientos. (Apéndice III).

3.9. PELIGROSIDAD POR SUELOS EXPANSIVOS

La distribución de los suelos expansivos en España está concentrada en las depresiones y cuencas terciarias. Estas cuencas están rellenas fundamentalmente de materiales arcillosos que presentan distintos grados de expansividad. En menor medida también presentan este problema los materiales triásicos del Keuper, pero siempre con incidencia más local. Las áreas más conflictivas son:

- La depresión del Duero. Zona de Tierra de Campos.
- Depresión del Ebro. Zona comprendida en el valle del Ebro.
- Depresión del Guadalquivir: afectando a las provincias de Jaén, Córdoba, Sevilla y Huelva.
- Depresión del Tajo. Zona sur de Madrid.
- Cuencas terciarias de la parte sur de Murcia y Almería. Zona del Guadalentín, Vera, Tabernes, etc.

El mapa de peligrosidad de suelos expansivos presentado en este trabajo ha sido realizado a partir del Mapa Previsor de Riesgos en España por Arcillas Expansivas, realizado por el *Instituto Geológico y Minero de España (1986)*. Para ello se ha asignado a cada cuadrícula el grado de peligrosidad predominante de la superficie delimitada por la retícula de la malla.

Los grados de peligrosidad han sido establecidos según los siguientes niveles:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad nula. Zona con ausencia de arcillas o con existencia de arcillas no expansivas o dispersas



Vista parcial del deslizamiento de olivares de 1986 (Granada). Foto cedida J. J. Durán.



Deslizamiento afectando a una carretera en el Puerto de Carretero (Jaén). Foto cedida por G. Garzón.

en una matriz no arcillosa. Potencialidad de expansión nula o baja.

- 2: Peligrosidad baja. Zona con arcillas expansivas o emplazadas en zonas climáticas sin déficit anual de humedad. Potencialidad de expansión moderada.
- 3: Peligrosidad moderada. Zona con arcillas expansivas localmente predominantes y emplazadas en zonas climáticas con déficit anual de humedad. Potencialidad de expansión alta.
- 4: Peligrosidad alta. Zona con arcillas expansivas zonalmente predominantes o emplazadas en puntos con problemas derivados de la expansividad. Potencialidad de expansión muy alta.

Los resultados obtenidos se presentan en el Mapa de Peligrosidad por Suelos Expansivos. (Apéndice III).

3.10. PELIGROSIDAD POR HUNDIMIENTOS

La distribución de hundimientos en España va unida a la distribución de áreas kársticas. Estas áreas son muy abundantes, representando los materiales carbonatados una superficie aproximada a 100.000 km² (Fernández Rubio, 1981), lo que supone una quinta parte del territorio nacional. Su distribución es la siguiente:

- Calizas paleozoicas del zócalo hercínico: complejo kárstico de Picos de Europa (Asturias).
- Calizas y dolomías mesozoicas y paleógenas tectonizadas:
 - En la Cordillera Cantábrica: complejo kárstico de la región de Asón (Cantabria).
 - Cordillera Pirenaica: complejo kárstico de Larra (Navarra).
 - Cadena Ibérica: complejo kárstico de la Serranía de Cuenca (Cuenca).
- Calizas terciarias tabulares.
- Dolomías y mármoles triásicos de la zona bética.

También los fenómenos de hundimientos están relacionados con los materiales yesíferos, que ocupan una superficie aproximada de 35.000 km² (Durán y Val, 1984), representando una decimocuarta parte de la superficie de España. Las zonas con potencial kárstico en yesos se reparten en las siguientes unidades estructurales:

- Zonas externas de las Béticas: complejo kárstico de Antequera-Archidona (Málaga).
- Orla mesozoica y paleógena del Macizo Ibérico: complejo kárstico de Vallada (Valencia).
- Mesozoico de los Pirineos: complejo kárstico de Beuda (Gerona).
- Cuencas o depresiones terciarias:
 - Complejo kárstico de Sorbas (Almería).
 - Complejo kárstico de Estremera (Madrid).

Para elaborar el mapa de grados de peligrosidad por hundimientos se ha consultado y obtenido información del mapa del karst de España (escala 1/1.000.000), elaborado por el *Instituto Geológico y Minero de España* (1985).

Hundimientos y karstificación no son conceptos equivalentes, pero como ya se ha señalado, los hundimientos son consecuencia de la karstificación. Se ha asignado a cada cuadrícula el grado de intensidad de karstificación predominante, estableciendo a posteriori los siguientes grados de peligrosidad:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad nula. Zona sin disolución en rocas karstificables o no existencia de rocas karstificables.
- 2: Peligrosidad baja. Zona poco o casi nada karstificada, localmente algún sistema kárstico aislado, con potenciales problemas de hundimientos de muy escasa importancia.
- 3: Peligrosidad moderada. Zona medianamente karstificada, en ocasiones karsts importantes pero dispersos, con potenciales problemas de hundimientos moderados de carácter local.
- 4: Peligrosidad alta. Zona muy karstificada en su conjunto con potenciales problemas de hundimientos importantes.

Los resultados obtenidos se presentan en el Mapa de Peligrosidad por Hundimientos. (Apéndice III).

3.11. PELIGROSIDAD POR EROSION COSTERA

La erosión costera representa gran importancia al incidir sobre el sector turístico situado preferentemente en el litoral costero.

La mayoría de los problemas de erosión costera se derivan de las actividades humanas que alteran la dinámica litoral. Un ejemplo podría ser la grave erosión que presenta el tramo de costa entre Burriana y Sagunto, debido a la construcción del puerto de Burriana.

En las costas acantiladas el retroceso del frente costero siempre es menor con respecto a las zonas arenosas, dadas las características de los materiales que lo componen, además de presentar menos incidencia en las actividades humanas. En este sentido cabe destacar como ejemplo el acusado retroceso que sufre el cantil en la zona del Golfo de la Masma (Lugo) debido a la violencia del oleaje.

El proceso de regeneración de costas es muy costoso. Como cifra orientativa, la recuperación de un kilómetro de costa arenosa puede costar aproximadamente 300 millones de pesetas. En el Plan Nacional de Inversiones del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 1987 se prevé una cantidad de 8.000 mi-



Hundimientos en la costa de Lekeitío (Vizcaya).
Foto cedida por J. J. Durán.



Hundimientos por disolución de yesos en Riba de Santiuste (Guadalajara). Foto cedida por J. J. Durán.

llones de pesetas destinados a nuestras costas, con objeto de protegerlas de la erosión, de los desprendimientos, del ataque directo de las olas, así como para la conservación de zonas con dunas, etc.

Para la realización del mapa de peligrosidad por erosión costera se han consultado los trabajos realizados en el *Laboratorio de Puertos, de la Dirección General de Puertos y Costas, CEDEX, MOPU*. Este organismo ha confeccionado varios documentos sobre "Estudios de la Dinámica Litoral en las Costas Españolas" que cubren toda la longitud del litoral. Cada uno de estos estudios divide la longitud de costa en distintos tramos según sus características, pasando a continuación a su descripción, caracterización litológica y dinámica, explicación de su evolución, etc., y a una cuantificación de sus avances y retrocesos por comparación de distintos vuelos fotogramétricos, lo que permite distinguir tramos en estado de erosión, acreción o estacionarios. A partir de esta información

se han valorado las distintas unidades territoriales o cuadrículas según su tendencia predominante, obteniéndose los siguientes grados de peligrosidad:

- 0: Sin información o no clasificado.
- 1: Peligrosidad nula. Costa estable o en crecimiento.
- 2: Peligrosidad baja. Costas arenosas con retroceso de 0 a 0,5 metros/año o costas acantiladas con retroceso erosivo ligero con incidencia baja.
- 3: Peligrosidad moderada. Costas arenosas con retroceso de 0,5 a 1 metro/año o costas acantiladas con retroceso erosivo apreciable y frecuentes inestabilidades.
- 4: Peligrosidad alta. Costas arenosas con retroceso de más de 1 metro/año o costas acantiladas con retroceso erosivo muy acusado con destrucción importante del mismo.

Los resultados obtenidos se presentan en el Mapa de Peligrosidad por Erosión Costera. (Apéndice III).



Defensas costeras paralelas a la línea de playa para evitar la erosión (Granada). Foto cedida por J. J. Durán

4.1. METODOLOGIA

El proceso metodológico para la estimación de pérdidas económicas se basa en el análisis de la casuística de riesgos ocurridos y sus daños, proyectando las pérdidas según distintas hipótesis para el período de años elegido. Esta tarea tropieza con una grave y común dificultad en todo el mundo: la falta de datos adecuados y fidedignos que relacionen riesgos geológicos con sus pérdidas asociadas. Es preciso disponer de datos no sólo sobre los sucesos en sí (intensidad, área afectada, frecuencia, etc.) sino sobre los daños directos e indirectos, población, etc. Sólo recientemente se ha recopilado en algún país esta información, y según se retrocede en el tiempo las descripciones sobre los sucesos son menos detalladas. Esta dificultad hace que sea muy compleja, y por supuesto imprecisa, la valoración de pérdidas económicas. Sin embargo, y con fines de planificación, es necesario partir de unas cifras orientativas que permitan establecer valores relativos entre distintos tipos de riesgos, a fin de conocer qué tipo de riesgo es el más importante en pérdidas, qué región está más expuesta y en dónde las medidas de prevención pueden resultar más eficaces.

La metodología seguida ha partido de los conceptos desarrollados para el *Mater Plan for California*, (1973) revisándose y modificándose gran parte de dichos conceptos, pero manteniendo el mismo tipo de proceso.

El procedimiento general seguido se presenta en la figura 4.1, 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.

Escalas territoriales:

- 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.

Horizonte de proyección de datos:

- De 1986 a 2016.

2. ANALISIS 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.

Criterios de peligrosidad: cuadro 3.2.

4. HIPOTESIS DE RIESGO (HR)

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

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

Hipótesis de riesgo: cuadro 4.1.

5. FACTORES DE PERDIDAS

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 geológico 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 1.5: Con incidencia parcial.

Coeficiente 1.0: Dentro del alcance del riesgo.

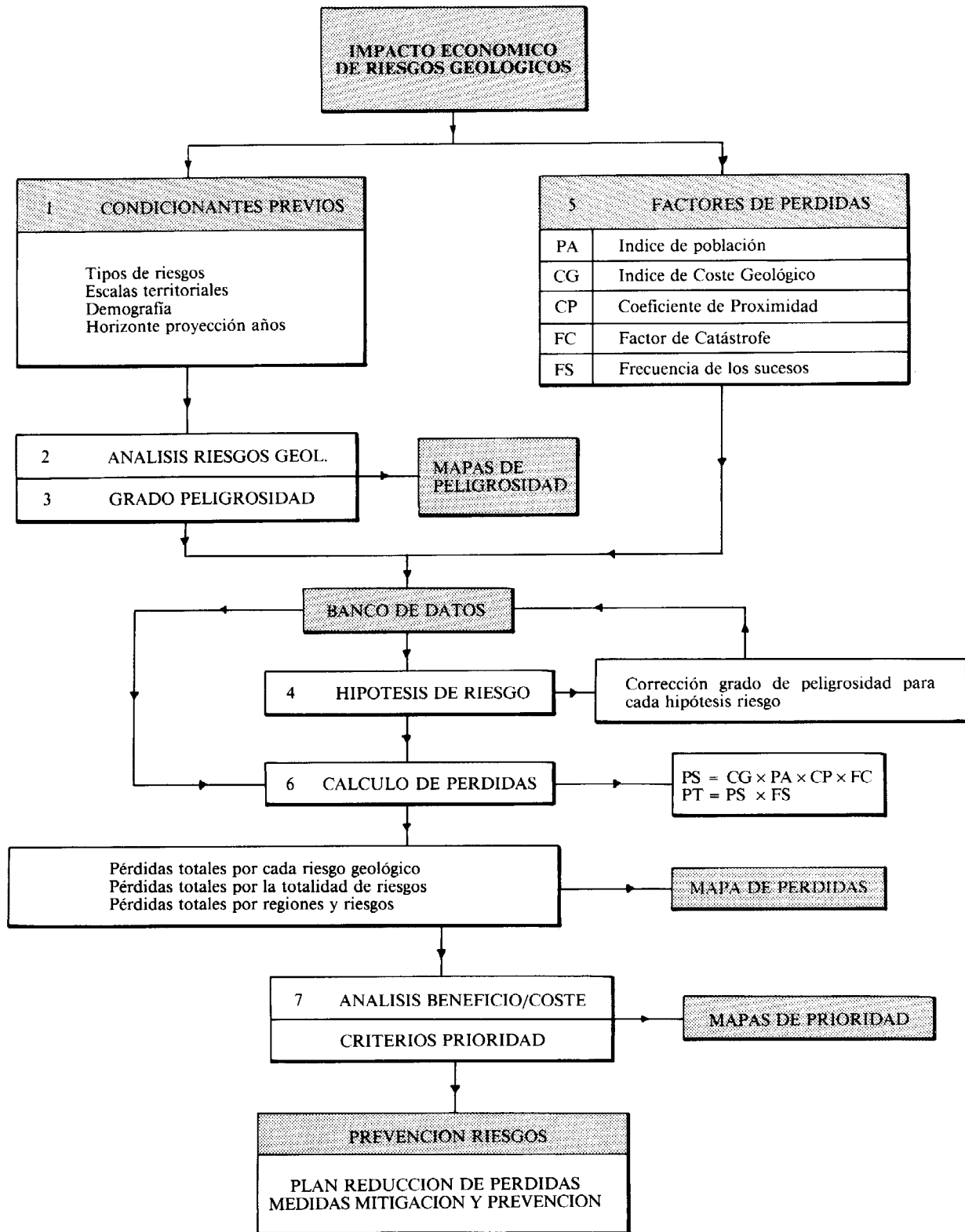


Figura 4.1. Metodología para el cálculo de pérdidas debidas a riesgos geológicos.

**CUADRO 4.1
HIPOTESIS DE RIESGO CONSIDERADAS**

RIESGO GEOLOGICO	RIESGO MAXIMO		RIESGO MEDIO	
	Criterios	Suceso tipo	Criterios	Suceso tipo
SISMICO	Máximos terremotos históricos, o los equivalentes a un periodo de retorno de mil años.	Terremotos máximos de intensidad IX en zonas de máxima peligrosidad. Destructivos.	Terremotos más probables dentro de un periodo de retorno de quinientos años.	Terremotos máximos de intensidad VII en zonas de máxima peligrosidad. Daños moderados.
TSUNAMIS	Máximos tsunamis históricos, equivalentes a un periodo de retorno entre mil y diez mil años.	Tsunamis de máxima magnitud Mt = 4 a 4,5 (lida) en zonas de máxima peligrosidad. Destructivos.	Tsunamis más probables para un periodo de retorno de quinientos años.	Tsunamis máximos de magnitud Mt = 0 a 1 (lida) en zonas de máxima peligrosidad. Daños muy escasos.
ACTIVIDAD VOLCANICA	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 cien 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 treinta años (periodo de retorno del estudio).	Deslizamientos máximos producidos según datos históricos.	Máximo deslizamiento ocurrido suponiendo que se produce una vez cada quinientos años.	Deslizamientos máximos según datos históricos.
EROSION 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.

F.C. Factor de catástrofe.
Potencial destructivo de determinados riesgos y sus efectos sobre vidas y consecuencias indirectas.

Coefficiente empírico según el *Master Plan for California*

Coeficiente	Pérdidas de vidas
1,1	1 - 10
1,5	11 - 100
2,0	101 - 1.000
3,0	más de 1.000

F.S. Frecuencia de los sucesos.
- Número de sucesos previsibles en el período de retorno considerado o, alternativamente, la probabilidad de que suceda el fenómeno.
- Probabilidades elegidas según se indican en el cuadro 4.2.

6. CALCULO DE LAS PERDIDAS

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

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

$$P.S.: CG \times PA \times CP \times FC$$

CG: Índice coste geológico (ptas./suceso/persona).

PA: Índice de población (personas).

CP: Coeficiente proximidad.

FC: Factor de catástrofe.

P.T. Pérdidas totales (ptas.)

$$P.T.: PS \times FS$$

PS: pérdidas/suceso.

FS: frecuencia sucesos.

4.1.1. Índice de coste geológico (CG)

Para la estimación de las pérdidas económicas es necesario convertir el grado de peligrosidad de cada riesgo (de acuerdo con los grados de peligrosidad corregidos para cada hipótesis de riesgo) en un índice económico equivalente. Para ello se ha establecido el denominado "índice de coste geológico". Este índice es un valor numérico que representa la media de pérdidas previsibles por persona en pesetas y por suceso, en función del grado de peligrosidad del riesgo analizado. Dicho valor es un factor de peso relativo e indica indirectamente la severidad del riesgo geológico en cada cuadrícula.

La suma de los distintos índices de coste geológico para los diferentes tipos y grados de riesgo en cada unidad territorial representa las pérdidas en pesetas por persona debidas a todos los riesgos geológicos.

Los CG se calculan repartiendo los costes económicos debidos a las pérdidas de un determinado suceso entre los habitantes afectados por el mismo. Para realizar este cálculo se precisa la obtención de abundante información sobre pérdidas y su relación con los riesgos geológicos, así como su grado de peligrosidad. Esta tarea se ha acometido realizando un inventario de pérdidas para cada tipo de riesgo y grado de peligrosidad, incluyendo los datos no sólo de España sino de otros países, ante la escasez de información.

En este inventario se ha incluido el tipo de riesgo, localidad, número de muertos y heridos, costes económicos y número de habitantes afectados por el riesgo. Del análisis de estos datos se deducen los siguientes puntos:

- Existe una gran escasez de información sobre pérdidas de riesgos geológicos en España.
- Generalmente no se incluye una evaluación económica directa sobre los daños.

CUADRO 4.2
PROBABILIDADES DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS SEGUN LAS HIPOTESIS CONSIDERADAS

PROBABILIDAD RIESGO	RIESGO MAXIMO		RIESGO MEDIO	
	PROBABILIDAD TEORICA	PROBABILIDAD ELEGIDA	PROBABILIDAD TEORICA	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
DESPLAZAMIENTOS	1/500	1/30	1/500	1/500
EROSION SUELOS Y COSTAS	1	1	1	1
EXPANSIVIDAD DE SUELOS				

- La información demográfica es muy escasa para sucesos anteriores a finales del siglo pasado.

Estas limitaciones han hecho necesario comparar y tomar como punto de referencia los CG calculados en el *Master Plan for California (1973)*. Para ello, se han realizado los siguientes estudios:

- Comparación de los datos macro-económicos de España y California (PIB, IPC, tasas de inflación, etc.).
- Conversión de las pérdidas de pesetas y dólares de cualquier fecha a una base común de comparación establecida en dólares de 1972, por ser esta moneda y año en los que se han expresado los datos para California.
- Comparación del grado de peligrosidad de cada riesgo entre California y España.
- Revisión de distintos riesgos ocurridos en todo el mundo, sobre todo en los países situados en áreas socioeconómicas semejantes a España, como complemento de los datos reunidos en España y California.

Índice de Coste Geológico para el riesgo sísmico

La evaluación del CG para el riesgo sísmico se ha realizado a partir de los datos del último terremoto más importante sucedido en España (Andalucía de 1884), del cual existe un informe publicado por el *I. G. N. (1981)*. En esta publicación se incluye una relación de las poblaciones que recibieron ayudas del Comisario Regio con fondos a la suscripción nacional para la reparación de sus casas.

Dado que la cantidad de ayudas (5.198.128 pesetas) es inferior a la estimación total de pérdidas (18.000.000), esta cifra global se ha repartido entre las poblaciones afectadas proporcionalmente a las ayudas recibidas con objeto de determinar las pérdidas sufridas por cada uno de los municipios.

Por otra parte, consultando el censo de población de 1887 del *(I. N. E.)* pudo cifrarse cuál era el número de habitantes de cada una de las localidades en la fecha del suceso.

El grado de peligrosidad al que estuvieron sometidas dichas localidades fue estimado según se recoge en la citada publicación de *I. G. N.* y en la de *A. Martín Martín (1984)*.

De acuerdo con estos datos se calculó el índice de coste geológico en cada uno de los municipios, repartiendo las pérdidas sufridas entre el número de habitantes censados en cada una de éstas.

Los índices de coste geológico para cada grado de peligrosidad se obtuvieron dividiendo las pérdidas totales entre el número total de habitantes del conjunto

de los municipios afectados por este mismo. Los resultados de los CG expresados en pesetas de 1884 son los siguientes:

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1884)/ persona/suceso
1	0
2	14
3	72
4	776

Los CG han sido actualizados en pesetas de 1986 con los siguientes resultados:

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	6.353
3	32.296
4	349.968

Los valores aquí obtenidos han sido comparados con los CG calculados para otros terremotos (Friuli, 1976; México, 1985; Bucharest, 1977, etc.) y los utilizados en California, con objeto de conocer su posible relación. Los valores son distintos para cada uno de ellos, representando los CG del terremoto de Andalucía la envolvente más conservadora, aunque la única representativa y mejor documentada.

Las pérdidas debidas a riesgo por fallas activas han sido incluidas dentro de las ocasionadas por el riesgo sísmico.

Índice de coste geológico para el riesgo de inundaciones

Los índices de coste geológico por inundaciones se han elaborado partiendo de la siguiente información:

- Índices CG establecidos por el *"Master Plan for California" (1973)* establecida la equivalencia al mismo poder adquisitivo de entonces en España. Para ello se utilizó la relación existente entre el PIB de España y de EE. UU. en el año 1972 mediante la siguiente conversión:

$$\frac{\text{PIB España } \$ (72) / \text{hab.}}{\text{PIB EE. UU. } \$ (72) / \text{hab.}} = \frac{1.499}{5.070} = 0,2956$$

Así, 100 dólares de 1972 en EE. UU. equivalen a 29,5 dólares de 1972 para España.

- Índices CG calculados en España a partir de la información directa del inventario de inundaciones.
- Por otro lado, se han estimado los índices CG en España repartiendo las inversiones anuales destina-

das a corrección de puntos negros entre los habitantes afectados.

Los CG obtenidos en California, previa corrección, y los de España se encuentran dentro de un orden de magnitud semejante. Los CG elegidos han sido los siguientes:

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	5.295
3	15.354
4	46.062

Índice de Coste Geológico para el riesgo de erosión

Para la erosión de suelos y de costas se ha establecido una modificación en el cálculo del índice CG, ya que estas pérdidas no dependen directamente de la población. Por ello se han evaluado las pérdidas por erosión en relación con los criterios de otros trabajos U.S.L.E (Ecuación universal de pérdidas de suelo) y proyecto Lucdeme de ICONA (1982), en los que se estima el grado de erosión mediante la pérdida de toneladas de suelo por hectárea. Consecuentemente, este índice se ha expresado en pesetas por hectárea.

Los datos disponibles para la estimación del CG son muy escasos, conociéndose la cifra global publicada por ICONA de 1.000 millones de toneladas de suelo perdidas al año en España, y las Tm/Ha/año perdidas según el grado de erosión recogidas en el proyecto Lucdeme, ICONA (1982). Pero en ningún caso se conoce la valoración económica de toneladas de suelo perdidas, no sólo por la dificultad de fijar un precio unitario por tonelada en zonas muy heterógenas y de terrenos con distintos tipos de usos. Sin embargo, los estudios pilotos agronómicos realizados por Barquero de la Cruz, G. (1984), y de Aguiló Bonnin, J. (1976), se analizan los gastos derivados del uso de fertilizantes y los costes de las pérdidas de materia orgánica, limos y arcillas originados por fenómenos erosivos, considerando factores relacionados con el tipo de cultivo, pendientes, aprovechamiento, etc.

Debido a la diversidad de factores que juegan en el problema de la erosión los distintos tipos de terreno y diferentes aprovechamientos se han estimado unos índices medios por grado de peligrosidad, menores que los recogidos en los estudios pilotos debido a que los mayores costes se derivan del uso de fertilizantes artificiales y no todos los terrenos requieren este tratamiento.

La distribución relativa de CG entre los distintos grados de peligrosidad ha sido adoptada del *Master Plan for California (1973)* ya que no hay datos aplica-

bles a España. La distribución de los CG en función del grado de peligrosidad se expresa a continuación:

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/Ha/año
1	0
2	500
3	1.000
4	1.500

Índice de Coste Geológico para el riesgo de erosión en costas

En este caso, al igual que en el de erosión de suelos, las pérdidas se han relacionado con un factor intrínseco del medio como es la longitud del frente costero sometido a erosión. Las pérdidas se han estimado a partir de los planes de inversión del *Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo*, que cifra en unos 8.000 millones de pesetas (de 1986) anuales la cantidad necesaria para la mejora y regeneración de las costas españolas. Este riesgo geológico no ha sido tratado en el estudio de California, ni tampoco se dispone de datos sobre pérdidas en otras publicaciones.

Los índices de coste geológico se han obtenido en función del coste que provoca la erosión por kilómetro de costa (pesetas/km), repartiéndose el presupuesto anual citado entre la suma total de kilómetros sometidos a los distintos grados de peligrosidad.

Los índices medios son los siguientes:

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/km/año
1	0
2	2.957.000
3	5.914.000
4	8.871.000

Índice de Coste Geológico para los restantes riesgos

Los índices de coste geológico para el riesgo de tsunamis, actividad volcánica, movimientos del terreno y arcillas expansivas, han sido tomados directamente del *Master Plan for California (1973)* y adaptados al poder adquisitivo de España, ante la imposibilidad de realizar valoraciones aproximativas en España, ya que no existen datos disponibles.

Las pérdidas debidas a hundimientos han sido incluidas dentro de los deslizamientos, denominándolos conjuntamente movimientos del terreno.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Indice CG por actividad volcánica

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	477
3	1.589
4	9.000

Indice CG por suelos expansivos

Grado peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	0
3	318
4	477

Indice CG por tsunamis

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	160
3	2.224
4	22.875

Indice CG por movimientos del terreno

Grado de peligrosidad	CG Pesetas (1986)/ persona/suceso
1	0
2	159
3	5.560
4	8.471

A continuación, en el cuadro 4.3 se presentan resumidos la totalidad de los índices de coste geológico (CG) según los distintos riesgos y grados de peligrosidad.

4.1.2. Índice de población (P. A)

El índice de población (PA) 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.

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, contenida en 884 cuadrículas unitarias. La información utilizada

**CUADRO 4.3
RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA LOS INDICES DE COSTE GEOLOGICO**

TERREMOTOS		ACTIVIDAD VOLCANICA	
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
EROSION 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		EROSION 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) Pesetas (86)/persona/suceso.

(2) Pesetas (86)/Ha/año.

(3) Pesetas (86)/km/año.

es la del censo de población del *Instituto Nacional de Estadística de 1981*, considerando poblaciones de hecho. En aquellos casos en que un municipio se encontraba en el límite entre dos cuadrículas, se ha incluido toda la población en una de ellas.

Inicialmente estaba prevista una proyección de los datos demográficos para un horizonte de treinta años, con un valor medio de referencia estimado al año 1995, que según el I. N. E. la población del Estado quedaría estacionaria. A la hora de llevar a la práctica este supuesto se necesitarían proyecciones de poblaciones en el ámbito municipal, aún no realizadas. Por ello se ha tomado como referencia constante la población del último censo publicado en 1981 sin la proyección anterior.

4.1.3. Coeficiente de proximidad (CP)

El coeficiente de proximidad es un factor de ponderación que tiene en cuenta la peligrosidad geológica en función de la distancia a una población dada. Ello implica considerar exclusivamente la parte de la población expuesta al riesgo, pudiendo tomar la totalidad de ésta, una parte de ella o ninguna, si el núcleo de población se encuentra fuera del alcance del riesgo.

Los coeficientes de proximidad seleccionados han sido los siguientes:

Coeficiente de proximidad

- 0 - Sin acción o fuera del alcance del riesgo
- 0.5 - Con incidencia parcial de riesgo
- 1.0 - Dentro del alcance del riesgo

Estos coeficientes se han aplicado a todas las poblaciones de más de 19.000 habitantes, analizando caso a caso la situación del núcleo de población, y evaluando la distancia a las zonas de riesgo más próximas, así como la naturaleza e intensidad del riesgo.

En las poblaciones entre 1.000 y 19.000 habitantes se ha considerado la mitad del censo, con objeto de ponderar y obviar la aplicación del coeficiente de proximidad a todas y cada una de las poblaciones de más de 1.000 habitantes, labor fuera del alcance del estudio y, por otra parte, de escasa incidencia en los resultados totales.

En el caso especial de Galicia, y dadas las especiales características de esta región en la que prácticamente no existe ningún municipio de menos de 1.000 habitantes, se ha incluido la cuarta parte de los habitantes de las poblaciones entre 1.000 y 19.000 habitantes, con objeto de no sobrevalorar las pérdidas (en el caso de inundaciones, por ejemplo). Este procedimiento de cálculo ha sido aplicado a los siguientes riesgos: tsunamis, inundaciones, movimientos del terreno y suelos expansivos. En el resto de los riesgos el criterio ha sido el siguiente: en riesgo sísmico y volcánico se ha considerado la totalidad de las poblaciones de más de 1.000 habitantes como potencialmente afectadas por las especiales características de estos sucesos. En el caso del riesgo por erosión de suelos y costas, los cálculos han sido desligados de los habitantes y de su proximidad a los núcleos de población, como ya se ha indicado anteriormente. Con la aplicación de los coeficientes de proximidad se ha llegado a fijar el número de habitantes por cuadrícula potencialmente expuestos a cada riesgo, dato necesario para el cálculo de las pérdidas totales.

Los resultados de la población potencialmente expuesta a cada riesgo se incluyen en el cuadro 4.4, donde se especifica el grado de peligrosidad a que dicha población puede estar sometida.

4.1.4. Factor de catástrofe (FC)

Este factor refleja las pérdidas potenciales de vidas humanas en función del grado de peligrosidad y las posibles consecuencias de los riesgos catastróficos a

CUADRO 4.4
POBLACION 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
SISMICO	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 VOLCANICA	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

escala regional, con sus efectos indirectos, incluyendo también los impactos sociales y culturales.

Este factor es multiplicador de las pérdidas obtenidas al considerar junto a los costes económicos las pérdidas de vidas humanas. De esta manera, se consigue tener en cuenta en la suma global de pérdidas la parte proporcional de costes debidos a las vidas humanas. Los coeficientes han sido elegidos según un intervalo de víctimas establecido en el *Master Plan for California (1973)*.

Pérdidas potenciales de vidas humanas	Coefficiente
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 4.5. Los riesgos incluidos han sido el 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.

4.1.5. Frecuencia de los sucesos (FS)

Para el cálculo de las pérdidas totales es preciso estimar el número de sucesos o su frecuencia en el

período de retorno considerado (treinta años). Los criterios aplicados han dependido fundamentalmente de la información disponible en cada caso particular. A continuación se detalla el proceso seguido:

- Terremotos

Las catástrofes por terremotos son de muy difícil e incluso imposible predicción a corto plazo. Por tanto, los criterios adoptados en este caso han sido de tipo estadístico. La probabilidad de ocurrencia de fenómenos sísmicos ha sido estimada a partir de los datos contenidos en *A. Martín Martín (1984)* y se expresa en el cuadro 4.6. La frecuencia elegida ha sido la siguiente:

- Hipótesis de riesgo máximo: considera que en el intervalo de treinta años se puede producir un único suceso pero con el grado de peligrosidad máximo establecido en cada región, aunque su probabilidad sea muy pequeña (probabilidad teórica del orden de 1/1.000).

- Hipótesis de riesgo medio: supone que en el período de retorno del estudio se produce el suceso máximo, cuya probabilidad teórica sea del orden de 1/500.

- Tsunamis

No se dispone de datos sobre la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos ni tampoco el escaso número de eventos permite hacer una estimación adecuada. El criterio seguido ha sido elegir una probabi-

CUADRO 4.5
COEFICIENTE DE FACTOR DE CATASTROFE (FC) PARA LOS RIESGOS CONSIDERADOS SEGUN LOS DISTINTOS GRADOS DE PELIGROSIDAD

RIESGO	GRADO DE PELIGROSIDAD	FC
SISMICO	1: Nulo	1,0
	2: Bajo	1,0
	3: Medio	1,5
	4: Alto	3,0
VOLCANICO	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

CUADRO 4.6
PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE TERREMOTOS EN DISTINTAS REGIONES DE ESPAÑA

Grado	ImSk	PROBABILIDAD		
		Granada y parte de Málaga	Resto de Andalucía Murcia y Pirineos	Resto de España
4	≥ IX	10 ⁻³	> 10 ⁻³	-
3	VIII	2 × 10 ⁻³	> 10 ⁻³	-
2	VI-VII	10 ⁻²	10 ⁻³	> 10 ⁻³
1	≤ V	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³

lidad igual a la asignada para el caso de terremotos de grado máximo, ya que por otra parte los tsunamis más importantes están asociados con los terremotos máximos ocurridos en la zona Azores-Gibraltar. Dichas probabilidades son las siguientes:

Grado de peligrosidad	Probabilidad
4 Muy alta	1/1.000 a 1/10.000
3 Alta	1/500 a 1/1.000

- Actividad volcánica

En el caso de actividad volcánica se han estimado las siguientes probabilidades:

Grado de peligrosidad	Probabilidad
4 Muy alta	1/1.000 a 1/10.000
3 Alta	1/500 a 1/1.000
2 Moderada	1/100 a 1/500

- Inundaciones

En el Informe General sobre las inundaciones en España (*Comisión Nacional de Protección Civil, 1983*), se consideran distintos tipos de avenidas en función de su clase, y según afecten vidas o haciendas, dentro de un período de retorno determinado.

Clase	Período de retorno de la avenida (años)		Daños graves	
	100	500	Vidas	Haciendas
1. ^a (Grado 4)	*	*	*	*
2. ^a (Grado 3)	*	*	*	*
3. ^a (Grado 2)	*	*	*	*
4. ^a (Grado 1)	*	*	*	*

Según *Durán et al. (1984)*, se estiman los siguientes caudales en función de los períodos de retorno para la región de Sevilla:

Río (caudal)	Período de retorno (años)		
	10	100	1.000
Guadalquivir (m ³ /sg)	4.800	8.000	11.000
Guadaira (m ³ /sg)	380	1.000	1.420

Según estos datos y otros consultados de carácter más local, las máximas avenidas tendrían una probabilidad muy baja. Sin embargo, en los últimos treinta años en España se han producido avenidas de gran intensidad e incluso catastróficas, con una periodicidad que oscila según las zonas en:

Levante: 1957 - 1982 - 1986
Cataluña: 1962 - 1970 - 1971 - 1982 - 1986
País Vasco: 1983

Se ha considerado que en cada región se puede producir la avenida máxima según el grado de peligrosidad asignado, con la siguiente frecuencia:

- Andalucía, Valencia, Murcia, Cataluña y País Vasco: una avenida máxima cada diez años (tres en el período de treinta años considerados).
- En las restantes regiones: una avenida máxima en el período de treinta años.

Este criterio no constituye una hipótesis de riesgo máximo en el sentido de los riesgos anteriores, ya que se basa en numerosos datos recientes y mejor conocidos, por lo que representa una situación más próxima a la real. Por otro lado, es muy poco probable que se produzca una avenida más intensa a las sufridas en los últimos cien años, teniendo en cuenta las obras de control y protección efectuadas, por lo que la hipótesis pésima en este caso no ha sido aplicada.

- Movimientos del terreno

Los deslizamientos y demás movimientos del terreno son fenómenos de muy difícil tratamiento estadístico, ya que cada caso tiene un comportamiento diferente. Como criterio general se ha supuesto que una zona inestable puede reactivarse por causas naturales al menos una vez cada quinientos años.

Para la hipótesis de riesgo máximo se ha considerado que el deslizamiento tiene lugar una vez en el periodo de retorno del estudio (treinta años), mientras que en la hipótesis media su probabilidad sería de 1/500.

- Erosión de suelos, costas y riesgo por suelos expansivos

En la erosión de suelos y costas y suelos expansivos se ha considerado que los fenómenos se producen de forma continua. La ocurrencia de estos sucesos es pues permanente a efectos de la estimación de las pérdidas, estimándose una frecuencia de un suceso anual. La hipótesis considerada es la de riesgo medio, no aplicándose la de riesgo máximo.

4.2. RESULTADOS

4.2.1. Pérdidas por cada tipo de riesgo geológico

El cálculo de las pérdidas debidas a los riesgos geológicos se ha efectuado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas por suceso (PS)} = \text{CG} \times \text{FC} \times \text{CP} \times \text{PY}$$

$$\text{Pérdidas totales en treinta años (PT)} = \text{PS} \times \text{FS}$$

$$\text{Frecuencia de sucesos (FS)} = \frac{\text{Probabilidad suceso}}{\text{Período de retorno del estudio (treinta años)}}$$

CG = índice de coste geológico (ptas/suceso/persona)

FC = factor de catástrofe

CP = coeficiente de proximidad

PA = población anual (personas)

FS = frecuencia de sucesos

Esta expresión se ha aplicado a cada una de las cuadrículas, obteniéndose la pérdida total mediante la suma de los valores en toda la malla. Los valores por cuadrículas se recogen en los mapas de pérdidas, cuyos resultados están expresados en pesetas de 1986. Sin embargo, y teniendo en cuenta que durante los treinta años de proyección del estudio se producirá un incremento económico, los resultados de las pérdidas totales han sido valorados estimándose un crecimiento económico del 2 % anual en los próximos treinta años. (Apéndice III).

Las pérdidas totales, una vez introducida la citada corrección, son las siguientes:

- Terremotos:

Riesgo máximo = 2.684.446.919.890 ptas.

Riesgo medio = 84.784.424.216 ptas.

- Tsunamis

Riesgo máximo = 391.987.433.239 ptas.

Riesgo medio = 0 ptas.

CUADRO 4.7
PERDIDAS TOTALES POR INUNDACIONES PARA LA FRECUENCIA DE SUCESOS ELEGIDA
(Corrección con un crecimiento económico real del 2 % en 30 años)

Comunidades Autónomas	Pérdidas	Crecimiento Económico Real 2 %/30 años	Frecuencia	Totales	Crecimiento Económico Real 2 %/30 años
GALICIA	36.981.859.629	50.009.433.685	× 1	= 36.981.859.629	50.009.433.685
ASTURIAS	30.274.619.375	40.939.438.556	× 1	= 30.274.619.375	40.939.438.556
CANTABRIA	17.999.080.970	24.339.604.746	× 1	= 17.999.080.970	24.339.604.746
PAIS VASCO	110.233.465.651	149.065.332.182	× 3	= 330.700.396.954	447.195.996.547
RIOJA	5.093.687.965	6.888.037.893	× 1	= 5.093.687.965	6.888.037.893
NAVARRA	24.759.920.121	33.482.080.019	× 1	= 24.759.920.121	33.482.080.019
ARAGON	46.011.156.713	62.219.474.993	× 1	= 46.011.156.713	62.219.474.993
CATALUÑA	159.863.639.957	216.178.693.587	× 3	= 479.590.919.870	648.536.080.761
VALENCIA	177.339.544.489	239.810.822.894	× 3	= 532.018.633.467	719.432.468.683
MURCIA	28.474.462.756	38.505.142.012	× 3	= 85.423.388.267	115.515.426.036
CASTILLA-LEON	14.877.196.347	20.117.975.991	× 1	= 14.877.196.347	20.117.975.991
EXTREMADURA	15.114.790.610	20.439.267.420	× 1	= 15.114.790.610	20.439.267.420
ANDALUCIA	138.760.692.210	187.641.825.066	× 3	= 416.282.076.631	562.925.475.199
CANARIAS	12.929.276.985	17.483.864.426	× 1	= 12.929.276.985	17.483.864.426
BALEARES	16.342.117.610	22.098.944.052	× 1	= 16.342.117.610	22.098.944.052
MADRID	3.857.548.828	5.216.444.880	× 1	= 3.857.548.828	5.216.444.880
CAST.-LA MANCHA	19.700.689.907	26.640.638.284	× 1	= 19.700.689.907	26.640.638.284
TOTAL	858.613.750.121	1.161.077.020.686		= 2.087.957.360.247	2.823.480.652.169

– **Actividad volcánica**

Riesgo máximo = 16.252.042.291 ptas.

Riesgo medio = 2.067.458.828 ptas.

– **Inundaciones**

Riesgo medio

En el cuadro 4.7 se muestra el cálculo de las pérdidas totales para una frecuencia de una avenida máxima en cada región. Las pérdidas por suceso obtenidas han sido corregidas disminuyéndolas un 15 % sobre el total. Este porcentaje empírico ha considerado las pérdidas debidas a fenómenos erosivos producidos durante y como consecuencia de las inundaciones, por lo que la cifra resultante ha sido sumada a las pérdidas de erosión del suelo. Los resultados incluidos en la columna de pérdidas del cuadro 4.7 están corregidos según esta modificación.

– **Movimientos del terreno**

Riesgo máximo = 138.543.315.381 ptas.

Riesgo medio = 8.312.598.922 ptas.

Además de la incidencia en zonas urbanas, este riesgo afecta igualmente a obras de infraestructura, sobre todo vías de comunicación. Por tanto, se ha partido de la información facilitada por *RENFE* sobre los costes derivados del mantenimiento y reparación de estructuras directamente relacionados con problemas geológicos. Las inversiones destinadas a estas obras de reparación son del orden de 5.000 millones de pesetas anuales para los años 83, 84 y 85.

En el caso de la red nacional de carreteras se han extrapolado los daños de vías férreas a este tipo de estructuras al no disponer de datos, considerando que en éstas se produce una tercera parte de las pérdidas. Se ha efectuado una corrección de las pérdidas en función de la longitud total de los recorridos (líneas de FF. CC. 12.710 km, y carreteras nacionales 80.000 km), llegándose a una estimación de 562.069.170.000 pesetas para el total de las obras de infraestructura en el período de treinta años.

Las pérdidas totales se han obtenido sumando las pérdidas asociadas a núcleos urbanos y las pérdidas en obras de infraestructura, resultando:

Riesgo máximo = 898.612.202.270 ptas.

Riesgo medio = 768.381.485.812 ptas.

En los cuadros 4.8 y 4.9 se han desglosado las pérdidas asociadas a núcleos urbanos y las pérdidas en obras de infraestructura en cada Comunidad Autónoma y por cada hipótesis de riesgo considerada. Estas cifras están corregidas con un crecimiento económico real del 2 % anual para el período de treinta años.

– **Erosión en suelos**

Las pérdidas por erosión han sido aumentadas con

el 15 % de las pérdidas por inundaciones, dado que estos sucesos están relacionados.

Riesgo medio = 872.249.016.460

– **Erosión costera**

Riesgo medio = 312.049.665.237 ptas.

– **Suelos expansivos**

Riesgo medio = 104.247.345.198 ptas.

Las pérdidas totales se resumen en los cuadros 4.10 y 4.11.

4.2.2. *Pérdidas por Comunidades Autónomas*

Dado el ámbito nacional de este estudio se ha considerado de gran interés incluir los resultados obtenidos por Comunidades Autónomas, lo que permite precisar las regiones españolas que pueden estar más expuestas a un determinado tipo de riesgo, y aportar criterios selectivos para la ordenación territorial y planes de mitigación y prevención.

El procedimiento seguido se ha basado en las distintas imputaciones de costes por riesgos establecidas en cada cuadrícula territorial, y los resultados se expresan según las dos hipótesis de riesgo considerado en función del tipo de riesgo y su incidencia en cada Comunidad Autónoma y de la incidencia en cada comunidad de los distintos riesgos. Dichos resultados se incluyen en el apéndice I.

4.2.3. *Pérdidas en España en relación con otros países*

Los estudios sobre pérdidas económicas realizados fuera de España son escasos, no permitiendo efectuar un análisis comparativo de cierta amplitud. Sin embargo, y a fin de disponer de algún tipo de referencia, se han utilizado los trabajos del *Master Plan for California (1973)*, los datos de *Robinson y Spiker (1978)* en USA y los de *Cotecchia (1986)* en Italia. Sus resultados se muestran en el cuadro 4.12.

En el caso de USA y California las cifras de pérdidas están proyectadas para los treinta años siguientes a la realización del estudio, mientras que en Italia las pérdidas por terremotos son las reales producidas en los últimos treinta años. Las pérdidas totales en Italia se han estimado distribuyendo un 40 % como debidas al riesgo sísmico, y un 60 % a los restantes riesgos.

Se han calculado las pérdidas por persona y año, así como la incidencia sobre el porcentaje de la renta nacional (Cuadro 4.12 y Figura 4.2). Según estos resultados, en España hay una menor pérdida que en Italia, USA y California, resultando coherente con su situación geológica; sin embargo, la incidencia sobre su renta nacional puede resultar más alta que en USA e Italia, es decir, los riesgos geológicos pueden costar más a los españoles debido a su menor renta.

CUADRO 4.8
PERDIDAS TOTALES POR MOVIMIENTOS DEL TERRENO
(PERDIDAS EN NUCLEOS URBANOS + PERDIDAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA)

HIPOTESIS MAXIMA
(Corrección con un crecimiento económico real del 2 % en 30 años)

Comunidades Autónomas	Pérdidas en núcleos urbanos	Pérdidas en obras de infraestructura	Pérdidas Totales
GALICIA	1.849.048.481 +	20.922.685.293 =	22.771.733.774
ASTURIAS	24.139.080.865 +	33.003.115.127 =	57.142.195.991
CANTABRIA	8.072.858.206 +	24.254.775.581 =	32.327.633.787
PAIS VASCO	14.863.509.304 +	20.694.589.375 =	35.558.098.679
RIOJA	4.221.234.678 +	11.879.151.849 =	16.100.386.527
NAVARRA	7.908.488.272 +	36.227.842.263 =	44.136.330.535
ARAGON	3.847.475.532 +	104.698.410.778 =	108.545.886.311
CATALUÑA	7.815.337.676 +	73.198.113.506 =	81.013.451.182
VALENCIA	7.522.151.954 +	37.430.952.885 =	44.953.104.839
MURCIA	3.505.360.393 +	20.350.195.997 =	23.855.556.390
CASTILLA-LEON	4.477.224.684 +	76.507.807.374 =	80.985.032.058
EXTREMADURA	69.849.669 +	11.592.903.077 =	11.662.752.746
ANDALUCIA	46.543.795.323 +	193.438.794.510 =	239.982.589.833
CANARIAS	837.290.549 +	5.367.083.856 =	6.204.374.405
BALEARES	89.925.409 +	5.098.730.069 =	5.188.655.478
MADRID	312.099.367 +	4.163.963.366 =	4.476.062.730
CASTILLA-LA MANCHA	2.446.542.088 +	78.609.900.951 =	81.056.443.039
TOTAL	138.521.272.449 +	757.439.015.854 =	895.960.288.304

CUADRO 4.9
PERDIDAS TOTALES POR MOVIMIENTOS DEL TERRENO
(PERDIDAS EN NUCLEOS URBANOS + PERDIDAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA)

HIPOTESIS MEDIA
(Corrección con un crecimiento económico real del 2 % en 30 años)

Comunidades Autónomas	Pérdidas en núcleos urbanos	Pérdidas en obras de infraestructura	Pérdidas Totales
GALICIA	110.942.909 +	20.922.685.293 =	21.033.628.202
ASTURIAS	1.448.344.852. +	33.003.115.127 =	34.451.459.978
CANTABRIA	484.371.492 +	24.254.775.581 =	24.739.147.073
PAIS VASCO	891.810.558 +	20.694.589.375 =	21.586.399.933
RIOJA	253.274.081 +	11.879.151.849 =	12.132.425.930
NAVARRA	474.509.296 +	36.227.842.263 =	36.702.351.559
ARAGON	230.848.532 +	104.698.410.778 =	104.929.259.310
CATALUÑA	468.920.261 +	73.198.113.506 =	73.667.033.767
VALENCIA	451.329.117 +	37.403.952.885 =	37.882.282.002
MURCIA	210.321.624 +	20.350.195.997 =	20.560.517.621
CASTILLA-LEON	268.633.481 +	76.507.807.374 =	76.776.440.855
EXTREMADURA	4.190.980 +	11.592.903.077 =	11.597.094.057
ANDALUCIA	2.792.627.719 +	193.438.794.510 =	196.231.422.229
CANARIAS	50.237.433 +	5.367.083.856 =	5.417.321.289
BALEARES	5.395.525 +	5.098.730.069 =	5.104.125.594
MADRID	18.725.962 +	4.163.963.363 =	4.182.689.325
CASTILLA-LA MANCHA	146.792.525 +	78.609.900.951 =	78.756.693.477
TOTAL	8.311.276.347 +	757.439.015.854 =	765.750.292.201

CUADRO 4.10
PERDIDAS TOTALES. RIESGO MAXIMO

Riesgo	Ptas. (*)
Inundaciones	2.827.026.952.487
Sísmico	2.684.446.919.890
Movimientos del terreno	898.612.202.270
Erosión en suelos	872.249.016.460
Tsunamis	391.987.433.239
Erosión costera	312.049.665.237
Expansividad en suelos	104.247.345.198
Actividad volcánica	16.252.042.291
TOTAL	8.106.871.477.073

(*) Incluyendo crecimiento económico del 2 % anual para el periodo de treinta años.

CUADRO 4.11
PERDIDAS TOTALES. RIESGO MEDIO

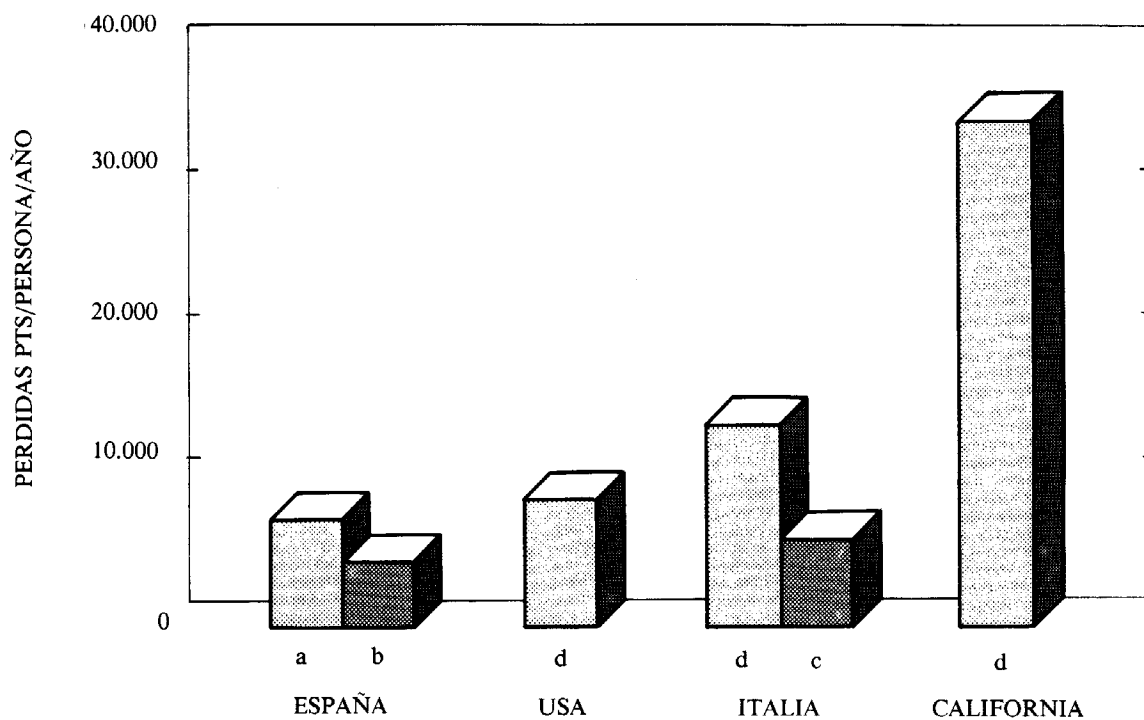
Riesgo	Ptas. (*)
Inundaciones	2.827.026.952.487
Erosión en suelos	872.249.016.460
Movimientos del terreno	768.381.485.812
Erosión costera	312.049.665.237
Expansividad en suelos	104.247.345.198
Sísmico	84.784.424.216
Actividad volcánica	2.067.458.828
Tsunamis	0
TOTAL	4.970.806.348.239

(*) Incluyendo crecimiento económico del 2 % anual para el periodo de treinta años.

CUADRO 4.12
PERDIDAS POR RIESGOS GEOLOGICOS EN ALGUNOS PAISES

PAIS	PERIODO	PERDIDAS ECONOMICAS		PERDIDAS PERSONA/AÑO	% RENTA NACIONAL	PERDIDAS VIDAS
USA	Año 1975	\$ 4.9 x 10 ⁹ de 1975	Ptas. 2.1 x 10 ¹² de 1986	8.900 Ptas. de 1986	0.46	> 100 anuales
	(1) Proy. 30 años	\$ 147 x 10 ⁹	Ptas. 63 x 10 ¹²			
CALIFORNIA	(1) Proy. 30 años 1972-2002	\$ 55 x 10 ⁹ de 1972	Ptas. 29 x 10 ¹² de 1986	35.000 ptas. de 1986	1.84	-
ITALIA	(2) Proy. 30 años 1954-84	\$ 70 x 10 ⁹ de 1984	Ptas. 10 x 10 ¹² de 1986	5.800 Ptas. de 1986	0.33	5.000 muertos 500.000 damnificados
	(3) 1954-84	-	Ptas. 24 x 10 ¹²	14.500 Ptas. de 1986	0,57	-
ESPAÑA	(1) Proy. 30 años 1986-2016	(4) Ptas. 8.1 x 10 ¹²	(5) Ptas. 4.9 x 10 ¹²	(4) 7.300 ptas. (5) 4.400 ptas.	(4) 1.13 (5) 0.68	-

- (1) Todos los riesgos geológicos y pérdidas estimadas.
(2) Sólo terremotos y pérdidas reales sufridas.
(3) Todos los riesgos y pérdidas producidas estimadas.
(4) Hipótesis de riesgo máximo.
(5) Hipótesis de riesgo medio.



a) Hipótesis de riesgo máximo
b) Hipótesis de riesgo medio

c) Sólo terremotos
d) Todos los riesgos

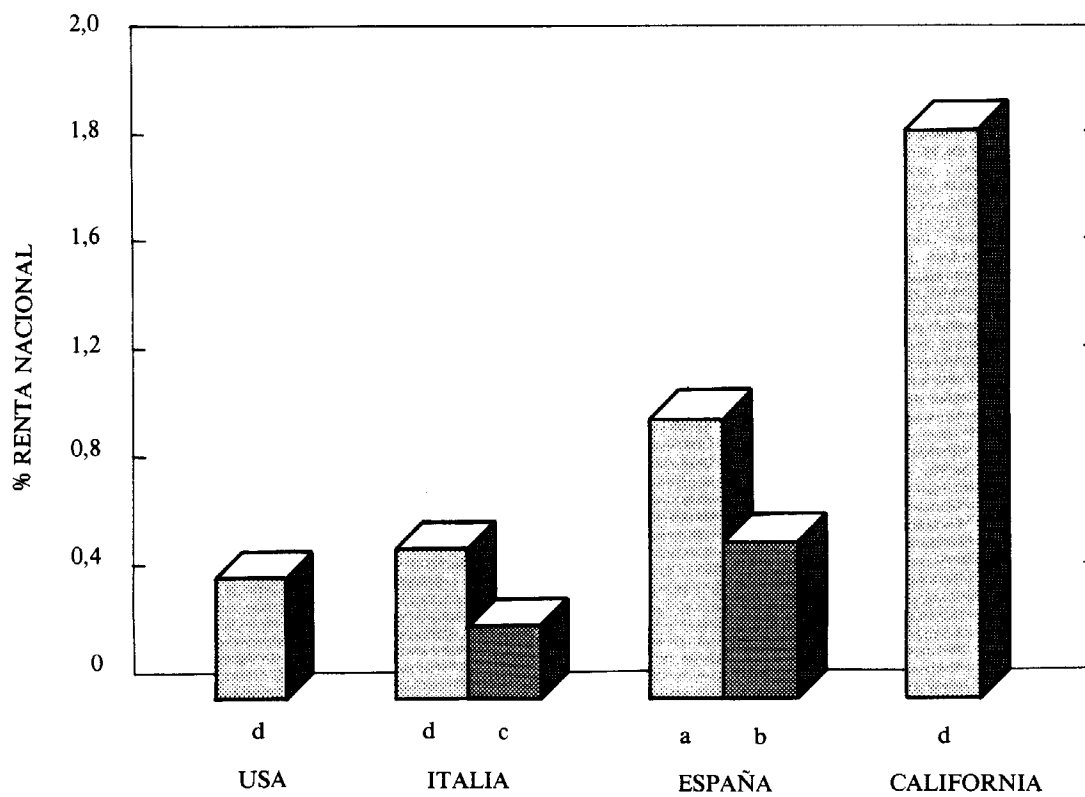


Figura 4.2. Pérdidas por riesgos geológicos en distintos países y su incidencia económica.

5. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS POTENCIALES EN VIDAS HUMANAS

La evaluación de las pérdidas de vidas humanas es de imposible predicción, pues en las catástrofes intervienen multitud de factores que determinan que cada suceso sea un "caso único". Por ello, cualquier aproximación podría quedar lejos de la realidad. Sin embargo, y a fin de aportar un criterio orientativo sobre las pérdidas potenciales, se pueden establecer ciertas comparaciones con otras catástrofes de intensidad se-

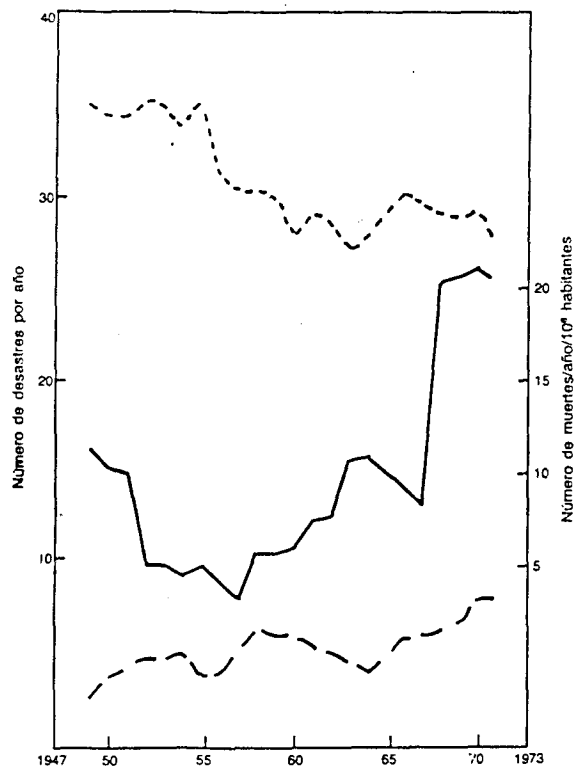


Figura 5.1. Desastres naturales de 1947 a 1973. En línea de puntos, todos los desastres conocidos. En línea continua muertes producidas. En línea de trazos, catástrofes que afectan a grandes áreas (Kates, 1978).

mejante a las máximas esperadas en España. En el cuadro 5.1 se indican las cifras totales de muertos y víctimas en todo el mundo, así como la tendencia de los últimos años (Fig. 5.1). Para catástrofes aisladas se ha dispuesto de la información recopilada de los principales desastres naturales según datos de la *Compañía de Seguros Munchener Ruck* (1978).

Las hipótesis establecidas son las mismas que para las pérdidas económicas, es decir, en la hipótesis de riesgo máximo se ha considerado que se produce el máximo suceso previsible en cada zona para el período de treinta años considerado, y en la hipótesis de riesgo medio el suceso máximo sería el más probable.

Las cifras estimadas se incluyen en el apéndice II, y sus resultados totales en los cuadros 5.2 y 5.3. La máxima variación en el intervalo de víctimas se produce en el riesgo sísmico, con un intervalo máximo de 5.000 a 30.000 muertos. Esta hipótesis es muy poco probable y está sujeta a múltiples circunstancias. Los tsunamis presentan el mismo problema, pero aún con menor probabilidad del suceso. Sin embargo, en las inundaciones las posibles pérdidas de vidas pueden acotarse mejor dada la información más objetiva disponible, y las víctimas estarían entre 500 y 1.000 muertos. Los deslizamientos igualmente presentan gran incertidumbre, pues, según las hipótesis de riesgo, los valores extremos estarían entre 70 y 500 muertos. En los volcanes sucede lo mismo con un intervalo extremo entre 0 y 1.000 muertos.

Los resultados totales (Cuadro 5.2) indican que las pérdidas de vidas pueden estar comprendidas entre 500 y 1.000 (hipótesis media) y referidas a los próximos treinta años, y la hipótesis máxima estaría entre 7.000 y 40.000, suponiendo que en el período de retorno se dieran todos los riesgos y con su máxima intensidad, situación sumamente improbable.

CUADRO 5.1
PERDIDAS DE VIDAS Y DAMNIFICADOS POR RIESGOS NATURALES EN TODO EL MUNDO ENTRE 1900 Y 1976

RIESGO	MUERTES	%	HERIDOS Y SIN HOGAR	%
Terremotos	2.662.200	58	28.894.700	12
Inundaciones	1.287.650	28	175.220.250	75
Ciclones	438.900	9	17.648.500	8
Tifones	34.150	-	5.437.100	2
Tormentas	7.150	-	3.432.650	1
Huracanes	18.550	-	1.197.550	-
Volcanes	128.100	3	337.950	-
Tornados	1.200	-	342.500	-
Avalanchas	3.100	-	150	-
Deslizamientos	3.050	-	44.700	-
TOTAL	4.584.050	100	232.556.050	100

CUADRO 5.2
PERDIDAS POTENCIALES DE VIDAS HUMANAS POR RIESGOS GEOLOGICOS EN TREINTA AÑOS

TOTAL RIESGOS	HIPOTESIS MAXIMA Intervalos			HIPOTESIS 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
Victimas/Año	200	-	1.500	30	-	15

CUADRO 5.3
PERDIDAS POTENCIALES DE VIDAS HUMANAS POR LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN LAS COMUNIDADES AUTONOMAS Y EN TREINTA AÑOS

MAXIMAS PERDIDAS POTENCIALES DE VIDAS HUMANAS

Comunidades Autónomas	HIPOTESIS MAXIMA Posibles intervalos			HIPOTESIS MEDIA Posibles intervalos		
ANDALUCIA	6.100	-	31.200	130	-	230
MURCIA	1.100	-	11.000	110	-	210
VALENCIA	200	-	2.100	100	-	200
CATALUÑA	100	-	1.200	110	-	210
PAIS VASCO	100	-	1.100	110	-	210
CANARIAS	100	-	1.000	0	-	10
OTRAS REGIONES	10	-	400	0	-	100
TOTAL	7.000	-	50.000	560	-	1.170

6. ANALISIS BENEFICIO/COSTE

Un análisis beneficio-coste aplicado a un programa de reducción de pérdidas por riesgos geológicos puede ser de gran utilidad para la adopción de criterios y decisiones sobre los planes de inversiones y otras medidas destinadas a la mitigación de riesgos. También este análisis permite identificar en qué tipo de riesgos las inversiones pueden ser "más rentables" o resultar más efectivas.

Si en un plan de reducción de pérdidas se adoptaran las medidas adecuadas de prevención, mitigación o corrección, las pérdidas resultantes serían indudablemente inferiores a las estimadas, sin tener en cuenta dicho plan. A la disminución o reducción de las pérdidas totales después de poner en práctica el citado plan de reducción de pérdidas, se expresa como el "Beneficio", mientras que el "Coste" sería el precio de aplicar tales medidas.

Para conocer cuál sería la reducción de pérdidas de aplicar medidas correctoras se precisan datos que actualmente son muy escasos. Sin embargo, y dentro del contexto general de este estudio, podría ser de gran interés conocer órdenes de magnitud y de tipo global. En el *Master Plan for California (1973)*, se acometió esta tarea y se llegó a unos porcentajes medios basados en casos reales, y en el caso de aplicar medidas de prevención y mitigación de tipo convencional, es decir, las habitualmente disponibles y asequibles en países desarrollados. En el presente estudio se han adoptado los mismos criterios y los mismos porcentajes de California, aunque allí las citadas medidas se refieren al año 1972. Sin embargo, y dado que no ha habido avances sustanciales sobre dicho tipo de medidas, los porcentajes no han sido modificados.

De igual forma, se han estimado los costes derivados de la aplicación de las citadas medidas de reducción de pérdidas expresadas en función de un porcentaje sobre las pérdidas totales. Los resultados se expresan en los cuadros 6.1 y 6.2, según la hipótesis de riesgo considerada.

Según los resultados obtenidos, los máximos ratios beneficio-coste se alcanzan en los siguientes riesgos:

Riesgos	Ratio Beneficio-Coste
Suelos expansivos	19
Deslizamientos	8
Terremotos	5
Actividad volcánica	4
Restantes riesgos	2

El máximo porcentaje de reducción de pérdidas se obtiene en los siguientes tipos de riesgos:

- Suelos expansivos
- Tsunamis
- Deslizamientos
- Erosión de suelos y costas

Los costes más bajos de aplicar medidas de corrección (expresados en función de su porcentaje sobre las pérdidas totales) son los siguientes riesgos:

- Actividad volcánica
- Suelos expansivos
- Terremotos
- Deslizamientos

Como resumen de este análisis beneficio-coste se destaca:

- Las pérdidas por riesgos geológicos pueden disminuir en un 69 % si se aplican medidas de prevención, mitigación y control.
- El coste medio de aplicar dichas medidas es del orden del 11 % de las pérdidas totales.
- El ratio medio beneficio-coste es de 6.
- Si no se adoptan medidas de reducción de pérdidas, las pérdidas totales se cifran en unos 8,1 billones de pesetas (hipótesis de riesgo máximo). Si se aplican medidas de corrección las pérdidas totales serían de 3,4 billones de pesetas, sin tener en cuenta las pérdidas en vidas humanas y otras consecuencias de tipo social y bienes de naturaleza intangible.
- Para la hipótesis de riesgo medio resultarían unas pérdidas totales, después de aplicar medidas de mitigación, de 2,1 billones de pesetas, frente a los 4,9 billones de pesetas si no se adoptan tales medidas.

CUADRO 6.1
ANALISIS BENEFICIO/COSTE
(HIPOTESIS DE RIESGO MAXIMO)

RIESGOS	PERDIDAS TOTALES (*)	POSIBLE REDUCCION DE PERDIDAS POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		COSTE ESTIMATIVO APROXIMADO POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		BENEFICIO/COSTE	PERDIDAS TOTALES DESPUES DE LA APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION
	1	2	3	4	5		
	PTAS.	%	PTAS.	%	PTAS.		PTAS.
INUNDACIONES	2.823.480.652.170	52,5	1.482.327.342.389	41,4	1.168.920.989.998	1,27	2.510.074.299.779
SISMICO	2.684.358.229.325	50,0	1.342.179.114.663	10,0	268.435.822.933	5,00	1.610.614.937.595
MOVIMIENTOS DEL TERRENO	895.960.288.304	90,0	806.364.259.473	10,3	92.283.909.695	8,74	181.879.938.526
EROSION DE SUELOS	870.796.526.780	66,0	574.725.707.675	45,7	397.954.012.738	1,44	694.024.831.843
TSUNAMIS	391.987.433.239	95,0	372.388.061.577	63,0	246.952.082.940	1,51	266.551.454.602
EROSION COSTERA	312.049.665.237	66,0	205.952.779.057	45,7	142.606.697.013	1,44	248.703.583.194
SUELOS EXPANSIVOS	104.244.773.359	99,0	103.202.325.625	5,0	5.212.238.668	19,80	6.254.686.402
ACTIVIDAD VOLCANICA	16.252.042.291	16,5	2.681.586.978	3,5	568.821.480	4,71	14.139.276.793
TOTAL	8.099.129.610.704	69,0	5.588.399.431.386	11,2	907.102.516.399	6,16	3.417.832.695.717

- (1) Pérdidas totales sin aplicar medidas de prevención.
 (*) Las pérdidas totales han sido corregidas con un crecimiento económico real del 2 % en el periodo de treinta años.
 (2) % de reducción de pérdidas si se aplican medidas de prevención/mitigación.
 (3) Reducción de pérdidas después de aplicar medidas de prevención/mitigación (Beneficio).
 (4) % sobre las pérdidas totales del coste de las medidas de prevención.
 (5) Coste total de las medidas de prevención (Coste).
 (6) Ratio Beneficio/Coste (columna 3/columna 5).
 (7) Pérdidas totales después de aplicar medidas de prevención/mitigación (columna 1 – columna 3 + columna 5).

CUADRO 6.2
ANALISIS BENEFICIO/COSTE
(HIPOTESIS DE RIESGO MEDIO)

RIESGOS	PERDIDAS TOTALES (*)	POSIBLE REDUCCION DE PERDIDAS POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		COSTE ESTIMATIVO APROXIMADO POR APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION		BENEFICIO/COSTE	PERDIDAS TOTALES DESPUES DE LA APLICACION DE MEDIDAS DE MITIGACION
	1	2	3	4	5		
	PTAS.	%	PTAS.	%	PTAS.		PTAS.
INUNDACIONES	2.823.480.652.170	52,5	1.482.327.342.389	41,4	1.168.920.989.998	1,27	2.510.074.299.779
EROSION DE SUELOS	870.796.526.780	66,0	574.725.707.675	45,7	397.954.012.738	1,44	694.024.831.843
MOV. DEL TERRENO	765.750.292.201	90,0	689.175.262.981	10,3	78.872.280.097	8,74	155.447.309.317
EROSION COSTERA	312.049.665.237	66,0	205.952.779.057	45,7	142.606.697.013	1,44	248.703.583.194
SUELOS EXPANSIVOS	104.244.773.359	99,0	103.202.325.625	5,0	5.212.238.668	19,80	6.254.686.402
SISMICO	84.784.424.216	50,0	42.392.212.108	10,0	8.478.442.422	5,00	50.870.654.529
ACT. VOLCANICA	2.067.458.828	16,5	343.177.491	3,5	72.361.059	4,71	1.796.642.396
TSUNAMIS	0	95,0	0	63,0	0	1,51	0
TOTAL	4.963.173.792.791	69,0	3.424.589.917.026	11,2	555.875.464.793	6,16	2.094.459.340.558

- (1) Pérdidas totales sin aplicar medidas de prevención.
 (*) Las pérdidas totales han sido corregidas con un crecimiento económico real del 2 % en el periodo de treinta años.
 (2) % de reducción de pérdidas si se aplican medidas de prevención/mitigación.
 (3) Reducción de pérdidas después de aplicar medidas de prevención/mitigación (Beneficio).
 (4) % sobre las pérdidas totales del coste de las medidas de prevención.
 (5) Coste total de las medidas de prevención (Coste).
 (6) Ratio Beneficio/Coste (columna 3/columna 5).
 (7) Pérdidas totales después de aplicar medidas de prevención/mitigación (columna 1 – columna 3 + columna 5).

7. CONCLUSIONES

Las pérdidas económicas totales por riesgos geológicos en España para el período de treinta años comprendido entre 1986 y 2016 pueden alcanzar la cifra de 8,09 billones de pesetas en la hipótesis de riesgo máximo, o de 4,96 billones de pesetas en la hipótesis de riesgo medio. En estas cifras se ha tenido en cuenta un crecimiento económico del 2 % anual.

Los riesgos más importantes son las inundaciones, 34,8 % (2,8 billones de pesetas), y los terremotos, 33,1 % (2,6 billones de pesetas), en hipótesis de riesgo máximo, mientras que para la hipótesis de riesgo medio las mayores pérdidas las pueden producir las inundaciones, 51,0 % (2,8 billones de pesetas) y la erosión de suelos, 17,5 % (0,8 billones de pesetas).

Por Comunidades Autónomas las mayores pérdidas se sitúan en Andalucía, 37 % de las pérdidas totales (3,06 billones de pesetas), seguida de Valencia, 14,7 % (1,19 billones de pesetas); Cataluña, 12,1 % (0,98 billones de pesetas) y Murcia, 12,0 % (0,97 billones de pesetas), en hipótesis de riesgo máximo. En la hipótesis de riesgo medio, las comunidades más expuestas serían Andalucía, 27,5 %; Valencia, 19,6 %; Cataluña, 18,6 %, y País Vasco, 11,3 %.

Si se aplicaran medidas de reducción de pérdidas junto con planes de prevención, según los medios actuales disponibles en países del mismo entorno socioeconómico que España, podría haber una reducción de pérdidas de 4,69 billones de pesetas en hipótesis de riesgo máximo, o de 2,87 billones de pesetas en la de riesgo medio, resultando unas pérdidas totales de 3,41

o 2,1 billones de pesetas, en vez de las cifras iniciales de 8,09 y 4,96 billones de pesetas, según la hipótesis de riesgo considerada. En estas cifras se ha incluido el coste de aplicar dichas medidas de reducción de pérdidas.

La incidencia económica de los riesgos geológicos en España podría representar del 0,68 % al 1,13 % de su renta nacional, según la hipótesis de riesgo, o bien el 0,5 % del PIB del año 1986, en hipótesis de riesgo medio.

La repercusión por persona se sitúa entre 4.400 pesetas y 7.300 pesetas anuales, suponiendo el 2 % del presupuesto del Estado del año 1986. Comparativamente con otros países, España está en una situación de menor riesgo que Italia o USA, y por supuesto que en California, pero en relación con la renta nacional el coste de los riesgos geológicos repercute más en España que en cualquiera de los citados países.

La posible incidencia en pérdidas de vidas humanas se ha valorado de forma muy subjetiva, estableciendo comparaciones con sucesos catastróficos ocurridos en otros países en circunstancias e intensidades semejantes a las que podrían suceder en España. Teniendo en cuenta la gran incertidumbre que encierra cualquier valoración de este tipo, los intervalos establecidos sitúan a las pérdidas potenciales de vidas entre 500 y 1.000 muertos, como hipótesis más probable para los próximos treinta años, y entre 7.000 y 40.000 en hipótesis máxima.

COLABORACIONES RECIBIDAS

Organismos, centros y empresas que han colaborado en el presente estudio:

- Compañía de Seguros Plus Ultra
- Comunidad Autónoma de Castilla-León
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- Diputación Foral de Navarra
- Diputación Provincial de Guipúzcoa
- Dirección General de Carreteras
- Dirección General de Obras Hidráulicas
- Dirección General de Protección Civil
- Dirección del Medio Ambiente del Gobierno de Canarias
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona
- Instituto Geográfico Nacional. Madrid y Sevilla
- ICONA
- Junta de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente
- Laboratorio de Puertos y Costas, CEDEX
- Observatorio de Marina. Cádiz
- RENFE

Dentro del Instituto Geológico y Minero de España han colaborado **Mercedes Ferrer, Joaquín del Val Melús y Lucas Vadillo**, de la división de Geología Aplicada a la Ingeniería.

Por parte de la Dirección General de Protección Civil ha colaborado **José Luis González García**, director de programas de dicha Dirección.

Se agradecen las contribuciones y datos facilitados por las siguientes personas (por orden alfabético):

- **Araña, V.**, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid
- **Carracedo, J. C.**, Dirección del Medio Ambiente, Tenerife
- **Catalán, M.**, director del Observatorio de Marina, Cádiz
- **Corominas, J.**, E. T. S. I. Caminos, Canales y Puertos, Barcelona
- **Faci, E.**, Gobierno de Navarra
- **Fernández Calvo, C.**, Centro de Estudios y Apoyo Técnico de la División de Materiales, M. O. P. U. Valladolid
- **Fernández Casals, M. J.**, Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad Autónoma de Madrid
- **Hinojosa, J. A.**, Dirección General de Carreteras, M. O. P. U. Madrid
- **Lechuga Alvaro, A.**, Centro de Estudios de Puertos y Costas, Madrid
- **Martín Martín, A. J.**, Delegación Regional de Sevilla, Instituto Geográfico Nacional.
- **Martín Vivaldi, J. A.**, Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Granada
- **Murtra Ferré, J.**, RENFE, Madrid
- **Pérez del Campo, P.** RENFE, Madrid
- **Suárez Ordóñez, L.**, RENFE, Madrid
- **Sánchez de la Barreda, J. E.**, Plus Ultra, Compañía Anónima de Seguros y Reaseguros, Madrid
- **Tamés Urdiain, F. J.**, Diputación Provincial de Guipúzcoa, San Sebastián

BIBLIOGRAFIA

- Afonso, L., et al. (1984): *Geografía de Canarias – Geografía Física*, tomo I, 334 pp., Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife.
- Aguilera, A. (1986): “Más allá del milagro”, en *Revista del M. O. P. U.*, marzo 86, pp. 54-59, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- Aguilo Bonnin, J. (1976): *Evaluación de Inversiones en Ordenación Agrohidrológica de Cuencas*, 72 pp., Dirección General de Protección de la Naturaleza, Madrid.
- Alcocer, A., y López Marinas, J. M. (1983): “Nuevos datos históricos para el conocimiento de la sismicidad almeriense”, en *Sismicidad Histórica de la región de la Península Ibérica*, pp. 5-8, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- Alfors, J.; Burnett, J. L., y Gay, T. E. (1973): “Urban geology, Master plan for California: the nature, magnitude and cost of geologic hazards in California and recommendations for their mitigation”, en *Bulletin of Calif. Div. of Mines and Geology*, núm. 198, 112 pp., California Division of Mines and Geology, California.
- Almoguera Lucena, J., y Rodríguez Estrella, T. (1986): “La neotectónica al noreste de Lorca y su incidencia en el canal del trasvase Tajo-Segura”, en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, Com. 16, 18 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- Alonso Pérez de Agreda, E. (1986): “Influencia del agua en la estabilidad de taludes. Roturas en roca. Casos reales”, en *Riesgos Naturales en Ingeniería Civil*, pp. 99-135, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Alonso Pérez de Agreda, E. (1986): “Movimientos del terreno. Roturas en suelos. Casos reales”, en *Riesgos Naturales en Ingeniería Civil*, pp. 44-97, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Alonso, A., et al. (1983): *Libro jubilar J. M. Ríos – Geología de España*, tomo I y II, 656 pp., Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Ambraseys, N. N. (1980): “Estudio de los terremotos en el terreno”, en *Terremotos – Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, pp. 147-163, Blume – UNESCO, Barcelona.
- Ancochea, E., y Hernán, F. (1981): “Riesgo volcánico”, en *Geología y Medio Ambiente*, 11, Serie Monografías, pp. 269-292, C. E. O. T. M. A. (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), Madrid.
- Antonopulos, J. (1970): “Seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean (Tsunamis)”, en *III European Symposium on Earthquake Engineering*, pp. 125-128, III European Symposium Earthquake Engineering, Bulgaria.
- Araña, V. (1986): *Riesgo volcánico*, 135 pp., Universidad Internacional Menéndez Pelayo, C. S. I. C., Santa Cruz de Tenerife.
- Araña, V. (1987): Comunicación personal.
- Asociación Española de Ingeniería Sísmica (1978): *Seminario sobre criterios sísmicos para instalaciones nucleares y obras públicas*, 344 pp., Instituto Geográfico Nacional, M. O. P. U., Madrid.
- Association of Engineering Geologists (1973): *Geology and Earthquakes Hazards: Planners guide to the seismic safety element*, 44 pp., Association of Engineering Geologists, California.
- Auci, M. (1978): “Airphoto interpretation of mass movements with special reference to the Spanish Pyrenees, Tremp, Northern Spain”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, vol. II, núm. 26, pp. 72-81, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Ayala Carcedo, F. J. (1984): “Análisis y propuesta de un posible desprendimiento en yesos en Lodosa (Navarra)”, en *Comunicaciones VIII Simposio Nacional*, tomo I, núms. 3-6, 12 pp., Sociedad Española de Mecánica de Rocas, Madrid.
- Ayuntamiento de Azagra (Navarra) (1974): “Una fecha en la Historia de Azagra”, en *Programa de Fiestas del Año 1974*, 70 pp., Ayuntamiento de Azagra, Azagra (Navarra).
- Banco de Bilbao (1985): *Informe Económico 1985*, 328 pp., Servicio de Estudios del Banco de Bilbao, Bilbao.
- Banco de Bilbao (1986): *Renta Nacional de España 1983 y su distribución provincial*, 299 pp., Servicio de Estudios del Banco de Bilbao, Bilbao.
- Banda, E. y Correig, A. M. (1984): “The Catalan Earthquake of February 2, 1428”, en *Engineering Geology*, vol. XX, núms. 1-2, pp. 89-98, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Baquero de la Cruz, G. (1964): “Aspectos Económicos de la Conservación de Suelos” (Artículo), 18 pp., Conservación de Suelos, Dirección General Agricultura, Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Barbat, A. H. (1986): “Elementos de sismología. Definición de los parámetros básicos de los grandes terremotos”, en *Riesgos Naturales en Ingeniería Civil*, pp. 189-237, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Berganza, F., y Modrono, R. (1976): “The instability phenomenon of the banks of the river Duero in its passage through Aranda (Burgos) in Tertiary soils”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. I, núm. 21, pp. 184-196, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Berzal, J. L., et al. (1978): “Analysis of a landslide in colluvial material on the Asturian shales”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. I, núm. 22, pp. 197-208, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Bewick, B. (1756): “Letter XIV”, en *Philosophical Transactions...* vol. 49, Parte II, pp. 424-427, L. Davis y C. Reymers Editores, Londres.
- Bolt, D. A.; Horn, W. L.; McDonald, G. A., y Scott, R. F. (1975): *Geological Hazards*, 328 pp., Editorial Springer Verlag, Nueva York.
- Bores, P. S. (1978): “Shore clasification-simple forms with prevailing wind wave action”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. II, núm. 52, pp. 150-169, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Canas Salas, J.: “La desertización en España: ejemplos prácticos” (artículo), 6 pp., Dirección General de Política Territorial, Madrid.
- Capote, R., et al. (1984): “Investigaciones sobre neotectónica en el centro sur y levante de la península”, en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, tomo 28, núms. 149-150, pp. 223-230, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Carracedo, J. C. (1984): “Geografía de Canarias”, tomo I. Ed. Interinsular Canaria. Sta. Cruz de Tenerife.
- Carracedo, J. C. (1987): Comunicación Personal.
- Casteleiro Maldonado, M. (1986): “Conceptos de riesgo. Desarrollo histórico y su tratamiento estadístico”, en *Riesgos*

- Naturales en Ingeniería Civil*, pp. 11-23, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Catalán, M.; Boloix, M., y Valenzuela, J.: *Propagación de maremotos en la región de Azores-Gibraltar*, pp. 419-437, Instituto y Observatorio de la Marina, San Fernando (Cádiz).
- Chacón Montero, J. (1986): "El Deslizamiento de tierras de Olivares (Moclin, Granada)" (artículo), 12 pp., Granada.
- Coates, D. R. (1985): *Geology and Society*, 406 pp., Dowden & Culver/Chapman and Hall, Nueva York (EE. UU.).
- Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (1978): *Boletín Informativo*, núm. 1, 30 pp., Instituto Geográfico Nacional, Presidencia del Gobierno, Madrid.
- Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (1978): *Norma Sismorresistente P. D. S.-1 (1974)*, 260 pp., Instituto Geográfico Nacional, Presidencia del Gobierno, Madrid.
- Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (1979): *Boletín Informativo*, núm. 2, 49 pp., Instituto Geográfico Nacional, Presidencia del Gobierno, Madrid.
- Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (1983): *Las inundaciones en España. Informe General*, tomos I y II (3 mapas), 146 y 284 pp., Comisión Nacional de Protección Civil, Madrid.
- Corominas, J., y Alonso, E. (1984): "Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología y causas", en *Inestabilidad de Laderas en el Pirineo* (Ponencias y Comunicaciones), pp. C1-C53, E. T. S. Ingenieros Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.
- Corominas, J. (1985): *Memoria de la cartografía de riscos geológicos a les comarques de muntanya de Catalunya*, 56 pp., Barcelona.
- Corominas, J. (1986): *Recursos i riscos geològics - Historia natural del Paisos Catalans*, pp. 225-270, Barcelona.
- Cotecchia, U. (1986): "Introduction conference", en *International Symposium on Engineering Geology Problems in Seismic Areas*, Bari, Italia.
- Cummings, J. C. (1974): "Earthquake magnitudes, recurrence intervals and seismic safety planning San Andreas Fault system, California", en *Prediction of Geological Hazards* (Miscellaneous Paper), núm. 3, pp. 3-22, Geological Society, Londres.
- Delegación Permanente del Gobierno (1962): *Las inundaciones de Valencia de 1957* (Memoria oficial), 251 pp., Edición Oficial Especial (25 ejemplares), Valencia.
- Diputación Foral de Guipúzcoa (1985): *Estudio de riesgos naturales de la provincia de Guipúzcoa*, escala 1:50.000, 3 tomos, 38 pp., 20 mapas, Diputación Foral de Guipúzcoa (Dirección General de Medio Ambiente), Guipúzcoa.
- Dirección General de Medio Ambiente (1980): *Revisión y actualización del informe general sobre el medio ambiente en España*, 3 tomos, 736 pp., Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- Dirección General de Medio Ambiente (1982): *Informe parcial de los trabajos realizados para la elaboración de un mapa de fenómenos de erosión* (Península y Baleares), Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- Dirección General de Medio Ambiente (1983): *Estudio del estado del equilibrio erosivo en Andalucía*, 9 mapas, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- Dirección General de Puertos y Costas / C. E. D. E. X. / M. O. P. U.: *Estudio de la dinámica litoral en las costas españolas*, informe técnico, Madrid.
- Dirección General de Protección Civil / Ministerio del Interior (1986): "Emergencia 86", en *Cuadernos de Protección Civil*, núm. 15, pp. 3-20, Centro de Publicaciones del Ministerio del Interior, Madrid.
- Dirección General de Protección Civil / Ministerio del Interior (1986): "Las Inundaciones en España: pasado, presente y futuro", en *Cuadernos de Protección Civil*, núm. 14, pp. 2-12, Centro de Publicaciones del Ministerio del Interior, Madrid.
- Domercq, J. (1978): "El Riesgo de Inundaciones en su Relación con la Ordenación Territorial Española", Comunicación núm. 1-02 del Coloquio sobre Ordenación Territorial, 15 pp., M. O. P. U., Dirección General de Ordenación Territorial, Madrid.
- Durán Valsero, J. J., y Elizaga, E. (1986): "Algunos datos y reflexiones sobre el problema de las Inundaciones en España: La elaboración del mapa para la prevención de Avenidas" (artículo), 4 pp., Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Durán Valsero, J. J., y Lamas Romero, J. L. (1985): "Las inundaciones en Andalucía", en *Geología y Prevención de Daños por Inundaciones*, pp. 335-412, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Durán Valsero, J. J., y Val Melus, J. (1984): "El Karst yesífero en España: Condicionantes geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica", en *I Congreso Español de Geología*, tomo I, pp. 623-634, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Segovia
- E. N. ADARO (1977): *Proyecto ERGON, Fase II. Estudio sismotectónico de la España peninsular para la selección de emplazamientos de centrales nucleares*, 88 pp., Informe Técnico, Madrid.
- E. N. ADARO (1978): *Estudio del medio geológico para el emplazamiento de una Central Nuclear en la zona de Rodalquilar (Almería): Estudio Sismotectónico*, 71 pp., Informe Técnico, Madrid.
- E. N. ADARO (1978): *Estudios para el emplazamiento de una Central Nuclear en el Bajo Cinca (Chalamera, Huesca)*, 76 pp., Informe Técnico, Madrid.
- E. N. ADARO (1981): *Estudio de rentabilidad de las cuencas de Arenas del Rey y Padul. Estudio sismotectónico, I*, 136 pp., Informe Técnico, Madrid.
- Estévez, A., y Sanz de Galdeano, C. (1984): "Neotectónica en la Depresión de Granada y áreas próximas, métodos empleados para el estudio de las deformaciones neotectónicas", en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, tomo 28, núm. 149-150, pp. 249-257, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Europa Publications (1972-1984): *Europa Yearbook*, tomos I y II.
- Fernández Montero, A. y García Yagüe, A. (1984): "Movimientos de ladera en el curso alto del río Pas (Cantabria)", en *I Congreso Español de Geología*, tomo III, pp. 423-430, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Segovia.
- Fernández Rubio, R. (1981): "Nociones de Hidrogeología Kárstica", en *Introducción al Estudio del Karst*, Sec. Reg. Castellana - Centro de Espeleología, Madrid.
- Fontboté, J. M., et al. (1984): "Investigaciones sobre neotectónica en Cataluña", en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, tomo 28, núm. 149-150, pp. 205-215, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.

- Funnell, B. M. (1974): "Environmental geology: the prediction of geological hazards", en *Prediction of Geological Hazards* (Miscellaneous Paper), núm. 3, pp. 1-2, Geological Society, Londres.
- García Dueñas, V., et al. (1984): "Neotectónica y sismicidad en las Cordilleras Béticas: una revisión de resultados", en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, tomo 28, núms. 149-150, pp. 231-237, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- García Retuerta, C. (1984): "La larga lucha contra las riadas", en *Revista del M. O. P. U.*, abril, 1984, pp. 36-42, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- García Yagüe, A. (1971): "Movimientos del terreno en el futuro embalse de Arenós, Río Mijares. (Castellón de la Plana)", en *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica*, Sec. 5, núm. 6, pp. 51-64, Editorial Ibérica, Madrid.
- García Yagüe, A. (1986): "Daños producidos por los terremotos", en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, Ponencia, 6 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- García-Ruiz, J. M., y Puigdefabregas, J. (1984): "Inestabilidad de laderas en el Pirineo Aragonés: tipos de movimientos y su distribución geográfica", en *Inestabilidad de Laderas en el Pirineo* (Ponencias y Comunicaciones), I.4.1. - I.4.12, E. T. S. Ingenieros Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.
- Garzón Heydt, M. G. (1981): "Avenidas, torrentes y avalanchas", en *Geología y Medio Ambiente*, 11 Serie Monografías, pp. 313-321, C. E. O. T. M. A. (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), Madrid.
- Garzón Heydt, G. (1985): "Las avenidas como fenómeno geológico", en *Geología y Prevención de Daños por Inundaciones*, pp. 5-53, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Gentil, P., y Justo, J. L. (1983): "Terremoto de Carmona de 1504", en *Sismicidad Histórica de la Región de la Península Ibérica*, pp. 9-16, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- González de Vallejo, L. I. (1984): "Fenómenos de inestabilidad geológica y su incidencia en la ingeniería", en *I Congreso Español de Geología*, tomo V, pp. 397-414, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Segovia.
- González de Vallejo, L.; Capote, R., y Carbo, A. (1980): "Metodología para la ordenación territorial en función del riesgo sismotectónico. Aplicación a la España peninsular", en *I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 16 pp., Comunicación, Santander.
- González de Vallejo, L. I.; Capote, R., y Carbo, A. (1981): "Sismotectónica y riesgo sísmico", en *Geología y Medio Ambiente*, 11 Serie Monografías, pp. 293-300, C. E. O. T. M. A. (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), Madrid.
- González de Vallejo, L.; Skipp, B. O., y Whittle, R. A. (1978): "Engineering geological and seismological criteria for nuclear power plant site selection and classification", en *III Congreso Internacional*, I. A. E. G., sec. I, vol. II, núm. 55, pp. 195-197, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- González de Vallejo, L. y Skipp, B. O. (1980): "A general procedure for regional sismotectonic mapping for engineering purposes", en *Bulletin of the I. A. E. G.*, núm. 21, pp. 118-121, International Association of Engineering Geology Postfach, R. F. A.
- Griggs, G. B. y Johnson, R. E. (1979): "Coastline Erosion, Santa Cruz County", en *Revista California Geology*, vol. 32, núm. 4, pp. 67-76, California Division of Mines and Geology, Sacramento (California), EE. UU.
- Gutiérrez Elorza, M., et al. (1984): "Criterios geomorfológicos aplicados al estudio de la neotectónica en áreas continentales (ejemplos en la Cadena Ibérica, Depresión del Ebro y Pirineos)", en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, tomo 28, núms. 149-150, pp. 217-222, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Hernández Pacheco, A. (1982): "Sobre una posible erupción en 1983 en la Isla de Hierro", en *Estudios Geológicos*, vol. 38, núms. 1-2, pp. 15-25, Instituto Lucas Mallada, Madrid.
- Hey, R. D. (1974): "Prediction and effects of flooding in alluvial systems", en *Prediction of Geological Hazards* (Miscellaneous Paper), núm. 3, pp. 42-56, Geological Society, Londres.
- I. C. O. N. A. - Proyecto Lucdeme (1982): *Paisajes erosivos en el sureste español*, Ensayos de Metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación, Monografía 26, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- I. G. M. E.: Colección de mapas geotécnicos generales, escala 1:200.000, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria, Madrid.
- I. G. M. E. (1980): *Mapa geotécnico y de riesgos geológicos para la ordenación urbana de Alcoy* 165 pp., Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- I. G. M. E. (1980): *Mapa de riesgos naturales ligados a movimientos del terreno, Zona de Granada*, escala 1:25.000, Mapa, 37 pp., Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- I. G. M. E. (1980): *Mapa de riesgos naturales ligados a movimientos de terrenos*, 37 pp. Dir. Instituto Geológico y Minero de España. Aguas Subterráneas y Geotecnia, Madrid.
- I. G. M. E. (1983): *Mapa sismotectónico de España. Granada, Hoja Piloto, escala 1:100.000*, Mapa, 36 pp., Instituto Geológico y Minero de España, Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia, Madrid.
- I. G. M. E. (1985): *Mapa del Karst de España*, Mapa, Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- I. G. M. E. - B. R. G. M. (1980): *Aspectos geotécnicos para la ordenación del territorio en áreas de montaña*, 31, Instituto Geológico y Minero de España, Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia, Madrid.
- Iida, K. (1963): "Magnitude, energy and generation mechanisms of tsunamis of earthquake", en *Tsunamis Meetings Associated with the 10th Pacific Science Congress*, Monograf. 24, pp. 7-18, I. U. G. G.
- Instituto Nacional de Estadística. M. de Economía y Comercio: *Censo de Población de 1887*, I. N. E., Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística, M. de Economía y Comercio (1982): *Poblaciones de Derecho y de Hecho de los Municipios de España*, Censo de Población de 1981, 153 pp., I. N. E., Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional (1981): *El Terremoto de Andalucía de 25 de diciembre de 1884*, 139 pp., Instituto Geográfico Nacional, Presidencia de Gobierno, Madrid.
- Justo, J. L. (1982): "Método probabilístico e integrado de es-

- timación de las acciones sísmicas”, en *Contribución a una posible revisión de la norma sismorresistente española*, pp. 41-52, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Sevilla.
- Justo, J. L., y Gentil, P. (1982): “Riesgo sísmico en Sevilla”, en *Contribución a una posible revisión de la norma sismorresistente española*, pp. 17-26, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Sevilla.
- Justo, J. L., y Gentil, P. (1983): “La falla del terremoto de Carmona de 1504” en *Sismicidad Histórica de la Región de la Península Ibérica*, pp. 20-25, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- Karnik, V., y Algermisen, S. T. (1980): “Zonificación sísmica”, en *Terremotos, Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, pp. 11-49, Blume - UNESCO, Barcelona.
- Karnik, V.; Schenkova, Z., y Schenk, V. (1984): “Vulnerability and the MSK scale”, en *Engineering Geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp., 161-168, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Kates, R. W. (1979): *Risk assessment of environmental hazard*, Scope 8, 122 pp., John Willey and Sons, Nueva York.
- Kockelman, W. J. (1986): “Some techniques for reducing landslide hazards”, en *Bulletin Association of Engineering Geologists*, vol. 23, núm. 1, pp. 29-52, Association Engineering Geologists, Texas EE. UU.
- Lamas Romero, J. L. (1985): “Factores climáticos e hidrológicos en la formación de avenidas”, en *Geología y Prevención de Daños por Inundaciones*, pp. 56-116, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Lapajne, J. (1984): “The MSK-78 intensity scale and seismic risk”, en *Engineering Geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp. 105-112, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Lasanta Martínez, T. (1985): “Aportación al estudio de la erosión hídrica en campos cultivados de La Rioja” en *Ciencias de la Tierra - Geografía*, vol. 3, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño.
- Letourner, J.; Antoine, P., y Barbier, R. (1978): “Reflexions sur certains risques naturels, leur prevision et la validité de leur cartographie”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 45, pp. 91-97, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Llamas Madurga, M. R. (1962): “Estudio Geológico-Técnico de los Terrenos Yesíferos de la Cuenca del Ebro y de los Problemas que plantean”, en *Boletín del S. G. O. P. Informaciones y estudios*, núm. 12, 192 pp., M. O. P., Dirección General de Obras Hidráulicas, Madrid.
- López Marinas, J. L. (1983): “El terremoto del 30 de diciembre de 1937 en Levante. Un ejemplo de utilización de datos históricos en época instrumental”, en *Sismicidad Histórica de la Región de la Península Ibérica*, pp. 26-29, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- Macau Vilar, F. (1963): “Previsión de los movimientos del terreno”, en *Boletín del Servicio Geológico de Obras Públicas*, núm. 16, 83 pp., Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas, Madrid.
- Mahr, T., y Malgot, J. (1978): “Zoning maps for regional and urban development based on slope stability”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. 1, núm. 14, pp. 124-137, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Mandrescu, N. (1984): “Geological hazard evaluation in Romania”, en *Engineering geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp. 39-48, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Martín Contreras, J., y Leguey Jiménez, S. (1971): “Estudio geotécnico de los materiales deslizantes en el nuevo acceso a Málaga”, en *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica*, sec. 5, n.º 9, pp. 95-110, Editorial Ibérica, Madrid.
- Martín Martín, A. J. (1984): *Riesgo sísmico en la Península Ibérica* (Tesis Doctoral), tomos I y II, 235 y 225 pp., Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Martín Martín, A. J. (1985): *Plan de actuación para caso de catástrofe sísmica. Aplicación a la provincia de Córdoba*, 28 pp., Instituto Geográfico Nacional - Delegación Regional Sevilla, Sevilla
- Martín Martín, A. J. (1986): “Consideraciones del fenómeno sísmico en la ordenación del territorio”, en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, Ponencia, 16 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- Martín Martín, A. J. (1986): *Evaluación de la peligrosidad sísmica y de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría a la población y a las viviendas de Andalucía*, 27 pp., Instituto Geográfico Nacional Delegación Regional Sevilla, Sevilla.
- Martín Martín, A. J., y García Yagüe, A. (1986): *Estimación, para su aplicación a Protección Civil, de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría en Andalucía*, 204 pp., Instituto Geográfico Nacional, M. O. P. U., Madrid.
- Martínez Solares, J. M., y Herraiz, M. (1986): “Sismicidad y estudios sísmicos de la región de Murcia”, en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, com. 9, 24 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- Martínez-Torres, L. M., y Ramón-Lluch, R. (1984): “Relaciones entre la estructura y deslizamientos de laderas en el macizo de Cinco Villas (Pirineo Occidental)”, en *Comunicaciones del VIII Simposio Nacional*, tomo 1, núm. 1-1, 8 pp., Sociedad Española de Mecánica de Rocas, Madrid.
- Meneroud, J. P. (1978): “Cartographie des risques dans les Alpes-Maritimes (France)”, en *III Congreso Internacional I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 46, pp. 98-107, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Mingarro Martín, E. (1984): “Necesidad del análisis del riesgo geológico”, en *Energía Nuclear Revista-Monográfico neotectónica*, vol. 28, núms. 149-150, pp. 189-193, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Molina Donate, M. J., et al. (1984): “La erosión hídrica de los suelos de la zona de Chelva (Valencia). Contribución al estudio de las formas de erosión hídrica”, en *I Congreso Español de Geología*, tomo I, pp. 691-700, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Segovia.
- Munchener Ruck (Compañía de Seguros) (1978): *World Map of Natural Hazards*, Mapa y memoria, 49 pp., Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft, Munich (R. F. A.).
- Muñoz, D., et al. (1983): “Reevaluación de los datos del terremoto de 1829 (Torrevieja)” en *Sismicidad Histórica de la Región de la Península Ibérica*, pp. 38-41, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- Muñoz, D., et al. (1983): “Terremoto de Málaga de 1680”, en *Sismicidad Histórica de la Región de la Península Ibérica*, pp. 35-37, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Madrid.
- Muñoz, D., et al. (1984): “A probabilistic calculation of seismic

- hazard of southern Spain", en *Engineering Geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp. 49-62, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Naciones Unidas (1978): *Prevención y mitigación de desastres. (Compendio de los conocimientos actuales). Aspectos sísmológicos*, vol. 3, 125 pp., Naciones Unidas, Nueva York, EE. UU.
- Naciones Unidas (1948-1982): *Statistical Yearbook*, United Nations.
- Navarro Hervás, F., y Rodríguez Estrella, T. (1986): "Estudio y repercusiones de la neotectónica en la comarca de los Vélez, provincia de Almería y Murcia", en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, com. 13, 30 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- Nieto Saravia, F.; Fernández Montero, A., y Urrutia Serrano, L. (1971): "Dos problemas prácticos de estabilidad de laderas", en *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica*, sec. 5, núm. 13, pp. 151-167, Editorial Ibérica, Madrid.
- Novoa, M. (1984): "Precipitaciones y avenidas extraordinarias en Cataluña", en *Inestabilidad de Laderas en el Pirineo* (Ponencias y Comunicaciones), I.1.1-I.1.15, E. T. S., Ingenieros Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.
- Paula Mellado, F. (1845): *España Geográfica (Histórica, Estadística, Pintoresca)*, 947 pp., Editorial no encontrada, Madrid.
- Pernia, J. M.; González de Vallejo, L., y Saint-Aubin, J. (1984): "Contribución al mapa sismotectónico de España. Presentación de la hoja piloto de Granada, escala 1:1.000.000", en *I Congreso Español de Geología*, tomo III, pp. 461-467, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Segovia.
- Perrenoud, P., y Straub, E. (1980): "El seguro y las consecuencias económicas de los terremotos", en *Terremotos, Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, pp. 278-291, Blume UNESCO, Barcelona.
- Petak, W. J. (1984): "Geologic Hazard Reduction: The Professional's Responsibility", en *Bulletin I. A. E. G.*, vol. 21, núm. 4, International Association of Engineering Geology, Postfach (R. F. A.).
- Presidencia del Senado (1984): *Informe de la Comisión Especial de Investigación para el estudio de las causas y consecuencias de las inundaciones en el norte de España*, pp. 221-247, Boletín Oficial de las Cortes Españolas, Madrid.
- Prieto Alcolea, C., y Lamas Romero, J. L. (1985): "Avenidas extraordinarias en el País Vasco", en *Geología y Prevención de Daños por Inundaciones*, pp. 247-334, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Revista Parroquial de Azagra* (1974): Recuerdo de un trágico amanecer: 21 de julio de 1874 2 pp., Parroquia de Azagra, Azagra, Navarra.
- Robinson, G. D., y Speiker, A. M. (Eds.) (1978): "Nature to be commanded", en *Geological Survey Professional Paper*, núm. 950, Government Printing Office, Washington, U. S.
- Rodríguez Estrella, T., y López Bermúdez, F. (1984): "Investigación interdisciplinar sobre las deformaciones recientes en el sector meridional de la vega alta del Segura (Murcia): criterios...", en *Energía Nuclear*, Revista-Monográfico neotectónica, tomo 28, núms. 149-150, pp. 259-266, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Rodríguez Estrella, T. (1986): "La neotectónica en la región de Murcia y su incidencia en la ordenación del territorio", en *I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación Territorial*, Ponencia, 23 pp., Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Murcia.
- Rodríguez Ortiz, J. M., et al. (1978): "Regional studies on mass movements in Spain", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 1, núm. 29, pp. 267-277, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Rodríguez Ortiz, J. M., et al. (1978): "The evolution of the Ebro Delta", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 61, pp. 248-260, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Rodríguez Ortiz, J. M., y Prieto, C. (1978): "The morphological evolution of the channelized Segura river - New training measures", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 39, pp. 33-34, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Rodríguez Ortiz, J. M., y Prieto, C. (1978): "The geomorphological effects of exceptional flood discharges diverted to small natural streams. Application to the Mazarron Creek (Murcia, Spain)", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 40, pp. 44-57, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Romana Ruiz, M., y Soriano Peña, A. (1971): "Algunos ejemplos de subsidencias en las cercanías de Zaragoza", en *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica*, sec. 5, núm. 18, pp. 183-196, Editorial Ibérica, Madrid.
- Roses Castro, J. (1985): *Incidencia macroeconómica de la desertización* (Artículo), p. 10, IV Curso de Ordenación del Territorio, E. T. S. I. A., Lérida.
- Rubio, J. L., et al. (1983): "La riada del Júcar del 20 de octubre de 1982. Procesos erosivos y características de los sedimentos", en *Revista de Agronomía y Tecnología de Alimentos*, núm. 23(2), Revista de Agronomía y Tecnología de Alimentos, Valencia.
- Schenk, V., et al. (1984): "Seismic hazard assesment for the German Democratic Republic", en *Engineering Geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp. 73-88, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Schuster, R. L. y Fleming, R. W. (1986): "Economic losses and fatalities due to landslides", en *Bulletin Association of Engineering Geologists*, vol. XXIII, núm. 1, pp. 11-28, Association of Engineering Geologists, Texas, EE. UU.
- Sergeyev, Y. M. (1978): "Special - Purpose maps of geological - Environment protection", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 2, núm. 49, pp. 125-131, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Soloviev, S. L. (1980): "Tsunamis", en *Terremotos, Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, pp. 124-146, Blume UNESCO, Barcelona.
- Tiedemann, H. (1984): "Quantification of factors contributing to earthquake damage in buildings", en *Engineering Geology*, vol. 20, núms. 1-2, pp. 169-180, Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Toulemont, M. (1978): "Les problemes de stabilite generale des fondations profondes en milieu karstique evolutif", en *III Congreso Internacional. I. A. E. G.*, sec. I, vol. 1, núm. 41, pp. 289-303, Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería, Madrid.
- Trilla Arrufat, J. (1981): "Inestabilidad gravitatoria", en *Geología y Medio Ambiente*, 11 Serie Monografías, pp. 301-311,

- C. E. O. T. M. A. (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), Madrid.
- U. S. Department of Commerce - Bureau of the Census (1938-1978): *Statistical Abstract of U. S. A.*, Bureau of the Census, EE. UU.
- Ulloa, A. (1756): "Letter XV", en *Philosophical Transactions...*, vol. XLIX, parte II, pp. 417-426, L. Davis y C. Reymers Editores, Londres.
- UNESCO (1980): "Informe de la Conferencia intergubernamental sobre la evaluación y la disminución de los riesgos sísmicos. París, 10-19 de febrero de 1976", en *Terremotos, Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, pp. 323-360, Blume - UNESCO, Barcelona.
- Varios Autores (1986): "Prevenir y mitigar los riesgos naturales", en *Revista El Geólogo*, vol. IV, núm. 20, 51 pp. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Madrid.
- Vidal, F.; Miguel, F., y Sanz de Galdeano, C. (1984): "Neotectónica y sismicidad de la depresión de Granada", en *Energía Nuclear*, Revista-Monográfico neotectónica, tomo 28, núms. 149-150, pp. 267-275, Publicaciones Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Villacañas Berenguer, J. (1982): "Optimización del costo de las construcciones en zonas sísmicas", en *Contribución a una Posible Revisión de la Norma Sismorresistente Española*, pp. 91-97, Asociación Española de Ingeniería Sísmica, Sevilla.
- Walker, G. P. L. (1974): "Volcanic hazards and the prediction of volcanic eruptions", en *Prediction of Geological Hazards (Miscellaneous Paper)*, núm. 3, pp. 23-41, Geological Society, Londres.
- Wieczorek, G. F. (1984): "Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction", en *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, vol. XXI, núm. 3, pp. 337-342, Association Engineering Geologists, Texas.
- Wiegel, R. L. (1977): *Tsunamis*, pp. 253-306, Editorial Werfel.

Apéndice I

*RESULTADOS DE LAS PERDIDAS EN
FUNCION DEL TIPO DE RIESGO Y SU
DISTRIBUCION POR COMUNIDADES
AUTONOMAS*

APENDICE I

RESULTADOS DE LAS PERDIDAS EN FUNCION DEL TIPO DE RIESGO Y SU DISTRIBUCION POR COMUNIDADES AUTONOMAS

**ACTIVIDAD VOLCANICA
RIESGO MAXIMO**

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
CANARIAS	11.894.503.878	16.084.572.514
CATALUÑA	123.843.510	167.469.777
ANDALUCIA	0	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	12.018.347.388	16.252.042.291

RIESGO MEDIO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
CANARIAS	1.528.880.984	2.067.458.828
ANDALUCIA	0	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	1.528.880.984	2.067.458.828

**EROSION COSTERA
RIESGO MEDIO**

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	52.650.000.000	71.196.979.003
CATALUÑA	35.460.000.000	47.951.469.619
ASTURIAS	33.534.000.000	45.346.998.934
VALENCIA	28.440.000.000	38.458.539.085
CANARIAS	25.020.000.000	33.833.778.056
GALICIA	18.360.000.000	24.827.664.473
CANTABRIA	14.976.000.000	20.251.585.139
BALEARES	13.230.000.000	17.890.522.929
PAIS VASCO	7.560.000.000	10.223.155.959
MURCIA	1.530.000.000	2.068.972.039
ARAGON	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
EXTREMADURA	0	0
MADRID	0	0
NAVARRA	0	0
RIOJA	0	0
TOTAL	230.760.000.000	312.049.665.237

**EROSION DE SUELOS
RIESGO MEDIO**

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	145.188.128.935	196.333.450.471
VALENCIA	110.612.462.200	149.577.837.582
CATALUÑA	109.019.647.742	147.423.923.479
PAIS VASCO	60.090.328.580	81.258.306.974
CASTILLA LA MANCHA	42.298.236.336	57.198.606.730
CASTILLA LEON	38.945.415.591	52.664.690.144
ARAGON	29.220.415.891	39.513.871.541
MURCIA	25.136.922.577	33.991.888.868
EXTREMADURA	22.298.625.990	30.153.747.510
GALICIA	15.272.998.523	20.653.207.125
CANARIAS	10.653.557.115	14.406.478.295
ASTURIAS	8.984.567.890	12.149.555.392
NAVARRA	8.011.382.668	10.833.546.888
BALEARES	6.544.143.108	8.849.443.864
MADRID	4.561.492.911	6.168.366.857
CANTABRIA	4.274.398.406	5.780.137.770
RIOJA	2.839.277.111	3.839.467.291
TOTAL	643.952.001.573	870.796.526.780

MOVIMIENTOS DEL TERRENO

RIESGO MAXIMO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	177.466.565.740	239.982.589.833
ARAGON	80.269.429.887	108.545.886.311
CASTILLA LA MANCHA	59.941.050.671	81.056.443.039
CATALUÑA	59.909.258.292	81.013.451.182
CASTILLA LEON	59.888.242.416	80.985.032.058
ASTURIAS	42.256.520.727	57.142.195.991
VALENCIA	33.242.716.235	44.953.104.839
NAVARRA	32.638.713.541	44.136.330.535
PAIS VASCO	26.295.131.081	35.558.098.679
CANTABRIA	23.906.209.824	32.327.633.787
MURCIA	17.641.128.339	23.855.556.390
GALICIA	16.839.644.041	22.771.733.774
RIOJA	11.906.198.304	16.100.386.527
EXTREMADURA	8.624.578.468	11.662.752.746
CANARIAS	4.588.120.409	6.204.374.405
BALEARES	3.836.998.630	5.188.655.478
MADRID	3.310.037.955	4.476.062.730
TOTAL	662.560.544.559	895.960.288.304

RIESGO MEDIO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	145.112.679.288	196.231.422.229
ARAGON	77.594.942.651	104.929.259.310
CASTILLA LA MANCHA	58.240.391.230	78.756.693.477
CASTILLA LEON	56.775.999.033	76.776.440.855
CATALUÑA	54.476.599.740	73.667.033.767
VALENCIA	28.013.859.230	37.882.282.002
NAVARRA	27.141.303.418	36.702.351.559
ASTURIAS	25.476.774.342	34.451.459.978
CANTABRIA	18.294.541.589	24.739.147.073
PAIS VASCO	15.963.092.429	21.586.399.933
GALICIA	15.554.319.022	21.033.628.202
MURCIA	15.204.454.850	20.560.517.621
RIOJA	8.971.900.692	12.132.425.930
EXTREMADURA	8.576.024.020	11.597.094.057
CANARIAS	4.006.096.465	5.417.321.289
BALEARES	3.774.488.978	5.104.125.594
MADRID	3.093.089.005	4.182.689.325
TOTAL	566.270.555.984	765.750.292.201

**INUNDACIONES
RIESGO MEDIO**

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
VALENCIA	532.018.633.466	719.432.468.682
CATALUÑA	479.590.919.869	648.536.080.759
ANDALUCIA	416.282.076.632	562.925.475.200
PAIS VASCO	330.700.396.954	447.195.996.547
MURCIA	85.423.388.267	115.515.426.037
ARAGON	46.011.156.713	62.219.474.993
GALICIA	36.981.859.629	50.009.433.685
ASTURIAS	30.274.619.375	40.939.438.556
NAVARRA	24.759.920.121	33.482.080.019
CASTILLA LA MANCHA	19.700.689.907	26.640.638.284
CANTABRIA	17.999.080.970	24.339.604.746
BALEARES	16.342.117.610	22.098.944.052
EXTREMADURA	15.114.790.610	20.439.267.420
CASTILLA LEON	14.877.196.347	20.117.975.991
CANARIAS	12.929.276.985	17.483.864.426
RIOJA	5.093.687.965	6.888.037.893
MADRID	3.857.548.828	5.216.444.880
TOTAL	2.087.957.360.247	2.823.480.652.170

**SUELOS EXPANSIVOS
RIESGO MEDIO**

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	29.311.319.775	39.636.798.074
MADRID	23.794.947.698	32.177.177.429
CATALUÑA	7.394.522.844	9.999.386.280
VALENCIA	3.745.454.465	5.064.863.113
CASTILLA LEON	3.022.513.515	4.087.252.256
EXTREMADURA	2.841.758.430	3.842.822.702
CASTILLA LA MANCHA	1.896.213.917	2.564.191.879
ARAGON	1.685.024.640	2.278.607.102
BALEARES	722.382.570	976.855.777
MURCIA	682.269.269	922.611.791
PAIS VASCO	658.902.750	891.013.965
CANTABRIA	537.176.850	726.407.767
CANARIAS	413.684.250	559.412.514
RIOJA	213.649.425	288.911.560
NAVARRA	166.376.988	224.986.494
ASTURIAS	2.569.500	3.474.656
GALICIA	0	0
TOTAL	77.088.766.886	104.244.773.359

TERREMOTOS

RIESGO MAXIMO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	1.158.666.924.933	1.566.829.719.391
MURCIA	593.010.228.942	801.909.531.216
VALENCIA	172.323.147.503	233.027.303.220
CATALUÑA	35.408.400.539	47.881.693.251
CANARIAS	7.680.916.766	10.386.667.991
EXTREMADURA	4.755.010.851	6.430.055.227
BALEARES	3.519.778.002	4.759.687.759
PAIS VASCO	2.833.978.005	3.832.301.472
NAVARRA	2.664.205.617	3.602.723.482
ARAGON	1.600.169.420	2.163.859.992
GALICIA	1.247.189.195	1.686.535.668
CASTILLA LEON	487.890.070	659.758.767
CASTILLA LA MANCHA	475.679.604	643.246.929
RIOJA	403.133.427	545.144.960
ASTURIAS	0	0
CANTABRIA	0	0
MADRID	0	0
TOTAL	1.985.076.652.873	2.684.358.229.325

RIESGO MEDIO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	38.418.599.183	51.952.292.485
VALENCIA	18.641.685.407	25.208.579.003
MURCIA	5.637.599.470	7.623.552.727
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANARIAS	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
TOTAL	62.697.884.060	84.784.424.216

TSUNAMIS

RIESGO MAXIMO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	288.935.690.538	390.718.865.954
CANARIAS	575.468.250	778.188.052
GALICIA	362.634.300	490.379.233
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	289.873.793.088	391.987.433.239

RIESGO MEDIO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	0	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANARIAS	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	0	0

PERDIDAS TOTALES

RIESGO MAXIMO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	2.268.500.706.552	3.067.623.877.925
VALENCIA	880.382.413.869	1.190.514.116.521
CATALUÑA	726.906.592.796	982.973.474.349
MURCIA	723.423.937.393	978.263.986.341
PAIS VASCO	428.138.737.370	578.958.873.597
ARAGON	158.786.196.550	214.721.699.938
CASTILLA LA MANCHA	124.311.870.435	168.103.126.860
CASTILLA LEON	117.221.257.939	158.514.709.215
ASTURIAS	115.052.277.491	155.581.663.529
GALICIA	89.064.325.688	120.438.953.959
CANARIAS	73.755.527.653	99.737.336.252
NAVARRA	68.240.598.936	92.279.667.418
CANTABRIA	61.692.866.051	83.425.369.209
EXTREMADURA	53.634.764.348	72.528.645.605
BALEARES	44.195.419.920	59.764.109.858
MADRID	35.524.027.392	48.038.051.896
RIOJA	20.455.946.232	27.661.948.231
TOTAL	5.989.287.466.614	8.099.129.610.704

RIESGO MEDIO

COMUNIDADES AUTONOMAS	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ANDALUCIA	826.962.803.813	1.118.276.417.462
VALENCIA	721.472.094.768	975.624.569.468
CATALUÑA	685.941.690.195	927.577.893.905
PAIS VASCO	414.972.720.713	561.154.873.379
ARAGON	154.511.539.895	208.941.212.946
MURCIA	133.614.634.433	180.682.969.084
CASTILLA LA MANCHA	122.135.531.390	165.160.130.369
CASTILLA LEON	113.621.124.485	153.646.359.245
ASTURIAS	98.272.531.106	132.890.927.516
GALICIA	86.169.177.174	116.523.933.485
NAVARRA	60.078.983.196	81.242.964.960
CANTABRIA	56.081.197.816	75.836.882.495
CANARIAS	54.551.495.799	73.768.313.409
EXTREMADURA	48.831.199.050	66.032.931.689
BALEARES	40.613.132.265	54.919.892.215
MADRID	35.307.078.442	47.744.678.490
RIOJA	17.118.515.193	23.148.842.674
TOTAL	3.670.255.449.734	4.963.173.792.791

ANDALUCIA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
TERREMOTOS	1.158.666.924.933	1.566.829.719.391
INUNDACIONES	416.282.076.632	562.925.475.200
TSUNAMIS	288.935.690.538	390.718.865.954
DESLIZAMIENTOS	177.466.565.740	239.982.589.833
EROSION	145.188.128.935	196.333.450.471
COSTAS	52.650.000.000	71.196.979.003
ARCILLAS	29.311.319.775	39.636.798.074
VOLCANICO	0	0
TOTAL	2.268.500.706.552	3.067.623.877.925

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	416.282.076.632	562.925.475.200
EROSION	145.188.128.935	196.333.450.471
DESLIZAMIENTOS	145.112.679.288	196.231.422.229
COSTAS	52.650.000.000	71.196.979.003
TERREMOTOS	38.418.599.183	51.952.292.485
ARCILLAS	29.311.319.775	39.636.798.074
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	826.962.803.813	1.118.276.417.462

ARAGON

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	80.269.429.887	108.545.886.311
INUNDACIONES	46.011.156.713	62.219.474.993
EROSION	29.220.415.891	39.513.871.541
ARCILLAS	1.685.024.640	2.278.607.102
TERREMOTOS	1.600.169.420	2.163.859.992
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	158.786.196.550	214.721.699.938

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	77.594.942.651	104.929.259.310
INUNDACIONES	46.011.156.713	62.219.474.993
EROSION	29.220.415.891	39.513.871.541
ARCILLAS	1.685.024.640	2.278.607.102
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	154.511.539.895	208.941.212.946

ASTURIAS

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	42.256.520.727	57.142.195.991
COSTAS	33.534.000.000	40.939.438.556
INUNDACIONES	30.274.619.375	45.346.998.934
EROSION	8.984.567.890	12.149.555.392
ARCILLAS	2.569.500	3.474.656
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	115.052.277.492	155.581.663.530

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
COSTAS	33.534.000.000	34.451.459.978
INUNDACIONES	30.274.619.375	40.939.438.556
DESLIZAMIENTOS	25.476.774.342	45.346.998.934
EROSION	8.984.567.890	12.149.555.392
ARCILLAS	2.569.500	3.474.656
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	98.272.531.107	132.890.927.517

BALEARES

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	16.342.117.610	22.098.944.052
COSTAS	13.230.000.000	17.890.522.929
EROSION	6.544.143.108	8.849.443.864
DESLIZAMIENTOS	3.836.998.630	5.188.655.478
TERREMOTOS	3.519.778.002	4.759.687.759
ARCILLAS	722.382.570	976.855.777
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	44.195.419.920	59.764.109.858

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	16.342.117.610	22.098.944.052
COSTAS	13.230.000.000	17.890.522.929
EROSION	6.544.143.108	8.849.443.864
DESLIZAMIENTOS	3.774.488.978	5.104.125.594
ARCILLAS	722.382.570	976.855.777
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	40.613.132.265	54.919.892.215

CANARIAS

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
COSTAS	25.020.000.000	33.833.778.056
INUNDACIONES	12.929.276.985	17.483.864.426
VOLCANICO	11.894.503.878	16.084.572.514
EROSION	10.653.557.115	14.406.478.295
TERREMOTOS	7.680.916.766	10.386.667.991
DESLIZAMIENTOS	4.588.120.409	6.204.374.405
TSUNAMIS	575.468.250	778.188.052
ARCILLAS	413.684.250	559.412.514
TOTAL	73.755.527.653	99.737.336.252

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
COSTAS	25.020.000.000	33.833.778.056
INUNDACIONES	12.929.276.985	17.483.864.426
EROSION	10.653.557.115	14.406.478.295
DESLIZAMIENTOS	4.006.096.465	5.417.321.289
VOLCANICO	1.528.880.984	2.067.458.828
ARCILLAS	413.684.250	559.412.514
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
TOTAL	54.551.495.799	73.768.313.409

CANTABRIA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	23.906.209.824	32.327.633.787
INUNDACIONES	17.999.080.970	24.339.604.746
COSTAS	14.976.000.000	20.251.585.139
EROSION	4.274.398.406	5.780.137.770
ARCILLAS	537.176.850	726.407.767
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	61.692.866.050	83.425.369.208

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	18.294.541.589	24.739.147.073
INUNDACIONES	17.999.080.970	24.339.604.746
COSTAS	14.976.000.000	20.251.585.139
EROSION	4.274.398.406	5.780.137.770
ARCILLAS	537.176.850	726.407.767
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	56.081.197.815	75.836.882.494

CASTILLA LA MANCHA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	59.941.050.671	81.056.443.039
EROSION	42.298.236.336	57.198.606.730
INUNDACIONES	19.700.689.907	26.640.638.284
ARCILLAS	1.896.213.917	2.564.191.879
TERREMOTOS	475.579.604	643.246.929
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	124.311.870.435	168.103.126.860

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	58.240.391.230	78.756.693.477
EROSION	42.298.236.336	57.198.606.730
INUNDACIONES	19.700.689.907	26.640.638.284
ARCILLAS	1.896.213.917	2.564.191.879
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	122.135.531.390	165.160.130.369

CASTILLA LEON

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	59.888.242.416	80.985.032.058
EROSION	38.945.415.591	52.664.690.144
INUNDACIONES	14.877.196.347	20.117.975.991
ARCILLAS	3.022.513.515	4.087.252.256
TERREMOTOS	487.890.070	659.758.767
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	117.221.257.939	158.514.709.215

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	56.775.999.033	76.776.440.855
EROSION	38.945.415.591	52.664.690.144
INUNDACIONES	14.877.196.347	20.117.975.991
ARCILLAS	3.022.513.515	4.087.252.256
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	113.621.124.485	153.646.359.245

CATALUÑA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	479.590.919.869	648.536.080.759
EROSION	109.019.647.742	147.423.923.479
DESLIZAMIENTOS	59.909.258.292	81.013.451.182
COSTAS	35.460.000.000	47.951.469.619
TERREMOTOS	35.408.400.539	47.881.693.251
ARCILLAS	7.394.522.844	9.999.386.280
VOLCANICO	123.843.510	167.469.777
TSUNAMIS	0	0
TOTAL	726.906.592.796	982.973.474.349

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	479.590.919.869	648.536.080.759
EROSION	109.019.647.742	147.423.923.479
DESLIZAMIENTOS	54.476.599.740	73.667.033.767
COSTAS	35.460.000.000	47.951.469.619
ARCILLAS	7.394.522.844	9.999.386.280
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	685.941.690.195	927.577.893.905

EXTREMADURA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
EROSION	22.298.625.990	30.153.747.510
INUNDACIONES	15.114.790.610	20.439.267.420
DESLIZAMIENTOS	8.624.578.468	11.662.752.746
TERREMOTOS	4.755.010.851	6.430.055.227
ARCILLAS	2.841.758.430	3.842.822.702
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	53.634.764.348	72.528.645.605

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
EROSION	22.298.625.990	30.153.747.510
INUNDACIONES	15.114.790.610	20.439.267.420
DESLIZAMIENTOS	8.576.024.020	11.597.094.057
ARCILLAS	2.841.758.430	3.842.822.702
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	48.831.199.050	66.032.931.689

GALICIA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	36.981.859.629	50.009.433.685
COSTAS	18.360.000.000	24.827.664.473
DESLIZAMIENTOS	16.839.644.041	22.771.733.774
EROSION	15.272.998.523	20.653.207.125
TERREMOTOS	1.247.189.195	1.686.535.668
TSUNAMIS	362.634.300	490.379.233
ARCILLAS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	89.064.325.688	120.438.953.959

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	36.981.859.629	50.009.433.685
COSTAS	18.360.000.000	24.827.664.473
DESLIZAMIENTOS	15.554.319.022	21.033.628.202
EROSION	15.272.998.523	20.653.207.125
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
ARCILLAS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	86.169.177.174	116.523.933.485

MADRID

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ARCILLAS	23.794.947.698	32.177.177.429
EROSION	4.561.492.911	6.168.366.857
INUNDACIONES	3.857.548.828	5.216.444.880
DESLIZAMIENTOS	3.310.037.955	4.476.062.730
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	35.524.027.392	48.038.051.896

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
ARCILLAS	23.794.947.698	32.177.177.429
EROSION	4.561.492.911	6.168.366.857
INUNDACIONES	3.857.548.828	5.216.444.880
DESLIZAMIENTOS	3.093.089.005	4.182.689.325
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	35.307.078.442	47.744.678.490

MURCIA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
TERREMOTOS	593.010.228.942	801.909.531.216
INUNDACIONES	85.423.388.267	115.515.426.037
DESLIZAMIENTOS	17.641.128.339	33.991.888.868
EROSION	25.136.922.577	23.855.556.390
COSTAS	1.530.000.000	2.068.972.039
ARCILLAS	682.269.269	922.611.791
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	723.423.937.393	978.263.986.341

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	85.423.388.267	115.515.426.037
EROSION	25.136.922.577	33.991.888.868
DESLIZAMIENTOS	15.204.454.850	20.560.517.621
TERREMOTOS	5.637.599.470	7.623.552.727
COSTAS	1.530.000.000	2.068.972.039
ARCILLAS	682.269.269	922.611.791
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	133.614.634.433	180.682.969.084

NAVARRA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	32.638.713.541	44.136.330.535
INUNDACIONES	24.759.920.121	33.482.080.019
EROSION	8.011.382.668	10.833.546.888
TERREMOTOS	2.664.205.617	3.602.723.482
ARCILLAS	166.376.988	224.986.494
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	68.240.598.936	92.279.667.418

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	27.141.303.418	36.702.351.559
INUNDACIONES	24.759.920.121	33.482.080.019
EROSION	8.011.382.668	10.833.546.888
ARCILLAS	166.376.988	224.986.494
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	60.078.983.196	81.242.964.960

PAIS VASCO

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	330.700.396.954	447.195.996.547
EROSION	60.090.328.580	81.258.306.974
DESLIZAMIENTOS	26.295.131.081	35.558.098.679
COSTAS	7.560.000.000	10.223.155.959
TERREMOTOS	2.833.978.005	3.832.301.472
ARCILLAS	658.902.750	891.013.965
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	428.138.737.369	578.958.873.597

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	330.700.396.954	447.195.996.547
EROSION	60.090.328.580	81.258.306.974
DESLIZAMIENTOS	15.963.092.429	21.586.399.933
COSTAS	7.560.000.000	10.223.155.959
ARCILLAS	658.902.750	891.013.965
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	414.972.720.713	561.154.873.379

RIOJA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	11.906.198.304	16.100.386.527
INUNDACIONES	5.093.687.965	6.888.037.893
EROSION	2.839.277.111	3.839.467.291
TERREMOTOS	403.133.427	545.144.960
ARCILLAS	213.649.425	288.911.560
COSTAS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	20.455.946.232	27.661.948.231

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
DESLIZAMIENTOS	8.971.900.692	12.132.425.930
INUNDACIONES	5.093.687.965	6.888.037.893
EROSION	2.839.277.111	3.839.467.291
ARCILLAS	213.649.425	288.911.560
COSTAS	0	0
TERREMOTOS	0	0
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	17.118.515.193	23.148.842.674

VALENCIA

RIESGO MAXIMO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	532.018.633.466	719.432.468.682
TERREMOTOS	172.323.147.503	233.027.303.220
EROSIÓN	110.612.462.200	149.577.837.582
DESLIZAMIENTOS	33.242.716.235	44.953.104.839
COSTAS	28.440.000.000	38.458.539.089
ARCILLAS	3.745.954.465	5.064.863.113
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	880.382.413.869	1.190.514.116.521

RIESGO MEDIO	PTAS.	CRECIMIENTO ECONOMICO REAL 2 %/30 AÑOS
INUNDACIONES	532.018.633.466	719.432.468.682
EROSION	110.612.462.200	149.577.837.582
COSTAS	28.440.000.000	38.458.539.085
DESLIZAMIENTOS	28.013.859.230	37.882.282.002
TERREMOTOS	18.641.685.407	25.208.579.003
ARCILLAS	3.745.454.465	5.064.863.113
TSUNAMIS	0	0
VOLCANICO	0	0
TOTAL	721.472.094.768	975.624.569.468

Apéndice II

*PERDIDAS POTENCIALES DE VIDAS
HUMANAS EN FUNCION DEL TIPO DE
RIESGO*

APENDICE II

PERDIDAS POTENCIALES DE VIDAS HUMANAS EN FUNCION DEL TIPO DE RIESGO GEOLOGICO

Pérdidas potenciales de vidas humanas por terremotos (30 años)

Comunidad Autónoma	Posibles intervalos	
	HIPOTESIS MAXIMA	HIPOTESIS MEDIA
ANDALUCIA	5.000 a 20.000	< 10
MURCIA	1.000 a 10.000	< 10
VALENCIA	100 a 1.000	0
CATALUÑA	0 a 100	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANARIAS	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
TOTAL	< 30.000	< 20

Pérdidas potenciales de vidas humanas por riesgo de actividad volcánica (30 años)

Comunidad Autónoma	Posibles intervalos	
	HIPOTESIS MAXIMA	HIPOTESIS MEDIA
CANARIAS	100 a 1.000	< 10
ANDALUCIA	0	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	100 a 1.000	< 10

Pérdidas potenciales de vidas humanas por riesgo de tsunamis (30 años)

Comunidad Autónoma	Posibles intervalos	
	HIPOTESIS MAXIMA	HIPOTESIS MEDIA
ANDALUCIA	1.000 a 10.000	0
ARAGON	0	0
ASTURIAS	0	0
BALEARES	0	0
CANARIAS	0	0
CANTABRIA	0	0
CASTILLA LA MANCHA	0	0
CASTILLA LEON	0	0
CATALUÑA	0	0
EXTREMADURA	0	0
GALICIA	0	0
MADRID	0	0
MURCIA	0	0
NAVARRA	0	0
PAIS VASCO	0	0
RIOJA	0	0
VALENCIA	0	0
TOTAL	< 10.000	0

Pérdidas potenciales de vidas humanas por riesgo de deslizamientos (30 años)

Comunidad Autónoma	Posibles intervalos	
	HIPOTESIS MAXIMA	HIPOTESIS MEDIA
ANDALUCIA	< 100	20
CATALUÑA	< 50	10
NAVARRA	< 50	10
PAIS VASCO	< 50	10
ARAGON	< 50	10
CANTABRIA	< 25	5
ASTURIAS	< 25	5
BALEARES	< 5	0
CANARIAS	< 5	0
CASTILLA LA MANCHA	< 5	0
CASTILLA LEON	< 5	0
EXTREMADURA	< 5	0
GALICIA	< 5	0
MADRID	< 5	0
MURCIA	< 5	0
RIOJA	< 5	0
VALENCIA	< 5	0
TOTAL	< 500	70

Pérdidas potenciales de vidas humanas por riesgo de inundaciones (30 años)

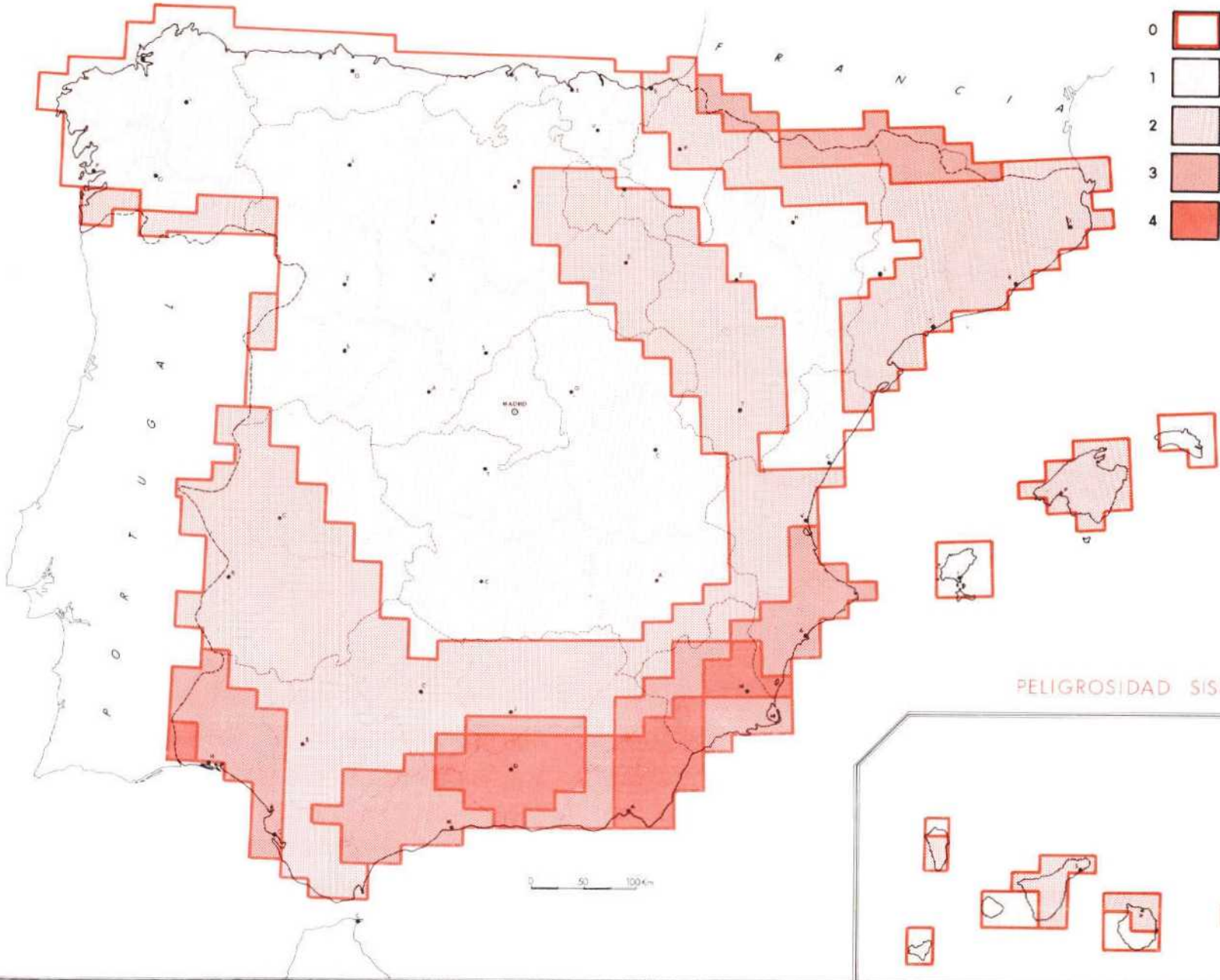
Comunidad Autónoma	HIPOTESIS MEDIA Posibles intervalos
VALENCIA	100 a 200
CATALUÑA	100 a 200
ANCALUCIA	100 a 200
PAIS VASCO	100 a 200
MURCIA	100 a 200
OTRAS REGIONES	10 a 100
TOTAL	500 1.100

Apéndice III

*MAPAS DE PELIGROSIDAD, POBLACION Y
PERDIDAS*

LEYENDA

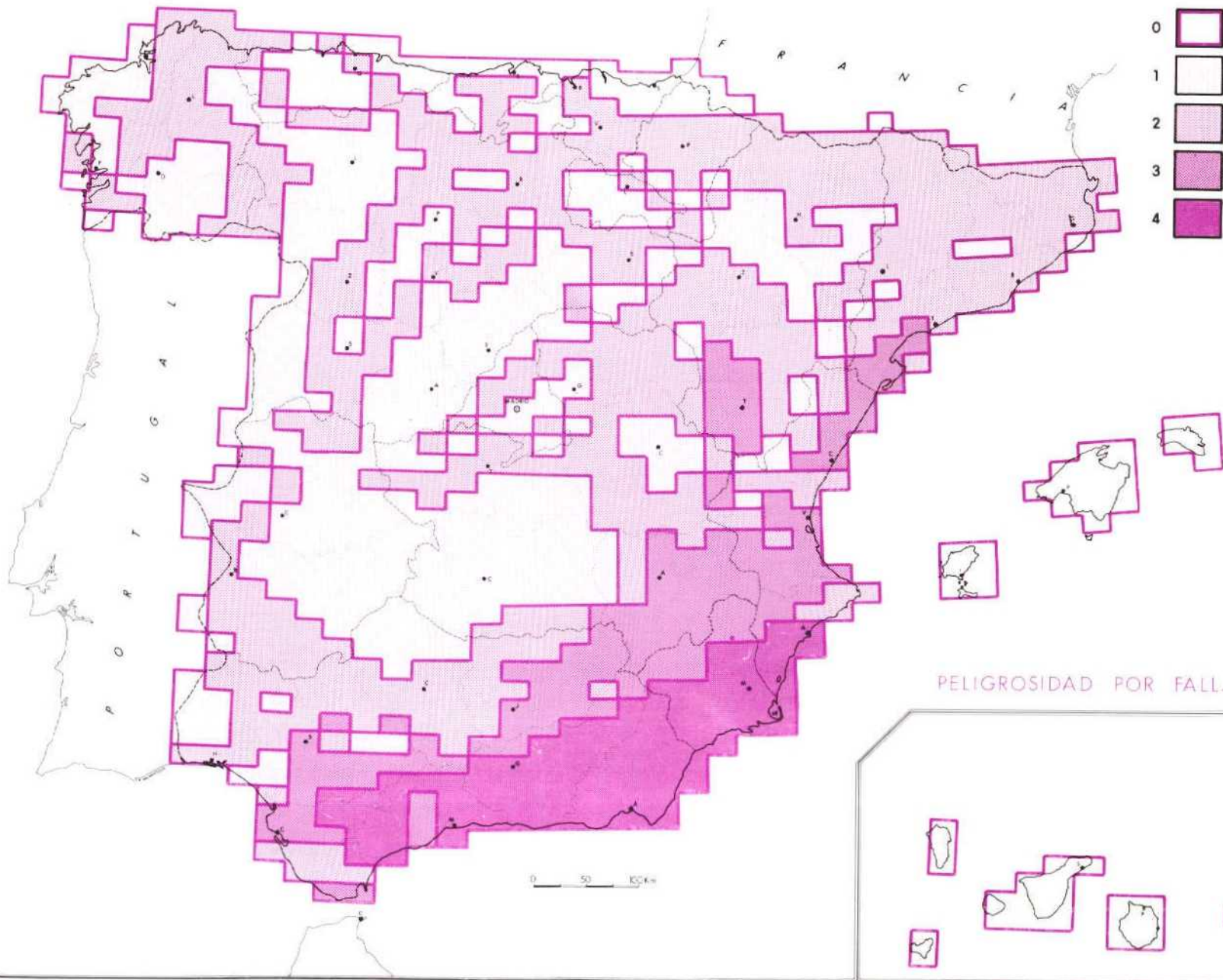
- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



PELIGROSIDAD SISMICA

LEYENDA

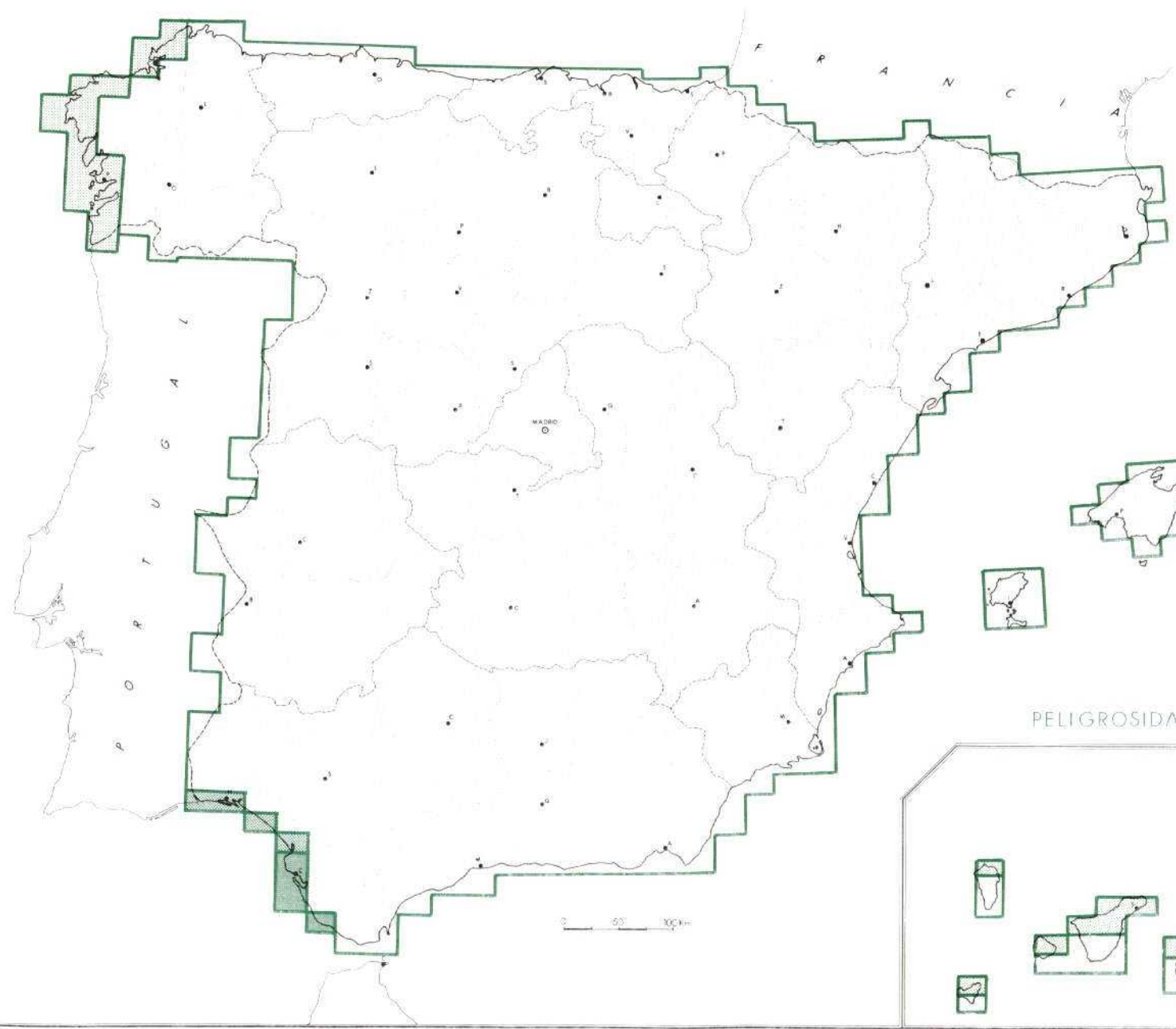
- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



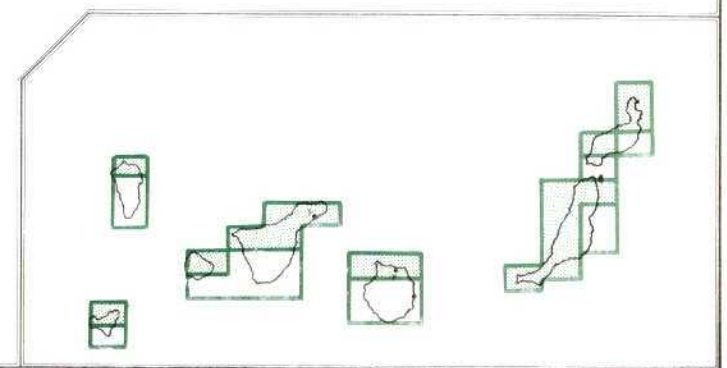
PELIGROSIDAD POR FALLAS ACTIVAS

LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta

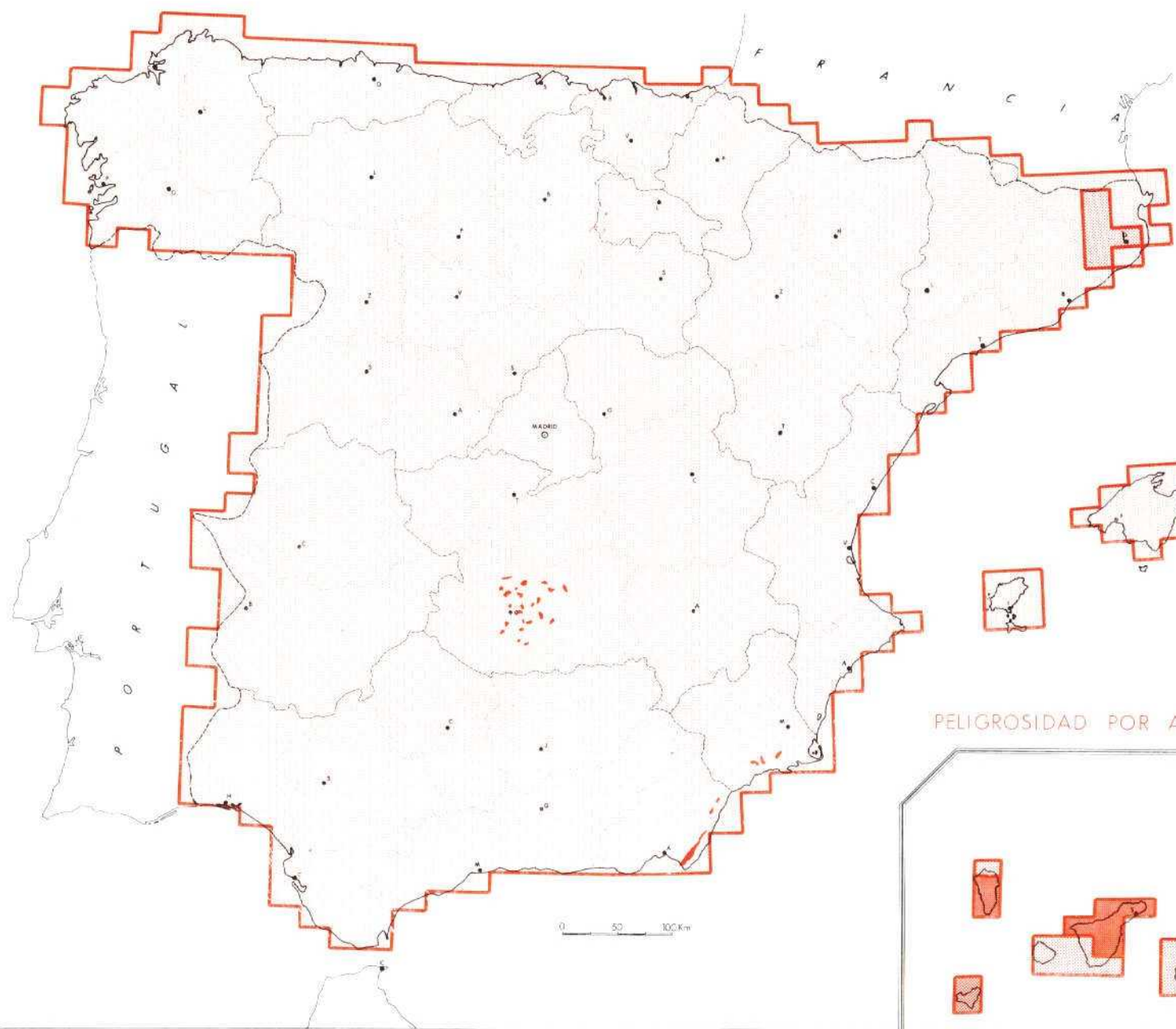


PELIGROSIDAD POR TSUNAMIS

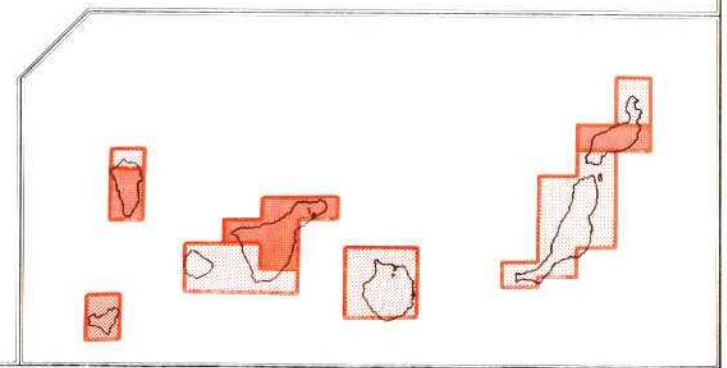


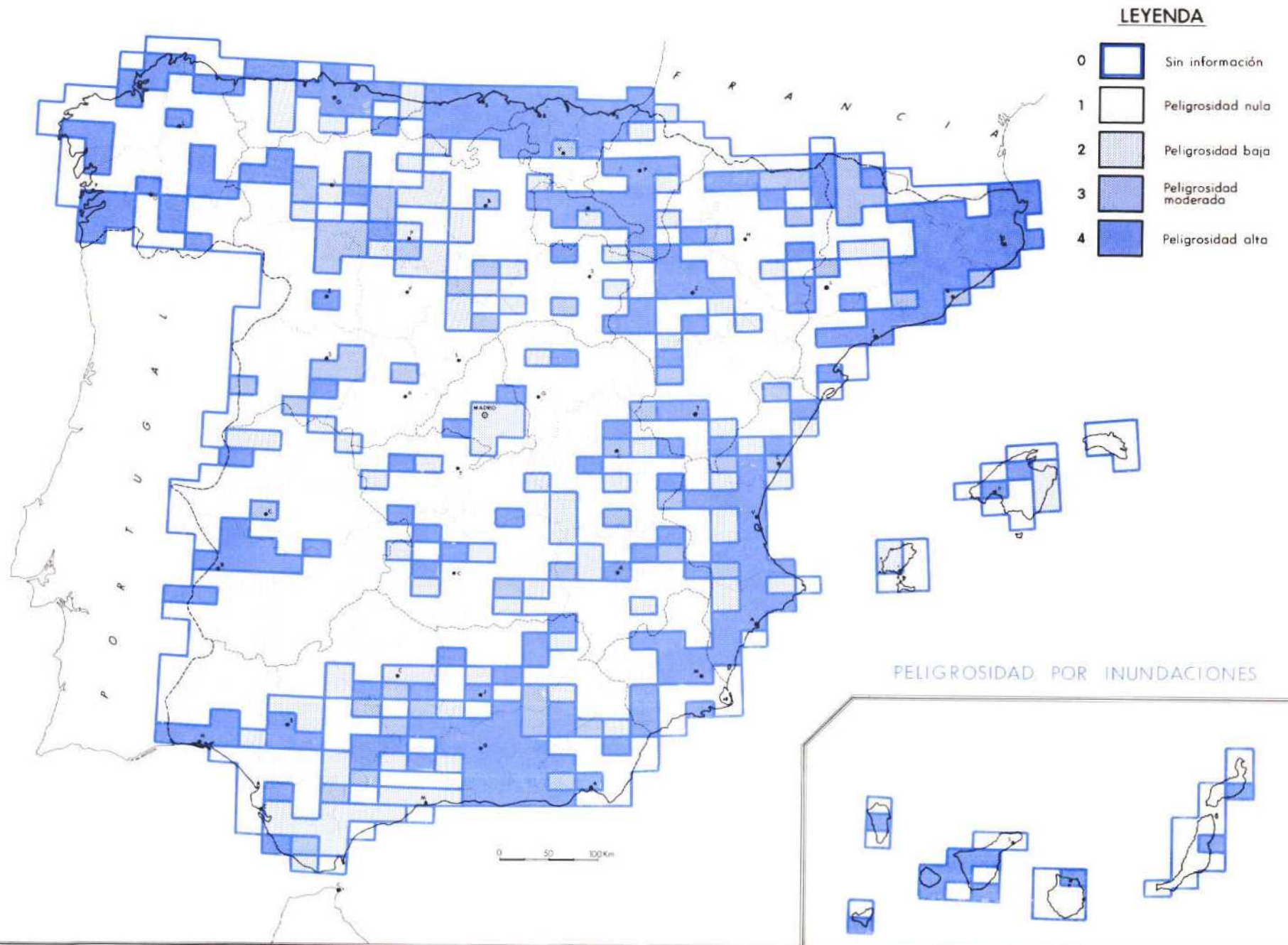
LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta
-  Rocas volcánicas Postmiocenas



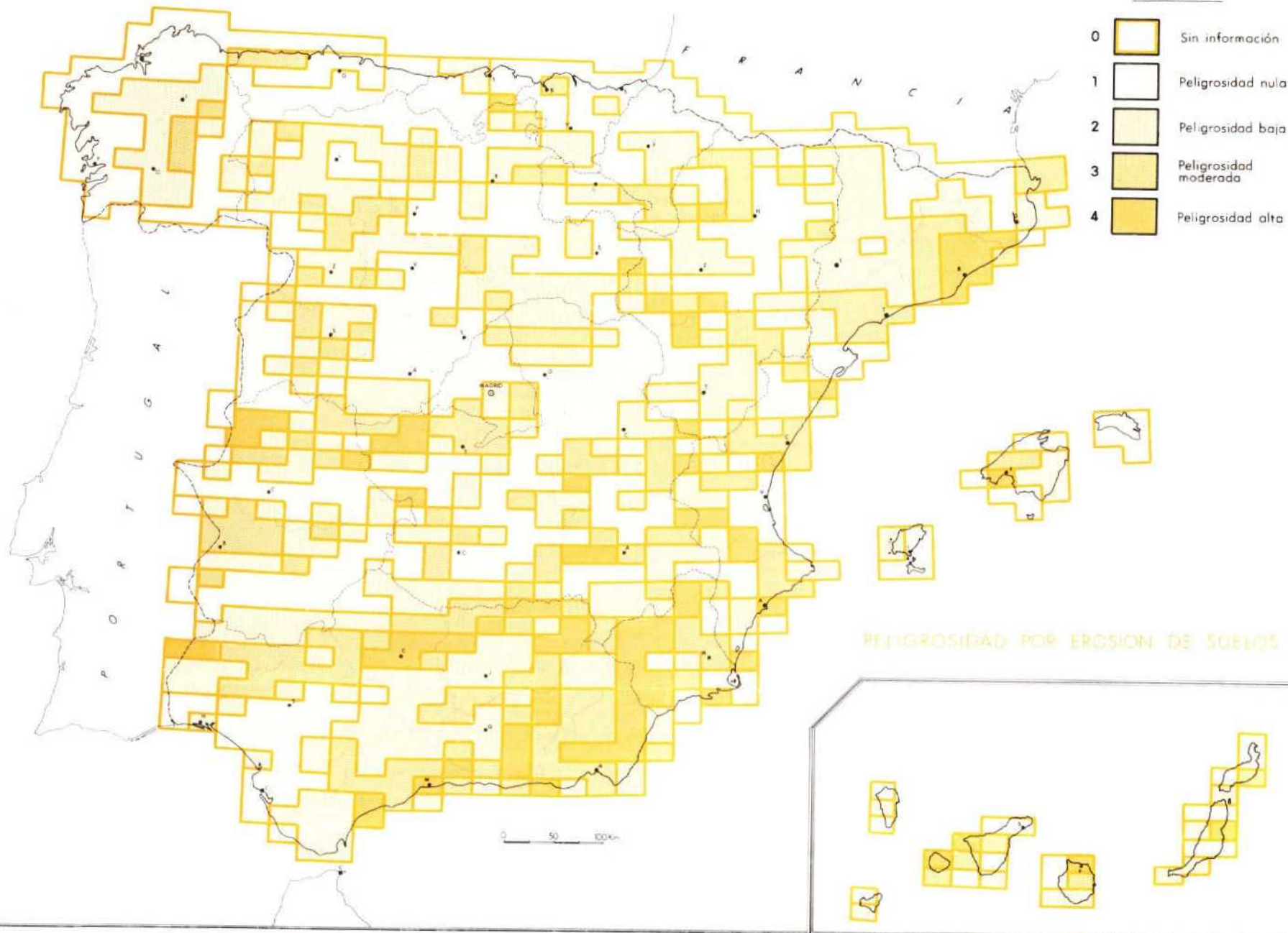
PELIGROSIDAD POR ACTIVIDAD VOLCANICA





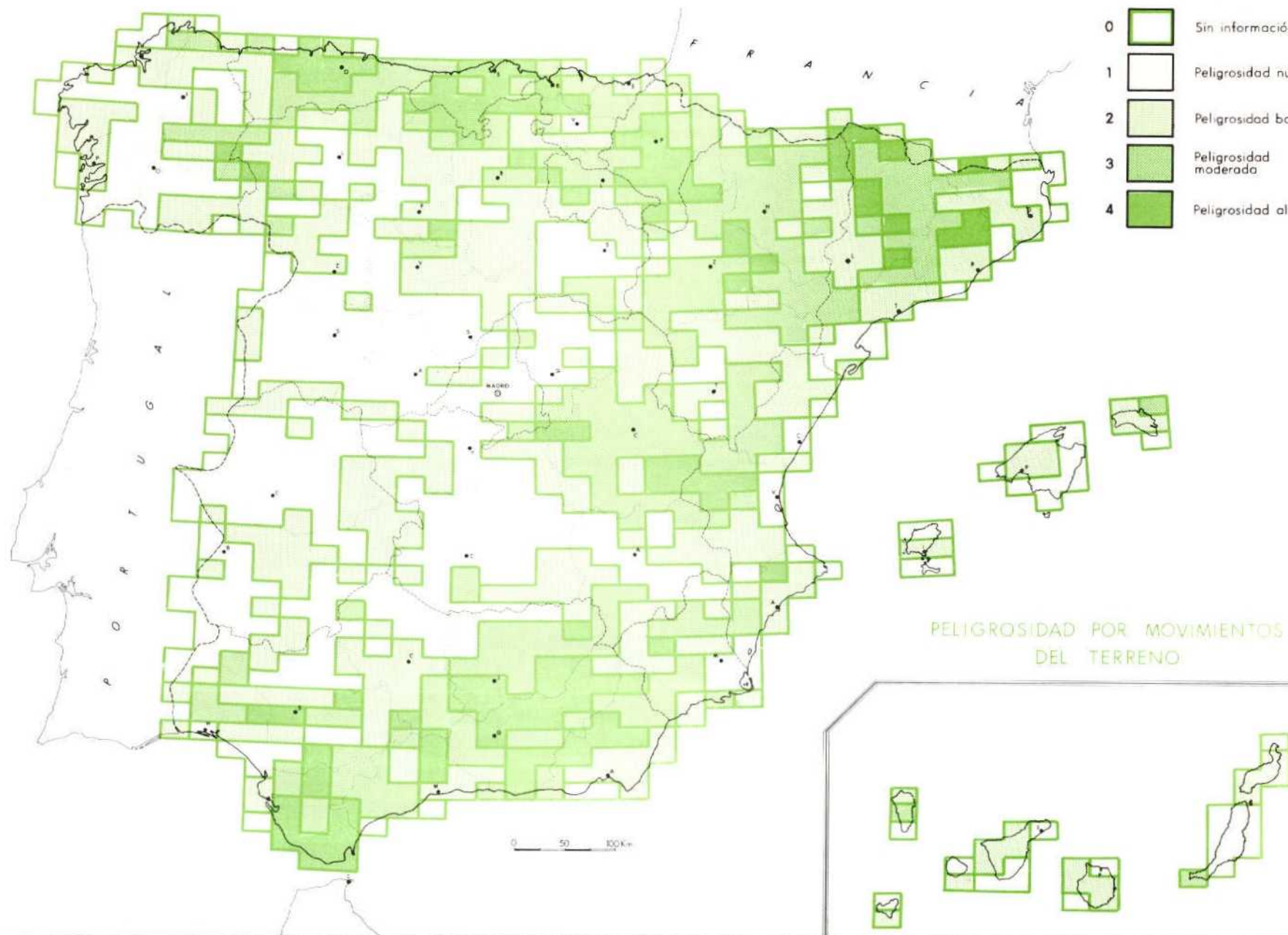
LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



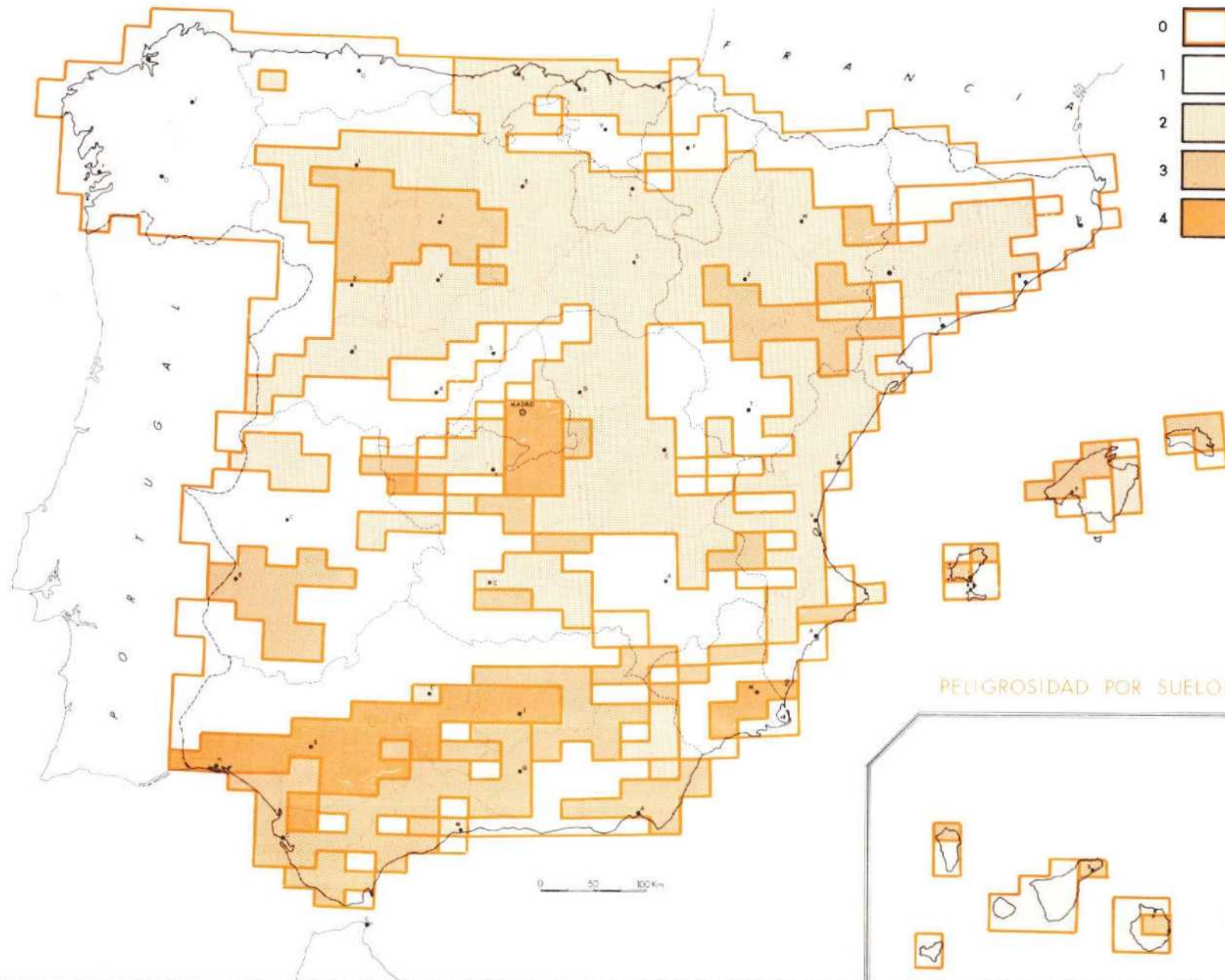
LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



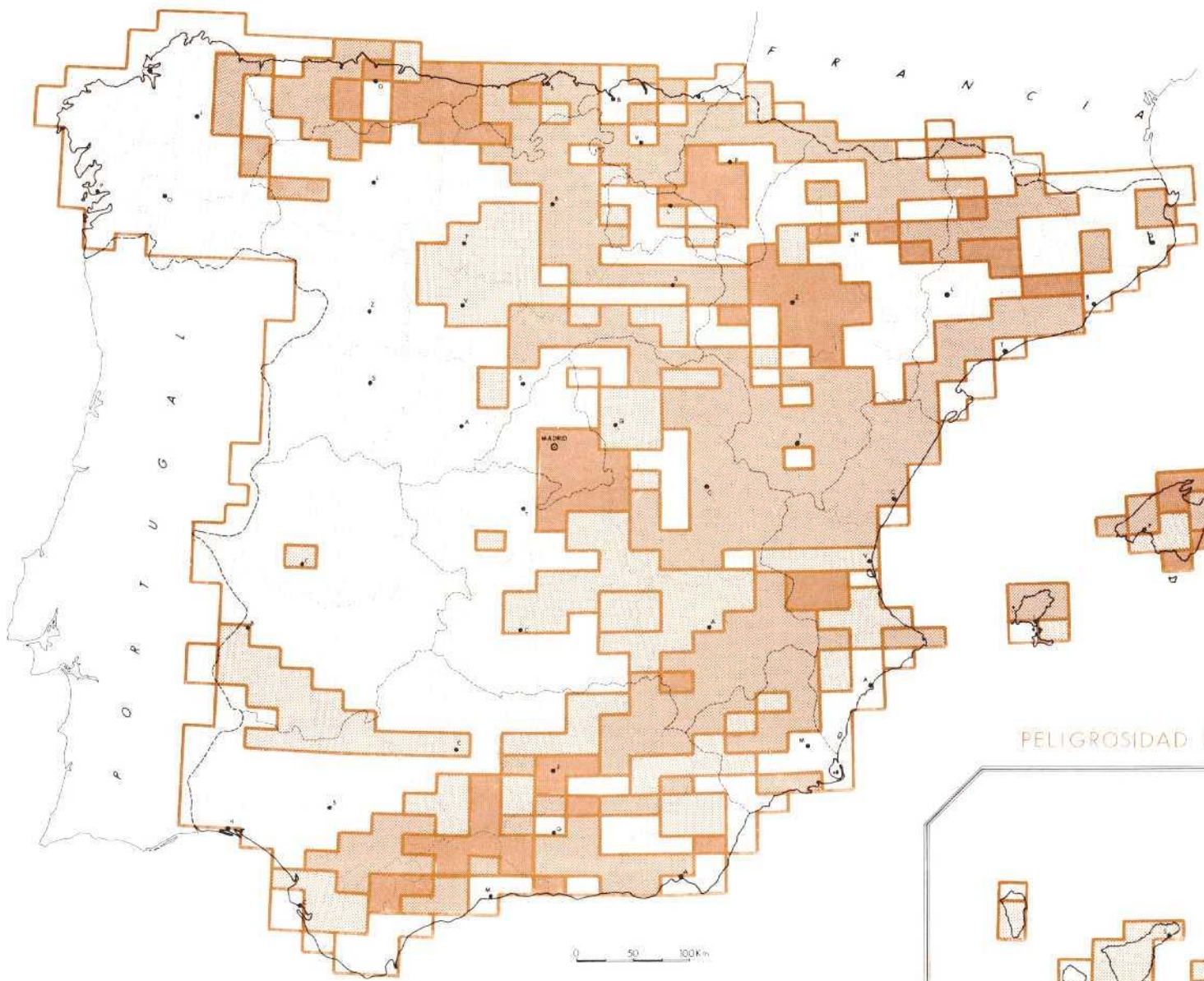
LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



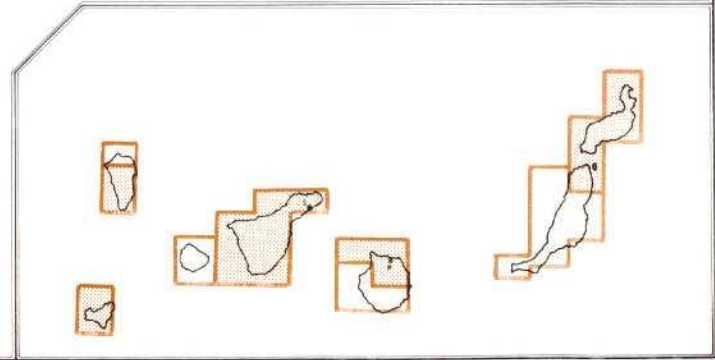
LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad baja
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta



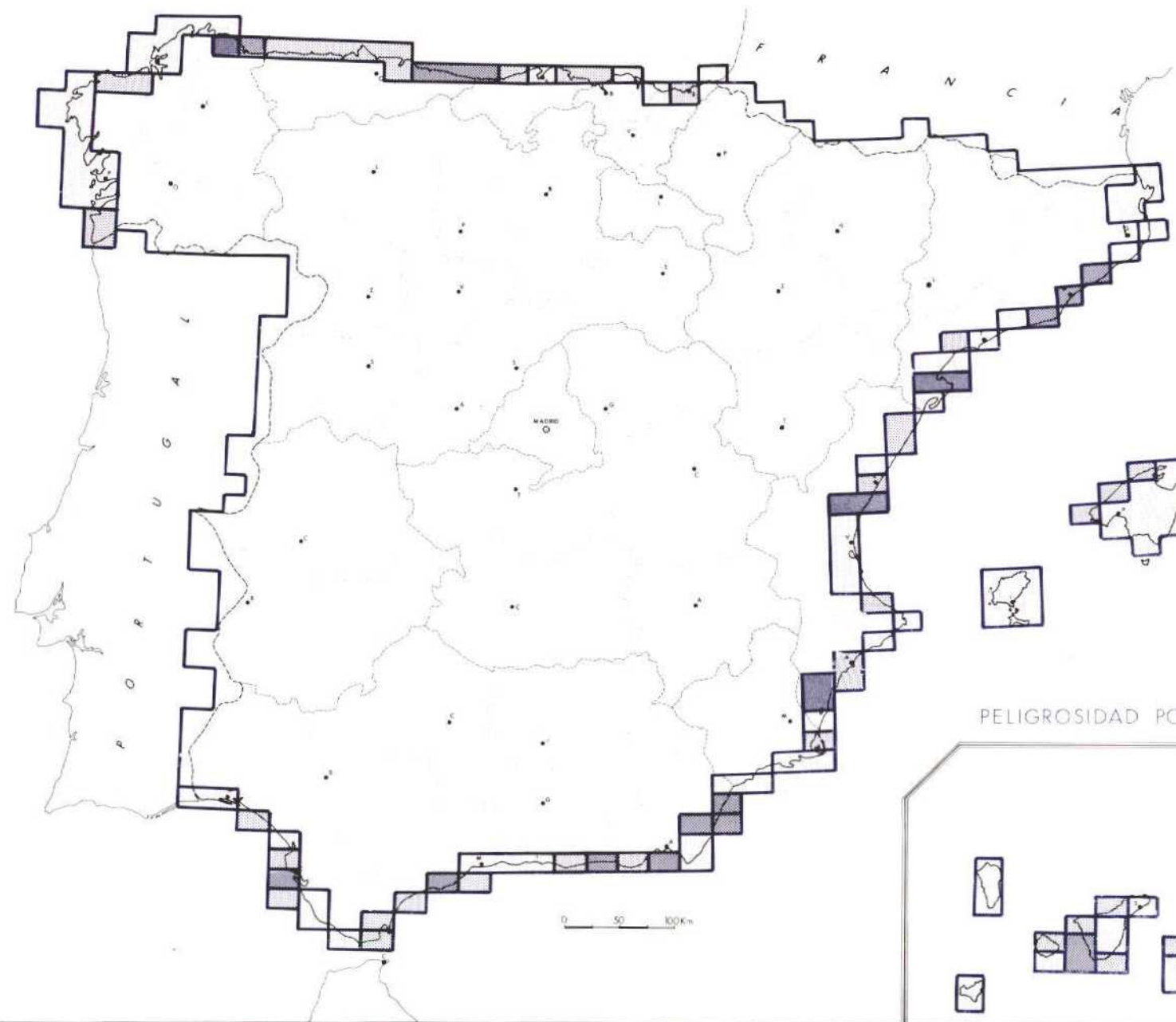
0 50 100 km

PELIGROSIDAD POR HUNDIMIENTOS

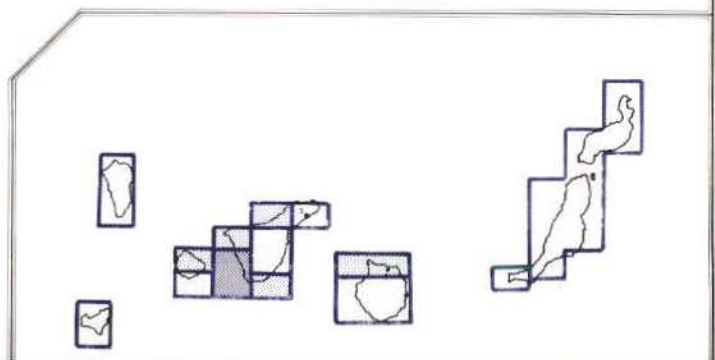


LEYENDA

- 0  Sin información
- 1  Peligrosidad nula
- 2  Peligrosidad bajo
- 3  Peligrosidad moderada
- 4  Peligrosidad alta

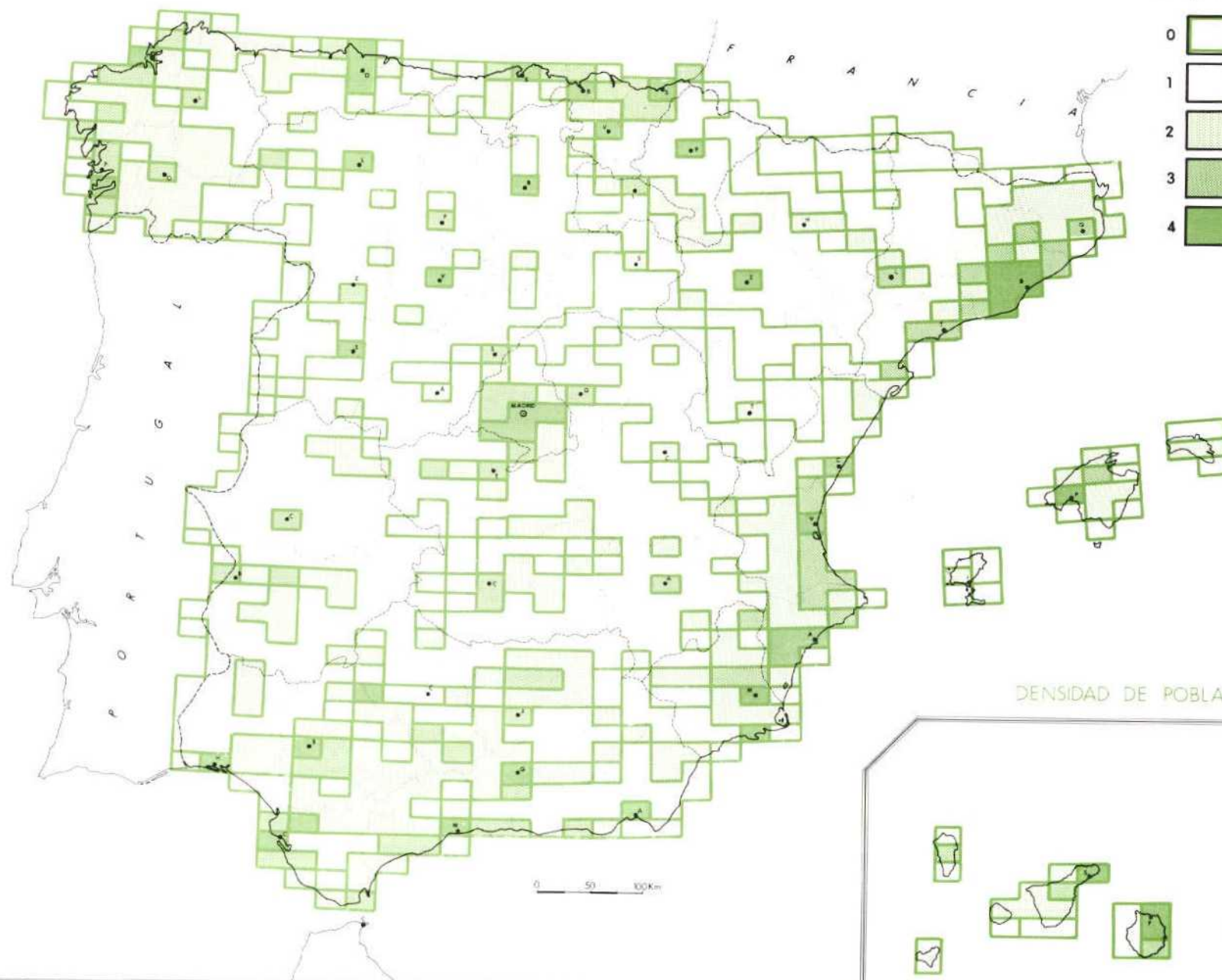


PELIGROSIDAD POR EROSION COSTERA







LEYENDA

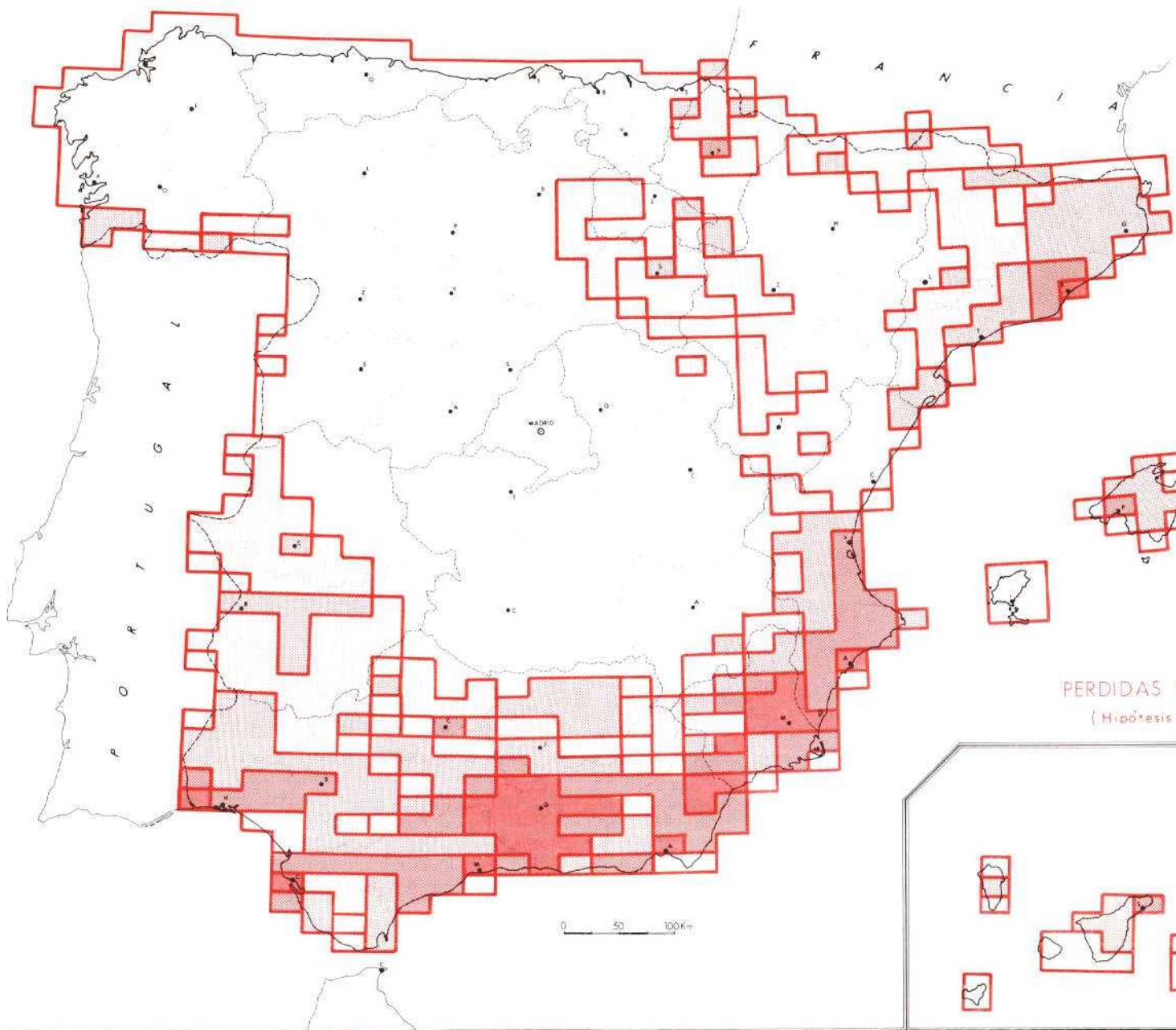
Nº de habitantes por cuadrícula (Municipios > 1000 Hab)



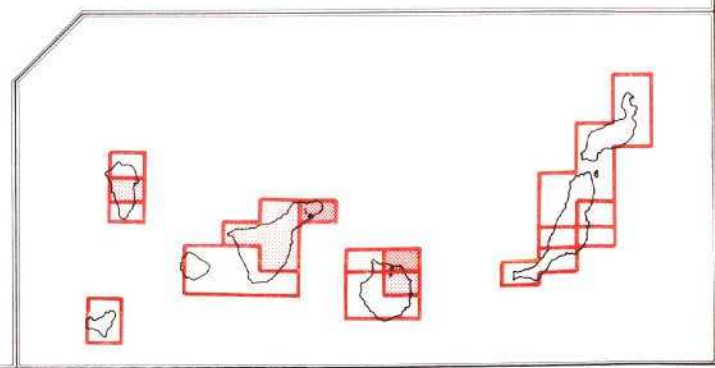
LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

- 0  Nulas
- 1  0 - 100
- 2  100 - 1.000
- 3  1.000 - 10.000
- 4  Más de 10.000



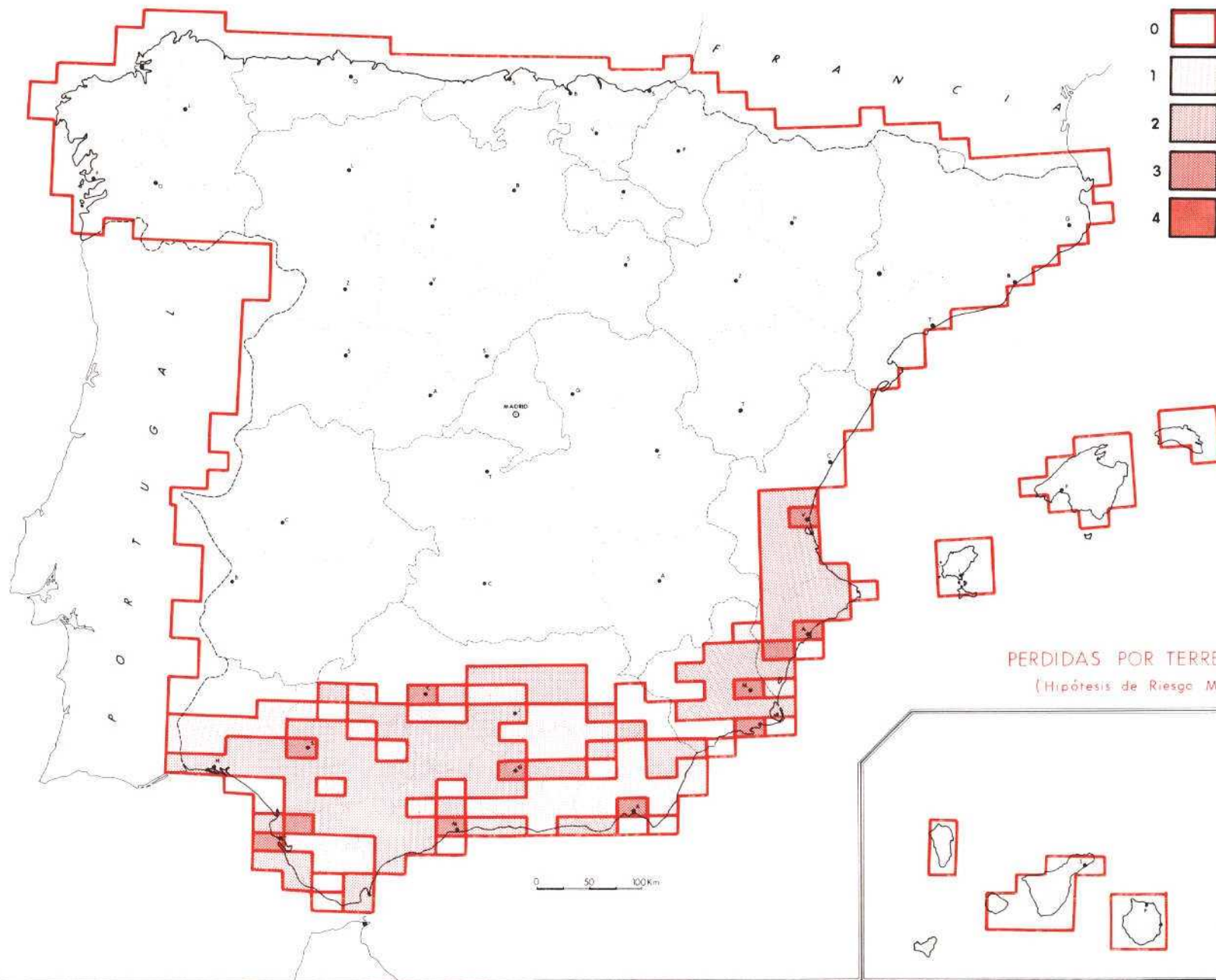
PERDIDAS POR TERREMOTOS
(Hipótesis de Riesgo Máximo)



LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).





- | | | |
|---|---|----------------|
| 0 |  | Nulas. |
| 1 |  | 0 - 100 |
| 2 |  | 100 - 1.000 |
| 3 |  | 1.000 - 10.000 |
| 4 |  | Más de 10.000 |

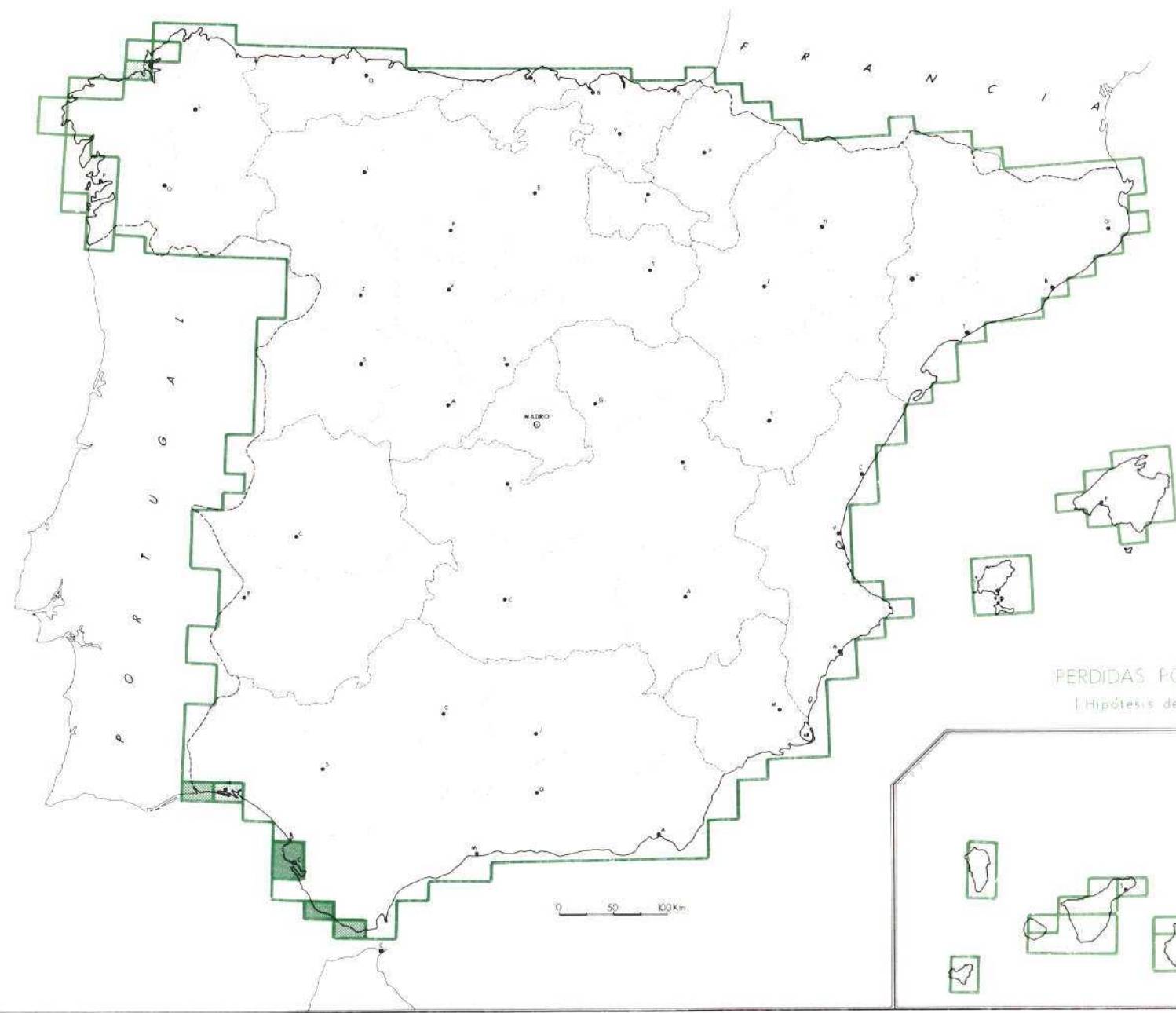


PERDIDAS POR TERREMOTOS
(Hipótesis de Riesgo Medio.)

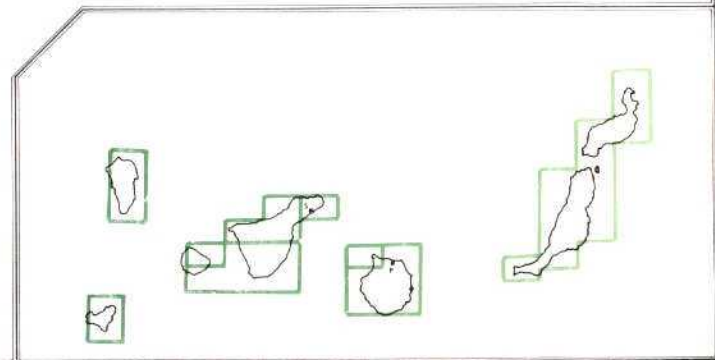
LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

- 0  Nulas
- 1  0 - 100
- 2  100 - 1.000
- 3  1.000 - 10.000
- 4  Más de 10.000



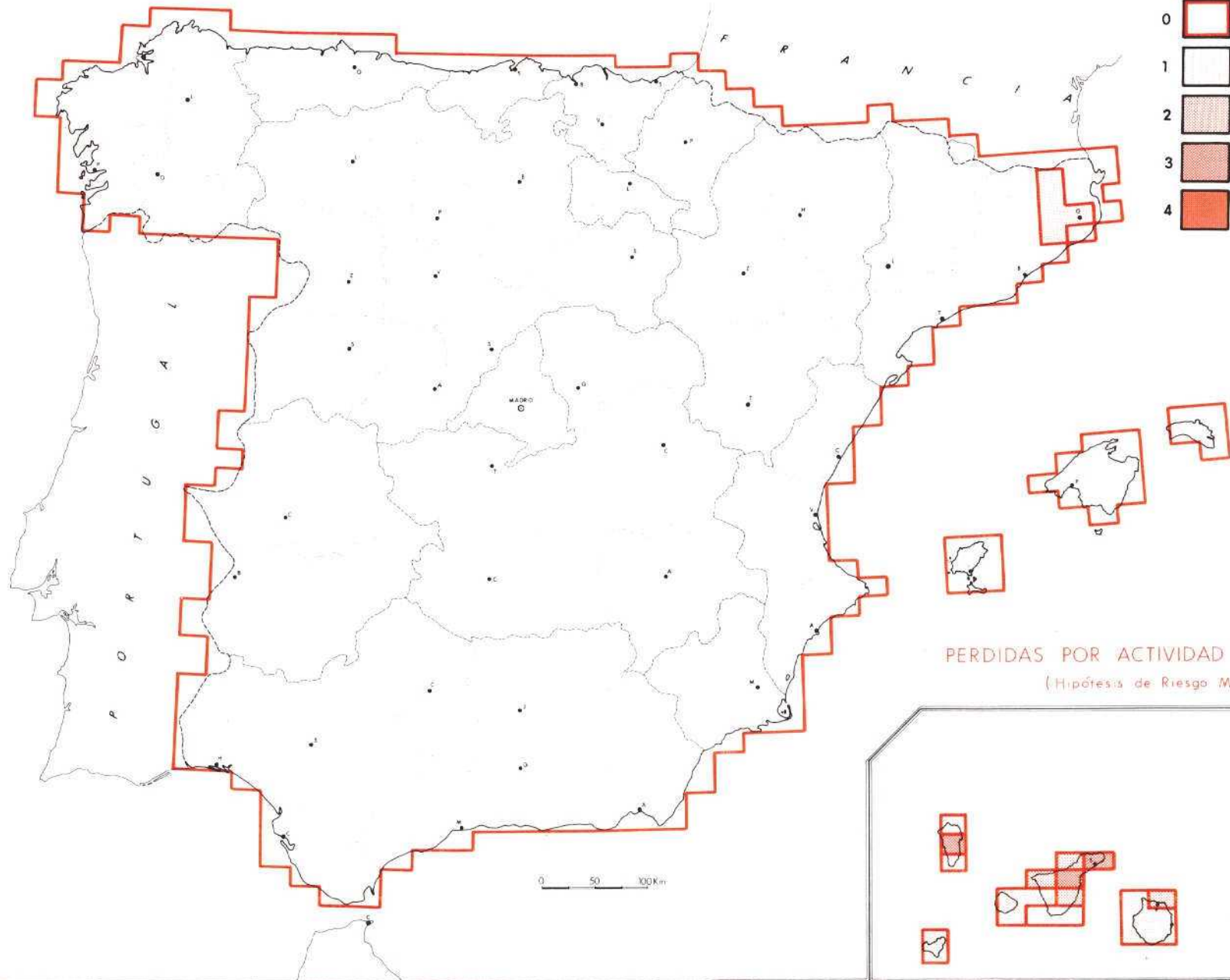
PERDIDAS POR TSUNAMIS
[Hipótesis de Riesgo Máximo]



LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).




- | | | |
|---|---|----------------|
| 0 |  | Nulas |
| 1 |  | 0 - 100 |
| 2 |  | 100 - 1.000 |
| 3 |  | 1.000 - 10.000 |
| 4 |  | Más de 10.000 |

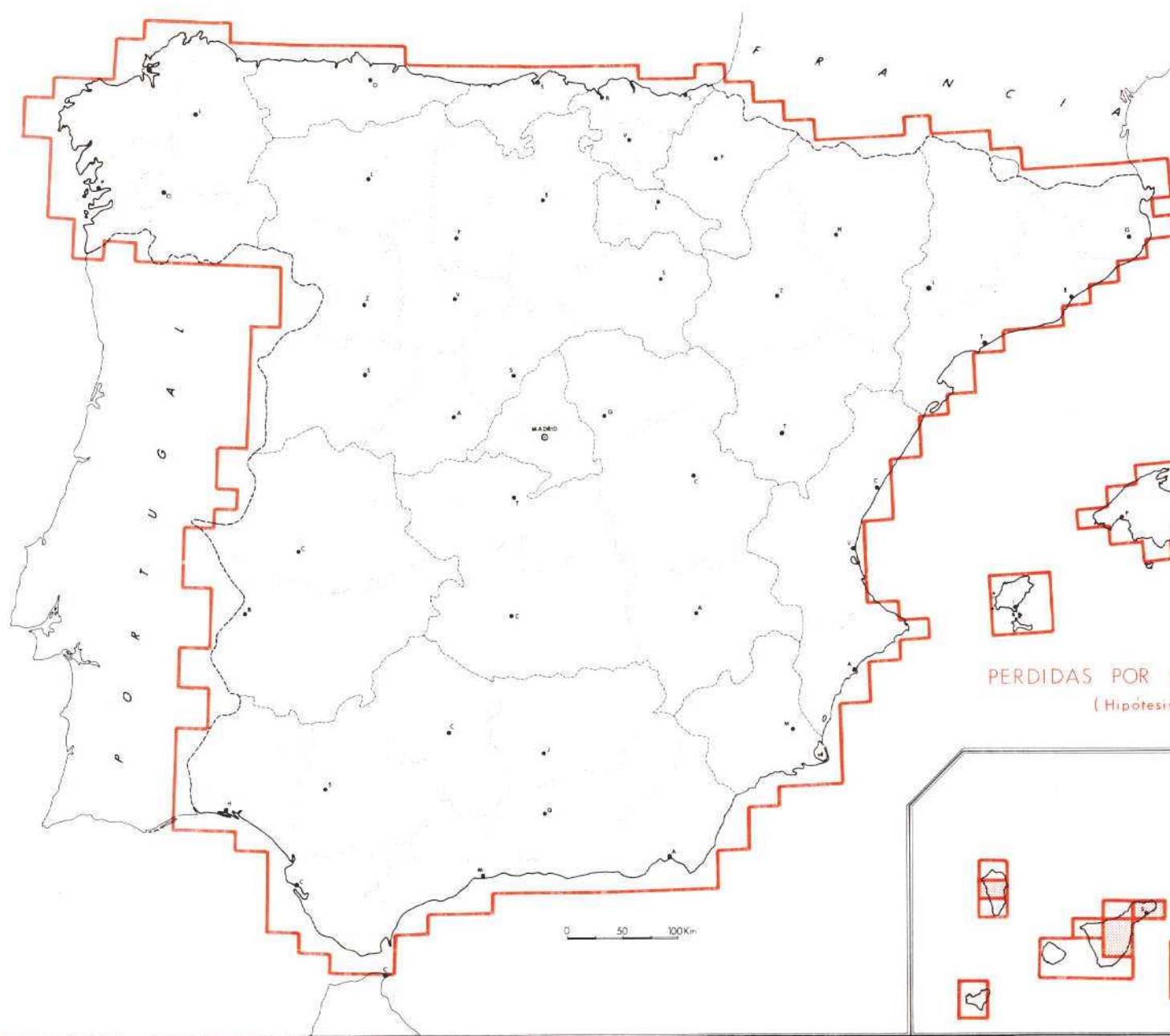


PERDIDAS POR ACTIVIDAD VOLCANICA
(Hipótesis de Riesgo Máximo)

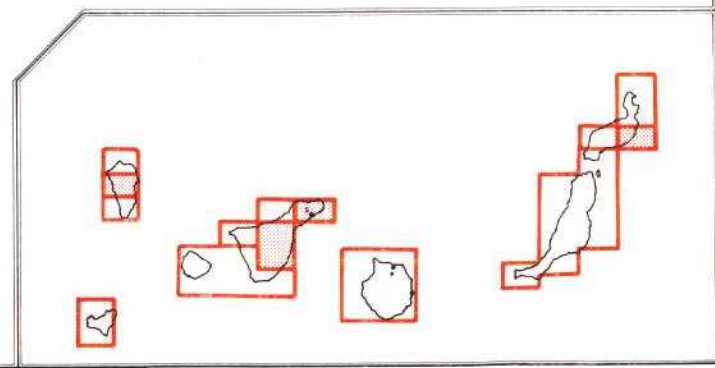
LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

- 0  Nulas
- 1  0 - 100
- 2  100 - 1.000
- 3  1.000 - 10.000
- 4  Más de 10.000

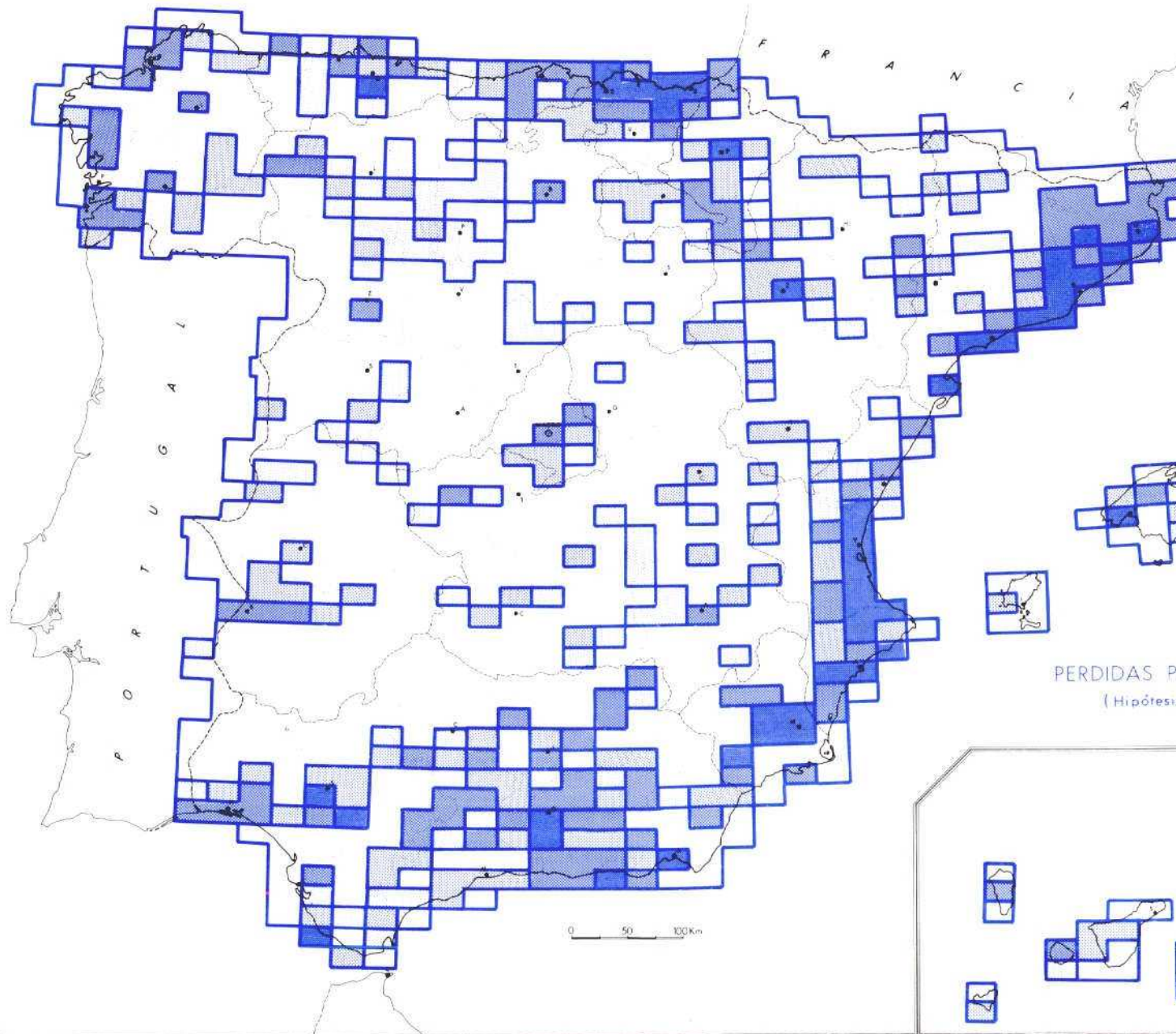


PERDIDAS POR ACTIVIDAD VOLCANICA
(Hipótesis de Riesgo Medio)

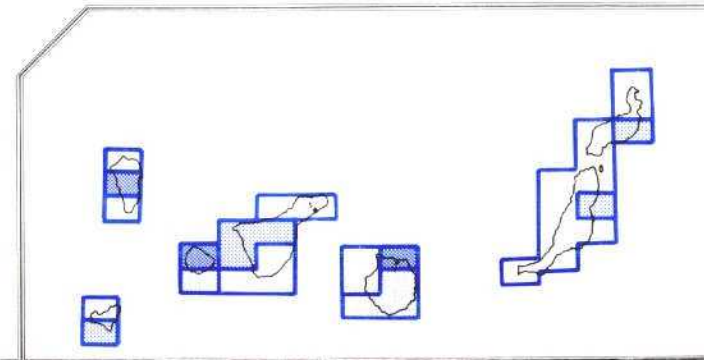


LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

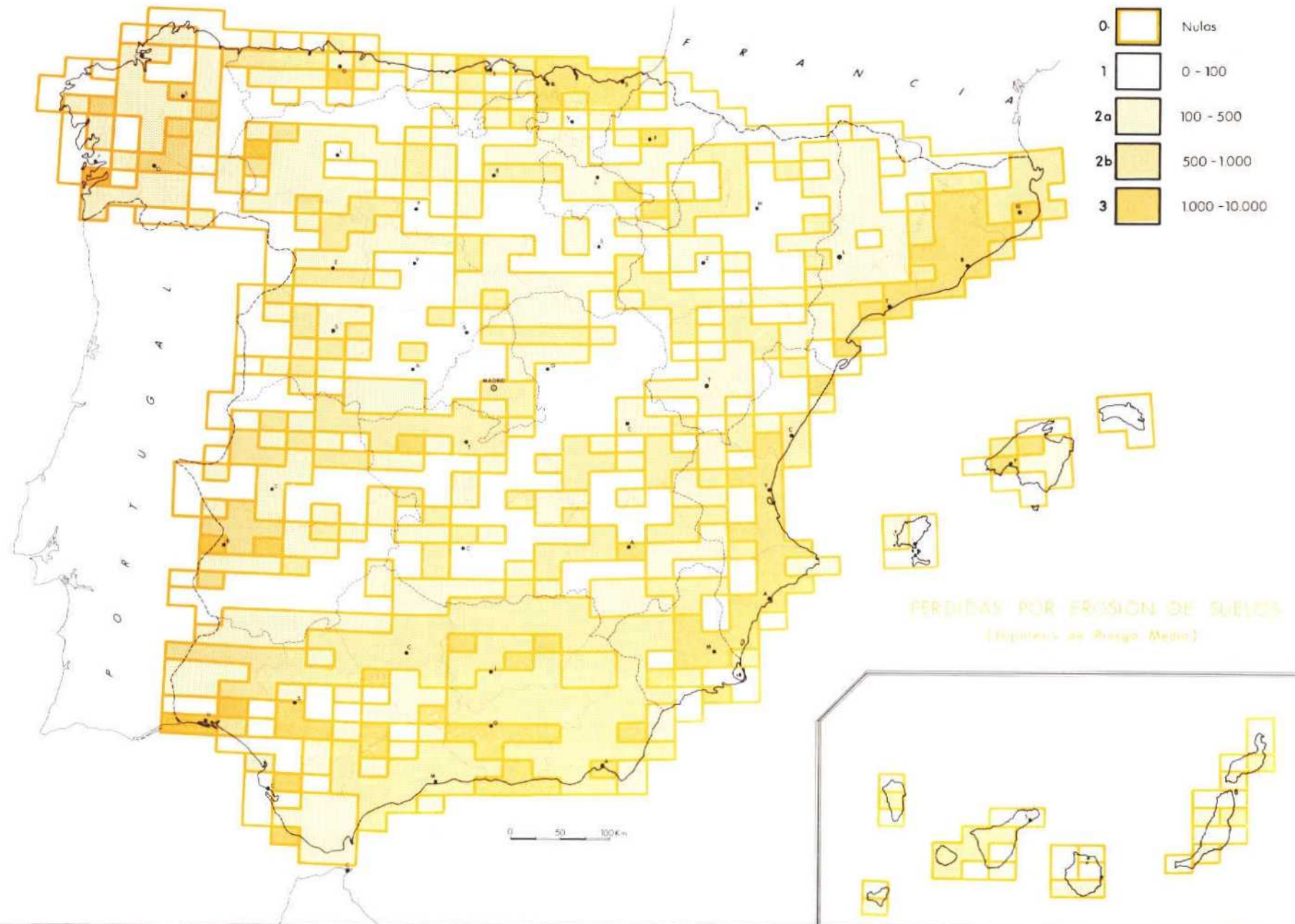
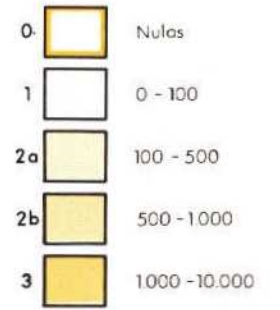


PERDIDAS POR INUNDACIONES
(Hipótesis de Riesgo Medio)








LEYENDA

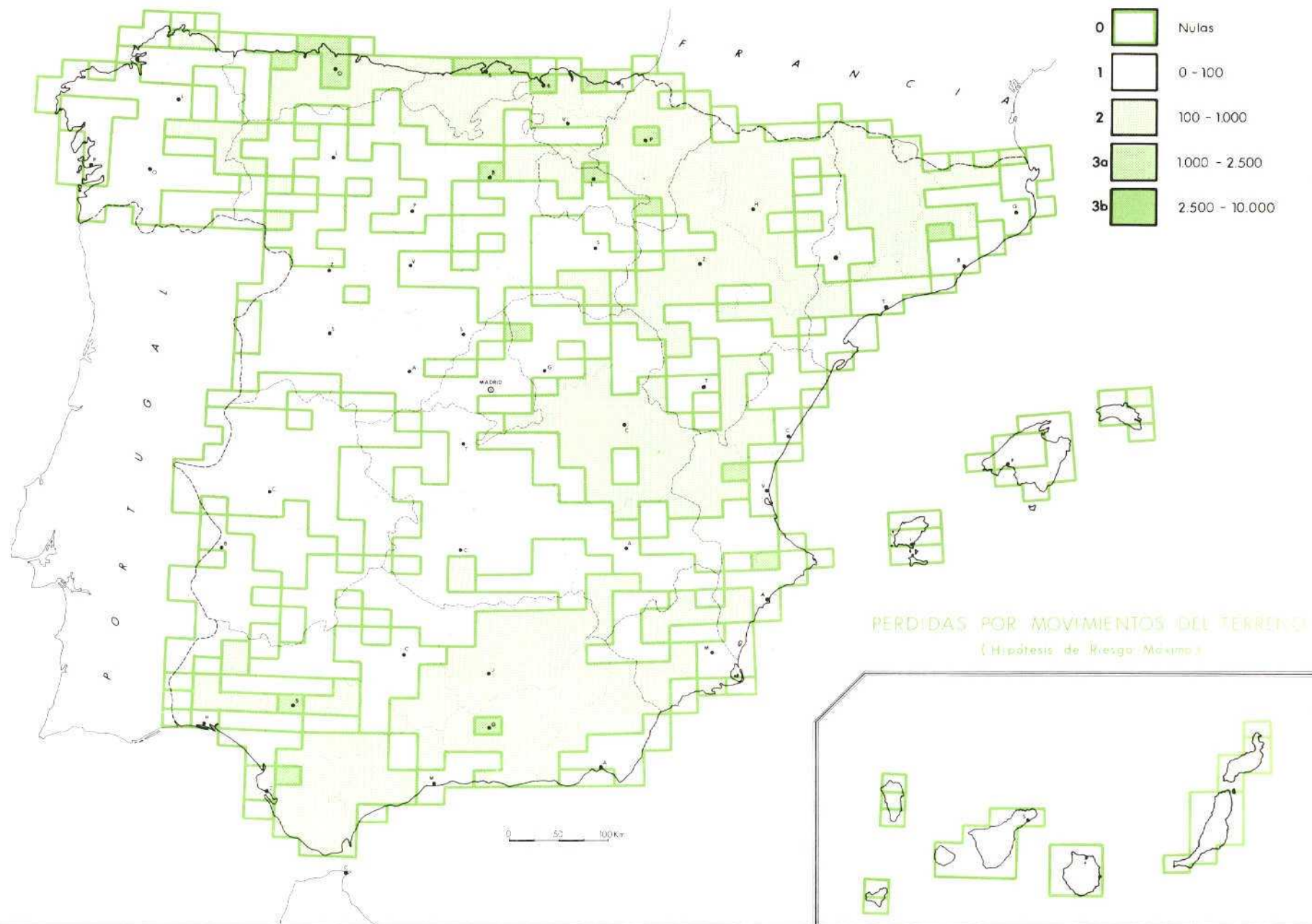
Intervalo de pérdidas econó-
micas (Mill. de pesetas).



LEYENDA






Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

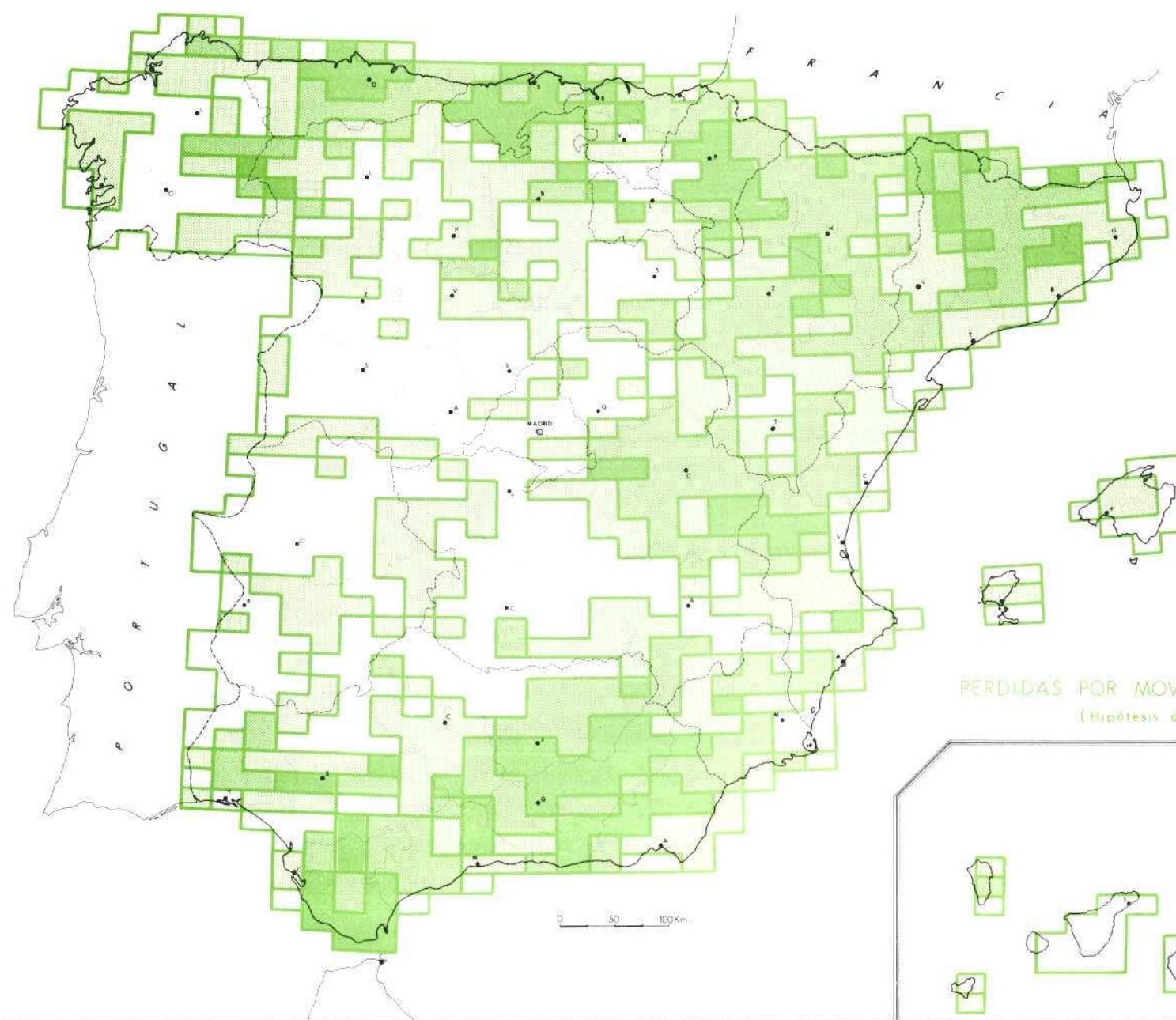
0		Nulas
1		0 - 100
2		100 - 1000
3a		1000 - 2.500
3b		2.500 - 10.000



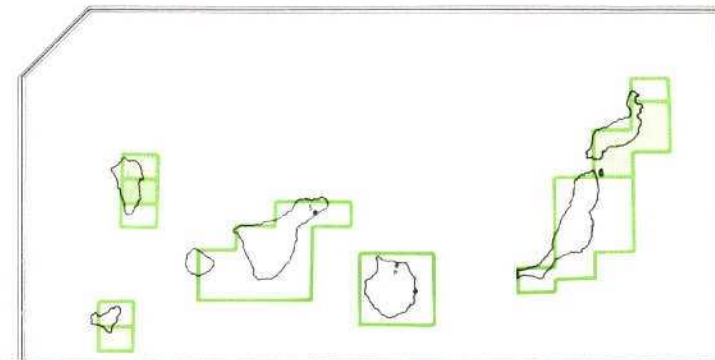
LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

- 0  Nulas
- 1  0 - 100
- 2  100 - 1000
- 3a  1000 - 1500
- 3b  1500 - 10.000







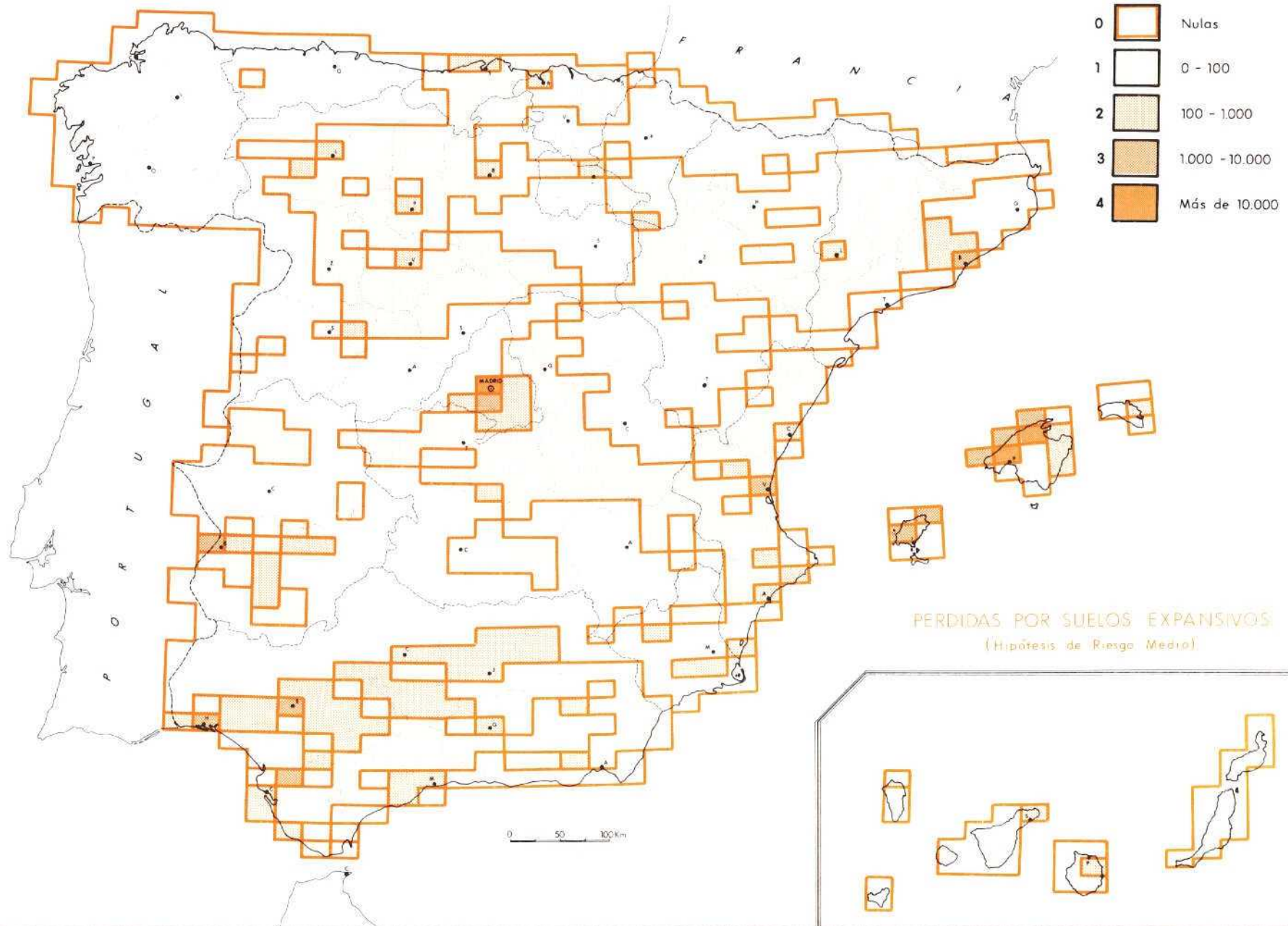
PÉRDIDAS POR MOVIMIENTOS DEL TERRENO
(Hipótesis de Riesgo Medio)



LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

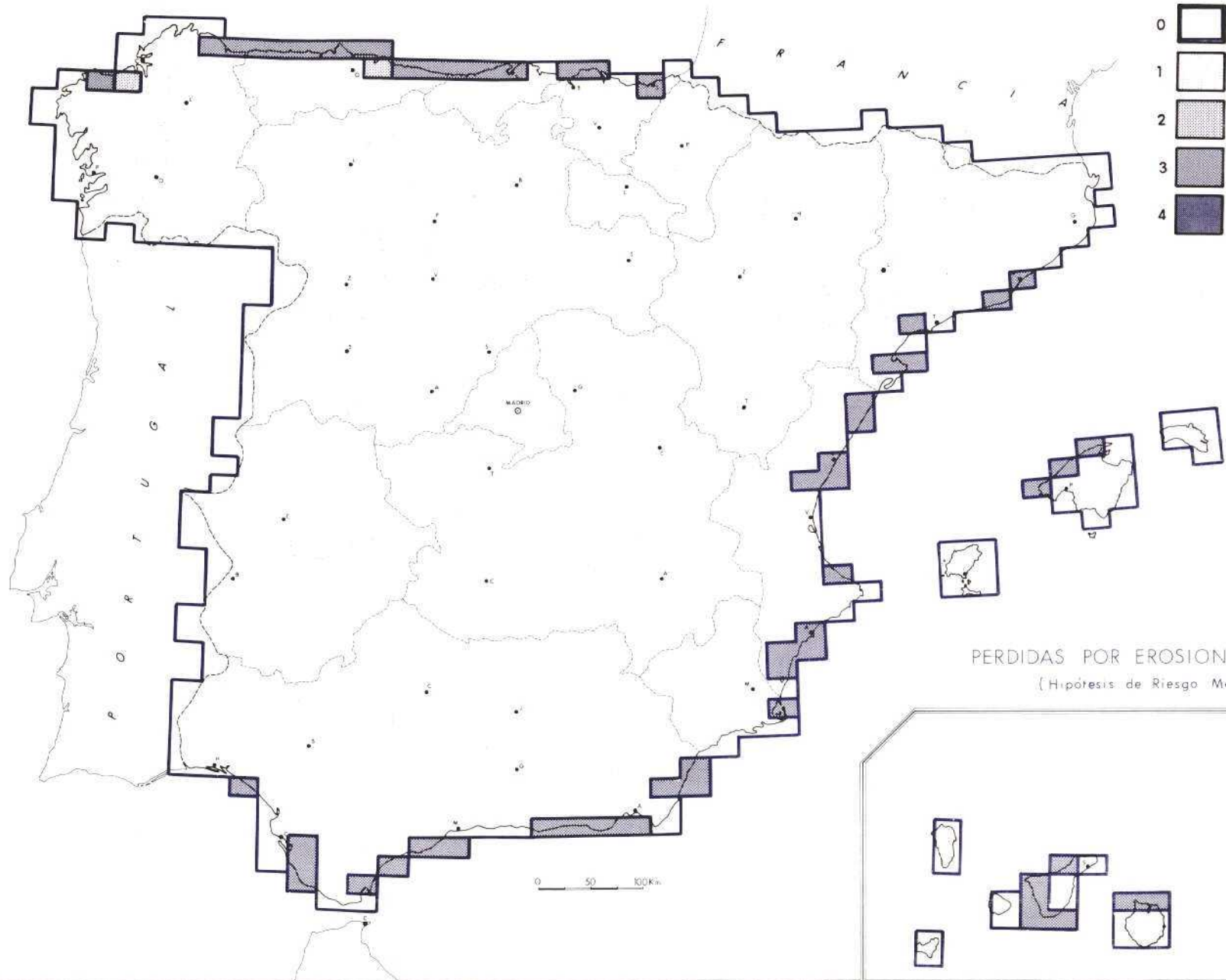
- | | | |
|---|---|----------------|
| 0 |  | Nulas |
| 1 |  | 0 - 100 |
| 2 |  | 100 - 1.000 |
| 3 |  | 1.000 - 10.000 |
| 4 |  | Más de 10.000 |

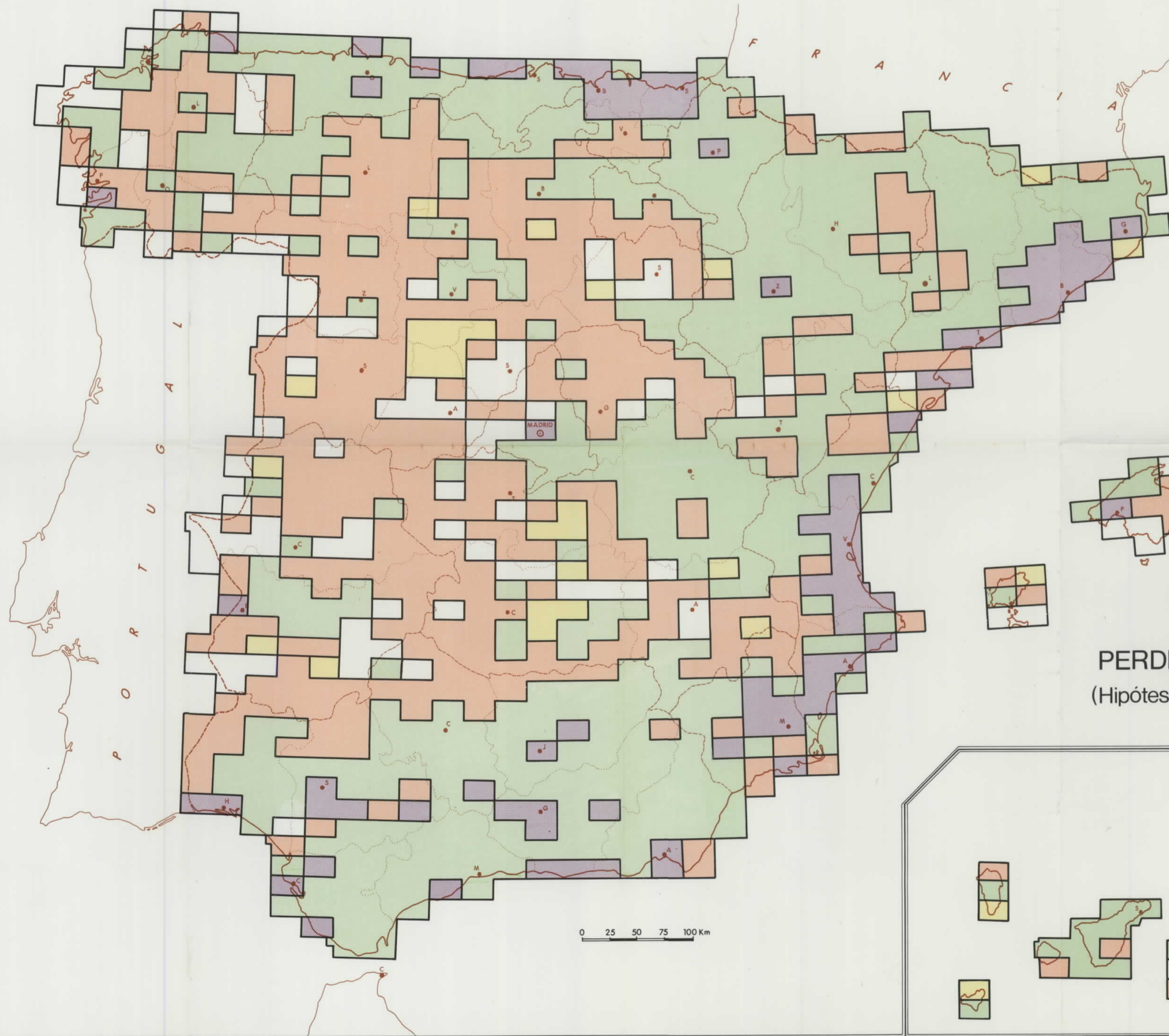


LEYENDA

Intervalo de pérdidas económicas (Mill. de pesetas).

- | | | |
|---|---|----------------|
| 0 |  | Nulas |
| 1 |  | 0 - 100 |
| 2 |  | 100 - 1.000 |
| 3 |  | 1.000 - 10.000 |
| 4 |  | Más de 10.000 |





LEYENDA

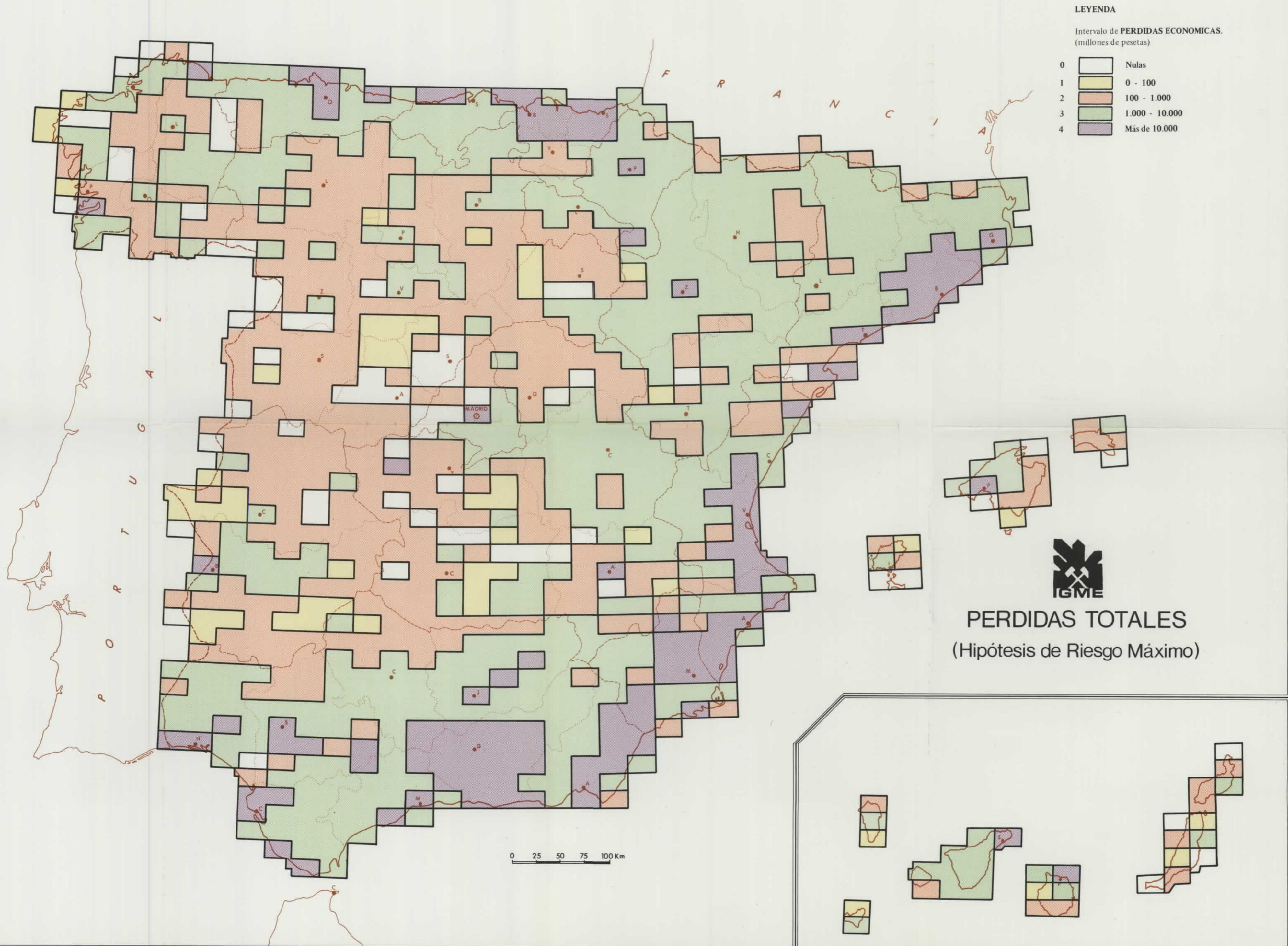
Intervalo de PERDIDAS ECONOMICAS.
(millones de pesetas)

0	□	Nulas
1	□	0 - 100
2	□	100 - 1.000
3	□	1.000 - 10.000
4	□	Más de 10.000



PERDIDAS TOTALES
(Hipótesis de Riesgo Medio)





LEYENDA

Intervalo de **PERDIDAS ECONOMICAS.**
(millones de pesetas)

- 0 Nulas
- 1 0 - 100
- 2 100 - 1.000
- 3 1.000 - 10.000
- 4 Más de 10.000



PERDIDAS TOTALES
(Hipótesis de Riesgo Máximo)

0 25 50 75 100 Km