

CUENCA DEL DUERO, FOSA DEL TAJO Y CAMPO DE MONTIEL

Son las áreas menos peligrosas sísmicamente de la Península Ibérica y se han registrado algunos terremotos de escasa importancia en la zona de contacto con el Macizo Ibérico. Las máximas intensidades sentidas han sido entre IV y V (M.S.K.) y coinciden con las isosistas del terremoto de Lisboa (1755).

ZONAS MARINAS

Los terremotos con epicentro marino son los movimientos más fuertes que afectan a la Península (tabla 8.V). Se pueden diferenciar tres zonas sismogénicas con características muy definidas:

1. La primera zona comprende desde la dorsal Atlántica hasta las proximidades de las Islas Azores. Se producen frecuentes terremotos superficiales de pequeña magnitud que generalmente no afectan a la Península.
2. La zona comprendida entre las Islas Azores hasta los 12°W de longitud. En esta zona se generan terremotos de elevadas magnitudes que afectan a la Península como el famoso terremoto de 1755.
3. Zona del Golfo de Cádiz. La distribución de los epicentros de los terremotos es irregular y son de menor magnitud que en la zona anterior. En general, la sismicidad de la región del Estrecho de Gibraltar es bastante baja.

| Fecha | Tiempo Origen | Lat. (°N) | Long. (°W) | M |
|-------------------|---------------|-----------|------------|-------|
| 5 Abril 1504 | — | 37.0 | 5.0 | — |
| 26 Enero 1531 | — | 37.0 | 12.5 | — |
| 9 Octubre 1680 | — | 36.0 | 4.0 | — |
| 27 Diciembre | — | 37.0 | 10.0 | — |
| 1 Noviembre 1755 | — | 37.0 | 10.0 | (8.9) |
| 31 Marzo 1761 | — | 37.0 | 13.0 | — |
| 21 Marzo 1829 | — | 38.0 | 1.0 | — |
| 25 Diciembre 1884 | — | 37.0 | 4.0 | — |
| 20 Mayo 1931 | 02.22.56 | 37.4 | 15.9 | 7.1 |
| 8 Mayo 1939 | 01.46.48 | 37.0 | 23.9 | 7.1 |
| 25 Noviembre 1941 | 18.03.54 | 37.4 | 19.0 | 8.1/4 |
| 29 Marzo 1954 | 06.17.05 | 37.0 | 3.3 | 7.0 |
| 28 Febrero 1969 | 02.40.32.5 | 36.1 | 10.6 | 8.0 |

Tabla 8.V. Relación de los terremotos más importantes durante el período 1500-1972 con epicentro marino. Según Udías et al (1976).

ZONA DEL MAR DE ALBORAN

Es una zona con una tectónica muy complicada donde se producen numerosos terremotos de baja magnitud. Existen dos teorías para explicar su baja sismicidad. Por un parte se dice que existe una subplaca entre la placa Europea y la placa Africana que está ampliamente fracturada. La otra teoría afirma que corresponde a una zona de transición entre las dos grandes placas circundantes. No existen conclusiones definitivas al respecto.

A continuación se describen los resultados obtenidos en intensidades por Martín Martín (1984) para el método zonificado (tabla 8.VI y 8.VII) para algunas ciudades y zonas de la Península Ibérica.

| LOCALIDAD O ZONA | PERIODO DE DATOS | | | |
|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1405-1980 | 1750-1980 | 1800-1980 | 1915-1980 |
| ALGARVE | VIII | XI | IX | IX |
| LISBOA | VIII | X | VIII | IX |
| GRANADA | VIII | IX | IX | IX |
| MURCIA | VII | VII | VIII | IX |
| PIRINEOS CENTRALES | VI | VII | VII | VIII |
| SEVILLA | VII | VII | VII | VII |
| MALAGA | VII | VII | VIII | VIII |
| ALMERIA | VII | VII | VIII | IX |

Tabla 8.VI. Período de retorno: 1.000 años. Según Martín Martín (1984).

| LOCALIDAD O ZONA | PERIODO DE DATOS | | | |
|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1405-1980 | 1750-1980 | 1800-1980 | 1915-1980 |
| ALGARVE | VIII | IX | VIII | IX |
| LISBOA | VIII | VIII | VIII | VIII |
| GRANADA | VIII | VIII | IX | IX |
| MURCIA | VII | VII | VIII | VIII |
| PIRINEOS CENTRALES | VI | VII | VII | VII |
| SEVILLA | VII | VII | VII | VI |
| MALAGA | VII | VII | VII | VIII |
| ALMERIA | VII | VII | VIII | VIII |

Tabla 8.VII Período de retorno: 500 años. Según Martín Martín (1984).

Resultados obtenidos para el método no zonificado para algunas ciudades y zonas de la Península Ibérica. Según Martín Martín. 1984. (Tabla 8.VIII y 8.IX).

| LOCALIDAD O ZONA | PERIODO DE DATOS | | | |
|------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1380-1980 | 1750-1980 | 1800-1980 | 1915-1980 |
| ALGARVE | IX | XI | VIII | VII |
| LISBOA | VIII | XI | IX | VII |
| GRANADA | VIII | IX | X | X |
| TORREVIEJA O MURCIA | VIII | VIII | IX | VIII |
| PIRINEOS CENTRALES | VIII | IX | IX | IX |
| OLOT | VII | VII | VI | V |
| SEVILLA | VII | IX | VI | V |
| ALMERIA | VIII | VII | VII | VII |
| MALAGA | VII | VIII | VII | VII |

Tabla 8.VIII Período de retorno: 1.000 años.
Según Martín Martín (1984)

| LOCALIDAD O ZONA | PERIODO DE DATOS | | | |
|------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1380-1980 | 1750-1980 | 1800-1980 | 1915-1980 |
| ALGARVE | VIII | X | VII | VI |
| LISBOA | VIII | X | VIII | V |
| GRANADA | VIII | VIII | X | IX |
| TORREVIEJA O MURCIA | VIII | VIII | IX | VIII |
| PIRINEOS CENTRALES | VII | VIII | VII | IX |
| OLOT | VI | VI | V | IV |
| SEVILLA | VII | VIII | V | V |
| ALMERIA | VI | VI | VI | VII |
| MALAGA | VII | VII | VI | VI |

Tabla 8.IX. Período de retorno: 500 años. Según Martín Martín (1984).

8.2 TERREMOTOS DESTRUCTORES EN ESPAÑA

España se puede considerar como un país con sismicidad moderada, aunque se han producido varios terremotos con intensidades mayores que VIII (M.S.K.) que han producido miles de víctimas y la destrucción de muchos pueblos y ciudades. Una estimación general aproximada del período de retorno de los sismos destructores que pueden afectar a la Península oscila entre los 100 a 150 años.

El origen de estos terremotos según Udías (1981) es que la Península se comporta como un bloque independiente con respecto a la placa Euroasiática. Las tensiones acumuladas por los movimientos del bloque son los responsables de los sismos en sus bordes en especial en la región de las Cordilleras Béticas y Pirenaica (ver fig. 8.2).

Para evaluar el riesgo sísmico de una región es necesario recopilar abundante información científica. Datos de la geología tectónica, geofísica y la recopilación de información sísmica, tanto instrumental como histórica son muy importantes para la determinación de las diferentes zonas sismogénicas que componen la Península. Los datos instrumentales sísmicos son relativamente recientes, ya que los primeros se empezaron a obtener a finales del siglo pasado y no de forma continua.

Para realizar estudios de sismicidad es necesario acudir a catálogos de terremotos históricos basados en recopilaciones de documentos y crónicas de los sucesos de la época.

Los registros de sismicidad instrumental en España se empezaron a obtener a finales del siglo pasado. El primer observatorio sismológico se instaló en 1898 en San Fernando (Cádiz). Posteriormente el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) y otras instituciones instalaron observatorios por toda la geografía nacional.

Se han realizado diversas listas y catálogos de sismos históricos peninsulares anteriores a la época instrumental confeccionadas en base a documentos y crónicas oficiales de los sucesos. Una de las listas más antiguas fué la realizada por J. Moreira de Mendoça en 1788 en su obra "Historia Universal dos terremotos". Además de las muchas otras obras de recopilación que salieron a la luz en 1932, se publicó el "Catálogo Oficial de Sismos Españoles" de Galbis que se revisó en 1940. Bonelli (1961) y Muneras (1963) actualizaron el Catálogo de Galbis, contabilizando 10.704 sismos desde el año 400 a.C.

La última y más reciente recopilación corresponde al catálogo de la "Sismicidad del Area Ibero-Mogrebí" de 1983 realizado por J. Mezcúa y J. Martínez Solares del Instituto Geográfico Nacional.

En la Península Ibérica y Sur de Francia se han registrado hasta 79 terremotos con intensidades superiores a VIII en la tabla 8.X se pueden observar los terremotos por siglos e intensidades.

| Intensidad Siglo | VIII | XI | X | TOTAL |
|---------------------|------|----|---|-------|
| XIV | 5 | 3 | 2 | 8 |
| XV | 5 | 3 | | 8 |
| XVI | 6 | 3 | 2 | 11 |
| XVII | 6 | 4 | | 10 |
| XVIII | 11 | 5 | 2 | 18 |
| XIX | 7 | 2 | 3 | 12 |
| XX | 20 | 1 | 1 | 22 |

Tabla 8.X Terremotos destructores en la Península Ibérica y Sur de Francia desde el siglo XIV al XX con intensidades \geq III.

A continuación se describen algunos de estos terremotos históricos que han afectado a la Península con consecuencias desastrosas.

Terremoto del 24 de Agosto de 1356

Fué un terremoto que afectó gravemente a numerosas localidades del sur de España. Provocó daños en Sevilla y produjo numerosas muertes. El epicentro se localizaría en la falla Azores Gibraltar al SW del cabo de S. Vicente. Una traducción de la descripción del sismo realizada por el portugués Moreira Mendoza, en su "Historia Universal dos terremotos" de 1758 describe su gravedad.

"Fueron grandes los terremotos, que hubo en las tierras marítimas de España. El miércoles 24 de Agosto tembló la tierra en todo Portugal por espacio de un cuarto de hora, tan fuertemente, que las campanas tocaron solas. Se abrió la Capilla Mayor de Lisboa y cayeron muchas casas, mientras que otras poblaciones de España padecieron mucho. Fue general en todo el mundo. Este gran terremoto fue muy similar al que despues padeció Portugal en 1531, y al que experimentamos en 1755."

Terremoto del 2 de Febrero de 1428

En el municipio de Camprodón (Gerona) se produjo un violento terremoto de intensidad IX que arrasó totalmente las poblaciones de Camprodón, Puigcerda y Queralls, donde murieron casi todos sus habitantes (ver fig. 8.3). También afectó a Olot destruyendo

totalmente a esta población que había sido reconstruida después de un terremoto de intensidad IX que la afectó el año anterior. En Prats de Mollo y Barcelona la intensidad fue VIII. En Barcelona cayó la Cúpula de la Iglesia de Santa María del Mar produciendo 22 muertos. Era el día de la Candelaria y se realizaba una misa en su interior.

En total se contabilizaron más de 500 muertos y centenares de heridos. La intensidad máxima registrada fué IX (M.S.K.) y su epicentro se estima en: 42° 18'N y 2° 23'E.

Terremoto del 22 de Septiembre de 1522

Este terremoto destruyó Almería, Almanzora y Alhama de Almería (ver fig. 8.4). Casi todos los edificios de Almería quedaron destruidos. Según datos del Instituto Geográfico Nacional su epicentro se sitúa a 36°55'N de latitud y 2° 30'W de longitud. Según el testimonio del historiador Pedro Medina en su obra de 1549 "Libro de Grandezas y cosas memorables de España" cita el siguiente párrafo:

"En el año del Señor de 1522, hubo en esta ciudad (de Almería) un terremoto tan grande que cayeron muchas casas y otros edificios y mataron mucha gente. Moviose de su lugar gran parte de la Sierra, y cayó en el río que pasa junto a esta ciudad, por lo cual el río salió de su curso y reventó por todas partes de su misma madre".

Esta descripción indica que el sismo provocó un deslizamiento de tierras que bloqueó el río Andarax, haciendo que el río saliera de su curso y provocara inundaciones.

Terremoto de Málaga de 9 de Septiembre de 1680

Este terremoto causó grandes daños en el Sur de España afectando principalmente a la provincia de Málaga. El epicentro se situó en el mar Mediterráneo a 6° 30'N y 4° 24'W alcanzando una intensidad de X.

En Málaga los daños a los edificios pueden cifrarse en el 20% de las casas destruidas, el 30% inhabitable y el 30% con graves daños. En el barrio de Percheles se concentraron buena parte de los daños y se registraron numerosas víctimas, también se derrumbaron las murallas que rodean los castillos de Alcazaba y Gilbralfaro. En poblaciones próximas a Málaga se arruinaron la mayoría de los edificios. En Granada y Córdoba también se sintió este sismo.

Se pudieron contabilizar 70 víctimas mortales y cientos de heridos. Como efectos indirectos provocados por el sismo se produjeron desprendimientos en los montes de Colmenar y Santa María de Mitjar. Además se produjo un tsunami que afectó a las costas de Málaga.

Terremoto de 1 de Noviembre de 1755

Este terremoto se consideró como el más destructivo que azotó a la Península hasta entonces. Se produjeron varios temblores a las 9h:50 min, 10h y 12h del día 1 de Noviembre de 1755, día de Todos los Santos. Este violento temblor tuvo su epicentro en la falla Azores-Gibraltar a 37°N y 10°W (ver fig. 8.5). Afectó duramente Portugal y el Sur de España (VIII), (ver mapa de Isosistas). Su duración fue de 120 segundos y se alcanzó una intensidad máxima de X. Sus efectos fueron desastrosos, aparte del terremoto en sí, que destruyó la mayoría de los edificios en Lisboa (ver mapa), se produjo un devastador incendio que arrasó Lisboa y un tsunami que azotó las costas portuguesas y zona del Golfo de Cádiz.

En Lisboa se contabilizaron 50.000 víctimas mortales de una población estimada en 235.000 personas.

En España se produjeron cuantiosos daños. En Sevilla se destruyó el 6,5% de las viviendas y dañó el 89%. La Giralda se vió muy afectada y se produjeron 9 víctimas. En Madrid se alcanzó una intensidad de V y aparte de algunos daños, cayó una Cruz del Colegio Imperial y otra de la fachada del Buen Suceso, ocasionando la muerte de dos niños.

Pero lo que verdaderamente causó numerosas víctimas en nuestro territorio fue el tremendo tsunami que barrió las costas peninsulares y Africanas, según una descripción del "Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos" I.T.G.E (1988) los efectos del tsunami fueron en las costas españolas y portuguesas:

En España:

" En Cádiz, después de pasado el terremoto a las 11 h, el mar rompió los lienzos de las murallas desplazando piezas de sillaría de 8 a 10 toneladas alrededor de 40 a 50 yardas, e invadió la población hasta 3 veces con intervalos de 6 minutos dejando en seco cerca de media legua de playa y ocasionó numerosas víctimas. También se produjeron daños en el muelle y el hundimiento de un barco. El Gobernador de Cádiz ordenó el cierre de las murallas salvando la vida a miles de personas. En los pueblos de la provincia se sintió el terremoto en análoga manera. Conil, Sanlúcar de Barrameda, Puerto de Santa María, Jerez de la Frontera, etc., todos ellos sufrieron desperfectos en los edificios y víctimas. Sólo en la Isla de León (hoy San Fernando) aparecieron en sus alrededores 26 muertos. Por ejemplo, Conil quedó completamente destruido. En Ayamonte, únicamente, hubo más de 1.000 muertos".

En Portugal:

"En Lisboa se produjeron más de 4.000 muertos. En San Vicente se retiró el mar media legua subiendo el nivel a continuación 60 m. En Sagres también el mar se retiró media legua produciendo una subida de 30 m a continuación. En Morinhal y Lagos el mar avanzó hasta media legua arrasando murallas, arrasando cultivos y haciendo naufragar pequeñas embarcaciones. En Portimao, alejada 2,5 km del mar la ría que por ella pasa, se llevó 12 m de muralla y destruyó un convento".

Terremoto del 25 de Agosto de 1804

En la mañana del día 25 a las 8h y 30 min. se produjo un violento terremoto de intensidad IX con un epicentro estimado en $36^{\circ} 48'N$ y $2^{\circ} 49'W$ que afectó a varias localidades de la provincia de Almería, Berja y Dalias que quedaron totalmente arrasadas, según el alcalde de Dalias de entonces " *...Han quedado reducidas a dos montañas de escombros y ruinas, siendo ya hoy útiles para dar una idea más viva de la calamidad y miseria*"(ver fig 8.6).

El número de víctimas alcanzó la cifra de 312 muertos además de cientos de heridos. Se pudieron observar desprendimientos y roturas superficiales del terreno.

Terremoto del 21 de Marzo de 1829

Este fuerte terremoto destruyó la ciudad de Torrevieja donde se alcanzó la intensidad de X (M.S.K.) (ver fig 8.7). Destruyó 10 iglesias parroquiales, 57 hermitas, 4 puentes, 96 molinos, además de 2.965 casas y dañando gravemente otras 2.396 viviendas. Hubo 839 muertos, cientos de heridos, las pérdidas económicas ascendieron a 8,5 millones de reales de vellón (moneda de la época). Fue necesario reedificar Torrevieja, Guardamar del Segura, Almoradi y otros muchos pueblos. En Murcia capital, la aceleración vertical fué tal que lanzó hacia arriba como un proyectil una bola que servía de cabeza de una cruz que había en la portada de la catedral. Se observaron numerosas grietas en el suelo de las que emanaba un agua pestilente y según los cronistas de la época, aseguraban que los peces que se acercaban a la desembocadura del río Segura morían.

El epicentro se situó en las coordenadas $0^{\circ}42'W$ y $38^{\circ}06'N$. Después del sismo principal se contabilizaron 24 réplicas que oscilaban sus intensidades entre los V y VII (M.S.K.).

Terremoto del 25 de Diciembre de 1884

A este terremoto se le conoce como el "Terremoto de Andalucía" y fué el último gran terremoto destructor que afectó a España (ver fig. 8.8).

El día de Navidad de 1884 a las 21h: 08 min se desató un violento sismo de la zona Norte de la sierra de Teyecla asociado a una serie de fracturas en un área geológicamente complicada. El epicentro se localizó a $36^{\circ} 57'N$ y $3^{\circ} 59'W$, a una profundidad entre 10 y 20 kilómetros. Afectó a un área de 8.400 km² de las provincias de Granada y Málaga, produjo la destrucción total del pueblo de Arenas del Rey y otros pueblos más, y desprendimientos en las sierras próximas que afectaron al pueblo de Tajo de Alhama en donde se registraron más de trescientos muertos y quinientos heridos. En Guevejar y Abunar, también se registraron deslizamientos y en numerosas localidades se pudieron observar fenómenos de licuefacción, grietas etc.. En la tabla se 8.XI puede observar un resumen de víctimas y daños de las localidades afectadas.

| Núcleo | Población Término municipal | Víctimas | | Edificios existentes | | | | | | Daños a edificaciones | |
|---------------------|-----------------------------------|------------|---------|----------------------|------|------|-------------------|------|------|-----------------------|---------|
| | | Gobernador | | Núcleo | | | Término Municipal | | | Comisión Española | |
| | | Muertos | Heridos | 1 Planta | 2 | 3 | 1 Planta | 2 | 3 | Destruídas | dañadas |
| Albuñuelas | 1640 | 102 | 500 | 56 | 303 | 7 | 116 | 308 | 7 | 463 | 26 |
| Ahama | 7758 | 307 | 502 | 8 | 478 | 793 | 248 | 488 | 793 | 1084 | 560 |
| Almendral | Anejo de Ventas | | | 17 | 25 | | | | | | |
| Arenas | 1366 | 135 | 253 | 14 | 319 | 14 | 30 | 343 | 15 | 397 | |
| Cacín - El Turro | 728 | | | 8 | 124 | | 9 | 137 | | 21 | 72 |
| Fornes | 746 | | | 6 | 114 | 6 | 6 | 117 | 6 | | |
| Granada | 76.005 | | | | | | | | | | |
| Gúejar | 586 | | | 2 | 117 | 3 | 2 | 124 | 3 | | |
| Jatar | 1.163 | | | 3 | 239 | 12 | 6 | 243 | 12 | 37 | 220 |
| Jayena | 1.213 | 17 | 5 | 62 | 228 | 14 | 66 | 230 | 14 | 95 | 218 |
| Murchas | 362 | -9 | 13 | 5 | 92 | | 5 | 93 | | 95 | |
| Santa Cruz | 708 | 13 | 8 | 10 | 182 | 7 | 11 | 215 | 7 | 162 | 44 |
| Ventas | 934 | 73 | 7 | 22 | 50 | | 53 | 98 | | 119 | 20 |
| Zafarraya | 2700 | 25 | 86 | 47 | 150 | | 74 | 203 | | 200 | 171 |
| Total Granada | | 690 | 1426 | | | | | | | 3332 | 2438 |
| Alcaucín | 2019 | 4 | | 90 | 237 | 8 | 175 | 311 | 8 | 150 | 600 |
| C. del Accituno | 3231 | 5 | 5 | 75 | 500 | 10 | 343 | 590 | 10 | 92 | 382 |
| Málaga | 94732 | | | 751 | 3846 | 2644 | 1839 | 4443 | 2644 | | |
| Periana | 4060 | 40 | 18 | 176 | 225 | 5 | 378 | 314 | 5 | 158 | 146 |
| Vélez-Málaga | 24332 | 6 | 16 | 806 | 1201 | 261 | 3171 | 1389 | 261 | | |
| Total Málaga | | 55 | 59 | | | | | | | 1057 | 10641 |

Tabla 8.XI. Cuadro resumen de víctimas y daños. Datos I.G.N.

El importe de la reconstrucción de los pueblos y las indemnizaciones a las víctimas afectadas alcanzó aproximadamente los 10 millones de pesetas de la época. Para obtener el equivalente en la actualidad habría que multiplicar por un índice próximo a 200, con lo que se obtendría una cifra cercana a los 2.000 millones de pesetas.

A continuación se puede ver tabla 8.XII la relación de las poblaciones que fueron auxiliadas por el Comisario Regio con los fondos de la suscripción nacional para la reedificación o reparación de sus casas. (I.G.N.)

| PROVINCIA DE GRANADA | | | | PROVINCIA DE MALAGA | |
|-------------------------|--------------|---------------------|------------|------------------------|------------|
| Municipio | Pesetas | Municipio | Pesetas | Municipio | Pesetas |
| Acequias | 8.449,09 | Jázar | 21.729,92 | Alcaucín | 8.251,00 |
| Agrón | 2.255,00 | Jayena | 128.508,53 | Alfarnatejo | 5.040,25 |
| Albuñuelas | 346.923,15 | Jete | 13.125,92 | Algarrobo | 10.085,57 |
| Alhama | 1.541.127,70 | Lanjarón | 917,00 | Almogía | 10.157,37 |
| Almuñécar | 38.884,65 | Lentegí | 11.563,43 | Antequera | 50.318,20 |
| Arenas del Rey | 1.033.765,98 | Loja | 82.863,46 | Archez | 22.172,22 |
| Bayacas | 9.953,90 | Malá (La) | 117,00 | Archidona | 1.481,00 |
| Béznar | 75.752,85 | Medina Fondales | 3.674,45 | Arenas de Daimalos | 14.041,40 |
| Cacín y su anejo Turro | 9.421,69 | Melegís | 64.924,38 | Benagalbón | 1.425,48 |
| Cájar | 591,05 | Molzivar | 23.066,54 | Benamorraca | 8.493,75 |
| Cañar | 24.760,39 | Mondújar | 37.573,95 | Borge | 9.035,50 |
| Capileira | 2.274,50 | Moraleta | 6.322,25 | Canillas de Albadia | 37.501,99 |
| Cenes | 2.967,00 | Motril | 37.482,56 | Casabermeja | 18.641,00 |
| Cónchar | 31.870,62 | Murchas | 20.000,00 | Colmenar | 3.307,50 |
| Cozvíjar | 5.965,20 | Nigüelas | 72.261,25 | Cómpeta | 79.725,00 |
| Chauchina | 1.713,00 | Nívar | 981,00 | Cútar | 35.926,25 |
| Chimeneas | 15.220,51 | Ojijares | 150,00 | Frigiliana | 11.023,85 |
| Chíte y su anejo Talará | 34.354,48 | Orgiva | 2.995,88 | Iznate | 3.463,67 |
| Churriana | 1.424,50 | Otívar | 51.864,57 | Málaga | 146.885,54 |
| Dílar | 9.998,50 | Padul | 15.522,00 | Moclinejo | 11.110,22 |
| Dúdar | 6.352,22 | Pinos Genil | 13.586,01 | Nerja | 14.274,25 |
| Dúrcal | 13.062,75 | Pinos del Rey | 20.121,68 | Oliás | 7.567,50 |
| Fornes | 30.882,58 | Quénzar | 8.217,17 | Periana | 300.587,30 |
| Gabia la Grande | 1.050,00 | Restabal | 27.100,37 | Rigordo | 647,00 |
| Gabia la Chica | 5.025,75 | Salar | 9.789,57 | Salares | 29.835,50 |
| Gójar | 2.591,10 | Saleres | 36.200,11 | Sayalonga y Corumbela | 23.167,98 |
| Granada | 109.892,50 | Salobreña | 42,00 | Sedella | 19.215,21 |
| Gujár alto | 11.988,30 | Sopertújar | 2.942,75 | Torrox | 21.624,44 |
| Gujár Faragüt | 3.163,50 | Velez de Benaullada | 10.005,45 | Velez - Málaga | 110.36,35 |
| Gujár Fondón | 1.673,75 | Ventas de Huelma | 17.781,77 | Villanueva del Trabuco | 975,00 |
| Güejar Sierra | 543,07 | Ventas de Zafarraya | 7.112,45 | Vizuela | 617,00 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|------------|
| Gúejar | 527.113,05 | Villanueva de Mesía | 122.421,45 |
| Huétor Tajar | 12.165,34 | Zafarraya | 122.421,45 |
| Illora | 15.077,62 | Zubia (La) | 1049,05 |
| Itrabo | 7.492,92 | | |
| Izboer y su anejo Tablate | 15.704,01 | | |

Tabla 8.XII. Indemnizaciones concedidas por el Comisario Regio para la redificación o reparación de las casas
Datos I.G.N.

Se sintieron numerosas réplicas durante un año, la mayor de todas fue el 27 de Febrero de 1885 con una intensidad que osciló entre VII- VIII.

Como efectos indirectos del sismo en el verano de 1885 se registró una epidemia de cólera sobre la zona.

8.3 SISTEMA DE PREVISION DE TERREMOTOS EN ESPAÑA

Desde tiempos históricos se han venido registrando decenas de terremotos destructores con intensidades superiores a VIII (M.S.K.) en la Península. Algunos de estos sismos arrasaron aldeas, villas, pueblos y ciudades, viviendo sus habitantes escenas inenarrables de temor, angustia y miedo.

El valorar los efectos que puede causar un terremoto destructor en el futuro no es tarea fácil. Se pueden hacer modelos de estimaciones basados en cálculos probabilísticos, que son una mera aproximación al problema, ya que se deben de tener en cuenta numerosas variables como la fecha y la hora del siniestro.

De cualquier manera es necesario realizar modelos de simulación cada vez más precisos para elaborar los planes de actuación correspondientes y mitigar las consecuencias de la catástrofe.

Desde 1985 se realizan en España modelos de simulación de daños y se han reflejado en un estudio de A. Martín Martín para la provincia de Córdoba. Posteriormente en 1986 y con la colaboración de García Yagüe, realizaron un amplio estudio para la estimación de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría en Andalucía, desarrollando una metodología que básicamente consta de los siguientes puntos:

- 1) Supuesto ocurrido un terremoto en un epicentro dado, cálculo de la población y del número de viviendas existentes en el interior de las zonas de intensidad máxima y de intensidad uno y dos grados inferiores a la intensidad máxima.
- 2) Determinación para los niveles de daño adoptados, de las fórmulas de cálculo del número de viviendas afectadas en función de la intensidad máxima del sismo y

de la proporción de viviendas existentes de cada tipo.

- 3) Determinación del número de muertos y heridos de consideración que ocasionaría un terremoto de intensidad máxima VIII - IX (M.S.K.), (que son los únicos grados de intensidad que interesan a efectos prácticos en este trabajo).
- 4) Determinación para cada uno de los núcleos de población del número de viviendas existentes de cada uno de los tipos A, B y C.
- 5) Cálculo por las fórmulas del apartado (2) del número de viviendas destruidas y dañadas, supuesta la ocurrencia de un terremoto de intensidad máxima VIII - IX (M.S.K.)
- 6) Cálculo mecanizado. Para ello, se han elaborado programas de cálculo para un ordenador. La mecanización del cálculo implica además de la rapidez de ejecución una serie de ventajas. Entre ellas:
 - Adaptabilidad a cálculos similares en otras regiones.
 - Posibilidad de cálculo inmediato de una estimación de los daños que ocasionaría un terremoto con cualquier epicentro, de gran utilidad en el caso de que ocurra realmente.

| | POBLACION AFECTADA | | VIVIENDAS AFECTADAS | | | | | |
|---------|--------------------|------------|---------------------|---------|---------|------------|---------|---------|
| | ZONA I=VIII | ZONA I=VII | ZONA I=VIII | | | ZONA I=VII | | |
| | | | TIPO A | TIPO B | TIPO C | TIPO A | TIPO B | TIPO C |
| HUELVA | 208.333 | 190.678 | 10.054 | 41.461 | 21.267 | 14.844 | 62.517 | 781 |
| SEVILLA | 1.002.174 | 468.046 | 21.860 | 144.448 | 174.252 | 25.707 | 118.872 | 3.995 |
| CADIZ | | 646.497 | | | | 24.976 | 107.862 | 71.302 |
| CORDOBA | | 576.485 | | | | 26.148 | 104.652 | 56.287 |
| JAEN | | 16.860 | | | | 1.186 | 4.995 | 64 |
| MALAGA | | 7.574 | | | | 398 | 1.674 | 22 |
| TOTAL | 1.210.507 | 1.906.140 | 31.914 | 185.909 | 195.519 | 93.259 | 400.572 | 132.451 |

Tabla 8. XIII. Daños estimados para un sismo análogo al del 1 de Noviembre de 1755 según Martín Martín y García Yagüe (1986).

Actualmente se disponen de datos para toda España y se ha confeccionado un Sistema Automático de Vigilancia Sísmica (SAVS) desarrollado por el I.G.N. capaz de determinar la localización de un terremoto, magnitud y una estimación de la intensidad máxima sentida, además puede dar una valoración aproximada de los daños producidos. En la tabla 8.XIV se puede observar un ejemplo de salida del sistema SAVS para el "terremoto de Andalucía" del 25 de diciembre de 1884 (ver fig. 8.9).

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Fecha: | 25-12-1884 |
| Hora origen: | 21h 08m 32.35s |
| Latitud: | 37° 24.71'N |
| Longitud: | 04° 37.85'W |
| Profundidad: | 18 kms |
| Magnitud: | 6.4 |
| Num. Estaciones: | 25 |
| INTENSIDAD MAXIMA ESTIMADA: IX | |

| INTEN. | RADIO. | SUPER. | POBLA. | DAÑOS ESTIMADOS | | | |
|--------|--------|--------|---------|-----------------|-------|----------|---------|
| | | | | EDIFICIOS | | PERSONAS | |
| | | | | GRAVES | LEVES | MUERTOS | HERIDOS |
| IX | 15 | 707 | 5.500 | 820 | 2.145 | 841 | 1.503 |
| VIII | 26 | 1.417 | 17.000 | 210 | 3.114 | 9 | 179 |
| VII | 40 | 2.902 | 148.000 | 2 | 94 | | 12 |
| VI | 55 | 4.477 | 719.000 | | | | 1 |
| V | 70 | 5.891 | 250.000 | | | | |
| IV | 100 | 16.022 | 256.000 | | | | |
| III | 150 | 39.270 | 290.000 | | | | |

Tabla 8.XIV. Ejemplo de salida de datos del Sistema SAVS (I.G.N.)

En 1987 se publicó un trabajo realizado por el Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E) (basado en la metodología de trabajo del Master Plan for California 1973), que valoraba los efectos que tendrían sobre el territorio español los riesgos geológicos.

| RIESGO MAXIMO | | |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| COMUNIDADES AUTONOMAS | PTS. | 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 | 3.519.778.005 | 4.759.687.759 |
| PAIS VASCO | 2.833.978.005 | 3.832.301.472 |
| NAVARRA | 2.664.205.617 | 3.601.723.482 |
| 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 | 2.684.358.229.335 |

Tabla 8.XV. Pérdidas económicas que ocasionaría un terremoto en España para un riesgo máximo. Según datos del I.T.G.E (1987).

| 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 |
| MURICA | 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 |

Tabla 8.XVI. Pérdidas económicas que ocasionaría un terremoto en España para un riesgo medio. Según datos de I.T.G.E.(1987).

| COMUNIDAD AUTONOMA | POSIBLES INTERVALOS | |
|--------------------|---------------------|-----------------|
| | HIPOTESIS MAXIMA | HIPOTESIS MEDIA |
| ANDALUCIA | 5.000 a 20.00 | < 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 |

Tabla 8.XVII. Pérdidas potenciales humanas que ocasionaría un terremoto para un período de 30 años para las comunidades autónomas. Según datos del I.T.G.E.(1987).

En el caso del riesgo sísmico se realizó un estudio en función de dos hipótesis de riesgo para un período de tiempo de 30 años, máximo y medio. Para este período de tiempo y aceptando la hipótesis más pesimista o riesgo máximo, los terremotos representan el segundo mayor riesgo en pérdidas económicas con 2,6 billones de pesetas.

8.4 ESCALA DE INTENSIDAD SISMICA UTILIZADA EN ESPAÑA (M.S.K.)

Quizás, durante el reinado de Felipe II se confeccionó en España la primera norma sismorresistente del mundo, aunque no estaba destinada a nuestro país, sino a las colonias españolas en América.

En la década de los 60, debido al aumento de interés en los temas sísmicos en el mundo, se empezaron a confeccionar en España normativas sismorresistentes. La primera norma la construcción se publicó en 1962 conocida como Norma "M.V. 101-1962". Posteriormente, en 1969 tras varios años de estudio se confeccionó la primera Norma Sismorresistente propiamente dicha, y en 1974 se publicó modificada como "Norma Sismorresistente P. D. S.-1 (1974)". Junto con la creación de la Norma se formó una Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, constituido por diversos representantes de distintos ministerios, y su función es:

- * El estudio de las nuevas técnicas sismorresistentes.
- * Promover estudios de ingeniería sísmica, riesgo sísmico y sismicidad.
- * Revisar la Norma Sismorresistente cada cinco años para proponer las modificaciones necesarias de acuerdo con la experiencia adquirida.

El territorio nacional se ha dividido en tres zonas según el grado de intensidad y, puede decirse que no existe sismicidad nula en todo el territorio.

Zona primera:

De baja sismicidad, son aquellas zonas del territorio donde no son previsibles sismos de intensidad superior a grado VI.

Zona segunda:

De sismicidad media. Comprende parte del territorio donde son previsibles sismos de intensidad igual o superior al grado VI e inferior al grado VIII.

Zona tercera:

De sismicidad alta, comprende todas aquellas partes del territorio donde son previsibles terremotos de intensidad VII y superiores.

En España la escala oficial macrosísmica utilizada en la Norma Sismorresistente es la M.S.K.. A continuación se detalla esta escala:

1. DEFINICION DE LA ESCALA DE INTENSIDAD DE M.S.K.

1.1 Efectos que definen los grados de intensidad M.S.K.

Los grados de intensidad de la escala M.S.K. se definen por:

- a) Los fenómenos sentidos por las personas y percibidos en su medio ambiente.
- b) Los daños producidos en las construcciones según sus diversos tipos.
- c) Los cambios advertidos en la naturaleza.

1.2 Tipos de construcciones

Para la estimación de los daños se consideran las construcciones no proyectadas para resistir acciones sísmicas y se clasifican en tres tipos:

Tipo A: Con muros de mampostería en seco o con barro, de adobes, de tapial.

Tipo B: Con muros de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, de mampostería con mortero, de sillarejo, de sillería, entramados de madera.

Tipo C: Con estructura metálica o de hormigón armado.

1.3 Terminos de cantidad

Los términos de cantidad utilizados en la definición de los grados de intensidad corresponden aproximadamente a los siguientes porcentajes:

Algunos..... 5 por 100

Muchos..... 50 por 100

La mayoría..... 75 por 100

1.4. Clasificación de los daños en las construcciones

Los daños producidos en una construcción se clasifican como sigue:

Clase 1. Daños ligeros

Fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revestimiento.

Clase 2. Daños moderados

Fisuras en los muros, caídas de grandes trozos de revestimiento, caída de tejas, caída de pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales en las mismas.

Clase 3. Daños graves

Grietas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos exentos.

Clase 4. Destrucción

Brechas en los muros resistentes, derrumbamiento parcial, pérdida de enlace entre distintas partes de la construcción, destrucción de tabiques y muros de cerramiento.

Clase 5. Colapso

Ruina completa de la construcción.

| NIVEL DE DAÑOS | | INTENSIDAD VII | | | INTENSIDAD VIII | | | INTENSIDAD IX | | |
|----------------|-------------|----------------|----|---|-----------------|----|----|---------------|----|----|
| CLASE | TIPO | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 1 | LIGEROS | | | 5 | | | | | | |
| 2 | MODERADOS | | 50 | | | | 50 | | | |
| 3 | GRAVES | 50 | 50 | | | 50 | 5 | | | 50 |
| 4 | DESTRUCCION | 5 | | | 50 | 5 | | | 50 | 5 |
| 5 | COLAPSO | | | | 5 | | | 50 | 5 | |

Tabla 8. XVIII. Porcentajes del daño a los diferentes tipos de viviendas según la escala MSK.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS GRADOS DE INTENSIDAD M.S.K.

Grado I.

La sacudida no es percibida por los sentidos humanos, siendo detectada y registrada solamente por los sismógrafos.

Grado II.

La sacudida es perceptible solamente por algunas personas en reposo, en particular en los pisos superiores de los edificios.

Grado III.

La sacudida es percibida por algunas personas en el interior de los edificios y sólo en circunstancias muy favorables en el exterior de los mismos. La vibración percibida es semejante a la causada por el paso de un camión ligero. Observadores muy atentos pueden notar ligeros balances de objetos colgados, más acentuados en los pisos altos de los edificios.

Grado IV.

El sismo es percibido por muchas personas en el interior de los edificios y por algunas en el exterior. Algunas personas que duermen se despiertan, pero nadie se atemoriza. La vibración es comparable a la producida por el paso de un camión pesado con carga. Las ventanas, puertas y vajillas vibran. Los pisos y muros producen chasquidos. El mobiliario comienza a moverse. Los líquidos contenidos en recipientes abiertos se agitan ligeramente. Los objetos colgados se balancean ligeramente.

Grado V.

- a) El sismo es percibido en el interior de los edificios por la mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas que duermen se despiertan y algunos huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndulo se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan. Las puertas o ventanas abiertas baten con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose.
- b) En las construcciones de tipo A son posibles ligeros daños (clase 1.)
- c) En ciertos casos se modifica el caudal de los manantiales.

Grado VI.

- a) Lo sienten la mayoría de las personas, tanto dentro como fuera de los edificios. Muchas personas salen a la calle atemorizadas. Algunas personas llegan a perder el

equilibrio. Los animales domésticos huyen de los establos. En algunas ocasiones, la vajilla y la cristalería se rompen, los libros caen de sus estantes, los cuadros se mueven y los objetos inestables vuelcan. Los muebles pesados pueden llegar a moverse. Las campanas pequeñas de torres y campanarios pueden sonar.

- b) Se producen daños moderados (clase 2) en algunas construcciones de tipo A. Se producen daños ligeros (clase 1) en algunas construcciones de tipo B y en muchas de tipo A.
- c) En ciertos casos pueden abrirse grietas de hasta un centímetro de ancho en suelos húmedos. Pueden producirse deslizamientos en las montañas. Se observan cambios en el caudal de los manantiales y en el nivel de agua de los pozos.

Grado VII.

- a) La mayoría de las personas se aterroriza y corre a la calle. Muchas tienen dificultad para mantenerse en pie. Las vibraciones son sentidas por personas que conducen automóviles. Suenan las campanas grandes.
- b) Muchas construcciones del tipo A sufren daños graves (clase 3) y algunas incluso destrucción (clase 4).

Muchas construcciones del tipo B sufren daños moderados (clase 2).

Algunas construcciones del tipo C experimentan daños ligeros (clase 1).

- c) En algunos casos, se producen deslizamientos en las carreteras que transcurren sobre laderas con pendientes acusadas; se producen daños en las juntas de las canalizaciones y aparecen fisuras en muros de piedra.

Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango. Cambia el nivel del agua de los pozos y el caudal de los manantiales que estaban secos y se secan otros que manaban. En ciertos casos se producen derrames en taludes de arena o grava.

Grado VIII.

- a) Miedo y pánico general, incluso en las personas que conducen automóviles. En algunos casos se desgajan las ramas de los árboles. Los muebles, incluso pesados, se desplazan o vuelcan. Las lámparas colgadas sufren daños parciales.
- b) Muchas construcciones de tipo A sufren destrucción (clase 4) y algunas colapso (clase 5).

Muchas construcciones de tipo B sufren daños graves (clase 3) y algunas destrucción (clase 4).

Muchas construcciones de tipo C sufren daños moderados (clase 2) y algunas graves (clase 3).

En ocasiones se produce la rotura de algunas juntas de canalizaciones. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se derrumban muros de piedra.

- c) Pequeños deslizamientos en las laderas de los barrancos y en las trincheras y terraplenes con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos cambian el cudal y el nivel de agua de los manantiales y pozos.

Grado IX.

- a) Pánico general. Daños considerables en el mobiliario. Los animales corren confusamente y emiten sus sonidos peculiares.
- b) Muchas construcciones del tipo A sufren colapso (clase 5). Muchas construcciones del tipo B sufren destrucción (clase 4) y algunas colapso (clase 5).

Muchas construcciones del tipo C sufren daños graves (clase 3) y algunas destrucción (clase 4).

Caen monumentos y columnas. Daños considerables en depósitos de líquidos. Se rompen parcialmente las canalizaciones subterráneas. En algunos casos, los carriles del ferrocarril se curvan y las carreteras quedan fuera de servicio.

- c) Se observa con frecuencia que se producen extrusiones de agua, arena y fango en los terrenos saturados. Se abren grietas en el terreno de hasta 20 centímetros de ancho de más de 10 centímetros en las laderas y en las márgenes de los ríos. Aparecen, además, numerosas grietas pequeñas en el suelo. Desprendimientos de rocas y aludes. Muchos deslizamientos de tierras. Grandes olas en lagos y embalses. Se renuevan pozos secos y se secan otros existentes.

Grado X.

- b) La mayoría de las construcciones del tipo A sufren colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo C sufren destrucción (clase 4) y algunas colapso (clase 5). Daños peligrosos en presas; daños serios en puentes. Los carriles de las vías ferreas se desvían y a veces se ondulan. Las canalizaciones subterráneas son retorcidas o rotas. El pavimento de las calles y el asfalto forman grandes ondulaciones.
- c) Grietas en el suelo de algunos decímetros de ancho que pueden llegar a un metro.

Se producen anchas grietas paralelamente a los cursos de agua. Deslizamientos de tierras sueltas en las laderas con fuertes pendientes. En los ribazos de los ríos y en las laderas escarpadas se producen considerables deslizamientos. Desplazamientos de arenas y fangos en las zonas litorales. Cambio de nivel de agua en los pozos. El agua de canales y ríos es lanzada fuera de su cauce normal. Se forman nuevos lagos.

Grado XI.

- b) Daños importantes en construcciones, incluso en las bien realizadas, en puentes, presas y líneas de ferrocarril. Las carreteras importantes quedan fuera de servicio. Las canalizaciones subterráneas quedan destruídas.
- c) El terreno queda considerablemente deformado tanto por desplazamientos horizontales como verticales y con anchas grietas. Muchos deslizamientos de terrenos y caídas de rocas.

Para determinar la intensidad de las sacudidas sísmicas se precisas investigaciones especiales.

Grado XII.

- b) Prácticamente se destruyen o quedan gravemente dañadas todas las estructuras, incluso las subterráneas.
- c) La topografía cambia. Grandes grietas en el terreno con importantes desplazamientos horizontales y verticales. Caídas de rocas y hundimientos en los escarpes de los valles producidas en vastas extensiones. Se cierran valles y se transforman en lagos. Aparecen cascadas y se desvían los ríos.

| Nº | Localización | Coordenadas | Intensidad | Magnitud | Fecha | Víctimas | Efectos indirectos | Efectos |
|----|-------------------------------|--------------------------------|------------|----------|------------|----------|--------------------|---|
| 1 | SW Cabo de S. Vicente | Long: 10°40'W Lat: 16°N | X | | 9/12/1320 | | | Tsunami |
| 2 | Benavente (Portugal) | Long: 8° 48'W Lat: 38° 54'N | IX | | 1344 | | | Se registraron víctimas y cuantiosos daños |
| 3 | SW Cabo de S. Vicente | Long: 10°42'W Lat: 36°N | X | | 24/8/1356 | | | Se registraron víctimas y daños en la giraldá de Sevilla. Tsunami |
| 4 | Ribagorza (Huesca) | Long: 00°48'W Lat: 42°24'N | IX | | 2/2/1372 | | | |
| 5 | Tabernas (Valencia) | Long: 00°15'W Lat: 39° 19'N | IX | | 18/12/1936 | | | Se registraron víctimas con alteración del régimen hídrico con cuantiosos daños. |
| 6 | Olot (Gerona) | Long: 2°30'E Lat: 42°12'N | IX | | 15/5/1427 | | | 500 muertos y numerosos heridos con destrucción parcial de Olot y varias poblaciones más. |
| 7 | Camprondou (Gerona) | Long: 3°40'N Lat: 42°18'N | IX | | 2/2/1428 | | | 500 muertos, numerosos heridos. Destrucción total de Puigcerdá y Campródou. |
| 8 | Alarife (Granada) | Long: 3°40'N Lat: 37°24'N | IX | | 24/4/1431 | | | Varios heridos. Destrucción de muchas casas. |
| 9 | Carmona (Sevilla) | Long: 01°52'W Lat: 37° 24'N | X | | 5/4/1504 | | | Más de 100 muertos, deslizamientos y destrucción parcial de Carmona y Sevilla. |
| 10 | Vera (Almería) | Long: 1° 52'W Lat 37°13'N | IX | | 9/11/1518 | | | Numerosas víctimas y destrucción completa de Vera. |
| 11 | Almería (Almería) | Long: 2°30'N Lat: 37°24'N | IX | | 22/9/1522 | | | Numerosas víctimas y alteración del régimen hídrico. Destrucción de Almería. |
| 12 | Vilafranca (Portugal) | Long: 9°00'W Lat: 38° 57'N | X | | 26/1/1531 | | | 1500 casas destruidas, gran número de víctimas mortales, hundimiento de barcos y numerosas réplicas. |
| 13 | Loule (Portugal) | Long: 8°00'N Lat: 37°08'N | IX | | /11/1587 | | | Destrucción de Loule, murieron 150 personas. |
| 14 | Alicoy (Alicante) | Long: 00°27'W Lat: 38° 42'N | IX | | 1645 | | | Destrucción de varios pueblos. Se observó humear el barranco del Azufre. |
| 15 | Aleyor (Menorca) | Long: 4°06'E Lat: 40°00'N | IX | | 20/10/1654 | | | Destrucción de muchas casas. |
| 16 | Bagnères de Bigorre (Francia) | Long: 00°10'E Lat: 40°00'N | IX | | 21/6/1660 | | | |
| 17 | Málaga (en el mar) (Málaga) | Long: 00°10'E Lat: 36°30'N | IX | | 19/9/1680 | | | 70 muertos, 250 heridos. Depredamientos Tsunami. 20% de las casas de Málaga destruidas, 30% inhabitables, 30% con graves daños. |
| 18 | Protimao (Portugal) | Long: 4°24'W Lat: 37°08'N | IX | | 6/3/1719 | | | Daños materiales en la torre de una iglesia y parte elevada de las casas. Duración entre 3 y 4 minutos. |
| 19 | Tavira (Portugal) | Long: 7°35'W Lat: 37°10'N | X | | 27/12/1722 | | | Destrucción de gran número de casas. Muchas muertes. Las campanas durante el tiempo de María. |
| 20 | Enguera (Valencia) | Long: 00°39'N Lat: 39°00'N | IX | | 23/3/1748 | | | Destrucción de Játiva y Enguera. Más de 50 muertos, varios heridos. |
| 21 | Juncalas (Francia) | Long: 00°01'E Lat: 43° 04'N | IX | | 24/5/1750 | | | |
| 22 | W. del Cabo de S. Vicente | Long: 10°00'W Lat: 37°00'N | X | 8.9 | 1/11/1755 | | | Destrucción de Lisboa, daños en Cádiz, Conil destruido. Más de 40.000 muertos, 2.000 en España, miles de heridos. Tsunami, incendios. |

| | | | | | | |
|----|---------------------------|--------------------------------|----|-----|------------|---|
| 23 | W. del Cabo de S. Vicente | Long: 10°00'W Lat: 37°00'N | IX | 7 | 31/6/1761 | Tres muertos. Duración de 3 minutos. Tsunami |
| 24 | A r u d y (Francia) | Long: 00° 24'W Lat: 43°06'N | IX | | /10/1772 | |
| 25 | D a l i a s (Almería) | Long: 2°48'W Lat: 35°00'N | IX | | 25/8/1804 | 312 muertos, cientos de heridos. Destrucción de Berja y Dalves. |
| 26 | Atlántico | Long: 10°00'W Lat: 35°00'N | IX | 7 | 2/2/1816 | Fuerte pero sin daños, 1 minuto y medio de duración. Tsunami. |
| 27 | Torre Vieja (Alicante) | Long: 00°42'N Lat: 38°06'N | X | | 21/3/1829 | Destrucción de Torre Vieja, Orihuela, Almoradi y Rojas. 839 muertos 375 heridos. |
| 28 | S e t u b a l (Portugal) | Long: 9°00'W Lat: 38°12'N | X | 8 | 11/11/1858 | Setubal quedó muy dañificada, 50 casas destruidas en Lisboa, 6 muertos y numerosos heridos |
| 29 | Arenas del Rey (Granada) | Long: 9°00'W Lat: 38° 12'N | X | 6.7 | 25/12/1884 | Destrucción de Arenas del Rey, Ventas de Zafarraya, Albama y Játar. 900 muertos y 1485 heridos. |
| 30 | Benavente (Portugal) | Long: 8°49'W Lat: 38°57'N | X | | 23/4/1909 | Tembler muy violento provocó muchos daños en Benavente y tuvo numerosas réplicas. |
| 31 | Atlántico | Long: 19°01'W Lat: 37°25'N | X | 8.2 | 25/11/1941 | Chimeneas destruidas. Area macrosísmica afectada 3.100.000 km ² . Tsunami. |

Tabla 8. XIX Terremotos con intensidades mayores que IX que han afectado a la Península Ibérica.

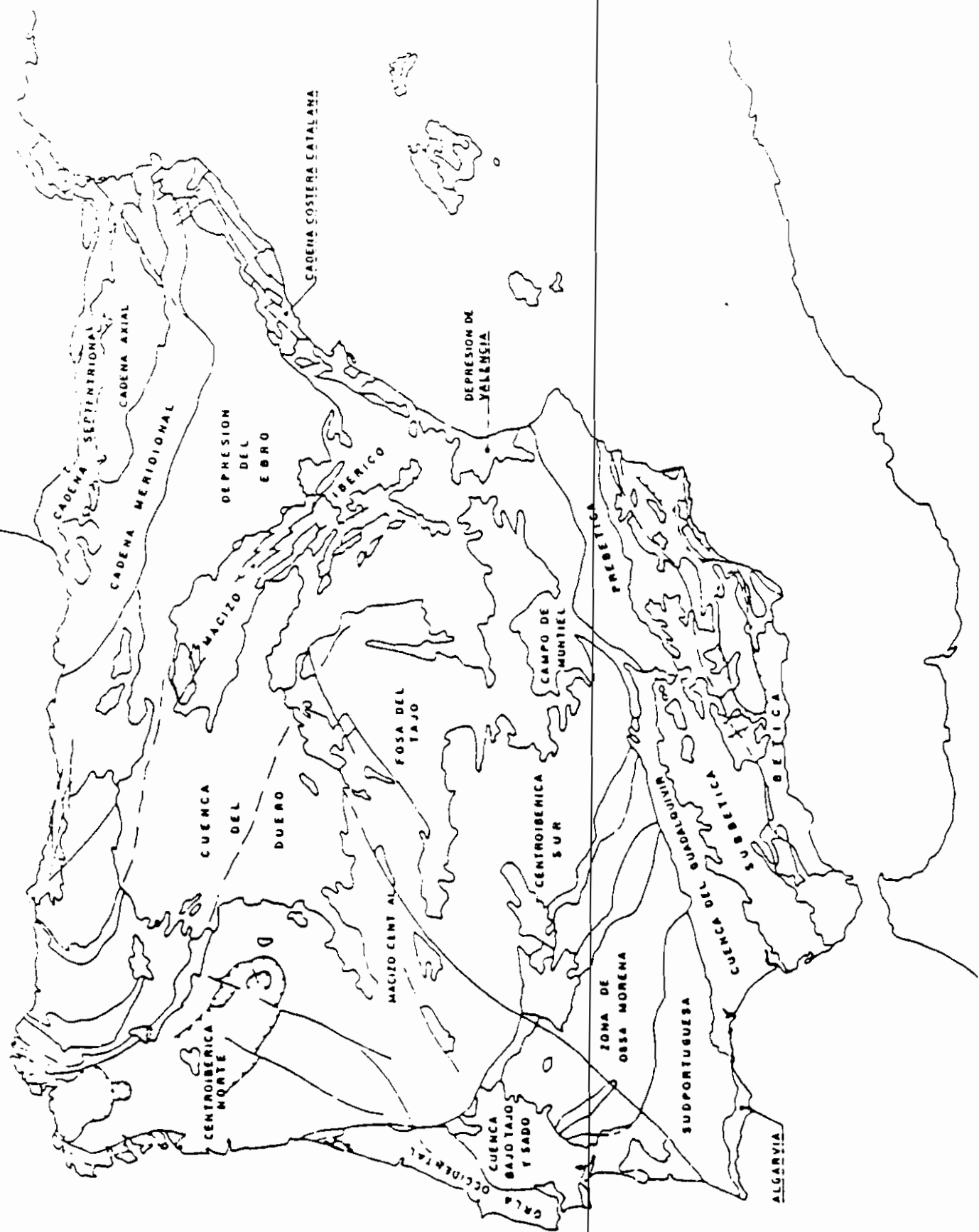


Fig. 8.1 Esquema de Unidades tectónicas según I.G.M.E. 1972.

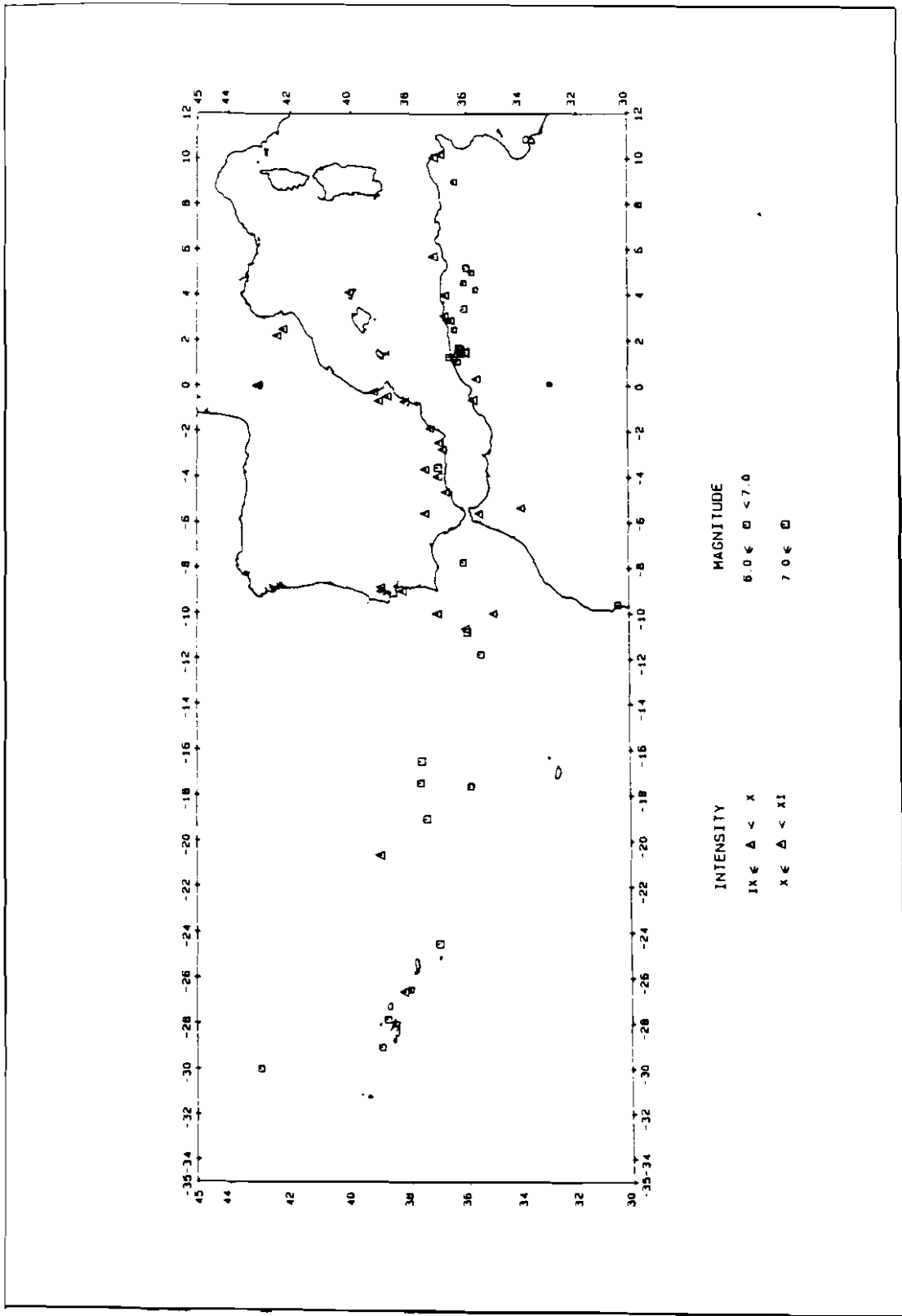


Fig. 8.2 Mapa de los terremotos con intensidades mayores que IX o magnitudes mayores que 6. Según el I.G.N (1991)

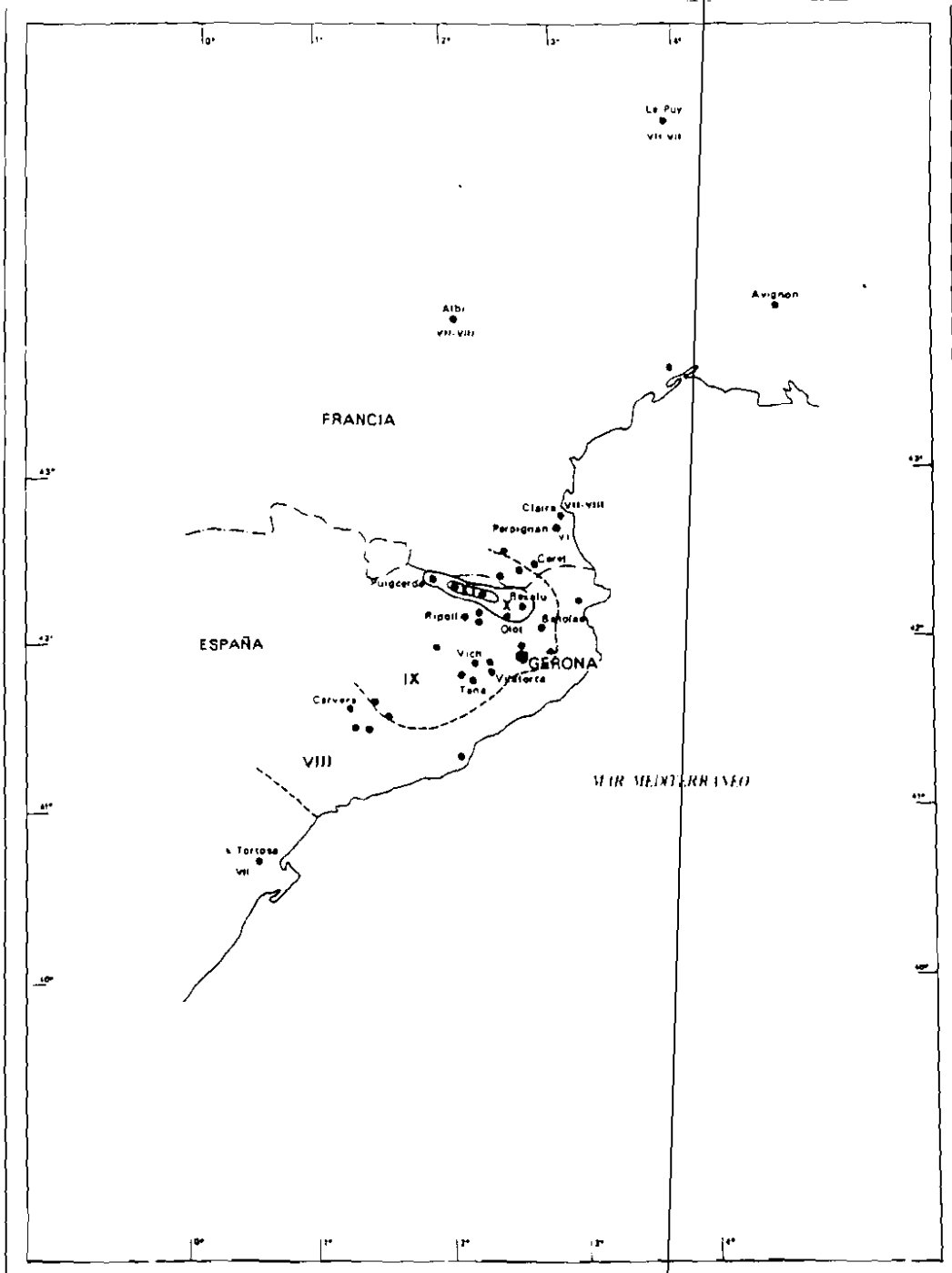


Fig. 8.3 Mapa de Isosistas del terremoto del 2 de Febrero de 1928. Según el Catálogo Nacional de Isosistas (1982).

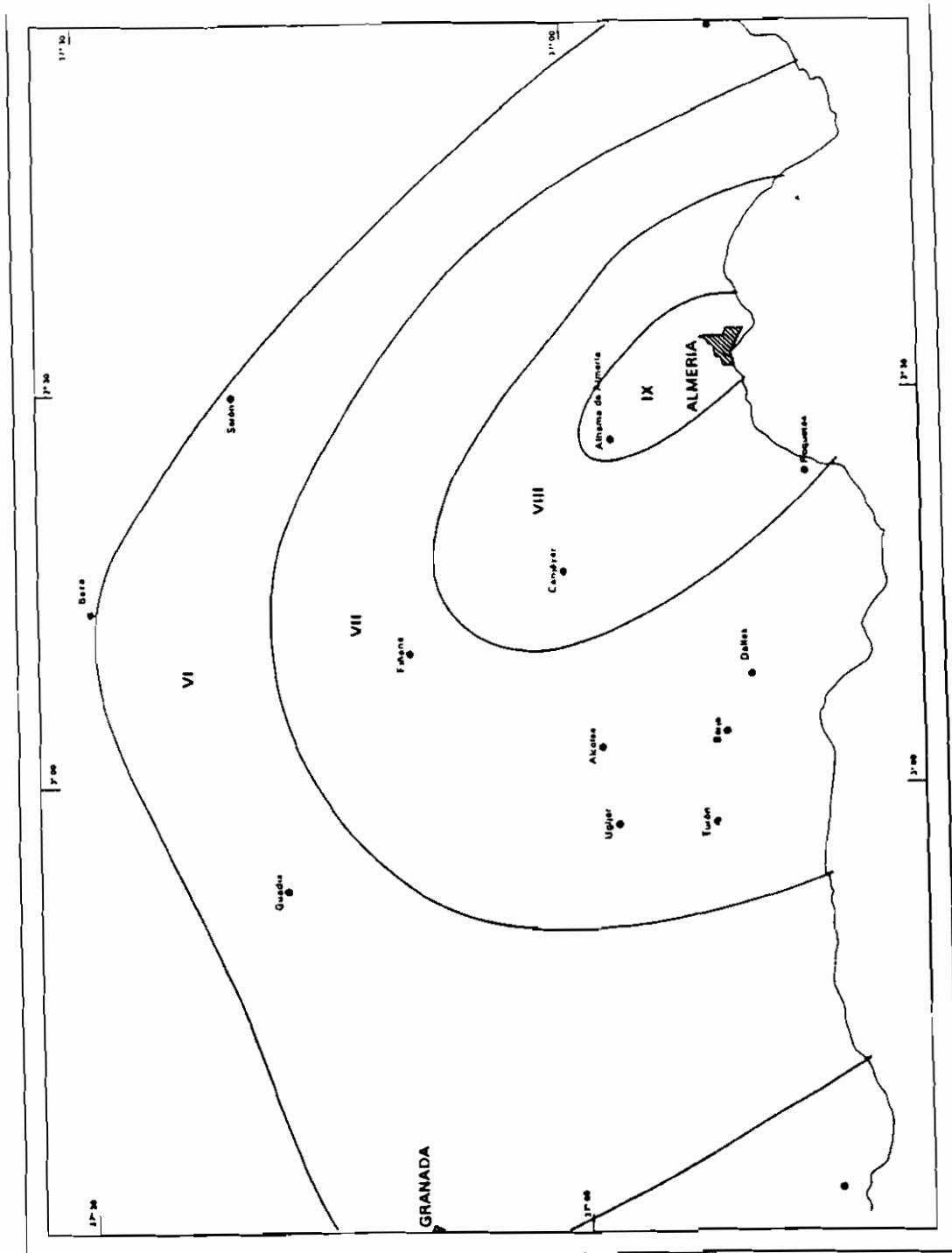


Fig. 8.4 Mapa de Isosistas del terremoto del 22 de Septiembre de 1522. Según el Catálogo Nacional de Isosistas (1982)

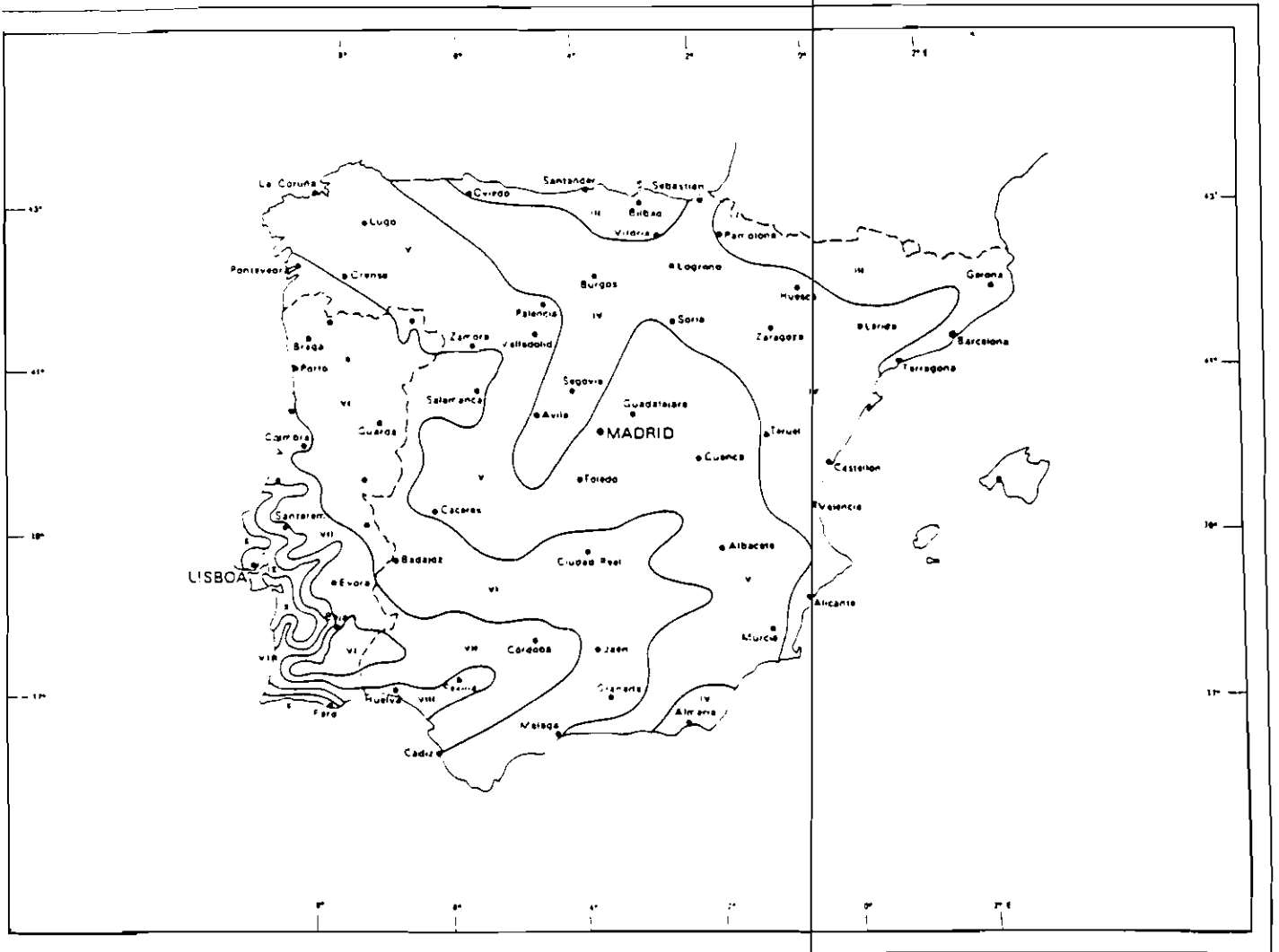


Fig. 8.5 Mapa de Isosistas del terremoto de Lisboa del 1 de Noviembre de 1755. Según el Catálogo Nacional de Isosistas. (1982).

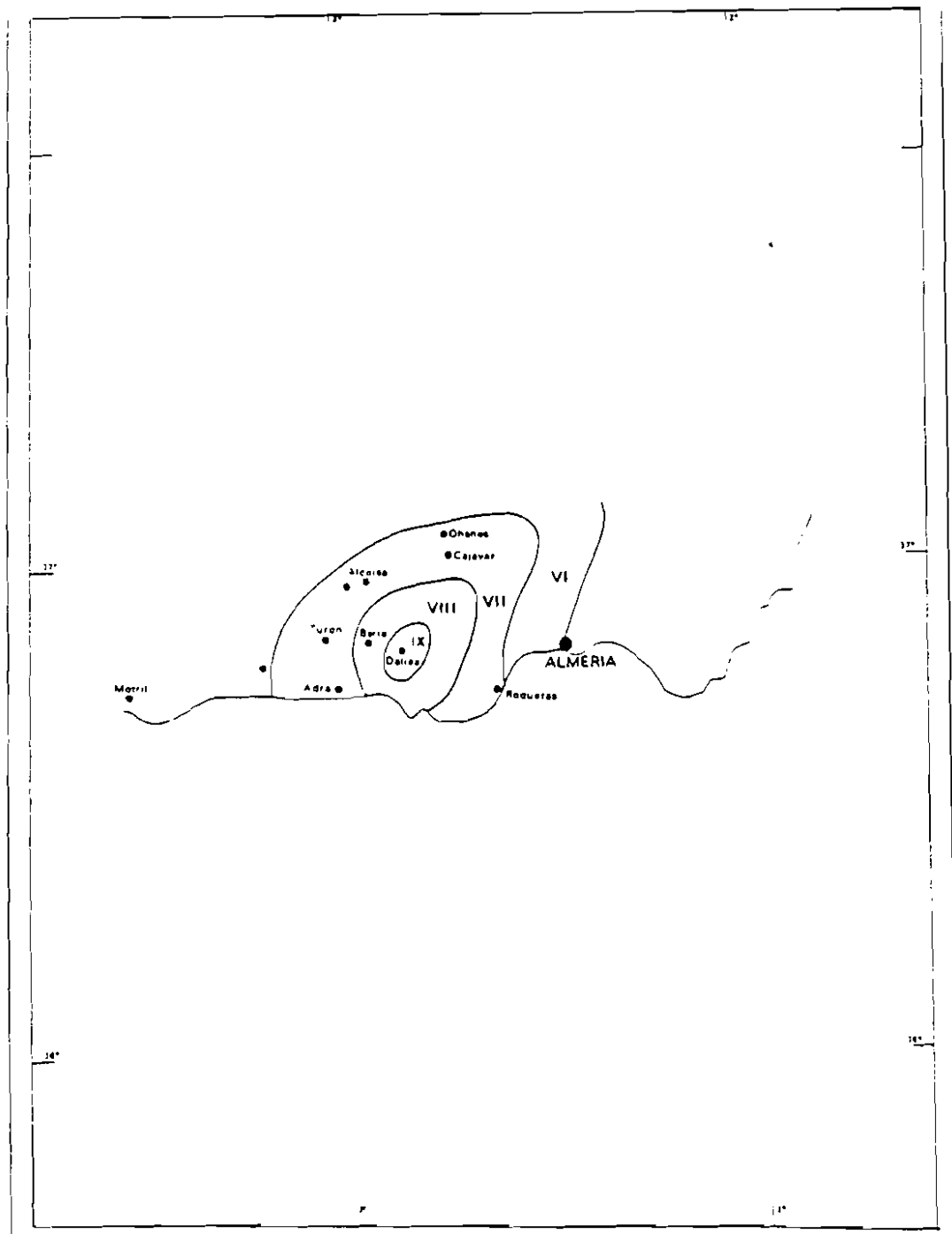


Fig. 8.6 Mapa de isosistas del terremoto del 25 de Agosto de 1804. Según el Catálogo Nacional de Isosistas (1982).

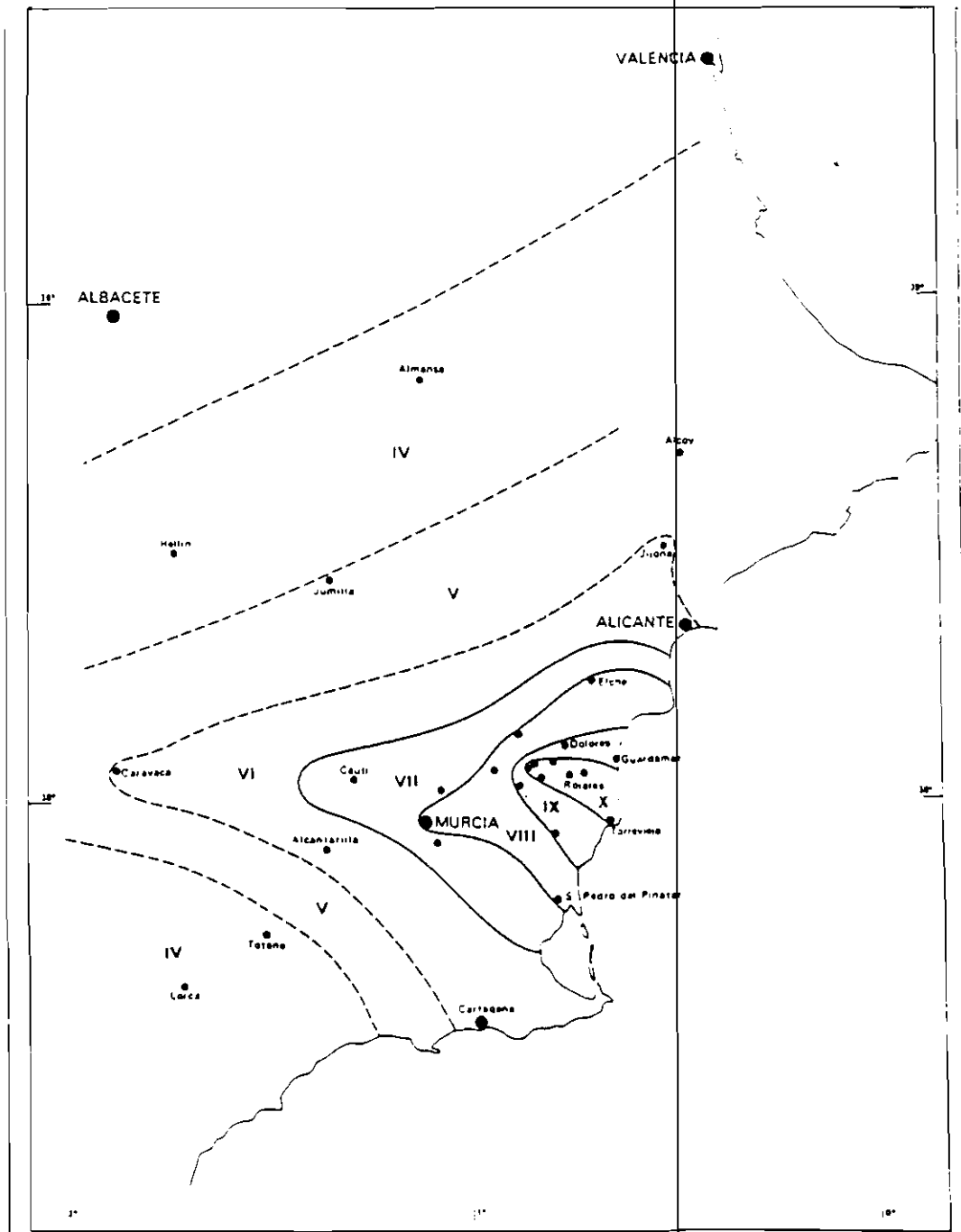


Fig. 8.7 Mapa de isosistas del terremoto del 21 de Marzo de 1829. Según el Catálogo Nacional de Isosistas. (1982).

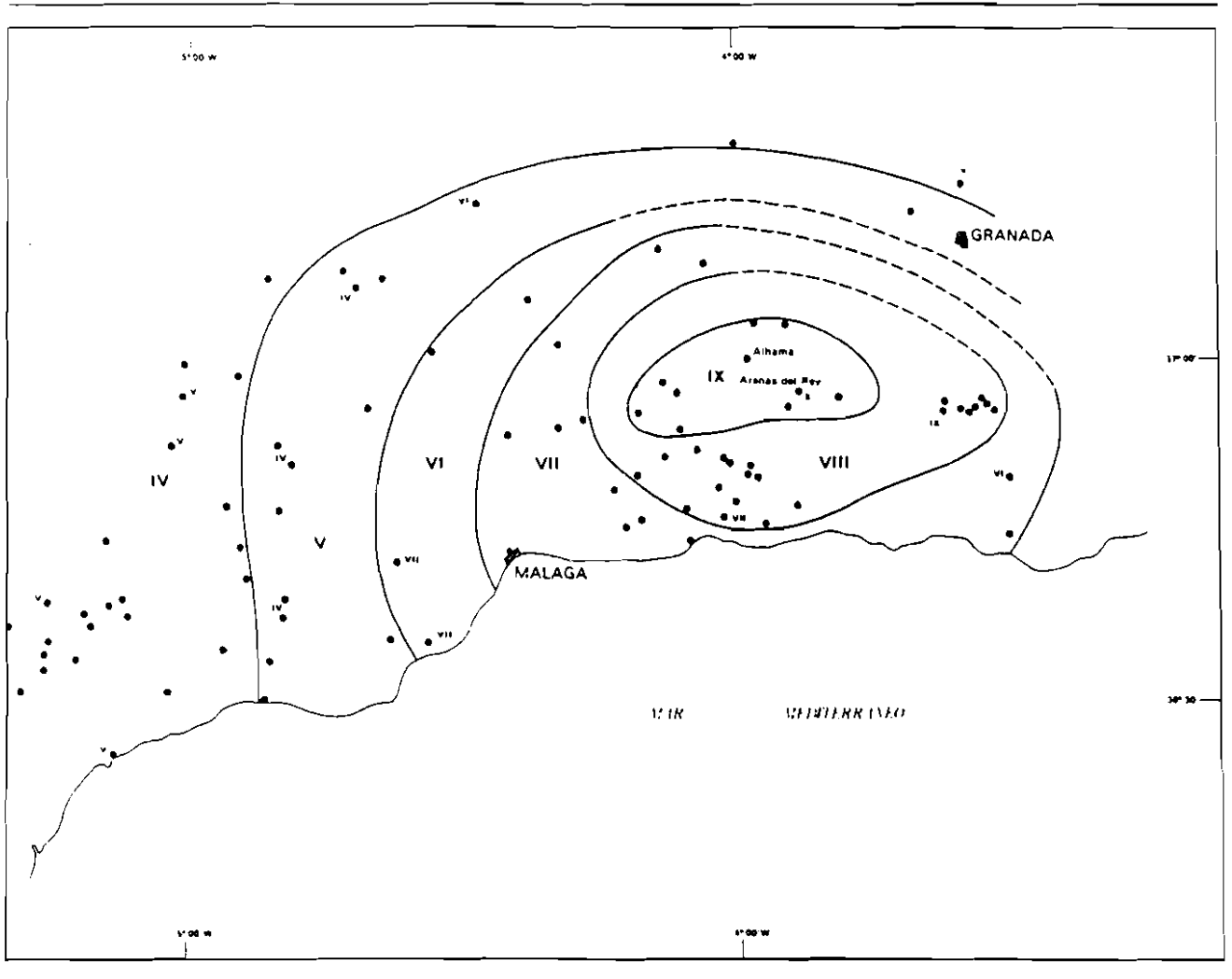


Fig. 8.8 Mapa de isosistas del terremoto del 25 de Diciembre de 1884. Según el Catálogo Nacional de Isosistas (1982).

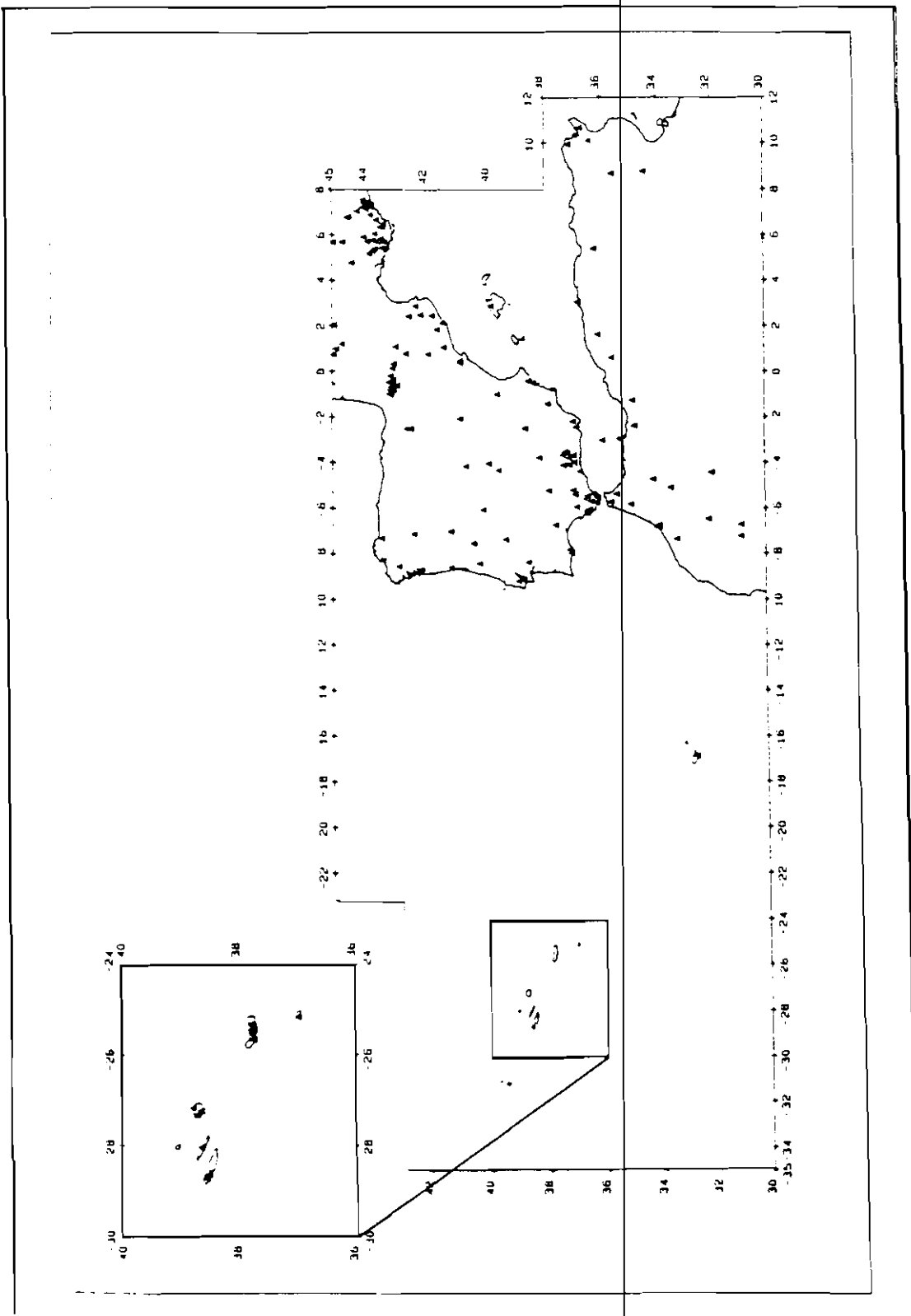


Fig 8.9 Mapa de las estaciones sísmicas de vigilancia del área Ibero Maghrebiana. Datos del I.G.N.(1991).

TERREMOTOS

CAPITULO 9. ZONIFICACIONES

9.1 ZONIFICACION DE NIVELES DE PELIGROSIDAD POR TERREMOTO

La base de la información utilizada es el mapa de peligrosidad sísmica del Instituto Geográfico Nacional, calculada por métodos probabilistas correspondiente a un período de recurrencia de 500 años. Se ha realizado a partir de la división de la Península en venticinco zonas sismogénicas y se han aplicado cuatro curvas de atenuación. La peligrosidad sísmica se expresa en forma de intensidad sísmica (M.S.K.) Carreño (1991).

El método probabilista de evaluación de la peligrosidad sísmica consiste en el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de distintos niveles de intensidad en un lugar determinado y para un período de tiempo dado, a partir de los datos de sismicidad histórica. A pesar de superar algunas inconveniencias inherentes al método determinista, que plantea que en el futuro no se superará la sismicidad del pasado, el método probabilista cuenta igualmente con el inconveniente de carecer de un catálogo suficientemente amplio y fiable para poder extrapolar a un futuro amplio datos procedentes de períodos de tiempo comparables.

El mapa de peligrosidad sísmica con período de recurrencia de 500 años, junto con los mapas de período de recurrencia de 100 y 1000 años constituirán la base de la futura Norma Sismorresistente, que está próxima a publicarse.

El paso de probabilidad de ocurrencia en "t" años de un determinado nivel de intensidad a probabilidad anual se obtiene en la Norma Sismorresistente de 1968 para el mapa de riesgo sísmico mediante la expresión:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

en la que:

n = número de años para el cual se calcula R o probabilidad en n años

T = período de retorno para todos los sismos desde grado VII en adelante, con datos hasta 1965 y para todo el territorio en su conjunto.

En la nueva serie de mapas de peligrosidad sísmica también se puede aplicar esta fórmula de cálculo de riesgo sísmico de forma que para un período determinado, sea por ejemplo

50 años (considerado como la vida media de las edificaciones actuales), se calcula la probabilidad de superar una intensidad asignada a cada mapa correspondiente.

El mapa que se ha escogido para asignar los niveles de riesgo dentro del programa informático es el mapa de peligrosidad sísmica de período de retorno de 500 años, del cual se infieren los mapas de período de retorno de 100 y 1.000 años.

La escala de intensidades del mapa escogido abarca de III a IX grados de intensidad (M.K.S.). Para trabajar con el mapa, resulta más sencillo subdividir la escala de intensidades y acotarla en niveles de peligrosidad. Para ello se ha consultado el "mapa preliminar de la máxima intensidad esperable en California 1973", donde se asignan las siguientes intensidades a los correspondientes niveles de peligrosidad (tabla 9.I.):

| Niveles de Riesgo | Daños Probables | Máxima Intensidad esperable |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Bajo | Despreciables a moderados | VI - VII |
| Moderado | Moderados | VII - VIII |
| Alto | Importantes | IX - X |

Tabla 9.I. Leyenda del mapa preliminar de la máxima intensidad esperable en California (1973).
Master Plan for California. California Division of Mines and Geology.

En el mapa de peligrosidad sísmica del I.G.N. de período de recurrencia de 500 años se cubre una escala de intensidades que van desde III a IX. A la vista de la división realizada por la Division of Mines and Geology de California, se han asignado las siguientes intensidades para los niveles de riesgo (tabla 9.II.):

| Niveles de Peligrosidad | Intensidad esperable |
|-------------------------|----------------------|
| Bajo | $I < V$ |
| Medio | $VII > I > V$ |
| Alto | $I > VII$ |

Tabla 9.II. Leyenda del mapa de zonas de peligrosidad sísmica para período de recurrencia de 500 años (I.G.N. 1991) utilizado en este estudio.

Los límites de intensidades convenidos para los niveles de peligrosidad sísmica son inferiores a los utilizados en el mapa de la Division of Mines and Geology, ya que la sismicidad en la Península Ibérica no es comparable con la sismicidad de California.

9.2 COMPATIBILIZACION DEL MAPA DE PELIGROSIDAD SISMICA CON UNA DIVISION TERRITORIAL

Para que el mapa de peligrosidad sísmica sea útil desde el punto de vista asegurador, ha sido necesaria su adaptación a una división territorial. Para decidir a qué unidades básicas de información geográfica se acomodaría el Mapa de Zonas de Riesgo Potencial, se analizó una muestra representativa de los sectores a los que está dirigido el Estudio (suscriptores de seguro y reaseguro). Finalmente es el código postal el único código común a todas las pólizas que a la vez sitúa el riesgo y ha de ser introducido obligatoriamente. Sin embargo no están disponibles mapas a escala nacional de la distribución de los código postales.

A partir del precedente que establece Agroseguro con la utilización de códigos de los términos municipales del Instituto Nacional de Estadística para la localización de los riesgos relacionados con la agricultura y a la vista de la disponibilidad de mapas a escala nacional con la división de los términos municipales, se decidió adoptar esta división como base de información geográfica para el Estudio.

Para dar una idea del alcance de los términos municipales, España está dividida en 52 provincias y éstas a su vez, en unos **8.700 términos municipales**. El término municipal más extenso pertenece a la provincia de Cáceres y tiene 176.849 Ha, mientras que el término municipal de Emperador, perteneciente a la provincia de Valencia, tiene 3 Ha.

Obtenido el mapa de peligrosidad sísmica para un período de recurrencia de 500 años y delimitadas las zonas de peligrosidad sísmica según los límites convenidos, se ha realizado una superposición del mismo sobre el mapa de división de términos municipales. Siguiendo la hipótesis más pesimista, cuando un término municipal es cruzado por una isosista que separa dos niveles de peligrosidad, se le asigna a todo el término municipal el nivel de peligrosidad más elevado.

En la opinión del equipo que ha realizado el Estudio, en esta adaptación del mapa proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional a la división de términos municipales, no se cometen errores importantes, dada la diferencia de escalas de ambos mapas y lo impredecible, relativamente, de los efectos de los terremotos en un radio de varios kilómetros. No obstante, se deja abierta la posibilidad de modificar niveles de riesgo una vez se compruebe que resulta más conveniente de otra forma.

Es cierto también que la extensión de los términos municipales en la mitad Norte de España es mucho menor que los términos municipales en la mitad Sur. Las razones de estas diferencias son heredadas de las formas de parcelación y cultivo en siglos anteriores. Esta circunstancia deriva en que se cometen menos errores en la mitad Norte peninsular que en la mitad Sur, donde hay terminos de gran extensión.

A medida que salgan a la luz estudios y mapas de microzonación urbana para núcleos de población que sean especialmente vulnerables a los movimientos sísmicos, será posible adaptarlos a la parcelación de códigos postales de las grandes ciudades.

9.3 CONTROL DE ACUMULACION; JUSTIFICACION DE LA METODOLOGIA UTILIZADA

Para diseñar el mapa de control de acumulación por terremoto se ha tenido en cuenta que en el Manual del C.R.E.S.T.A. (Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations) se definen las **Zonas de Exposición a Terremoto** (Earthquake Exposure Zones) como áreas basadas en la actividad sísmica observada o esperada dentro de un país. Por otra parte, las **Zonas de Distribución de la Acumulación por Terremoto** (Earthquake Accumulation Asssesment Zones) consideran la distribución dentro de un país de los valores asegurados a partir de límites administrativos o políticos para facilitar la asignación de un nivel de riesgo. Ambos conceptos resultan muy útiles para las compañías reaseguradoras que necesitan tener una visión global del negocio en un país que no es el suyo, así como la exposición que tienen al fenómeno de terremoto.

9.4 MAPA DE CONTROL DE ACUMULACION Y CRITERIOS DE REALIZACION

El objetivo de esta zonificación ha sido compatibilizar criterios **fisiográficos** y criterios de **división administrativa**. Se ha tenido en cuenta la distribución de las grandes cadenas montañosas y la distribución de las isosistas en los grandes terremotos históricos. Así, han resultado 13 zonas que abarcan las siguientes provincias:

PROPUESTA DE ZONIFICACION PARA EL CONTROL DE ACUMULACION POR TERREMOTOS

- ZONA 1:** La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra
- ZONA 2:** Asturias, Cantabria, Vizcaya, Alava
 - Zona 2.1:** Bilbao
- ZONA 3:** Guipúzcoa, Navarra, Huesca, Lérida, Gerona, Tarragona
 - Zona 3.1:** Barcelona
- ZONA 4:** La Rioja, Soria, Zaragoza, Teruel, Castellón
- ZONA 5:** León, Palencia, Burgos, Valladolid, Zamora, Salamanca
- ZONA 6:** Avila, Segovia, Guadalajara, Toledo, Cuenca, Ciudad Real
 - Zona 6.1:** Madrid
- ZONA 7:** Cáceres, Badajoz, Huelva
- ZONA 8:** Albacete, Alicante, Murcia
 - Zona 8.1:** Valencia
- ZONA 9:** Jaén, Córdoba, Sevilla, Cádiz, Málaga, Granada Almería
- ZONA 10:** Islas Baleares
- ZONA 11:** Islas Canarias
- ZONA 12:** Ceuta y Melilla
- ZONA 13:** Pólizas globales y flotantes

El utilizar como base de control las provincias, sirve para facilitar el control de acumulación. Al igual que con los niveles de peligrosidad, el equipo que ha elaborado el

Estudio no considera que se cometan grandes errores en esta división del territorio nacional para el control de la acumulación. Se cuenta además, con el precedente del estudio realizado por el departamento técnico de la Compañía Nacional de Reaseguros titulado "El terremoto en España" (1982), donde se dividió el territorio español en cuatro zonas de riesgo sísmico creciente:

Zona 1: Oviedo, Castellón, Teruel, Rioja, Palencia, Avila, Guadalajara, Cantabria, Ciudad Real, Lugo, Segovia, León, Valladolid, Madrid, Vizcaya, Albacete, Burgos, Cuenca, Zaragoza, Zamora, Toledo, Lérida, Salamanca.

Zona 2: Coruña, Guipúzcoa, Huesca, Pontevedra, Tarragona, Navarra, Cáceres, Alava, Orense, Soria, Barcelona, Baleares.

Zona 3: Córdoba, Valencia, Badajoz, Gerona, Canarias.

Zona 4: Almería, Cádiz, Alicante, Jaén, Málaga, Sevilla, Murcia, Huelva, Granada, Ceuta, Melilla.

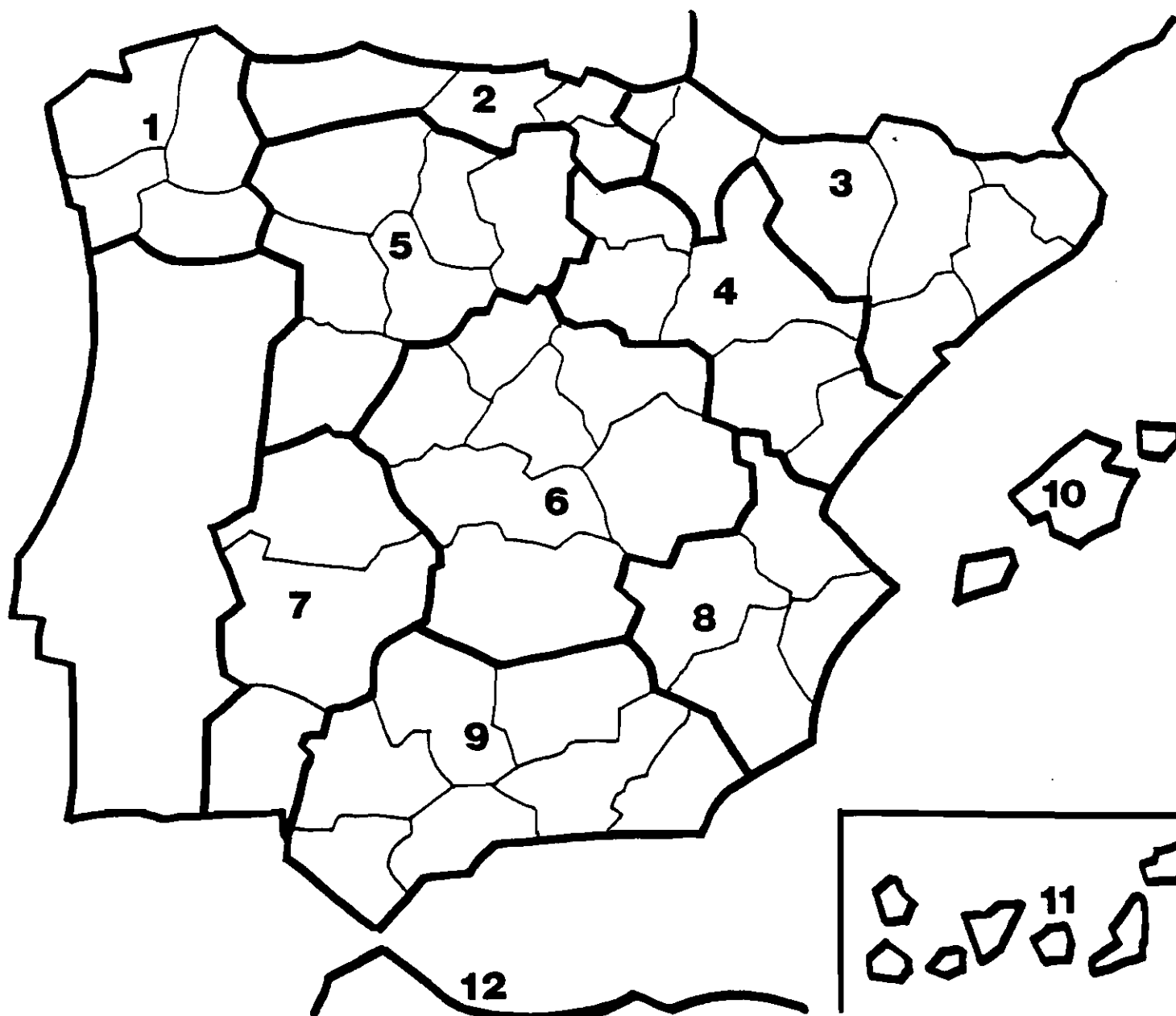
El informe de la Compañía la Nacional de Reaseguros realizó esta división territorial para agilizar la tarificación, ya que al no coincidir las provincias sismogenéticas con los límites provinciales, se asignó a cada provincia el valor medio más alto de riesgo dentro de cada una de ellas. En el presente Estudio se ha avanzado más y se ha mejorado el nivel de exactitud de los datos al tomar como base el término municipal.

9.5 FUTURAS OPCIONES DE ZONIFICACION EN CONSONANCIA CON C.R.E.S.T.A.

Si se siguen las pautas del C.R.E.S.T.A. para las nuevas zonificaciones de los países europeos, habrá que mantener una única zonificación para todos los eventos naturales. Esta única zonificación debiera realizarse en base a provincias y ser aprobada por el C.R.E.S.T.A.

Así, la propuesta de mapa de control de acumulación por terremotos presentada en este estudio podría pasar a ser útil para hacer simulaciones de "escenarios de siniestro", mientras que la única zonificación permitiría trabajar con la misma base geográfica.

ZONAS DE CONTROL DE ACUMULACION POR TERREMOTOS



- ZONA 1: La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra
ZONA 2: Asturias, Cantabria, Vizcaya, Alava
Zona 2.1: Bilbao
ZONA 3: Guipúzcoa, Navarra, Huesca, Lérida, Gerona, Tarragona
Zona 3.1: Barcelona
ZONA 4: La Rioja, Soria, Zaragoza, Teruel, Castellón
ZONA 5: León, Palencia, Burgos, Valladolid, Zamora, Salamanca
ZONA 6: Avila, Segovia, Guadalupe, Toledo, Cuenca, Ciudad Real
Zona 6.1: Madrid
ZONA 7: Cáceres, Badajoz, Huelva
ZONA 8: Albacete, Alicante, Murcia.
Zona 8.1 Valencia
ZONA 9: Jaén, Córdoba, Sevilla, Cádiz, Málaga, Granada, Almería
ZONA 10: Islas Baleares
ZONA 11: Islas Canarias
ZONA 12: Ceuta y Melilla
ZONA 13: Pólizas globales y flotantes

TERREMOTOS

CAPITULO 10. EL SEGURO DE TERREMOTO

10.1. LA ACTUAL COBERTURA POR EL CONSORCIO DE COMPENSACION DE SEGUROS

10.1.1. Modalidad de cobertura

El Proyecto de Reglamento de cobertura de Riesgos Extraordinarios, pendiente de aprobación por el Consejo de Ministros, modifica la anterior cobertura de este fenómeno, definiéndole como sigue:

Terremoto.- Riesgos Cubiertos.- Daños producidos por las vibraciones del terreno como consecuencia de la liberación brusca de energía en forma de ondas sísmicas a partir de un foco terrestre.

Asimismo introduce como novedad la cobertura de Maremoto, como sigue: Maremoto.- Riesgos Cubiertos.- Daños derivados del golpe, arrastre o anegación que produzcan olas marinas originadas por terremotos de epicentro submarino, deslizamientos submarinos o explosiones volcánicas submarinas.

Es de notar en cuanto a porcentajes de cobertura de la suma asegurada, que éstos siguen a la suma asegurada por el riesgo principal.

Además incorpora la cláusula horaria de 72 horas para incluir todos los daños producidos por un mismo evento que tengan como duración esta cifra, a partir de la manifestación del primer daño.

10.1.2. Exclusiones

La cobertura no tiene exclusiones específicas, aunque el Consorcio de Compensación de Seguros podrá recabar información del fenómeno al Instituto Geográfico Nacional, mediante certificación. Sin embargo, no obstante lo anterior, el asegurado podrá demostrar la ocurrencia del siniestro a través de cualquier medio de prueba admitido en derecho.

10.1.3. Franquicias

El Consorcio aplica a este fenómeno la franquicia general a todas las coberturas, es decir: 10 por ciento de la cuantía del siniestro, no pudiendo exceder del 1 por ciento de la suma asegurada para los bienes afectados. Para sumas aseguradas superiores a 1.000.000.000 de pesetas los límites de franquicia se rigen de acuerdo a la siguiente escala:

| <u>Tramos</u> | <u>% s/ daños</u> | <u>Límite absoluto</u> |
|----------------------|-------------------|------------------------|
| Entre 1.000 y 10.000 | 11 | 12 |
| " 10.000 y 25.000 | 12 | 15 |
| " 25.000 y 50.000 | 13 | 20 |
| " 50.000 y 100.000 | 14 | 25 |
| Más de 100.000 | 15 | 30 |

10.2. LA COBERTURA EN MEXICO

10.2.1. Modalidad de cobertura

El clausulado de este fenómeno se extiende asimismo a cubrir el de erupción volcánica, indistintamente.

10.2.2. Exclusiones

Como exclusiones o limitaciones a la cobertura pueden indicarse:

- Se excluyen las mejoras (exigidas o no por la Autoridad) para dar mayor solidez al edificio afectado, o para dedicarlo a otros fines.
- Se excluye la cimentación, muros de contención, suelos y terreno.
- Se excluyen frescos o murales en el edificio.
- Se excluyen los fenómenos de marejada o inundación, aun producidos por los fenómenos amparados.

10.3. LA COBERTURA EN JAPON

10.3.1. Modalidad de cobertura

La modalidad en este país es sumamente compleja y sofisticada, pudiéndose distinguir dos casos totalmente distintos:

- Riesgos industriales:

Se trata de una cobertura privada que incluye los daños por incendio cuya causa sea un terremoto, pero no así los de inundación o embates de mar en las costas por el mismo fenómeno.

Presenta una franquicia del 2 por ciento de la suma asegurada y su límite de indemnización, según zonas de control, puede llegar, por lo mínimo al 15 por ciento de la suma asegurada.

- Riesgos sencillos:

Se amplía la cobertura a los daños por incendio, inundación o maremoto, cuya causa sea un terremoto o erupción volcánica.

La suma asegurada para esta cobertura está comprendida entre un límite del 30 al 50 por ciento del capital asegurado por la garantía principal, con un máximo de 10 millones de yens para el Edificio y de 5 millones para el Contenido.

Como dato interesante puede decirse que el límite de indemnización total del país para esta cobertura se ha establecido (1982) en 1,5 billones de yens. Si el importe total de las indemnizaciones por siniestro excediera de éste límite las Entidades Aseguradoras reducirían las indemnizaciones a los asegurados proporcionalmente.

- Todos los riesgos de terremoto sencillos son cedidos a la Japan Earthquake Reinsurance (JER), Reaseguradora creada por todas las Entidades Aseguradoras No Vida de Japón.

- JER se protege de la siguiente manera (1989):

- Retiene un primer tramo de hasta 40.000 millones de yens por año.

- * Toa Re (Entidad privada de reaseguro) y las Entidades Aseguradoras se hacen cargo de un segundo tramo de 15.000 millones en exceso del anterior.
- * Un tercer tramo de 225.000 millones en exceso de los 55.000 anteriores es repartido al 50 por ciento para el Estado, y al 50 por ciento para Toa Re y Entidades Aseguradoras.
- * Un cuarto tramo de 1,22 billones en exceso de los 280.000 millones anteriores se reparte así:
 - . El 95 por ciento para el Estado.
 - . El 1 por ciento para Toa Re y Entidades Aseguradoras.
 - . El 4 por ciento para JER.

Todo ello proporciona los 1,5 billones de límite total país que se indicaba anteriormente. Las primas percibidas por las Entidades Aseguradoras están sujetas a limitaciones muy restrictivas en cuanto a inversión y disposición de las mismas.

10.4. LA COBERTURA EN ITALIA

10.4.1. Modalidad de cobertura

Se amparan los daños materiales y directos, comprendidos los de incendio y explosión, sufridos por los bienes asegurados a consecuencia de terremoto, entendiéndose como tal el movimiento brusco y repentino de la corteza terrestre debido a una causa endógena.

10.4.2. Exclusiones

- Erupción volcánica, inundación y maremoto.
- Daños indirectos, tales como cambios en la construcción, pérdida de alquileres, usufructos, rentas comerciales o industriales.

10.4.3. Franquicias

Las franquicias elegidas pueden ser del

1 por ciento de los daños (mín. 10 millones - máx. 100 millones).

2 por ciento de los daños (mín. 20 millones - máx. 200 millones).

y los Límites de Indemnización (en tanto por ciento de la suma asegurada) pueden ser del 10, 20, 30, 40 y 50 por ciento.

TERREMOTOS

CAPITULO 11. RIESGO DE TERREMOTO. PAUTAS BASICAS DE EVALUACION Y TARIFICACION

Los aspectos básicos a considerar en relación a los bloques principales de análisis del riesgo se refieren a:

11.1 ANALISIS DE PELIGROSIDAD.

- Definición precisa del fenómeno. Delimitación entre el peligro primario y los sucesos secundarios o marginales.
- Geología de las regiones sísmicas. Fallas y configuración del suelo.
- Experiencia histórica de sucesos ocurridos. Frecuencia (período de retorno), intensidad, localización de focos y áreas afectadas (propagación y aminoración de efectos).

11.2 ANALISIS DE EXPOSICIONES Y LOCALIZACION.

- Características de las exposiciones (Categorías de riesgo).
 - . Tipos de construcción.
 - . Normas de construcción.
 - . Calidad de materiales.
 - . Diseño, altura y ocupación de los edificios.
 - . Contenidos expuestos.
- Localización de las exposiciones.
 - . Concentración-dispersión de las exposiciones en regiones sísmicas.

- . Posición relativa en cuanto a la dirección y trayectoria de intensidad del suceso.
- . Distancia al foco de manifestación del suceso.

11.3 ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

- Creación de modelos de estimación de vulnerabilidad basados en observaciones empíricas y proyecciones teóricas, que relacionen la intensidad de suceso sísmico con el grado de afectación sobre los distintos tipos de exposiciones.
- Estimación de la función de pérdida promedio por tipo de exposiciones (características constructivas) en relación con la intensidad del fenómeno (escala de grados de intensidad sísmica).
- Estimación de la función de pérdida promedio para todo tipo de exposiciones en relación con la intensidad del fenómeno.

11.4 ANALISIS DE EVALUACION DEL RIESGO.

- División de las regiones sísmicas en zonas de peligrosidad en base a criterios de:
 - . Intensidad máxima esperada para un período de retorno determinado (normalmente 50 años en función de la vida útil de las construcciones), obtenida según la suma de pérdidas por grado de intensidad.
 - . Clases, localización y distribución de las exposiciones.
- Estimación de primas uniformes, según tipos o clases de exposiciones y zonas de peligrosidad, en orden al valor esperado de pérdidas por año:

$$E(P)_{ij,I} = \sum_i \left(\frac{D}{I} \right)_{i,j} \mu$$

siendo,

$E(P)_{ij,I}$ = valor esperado de la pérdida anual por clase de exposición i en la zona de peligrosidad j .

$(D/I)_i$ = pérdida media de la clase de exposición i para un suceso de intensidad dada I . (Suma de pérdidas por grado de intensidad).

$\mu_{I,j}$ = ocurrencia media del suceso de intensidad I en zona j . (Período de recurrencia por grado de intensidad).

Las incertidumbres relativas a la variabilidad sobre la ocurrencia de sucesos y los grados o niveles de pérdida, que limitan la fiabilidad de este análisis, deben estimarse en función del factor corrector multiplicativo, de forma que:

$$E(P)_{ij,I} = \sum_i K_{ij,I} \cdot (D/I)_i \cdot \mu_{I,j}$$

A su vez, dicha estimación puede depurarse, con la introducción de franquicias o deducibles, incorporando un nuevo factor corrector, de acuerdo a las características del deducible:

- Estimación de la pérdida máxima esperada, según criterios de:
 - . Zonas de evaluación de cúmulos de exposiciones para el peor suceso probable con un período de retorno.

Normalmente un criterio razonable para esta evaluación se basa en la hipótesis de que el nivel o porcentaje de exposiciones afectadas en la zona es igual a la suma de las pérdidas de cada exposición.

- . Conjunción de diferentes zonas de evaluación de cúmulos de exposiciones para el suceso más posible con un período de retorno determinado.

11.5 CRITERIOS DE SUSCRIPCION

Información de entrada módulo de tarificación

| <u>TERREMOTO</u> | | | | |
|---|-------|----|-------|-----------|
| ZONA DE TARIFACION | 1 | 2 | 3 | 4 |
| CATEGORIA DE RIESGO | | A | B | C |
| TIPO DE CONSTRUCCION | | A | B | C |
| ALTURA EDIFICACION | HASTA | - | HASTA | - MAS DE- |
| ESTANDAR CONSTRUCCION | | SI | NO | |
| NORMA SISMORRESISTENTE | | | | |
| RIESGOS SECUNDARIOS | | SI | NO | |
| FRANQUICIA (% SOBRE VALOR ASEGURADO) | | | _____ | |

La Tierra es un lugar encantador y más o menos plácido. Las cosas cambian pero lentamente. Podemos vivir toda una vida y no presenciar personalmente desastres naturales de violencia superior a una simple tormenta. Y de este modo nos volvemos relajados, complacientes, tranquilos. Pero en la historia de la naturaleza los hechos hablan por sí solos*.

COSMOS (1980).
CARL SAGAN

INUNDACIONES

INTRODUCCION

Desde su origen, la vida en el planeta Tierra ha estado relacionada con el agua. Cuando el hombre empezó a habitar sobre su superficie, trató de asentarse en entornos naturales que le permitieran un acceso directo a la utilización del agua como recurso, tanto para su propio consumo como para obtener alimento practicando la pesca. A medida que las civilizaciones se fueron desarrollando, conocieron nuevos métodos de aprovechamiento del agua como riego de cultivos, energía motriz para molinos y navegación, entre otros.

Ha sido la interacción del hombre con el medio natural el momento de la creación de situaciones de riesgo. La ignorancia del funcionamiento de los sistemas fluviales y el capricho de la meteorología, han impedido y continúan complicando al hombre la coexistencia pacífica con el medio.

Existen referencias de inundaciones en España desde hace muchos siglos. Un análisis somero de las mismas permite aislar una serie de áreas y puntos donde se han repetido año tras año con mayor o menor intensidad. Sin embargo no se pueden obtener conclusiones definitivas de la información histórica. Por una parte, se han construido en los últimos años importantes obras de infraestructura de prevención que pretenden mitigar los efectos de las inundaciones. Pero también se han añadido nuevos factores de riesgo, como la construcción de presas, la ampliación de los núcleos urbanos a las llanuras de inundación y las nuevas vías de comunicación. La conjugación de todos los parámetros permite deducir el nivel de riesgo que representa un cauce fluvial para el hombre, sus actividades y sus ciudades.

INUNDACIONES

CAPITULO 1. GEODINAMICA EXTERNA. GENERALIDADES

1.1 EL AGUA EN LA TIERRA

La excepcional situación del planeta Tierra dentro del Sistema Solar, permite hallar el agua (H_2O) en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa. Este privilegio está determinado únicamente por la distancia al Sol. En Mercurio y Venus es imposible la formación de hielo por las elevadas temperaturas, mientras que desde Marte a Plutón, es el frío el inhibidor de la formación de vapor de agua. Dentro del Sistema Solar, sólo el planeta Tierra presenta las condiciones necesarias para disfrutar del agua en sus tres estados.

El agua de la Tierra se reparte entre los océanos con un 97,3%, los continentes con un 2,7% y una mínima parte en la atmósfera en forma de vapor de agua, en la biosfera y como componente de los minerales. El agua continental forma parte de los glaciares, los lagos, los ríos y las aguas subterráneas.

1.2 EL CICLO HIDROLOGICO

Pero el agua no es un componente sedentario de la Tierra. Realiza un circuito interminable denominado el Ciclo Hidrológico, cuyo motor es la energía procedente de la radiación solar. De forma esquemática, el Ciclo Hidrológico se puede describir partiendo del agua de los océanos y de la superficie terrestre que es calentada por el Sol, se evapora y asciende para formar las nubes. Cuando el vapor de agua precipita en forma líquida o sólida, cae hacia la superficie terrestre, donde puede ser interceptada por la vegetación, ser infiltrada a través del suelo para pasar a ser escorrentía subterránea o convertirse en escorrentía superficial, cuyo destino es el océano.

Una de las formas de definir un río es como "un sistema de eliminación del exceso de escorrentía" (Strahler, 1988) que realiza labores de erosión, transporte y sedimentación; es decir, modela el relieve terrestre. La erosión consiste en la socavación del material del fondo y laterales del cauce para incorporarlo a la masa de agua en movimiento. El transporte es la puesta en marcha de los materiales erosionados, arrastrándolos por el fondo o en suspensión en el fluido. La sedimentación es el depósito progresivo de las partículas erosionadas y transportadas. Aunque se definan tres procesos completamente diferentes, forman parte del sistema fluvial como una actividad única.

1.3 REDES DE DRENAJE Y CUENCAS HIDROGRAFICAS

A partir de la caída de una gota de agua sobre la superficie terrestre y su puesta en movimiento por la fuerza de la gravedad, se inicia un proceso de fusión entre hilos de agua hasta formar arroyos, torrentes, riachuelos y desembocar en un río único de mayor entidad. El trazado de todos ellos se asemeja a un árbol y se dice que los ríos están jerarquizados en ríos de primer orden, segundo orden, etc, en función de la proximidad al río principal. Se denomina red de drenaje al conjunto de todos los cauces, mientras que una **cuenca hidrográfica** comprende un área limitada por las divisorias de aguas, cuyas aguas vierten hacia el mismo río.

A grandes rasgos, en la Península Ibérica se distinguen las siguientes cuencas hidrográficas:

- * Cuenca Hidrográfica del Norte
- Cuenca Hidrográfica del Duero
- * Cuenca Hidrográfica del Tago
- Cuenca Hidrográfica del Guadiana
- * Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir
- Cuenca Hidrográfica del Sur
- Cuenca Hidrográfica del Segura
- Cuenca Hidrográfica del Júcar
- Cuenca Hidrográfica del Ebro
- * Cuenca Hidrográfica del Pirineo Occidental

Es evidente que esta división no responde totalmente a los principios de la naturaleza y sus leyes. Esta división responde también a criterios de gestión. Por ejemplo, algunas grandes cuencas, como la Cuenca Norte, pueden subdividirse en subcuencas con entidad propia. En el caso de la Cuenca del Júcar, se incluyen también otros ríos y ramblas que no dan nombre a la propia cuenca, mientras que la Cuenca Sur está formada por una sucesión espacial de cuencas con drenaje superficial.

1.4 EL PERFIL LONGITUDINAL DE UN RIO

El estudio de las cuencas hidrográficas es el estudio de los ríos en planta, mientras que el estudio del **perfil longitudinal de un río** es el estudio de los ríos en alzado. Casi todos los perfiles son de forma cóncava, con grandes pendientes en cabecera y pendientes bajas cerca de la desembocadura.

El perfil del río se puede dividir en tres tramos: **curso alto**, donde predominan los torrentes, las cascadas, los cañones, los deslizamientos laterales, los valles profundos, las grandes pendientes y la erosión; **curso medio** y **curso bajo**, donde predominan el transporte y la sedimentación, se allanan los valles, se rellenan de aluviones, se crean las **llanuras de inundación** y la pendiente longitudinal va descendiendo progresivamente. Las llanuras de inundación se caracterizan por ser terrenos fértiles

para la agricultura, tanto por la presencia de limos depositados durante las avenidas como por la proximidad del nivel freático a la superficie. En España se denominan vegas.

Todos los ríos tienden hacia un estado de equilibrio, pero este equilibrio es dinámico. A lo largo de su vida, el río va excavando su cauce y suavizando su gradiente de pendiente. Pero los ríos no tienen un caudal constante a lo largo de todo el año. Durante las épocas de avenidas, el río tiene gran capacidad de transporte y la carga o materiales que transporta es importante, así como su capacidad erosiva. Durante las épocas de sequía o simplemente de menor caudal, el río sedimenta y rellena parcialmente el cauce principal y de estiaje.

Se ha comprobado que, normalmente, las inundaciones importantes se producen con una periodicidad de varios años, pues la formación de diques laterales de depósitos (natural levees) permiten la canalización y amortiguación de algunos episodios de avenidas del río. Cuando los diques se erosionan, el agua rebosa sobre ellos y se produce la inundación (Anguita, 1980). Una vez que el agua ha roto los diques, es muy difícil controlar el caudal y comienza a correr entre los laterales del valle y de los diques, a ambos lados del lecho principal. No pueden unirse al lecho principal hasta que encuentran un punto de confluencia (Strahler, 1988).

1.5 INTERACCION HOMBRE - SISTEMA FLUVIAL

Los intentos del hombre por convivir con los cauces fluviales en sus cursos altos le han obligado a enfrentarse a problemas de construcción de vías férreas y carreteras. Ya que es prácticamente imposible asentar una vía de comunicación terrestre dentro de un cañón, es preciso realizar barrenados y tallados de paredes que resultan muy costosos, al igual que la conservación de estas obras y reparación de daños por deslizamientos laterales. En algunos casos, un profundo valle es la única vía de paso por una cadena de montañas y es entonces cuando la ingeniería alcanza las mayores cotas de imaginación y costes. No obstante, los cursos altos de los ríos son también una fuente natural de riqueza para el hombre en forma de energía hidroeléctrica (Strahler, 1988).

Por el contrario, la llanura de inundación ofrece al hombre una serie de ventajas que se tornan en "trampas" cuando el río se desborda de su lecho menor o cauce habitual. Las llanuras de inundación tienen escasa pendiente, lo que facilita el trazado y la posterior circulación rodada sobre carreteras y vías férreas. El desarrollo de la agricultura no sólo resulta mucho más fácil sobre las zonas llanas de la llanura de inundación que sobre las laderas escarpadas del curso alto, sino que también se ve favorecida por el aporte de sedimentos que deja tras de sí la avenida. Dada la anchura de los cauces en los tramos más bajos de los ríos y la ausencia de rápidos y cascadas, la navegación es factible. Por todo ello, el hombre encuentra en las márgenes de los ríos los lugares adecuados para sus asentamientos. Pero la ocupación excesiva del cauce, la falta de medidas de prevención y el desconocimiento del funcionamiento del río precipita el binomio hombre-río hacia el desastre.

INUNDACIONES

CAPITULO 2. AVENIDAS E INUNDACIONES

2.1 DEFINICION

Las avenidas constituyen un proceso natural ligado a la dinámica geológica, durante las cuales el río habilita un cauce más amplio para almacenaje del caudal y la carga, incrementados en momentos de flujos altos (Garzón, 1985). Sin embargo, el carácter natural y periódico de las avenidas pasa a ser catastrófico cuando el hombre se autoinvolucra en la dinámica fluvial al ocupar las atractivas y fértiles márgenes de los ríos.

2.2 LA LLANURA DE INUNDACION

Los ríos desarrollan un método de amortiguación de las avenidas construyendo su llanura de inundación (floodplain), que es un lecho mucho más amplio, somero y de pendiente suave, a ambos lados del cauce principal. En los tramos altos de los ríos, normalmente localizados entre montañas, las dimensiones de la llanura de inundación se limitan a las dimensiones del fondo del valle. Como el margen de seguridad del mecanismo de amortiguación es reducido, las avenidas llegan de forma súbita y se denominan "avenidas relámpago" (flash-floods) con importantes aumentos de caudal y nivel de las aguas (Coates, 1985).

En tramos más bajos de los ríos, las llanuras de inundación son más amplias y su actuación consiste en almacenar una parte importante del caudal desbordado y retener gran cantidad de los sedimentos que transporta. De esta forma, se frena la velocidad de las aguas y la subida de nivel de las mismas.

En los tramos cercanos a la desembocadura del río, el relieve es muy llano, por lo que la evacuación de las aguas desbordadas se realiza por infiltración en el subsuelo o evaporación (Martínez Goytre, 1988).

2.3 TIPOS DE AVENIDAS

Según Rodda (1969), se puede hablar de dos tipos básicos de avenidas:

2.3.1 Avenidas permanentes, continuas o de desbordamiento

Están relacionadas con las características morfológicas de la cuenca hidrográfica y tienen períodos de retorno bajos o lo que es lo mismo, alta probabilidad de ocurrencia. Se producen en los grandes ríos como el Mississippi, Nilo, Ganges y Po, donde los pobladores de sus márgenes han llegado en algunos casos a adaptarse a la periodicidad de los desbordamientos y han protegido los puntos tradicionalmente conflictivos. En los países subdesarrollados los efectos de las inundaciones siguen siendo catastróficos.

Normalmente dejan anegadas grandes extensiones por las dificultades de desagüe del agua desbordada. Tal y como se cita en capítulos posteriores, los ríos españoles Segura, Ebro, Guadalquivir, Guadiana, Tajo y Duero tiene problemas de desagüe de las aguas de inundación en las vegas y partes más bajas de sus cursos.

2.3.2 Avenidas transitorias, momentáneas o discontinuas

Su magnitud depende de la morfología de la cuenca y algunos factores climáticos. Tienen períodos de retorno altos y probabilidad de ocurrencia baja. Se les llama también "avenidas relámpago" o flash-floods y son de carácter súbito y ocasional. Suelen ser el resultado de una lluvia torrencial o de la descarga repentina de un núcleo nuboso en una región de cauces pequeños y dispersos. En general se producen donde el relieve es escarpado, donde la lluvia se transforma rápidamente en escorrentía superficial y donde los ríos recorren estrechos cañones.

Una vez que se desencadena la tormenta, la intensa descarga acuosa se transforma en escorrentía superficial que origina "oleadas" de avenida acompañadas de grandes cantidades de sedimentos arrastrados o en suspensión. De la misma forma que la avenida se presenta de forma súbita, la retirada de las aguas también se realiza de forma rápida.

2.4 CAUSAS DE LAS AVENIDAS

Martínez Goytre (1988) resume las causas que pueden originar avenidas en:

2.4.1 Causas naturales

Exceso de precipitación

Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. La situación geográfica de la cuenca es uno de los factores favorables a las grandes lluvias. Por una parte, la proximidad al mar representa la fuente continua de aire

precipitación de lluvias importantes. Cuando el volumen de precipitaciones excede la capacidad de infiltración y almacenaje del terreno, el agua caída pasa a ser escorrentía superficial. Ver tabla 2.I con la relación de precipitaciones máximas registradas en un día hasta el año 1989 procedente del Calendario Meteorológico 1991 (I.M.N).

Fusión de nieves

En las cuencas montañosas de suficiente altura situadas en latitudes templadas o templadas-frías, se producen acumulaciones de nieve durante el invierno. Al final de la primavera o principios del verano se produce el deshielo, que frecuentemente coincide con las épocas más lluviosas.

Deslizamientos de ladera

La caída de derrubios laterales al fondo del valle puede originar represamientos totales o parciales del caudal del río. El resultado puede ser un rebase de la presa natural, la rotura súbita y desastrosa del represamiento o el cambio de trazado del cauce, inundando áreas que anteriormente estaban emergidas.

Inundaciones costeras

La invasión costera de agua de mar es más corriente en los países de latitudes tropicales como consecuencia de los efectos de los huracanes (vientos violentos y lluvias abundantes).

Lahares

Se localizan en áreas volcánicas y son coladas de barro que resultan de la mezcla de agua (lluvia, torrente o lago) con materiales volcánicos.

2.4.2 Causas antrópicas

Rotura de presas

A pesar de los avances de la ingeniería y de la importancia de las presas en el control de las inundaciones como métodos de laminación, existen ejemplos de rotura de cerradas con consecuencias catastróficas tanto en España como en otros países.

Urbanización de extensas áreas

La adaptación del paisaje natural a las necesidades del hombre, trae consigo la construcción de carreteras y amplias zonas llanas, accesibles y cómodas. Esto supone la impermeabilización del suelo al ser recubierto con cementos, asfalto y otros materiales modernos. La disminución de la capacidad de infiltración del suelo hace que las precipitaciones caídas pasen a ser escorrentía superficial mucho antes que sobre el medio natural, a la vez que se amenazan las áreas donde se instala el hombre.

Deforestación

La falta de la cobertura vegetal protectora del suelo favorece la erosión y, en consecuencia, la incorporación de carga sólida a la escorrentía superficial. Así se incrementa la magnitud y los efectos de las avenidas.

Canalizaciones

Aunque las canalizaciones puedan solucionar el problema de las inundaciones en un tramo determinado del río, puede agravarse aguas abajo.

Minería

La remoción de escombros libera en superficie materiales sueltos fácilmente transportables por la escorrentía superficial, añadiendo carga sólida al caudal de la avenida.

2.5 EFFECTOS GEOLOGICOS DE LAS AVENIDAS

Salvo casos realmente excepcionales, las avenidas geológicamente no representan una catástrofe (Garzón, 1985). Aunque el paisaje posterior a una inundación parece que ha sido totalmente modificado, los cambios son casi siempre superficiales. Ni siquiera el registro histórico de los depósitos fluviales exhibe un indicador definitivo para poder asegurar que en cierto momento de la historia de un río sobrevino una avenida importante.

De forma esquemática, se pueden resumir los efectos geológicos de las avenidas según el tramo del río que afecten:

Cabecera: Como consecuencia de la enorme fuerza de la escorrentía, el efecto erosivo es importante. Por tanto, las laderas se encuentran en situación de inestabilidad y se producen deslizamientos, desprendimientos, caídas de bloques, etc. Por otra parte, el aumento de carga sólida durante las avenidas, permite al río encajarse en su propio cauce por el aumento del poder erosivo.

Tramo medio: Durante las avenidas, los procesos erosivos dominan en los tramos medios de los ríos. De esta forma, continúa la erosión en las laderas y los colapsamientos por socavamiento en las márgenes del río.

Llanura de inundación: Dada la escasa pendiente longitudinal y la forma plana del perfil transversal, los fenómenos que se producen en la llanura de inundación son más acusados. Así, una vez que se inundan las márgenes, es muy difícil que las aguas vuelvan al lecho principal, por lo que se infiltran (recargando y renovando los acuíferos subterráneos además de aportar nuevos nutrientes a la tierra) o se evaporan con el tiempo (a veces puede ser meses). En la llanura de inundación durante las avenidas, las aguas buscan las rutas de descenso más fáciles, por lo que se producen cambios de curso.

2.6 LA INTERVENCION DEL HOMBRE

Témez Peláez (1988) considera que existen una serie de circunstancias que agravan los efectos de las inundaciones:

- * **Ocupación sistemática del cauce por diferentes tipos de construcciones reduciendo la sección útil de evacuación de caudales de crecida. La consecuencia más inmediata es la elevación del nivel del agua durante las mismas, pero también se reduce la extensión de la llanura de inundación capaz de almacenar caudal por infiltración. Los efectos se traducen de forma catastrófica aguas abajo.**
- * **Aumento de la escorrentía superficial por las urbanizaciones. El descenso de la permeabilidad convierte la mayor parte de las precipitaciones en escorrentía superficial.**
- * **La incorrecta planificación agrícola y la tala y quema de los bosques propicia el aumento de la erosión y la carga sólida del caudal de avenida.**
- * **La planificación de nuevas vías de comunicación no se ha realizado normalmente junto con un estudio de los cruces de las mismas con las vías naturales de evacuación del agua. Además de los daños que puede sufrir la infraestructura, se producen otros daños por los represamientos artificiales.**

2.7 MEDIDAS DE DEFENSA FRENTE A LAS INUNDACIONES

Cualquier actuación o gestión destinada a paliar los efectos de las inundaciones ha de superar los dos errores más típicos y desgraciadamente, más frecuentes: pensar que la avenida es un fenómeno "anormal" y supervalorar las obras de infraestructura para considerarlas la solución definitiva a los problemas planteados por las inundaciones.

En el "Análisis General de las Inundaciones en la Península" del M.O.P.U. (1984) se dividen los procedimientos de actuación frente a las avenidas en dos grupos: "preventivos" (subdivididos en "estructurales" y "actividades de gestión") y "emergencia".

2.7.1 Métodos preventivos estructurales

* **Embalses de laminación:** la laminación de los efectos que produce el binomio caudal/tiempo consiste en almacenar volúmenes de agua para desalojarlos cuando haya bajado el nivel de crecida. De esta forma, los caudales correspondientes a las mayores intensidades de lluvia quedan amortiguados y compensados. Normalmente se ejerce un efecto positivo en la regulación de la cuenca, pero no son la solución definitiva porque el río se acostumbra a estas condiciones benignas y modifica su dinámica. Los embalses resultan más rentables cuanto más largo es el tramo de valle a proteger, pero lo más problemático es encontrar un vaso para el embalse que sea geológica, técnica y económicamente adecuado.

* **Corrección, regulación y protección de cauces:** se puede acondicionar el cauce principal ensanchando o profundizando el canal, cortando los meandros para aumentar su pendiente, reduciendo la rugosidad de las laderas para evitar desprendimientos, modificando o suprimiendo obstáculos (puentes, estrechamientos), revistiendo márgenes y lecho y dragando el fondo del cauce.

* **Encauzamientos, cauces de emergencia y trasvases:** consiste en dividir la capacidad del río de manera artificial en zonas pobladas y amenazadas por las inundaciones. El adoptar esta solución implica hacer un replanteamiento de corrección de la geometría de la cuenca fluvial, afluentes, embalse, etc.

* **Obras de drenaje:** tratan de aumentar la capacidad de desagüe de zonas que se mantienen inundadas o encharcadas repetidamente una vez que ha pasado la crecida.

2.7.2 Métodos preventivos de gestión

Coates (1986) resume en la tabla 2.I los métodos de gestión de la llanura de inundación y señala brevemente los aspectos positivos y negativos de cada método.

* **Conservación de suelos y reforestación:** estas prácticas ayudan a retener el agua evitando la escorrentía incontrolada. En casos extremos, el suelo se empapa de agua, se satura y el efecto de la vegetación consiste en retener las partículas físicas que forman el suelo. Tanto la conservación del suelo y su cobertura vegetal producen efectos beneficiosos aguas abajo cara a las avenidas.

* **Zonificación y regulaciones legales:** aparecen como las soluciones más efectivas para mitigar los efectos de las inundaciones. Dado que es difícil conocer las leyes de la física y del clima, quizás es conveniente que el hombre elabore una fórmula artificial de control.

Tal y como describe Berga (1988), las zonas en que se dividirían en una primera fase los tramos de las principales ríos de la Península que presentan un riesgo de inundación son:

ZONA A. ZONA CON PROHIBICION TOTAL. Es la zona por donde circula el agua en las máximas avenidas normales, y podría ser la definida por el cauce público y la zona de servidumbre de la zona de policía

En ella no se permitiría ningún tipo de edificación ni ningún tipo de actividad.

ZONA B. ZONA CON RESTRICCIONES TIPO I. Es la zona más afectada por las avenidas extraordinarias, y su límite correspondería a la línea de la avenida de 100 años de período de retorno. Se establecerían en ella restricciones en los usos del suelo, planificando las características y densidad de las edificaciones y estableciendo un reglamento para las construcciones (niveles de pisos, cimentaciones, tipología estructural, etc.). Se planificaría el uso agrícola.

ZONA C. ZONA DE RESTRICCIONES TIPO II. Es la zona que puede ser afectada por las máximas avenidas extraordinarias, y su límite correspondería a la línea de la avenida de 500 años de período de retorno. En ella las restricciones del uso del suelo serían menos limitativas, permitiéndose mayores densidades y características de las edificaciones menos estrictas. Alternativamente podría tratarse de una zona sin restricciones en las que se fijaran unas normas generales de construcción y se avisara de la posibilidad de los daños.

* **Implantación de un sistema de seguros:** constituye el paso siguiente a la definición de las zonificaciones para el control económico a partir de

estudios de los ratios beneficio-coste.

* **Instalación de sistemas de alarma y previsión:** una vez que el Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) esté instalado, será posible telecontrolar las precipitaciones caídas y las alturas de agua en los cauces y embalses. Este sistema está integrado por una serie de estaciones remotas que suministran información con la que se pueden hacer, en los centros de procesamiento de datos para cada cuenca, simulaciones de la posible avenida. Tal y como indica Martínez Goytre (1988), la predicción de las avenidas es algo necesario pero muy complicado, ya que la anegación de amplias zonas depende a veces del simple rebase o no, de un malecón o un dique.

* **Gestión integrada del sistema hidráulico:** una vez que los datos estén controlados e interpretados, se diseñarán los planes de acción adecuados para cada situación de emergencia con el fin de minimizar daños y mejorar el provecho de los recursos hidráulicos. Ver tabla 2.III de alternativas a la gestión de áreas sujetas a avenidas (Sewel y Foster, 1976).

2.7.3 Procedimientos de emergencia

- * **Evacuación de socorro**
- * **Lucha contra la inundación**
- * **Problemas sanitarios**

Protección Civil se encarga de diseñar la estructura organizativa, servicios y acciones de emergencia que deberían realizarse a nivel municipal en caso de inundación. Se trata de medidas lógicas y generales, por lo que deben ser contrastadas con las características locales y adaptadas a las necesidades de cada zona concreta.

| | AÑO | DIA | MES | PRECIP | ESTACION | PROVINCIA |
|---|------|-----|-----|--------|------------------------|------------|
| A | 1901 | 26 | 11 | 200 | Málaga | MALAGA |
| A | 1902 | 27 | 06 | 87 | Albacete | ALBACETE |
| A | 1903 | 22 | 09 | 95 | Montserrat | BARCELONA |
| A | 1904 | 08 | 07 | 104 | Valladolid | VALLDOLID |
| A | 1905 | 24 | 01 | 183 | Montserrat | BARCELONA |
| A | 1906 | 10 | 09 | 110 | Bilbao | BILBAO |
| A | 1907 | 23 | 09 | 124 | Huelva | HUELVA |
| A | 1908 | 31 | 05 | 97 | Huesca | HUESCA |
| A | 1909 | 21 | 12 | 92 | Santiago de Compostela | LA CORUÑA |
| A | 1910 | 20 | 09 | 114 | Barcelona | BARCELONA |
| A | 1911 | 16 | 10 | 187 | Castellón | CASTELLON |
| A | 1912 | 29 | 04 | 191 | Cañada de las fucias | JAEN |
| A | 1913 | 29 | 09 | 262 | S. Felú de Llobregat | BARCELONA |
| A | 1914 | 26 | 01 | 400 | Orbar | ALMERIA |
| A | 1915 | 17 | 04 | 314 | Cabo Sacratif- Faro | GRANADA |
| A | 1916 | 29 | 11 | 352 | Anna | VALENCIA |
| A | 1917 | 31 | 03 | 245 | Islas Cies-Faro | PONTEVEDRA |
| A | 1918 | 18 | 11 | 234 | Sierra Engarceran | CASTELLON |
| A | 1919 | 30 | 09 | 287 | Carlet | VALENCIA |
| A | 1920 | 14 | 12 | 482 | Ayamonte-Faro | HUELVA |
| A | | 13 | 04 | 213 | Grazalema | CADIZ |
| A | | 18 | 02 | 213 | S. Juan de Peñagolosa | CASTELLON |
| A | 1921 | 01 | 12 | 265 | Barbate | CADIZ |
| A | 1922 | 16 | 10 | 319 | Zucaína | CASTELLON |
| A | 1923 | 31 | 10 | 291 | Casa del Pico- Jalisco | VALENCIA |
| A | 1924 | 09 | 02 | 420 | Castillejo del Romeral | CUENCA |
| A | | 18 | 10 | 314 | Luchente | VALENCIA |
| A | 1925 | 13 | 11 | 247 | Luchente | VALENCIA |
| A | 1926 | 01 | 09 | 224 | Sabadell | BARCELONA |
| A | 1927 | 24 | 08 | 382 | Cabo Mayor - Faro | SANTANDER |
| A | | 29 | 08 | 320 | Peña de Francia | SALAMANCA |
| A | 1928 | 24 | 08 | 240 | Cabo de Varos | LA CORUÑA |
| A | 1929 | 20 | 10 | 600 | Cabo Mayor- Faro | SANTANDER |
| A | | 19 | 09 | 218 | Casabermeja | MALAGA |
| A | 1930 | 18 | 10 | 340 | Montblanch | TARRAGONA |

| | | | | | | |
|-----|------|----|----|-----|-------------------------|------------|
| A | 1931 | 29 | 09 | 235 | Monachil | GRANADA |
| A | | 25 | 12 | 200 | Cabo Salinas -Faro | BALEARES |
| A | 1932 | 12 | 06 | 356 | Pantano de Sotonera | HUESCA |
| A | 1933 | 27 | 07 | 418 | Brunete | MADRID |
| A | | 22 | 05 | 370 | Barcenillas de Ribero | BURGOS |
| A | 1934 | 01 | 05 | 250 | Pantano de Sotonera | HUESCA |
| A | 1935 | 25 | 12 | 280 | Candeleda | AVILA |
| A | 1936 | 26 | 05 | 500 | Azara | HUESCA |
| A | | 18 | 02 | 202 | El Arenal | AVILA |
| A | 1937 | 26 | 10 | 270 | Scira | HUESCA |
| A | 1938 | 20 | 09 | 142 | La Estrada | PONTEVEDRA |
| CEN | | 20 | 10 | 170 | Breda | GERONA |
| A | 1939 | 06 | 11 | 165 | La Estrada | PONTEVEDRA |
| A | 1940 | 18 | 10 | 280 | Baget | GERONA |
| CEN | | 29 | 09 | 460 | Escorca Gorg Blau | BALEARES |
| A | 1941 | 23 | 01 | 315 | Grazalema | CADIZ |
| A | 1942 | 22 | 03 | 239 | Gerona | GERONA |
| CEN | | 17 | 04 | 270 | Bunyola Alqueria D'Aval | BALEARES |
| A | 1943 | 05 | 12 | 385 | Monçada i Reixac | BARCELONA |
| A | 1944 | 25 | 02 | 348 | Tuxas La Liagosta | BARCELONA |
| A | 1945 | 19 | 11 | 331 | Castellfort | CASTELLON |
| A | 1946 | 26 | 10 | 203 | Santa Bárbara | TARRAGONA |
| A | 1947 | 04 | 02 | 335 | Grazalema | CADIZ |
| A | 1948 | 24 | 12 | 365 | Puebla de Benifasar | CASTELLON |
| A | 1949 | 15 | 02 | 238 | Benitagla | ALMERIA |
| B | 1950 | 17 | 10 | 211 | Serra- Porta Coeli | VALENCIA |
| B | 1951 | 06 | 03 | 342 | Baring | VALENCIA |
| B | 1952 | 28 | 08 | 400 | Puebla de Valverde | TERUEL |
| B | | 14 | 08 | 201 | Libardon | OVIEDO |
| B | 1953 | 14 | 11 | 260 | Pego | ALICANTE |
| B | | 14 | 11 | 260 | Monticheivo | VALENCIA |
| B | 1954 | 07 | 11 | 262 | Buitrago | MADRID |
| B | | 11 | 03 | 190 | Hervas | CACERES |
| B | 1955 | 30 | 10 | 282 | Maruján | MALAGA |
| B | 1956 | 18 | 11 | 284 | Meliana H.L. | VALENCIA |
| B | 1957 | 03 | 10 | 410 | Cabo de S. Antonio | ALICANTE |
| B | 1959 | 27 | 10 | 370 | Iátiva | VALENCIA |
| B | 1959 | 06 | 03 | 315 | Mondolledo | LUGO |

| | | | | | | | |
|-----|------|----|----|-----|-------------------------|--|-----------|
| CEN | | 21 | 10 | 329 | Sóller | | BALEARES |
| B | 1960 | 09 | 03 | 265 | Grazalema | | CADIZ |
| B | 1961 | 31 | 10 | 250 | Denia | | ALICANTE |
| B | 1962 | 25 | 09 | 250 | Martorellas | | BARCELONA |
| B | 1963 | 14 | 11 | 236 | El Hornillo | | AVILA |
| T | | 22 | 03 | 400 | Cigoita- Letona | | ALAVA |
| CEN | | 11 | 02 | 261 | Grazalema | | CADIZ |
| B | 1964 | 22 | 10 | 191 | Valldemossa- Son Mas | | BALEARES |
| B | 1965 | 07 | 10 | 293 | Valderroblea- Pno. Peña | | TERUEL |
| B | 1966 | 20 | 01 | 227 | Grazalema | | CADEZ |
| B | 1967 | 08 | 09 | 305 | Vergel-Racons | | ALICANTE |
| B | 1968 | 17 | 12 | 254 | Grazalema | | CADIZ |
| B | 1969 | 06 | 10 | 411 | Sierra de Yeguas | | MALAGA |
| B | 1970 | 10 | 10 | 230 | Riudavella | | TARRAGONA |
| B | 1971 | 20 | 09 | 308 | Esparraguera | | BARCELONA |
| B | 1972 | 20 | 09 | 307 | S. Carlos de la Rápita | | TARRAGONA |
| B | 1973 | 19 | 10 | 600 | Albuñol | | GRANADA |
| B | | 19 | 10 | 600 | Zurgu | | ALMERIA |
| B | 1974 | 29 | 03 | 275 | Escorca San Torrel | | BALEARES |
| B | 1975 | 06 | 11 | 220 | Artá-Ses Pastors | | BALEARES |
| B | 1976 | 11 | 10 | 306 | Salobreña- Guadalfeo | | GRANADA |
| T | 1977 | 25 | 10 | 226 | Millares | | VALENCIA |
| T | 1978 | 18 | 10 | 260 | Escorca Lluc | | BALEARES |
| CEN | 1979 | 21 | 12 | 304 | Fornahatx Binirrossi | | BALEARES |
| CEN | 1980 | 27 | 12 | 315 | Sóller Binirrossi | | BALEARES |
| T | 1981 | 21 | 12 | 222 | Grazalema | | CADIZ |
| T | 1982 | 20 | 10 | 426 | Jalancs Agrometeorolog | | VALENCIA |
| T | | 20 | 10 | 426 | Cofreates Finca Dorada | | VALENCIA |
| T | 1983 | 06 | 11 | 410 | Alginet | | VALENCIA |
| CEN | | 26 | 08 | 503 | Larraquiti | | VEZCAYA |
| T | 1984 | 26 | 02 | 208 | Alburia de la Torre | | MALAGA |
| T | 1985 | 15 | 11 | 373 | Podreguer | | ALICANTE |
| CEN | 1986 | 29 | 09 | 350 | Alcoy- Juan XXIII | | ALICANTE |
| CEN | 1987 | 03 | 11 | 817 | Oliva | | VALENCIA |
| CEN | 1988 | 30 | 09 | 250 | Tormos | | ALICANTE |
| CEN | 1989 | 04 | 09 | 256 | Taberna CHU | | ALICANTE |

Tabla 2.I. Calendario Meteorológico 1991 (I.N.M.) Relación de precipitaciones máximas registradas en un día en milímetros. A= Anuario. B= Boletín Climatológico Mensual. T= Tarjetas Climatológicas

| ACCION | ASPECTOS POSITIVOS | ASPECTOS NEGATIVOS |
|--|--|---|
| Zonificación de usos del suelo | Costes reducidos. Puesta en marcha rápida. Prevención daños futuros. Integración otros usos del suelo | Reducción base imponible. Posible inhibición del desarrollo. No reducción daños existentes. No aplicable a todas las instalaciones. |
| Ordenación territorial de la cuenca | Reducción alturas de avenida. Mejora conservación de agua y suelo. Coste moderado. | Puede no ser aplicable. Efectividad limitada a precipitación baja. Cooperación de muchas personas. |
| Sistemas de alerta | Fácil comunicación. Económicamente posibles. Reducción daños. No implican desplazamientos de habitantes. | Respuesta incierta de la comunidad . Requiere información continua. Persiste el potencial de daños. Efectividad disminuye con el tiempo. |
| Adquisición de tierras públicas | Reduce pérdidas. Beneficios sociales para la comunidad. | Adquisición costosa. Impide desarrollo y productividad. |
| Seguros de inundaciones | Responsabilizan a la comunidad. Gratis para la Administración. Produce alerta e inhibe crecimiento incontrolado. | Indemnizaciones limitadas. No reducción de daños. Se produce antiselección |
| Infraestructura de protección | Reducción daños. No precisan traslado. Reducción de tasas de seguros. | Continúa el potencial de daños. Limitado a cierto tipo de estructuras. Falso sentimiento de seguridad. |
| Presas e infraestructura de contención | Reducción de pérdidas. Protección propiedades existentes. Utilidad múltiple. Aumento desarrollo e impuestos. | Creación nuevos riesgos. Alto costo y mantenimiento. Falso sentimiento de seguridad. Problema selección emplazamiento. Impacto ambiental. |
| Traslado de estructuras preexistentes | Eliminación de daños. Proporciona espacios libres. Facilita el flujo de desagüe. Seguridad total. | Muy costoso. Pérdida de las ventajas de uso de la llanura. Limitado a ciertas estructuras. Oposición de la población. |

Tabla 2.II. Gestión de la llanura de inundación. Aspectos positivos y negativos. Modificado de Coates, 1986.

| Reducción efectos de la avenida | Reducción de la importancia daños | Reducción de pérdidas económicas | Afrontar las pérdidas |
|--|--|--|----------------------------|
| <u>Protección inundaciones</u> Diques y presas Espigones y malecones Corrección cauces Desvíos Embalses laminación Muros de contención | <u>Gestión llanura</u> Zonificación usos suelo Normas construcciones Reformas urbanas Adquisición terrenos Traslado de edificaciones | <u>Medidas emergencia</u> Alerta en poblaciones Defensas provisionales Evacuación | Soportar las consecuencias |
| <u>Ordenación cuencas</u> Aterrazado Estabilización márgenes Vigilancia incendios Repoblación forestal | <u>Cambios estructurales</u> Impermeabilización cimentaciones Elevación del terreno Construcción edificios altos sin sótano y planta baja diáfana | <u>Redistribución de pérdidas</u> Indemnizaciones Créditos financieros Exención de impuestos Seguros | |
| <u>Modificación precipitación</u> Lluvia artificial | <u>Sistemas de seguridad</u> Cerramientos de seguridad Protección de interiores Recubrimientos temporales Válvulas seguridad desagües Anclado de maquinaria Recubrimientos con plásticos Limpieza de canalizaciones | | |

Tabla 2.III. Alternativas a la gestión de áreas sujetas a avenidas. Modificado de Sewell y Foster (1976).

INUNDACIONES

CAPITULO 3. LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA

Las inundaciones constituyen el peligro y el riesgo más importante, extendido y conocido en España cuyas implicaciones más directas y graves son las económicas y las consecuencias sociales. La historia de las inundaciones catastróficas permite afirmar que en todas las cuencas se han sufrido las consecuencias de las avenidas. A medida que han ido pasando los años, se han introducido mejoras que han disminuído sensiblemente los períodos de recurrencia de los eventos catastróficos, aunque el hombre ha introducido nuevos factores que agravan el riesgo potencial.

Los motivos que permiten calificar las inundaciones en España como peligro son el tipo de relieve y el tipo de clima. La influencia del hombre, sus asentamientos y actividades, transforman el peligro en riesgo.

3.1 INFLUENCIA DEL RELIEVE EN LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA

España es una de las regiones más montañosas de Europa, con una altitud media de 500 metros. Las cadenas montañosas son las divisorias de aguas de las diez cuencas hidrográficas principales: Norte, Duero, Tajo, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar, Ebro y Pirineo oriental. Se pueden considerar también otras áreas, como las Islas Baleares, Islas Canarias y territorios del Norte de Africa. En todos ellos la disposición de los sistemas montañosos domina la morfología de la cuenca y los sistemas de respuesta hidráulica.

Por ejemplo, en la cuenca Norte, la cordillera Cantábrica se encuentra a poca distancia de la costa, por lo que los ríos se ordenan según cuencas reducidas con drenaje independiente y lo mismo se puede observar en la cuenca Sur. La cuenca del Duero, una cuenca llana de altura media elevada, está limitada por cadenas alejadas de la costa que le configuran una planta romboidal. En cuanto a morfología alargada de la cuenca y respuesta hidráulica, el Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir se pueden considerar similares.

Las cuencas del Júcar y del Segura contienen por una parte, cursos de aguas permanentes nacidos en las cordilleras que bordean la Meseta donde se han encajado formando cañones que se abren a las llanuras en forma de abanicos y por otra, cursos estacionales, nacidos en montañas próximas a la costa y con caudales medios pequeños e irregulares. Ambas cuencas han demostrado ser las zonas de mayor peligrosidad de inundación en España por la confluencia de factores orográficos y climáticos.

La cuenca del Ebro constituye un caso mixto entre los dos tipos descritos, ya que la mayor altura de los Pirineos frente al Sistema Ibérico implica un suministro más abundante de precipitaciones y por tanto, un mayor desarrollo de los ríos que bajan de los Pirineos.

3.2 INFLUENCIA DEL CLIMA EN LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA

En España se producen las típicas perturbaciones atmosféricas capaces de descargar precipitaciones que degeneran en avenidas en las latitudes templadas, como son las **lluvias de origen frontal**.

3.2.1 Lluvias de origen frontal

Lamas (1985) afirma que están provocadas por la elevación de masas de aire convergentes en un área de baja presión. Se distinguen las lluvias de frente cálido y las lluvias de frente frío.

* **Frente cálido:** una masa de aire caliente se eleva sobre una masa de aire frío.

* **Frente frío:** la masa de aire frío es activa y se introduce a modo de cuña bajo una masa de aire cálido obligándola a elevarse violentamente.

Jansa (1972) las denomina "tormentas frontales" cuyo primer impulso es mecánico puesto que es un choque físico entre dos masas de diferente humedad y temperatura, aunque realmente no se desarrolla la tormenta a no ser que las condiciones termodinámicas sean favorables. Esta clase de tormentas no están sujetas a calendario ni horario, aunque se producen con mayor frecuencia en otoño. Las tormentas frontales son típicas de las latitudes templadas, raras veces aparecen en los Polos y desconocidas en el Ecuador y los Trópicos.

3.2.2 Tormentas térmicas

Las tormentas estivales o térmicas producen inundaciones con frecuencia. Jansa (1972) afirma que se producen en el interior de una masa de aire homogénea. Son típicas del verano y de las regiones tropicales, y van disminuyendo de intensidad a medida que aumenta la latitud. Pueden ser de dos tipos: tormentas diurnas y tormentas nocturnas.

* **tormentas diurnas:** se originan cuando una porción del suelo se calienta más que el aire de alrededor. La masa de aire caliente comienza a ascender y a calentar las masas de aire circundantes. Si la energía es suficiente, la columna

de aire genera cumulonimbus, chubascos, aparato eléctrico y a veces, granizo. Se presentan normalmente durante las primeras horas de la tarde.

* **tormentas nocturnas:** su mecanismo de formación es a la inversa de las tormentas diurnas. Según describe Jansa (1972): "si por la noche existe a cierta altura una capa de nubes o un estrato de aire muy húmedo, es posible que se enfríe, aumente de peso específico y caiga, provocando con su caída, el nacimiento de una corriente ascendente que cierre el circuito".

3.2.3 Temporales de Levante y gotas frías

Durante los meses de Mayo-Junio y con más intensidad en otoño, caen verdaderos diluvios sobre el litoral mediterráneo y en algunos casos también sobre las Islas Baleares. García de Pedraza describe el proceso de formación del aguacero en el calendario meteoro-fenológico de 1971 como sigue:

"Después del verano, que es muy largo y de fuerte insolación en toda la cuenca mediterránea, el mar está muy cálido y la evaporación es muy marcada. Si llega aire frío, bien sea en superficie (frentes fríos que cruzan desde el Golfo de Vizcaya hacia Baleares), bien sea en altura (formación y desplome de "gota de aire frío" sobre la Península), se crea una acusada y brusca inestabilidad atmosférica, apareciendo potentes nubes de desarrollo vertical o cumulonimbos que se disparan desde cerca del suelo hasta alturas de 10 y 12 kilómetros, dando lugar a torrenciales aguaceros e impresionantes tormentas. Las cordilleras que orlan el litoral favorecen el ascenso forzado del aire, de componente Este y limitan el avance de las nubes tierra adentro; por esta causa se localizan la mayores precipitaciones en las comarcas costeras, hacia donde soplan los vientos cálidos y húmedos del Mediterráneo. Por otro lado, las laderas de las montañas orientadas hacia la cuenca mediterránea presentan acusadas pendientes y los ríos desaguan rápida y velozmente. Así se conjungan dos factores adversos: los torrenciales chubascos y las ramblas de inclinada pendiente, creando condiciones propicias a enormes avenidas y catastróficas inundaciones."

Ta y como resume Capel (1981) el conjunto de circunstancias que se suman al poder destructor de las avenidas en sí en el Sudeste de la Península Ibérica son:

- a) la gran intensidad horaria de las lluvias: las tormentas y aguaceros precipitan enormes volúmenes de agua en pocas horas.
- b) las características morfológicas de la región: el Sudeste posee un relieve disecado formado por materiales impermeables en gran cantidad: pizarras, esquistos, micaesquistos, arcillas y margas muy deleznable.
- c) los cursos de agua presentan un carácter torrencial debido a que tienen que

salvar en pocos kilómetros altitudes de 2.000 metros hasta el nivel del mar, por lo que su perfil longitudinal tiene una elevada pendiente.

- d) la escasa y raquítica vegetación, desaparecida tras un prolongado verano de altas temperaturas sin precipitaciones.

3.3 INFLUENCIA DEL FENOMENO DE "EL NIÑO" SOBRE LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA

3.3.1 Definición del fenómeno

El fenómeno de "El Niño" es una anomalía de la temperatura superficial del Océano que se asocia con la interrupción temporal de la surgencia de una corriente fría: la corriente de Humboldt. La corriente de "El Niño" ha recibido este nombre gracias a los pescadores de las aguas que bañan las costas de Ecuador y Perú y así se llama en honor al Niño Jesús por aparecer anualmente alrededor de la fecha en que se celebra el comienzo de la Navidad.

En las condiciones normales que corresponden al resto del año, la superficie del mar en esa zona está fría al compararla con las temperaturas cálidas de las aguas ecuatoriales. Así, la corriente de Humboldt está constituida por un agua rica en sustancias minerales que atraen y nutren al fitoplancton, alimentación base de los peces.

Alrededor de las Navidades, aparece la corriente de "El Niño" como una corriente marina cálida que avanza hacia el Sur, desplaza la corriente marina fría de Humboldt y hace que disminuya la pesca en la zona. Normalmente las aguas cálidas no llegan a tocar la costa más al Norte de Perú, pero una vez cada diez años (u once según autores), la corriente cálida supera a la corriente fría y recorre libremente las costas sudamericanas Pacíficas. En lugar de disolverse el calentamiento alrededor de Marzo-Abril, las temperaturas de la superficie del mar continúan altas durante el otoño e invierno.

El fenómeno se ha bautizado con el nombre completo de "El Niño Oscilación Meridional" (ENOM) por la envergadura de la modificación de la presión atmosférica. El estudio del mismo ha comenzado a intensificarse a partir de la observación de su ocurrencia y la relación con cambios climáticos en otras regiones del globo. Dentro del registro de años identificados como afectados por el fenómeno de "El Niño", están 1957-58, 1972-73 y 1892-83 como los períodos de efectos más intensos observados.

3.3.2 Relación entre el fenómeno de "El Niño" y las inundaciones en Levante.

Durante el último siglo, parece ser que el período 1982-83 registró el ENOM de mayor extensión geográfica además del importante ascenso de temperatura superficial del mar. También fué quizás, el episodio de "El Niño" que más impacto ha causado en la sociedad, porque sólo se cuenta con datos fiables en el período de 1949 a 1984.

Además de los efectos sobre países de Sudamérica y California, y continentes tan lejanos como Australia y las Islas de la Polinesia, España recibió el desastroso impacto de inundaciones en las cuencas del Pirineo Oriental, río Segura y río Júcar.

Perdomo (1988) ha encontrado una correspondencia en los registros de inundaciones producidas en las cuencas del Júcar y Turia y ha llegado a la conclusión de que ENOM ejerce la influencia en un 73% de las inundaciones del Júcar y en un 62% de las inundaciones del Turia.

INUNDACIONES

CAPITULO 4. ANALISIS DE LA CUENCAS HIDROGRAFICAS DE ESPAÑA

4.1 CONTENIDOS

El contenido del capítulo 4 está extraído, prácticamente en su totalidad de la Documentación Básica de los Planes Hidrológicos elaborados por el M.O.P.U. de las siguientes Cuencas Hidrográficas:

- * Cuenca Norte (Planes Hidrológicos I, II y III)
- * Cuenca del Duero
- * Cuenca del Tajo
- * Cuenca del Guadiana (Planes Hidrológicos I y II)
- * Cuenca del Guadalquivir
- * Cuenca de los ríos Guadalete y Barbate
- * Cuenca Sur
- * Cuenca de Segura
- * Cuenca del Júcar
- * Cuenca del Ebro

4.2 ANTECEDENTES DE LOS PLANES HIDROLOGICOS DEL M.O.P.U. 1988

La Comisión Nacional de Protección Civil, creada en 1980, es un órgano "coordinador, consultivo y deliberante" que dentro de sus objetivos tiene *"el estudio y aprobación de los Planes de actuación con motivo de siniestros, catástrofes, calamidades y otros acontecimientos de análoga naturaleza"*.

A la vista de la importancia de los efectos desastrosos de las inundaciones en la Península Ibérica, la Comisión Nacional de Protección Civil propuso en 1983 la creación de la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones, de carácter

pluridisciplinar, con la misión de "*estudiar las medidas correctivas y preventivas que deban acometerse por el Gobierno en las zonas habitualmente castigadas por las inundaciones y con el propósito de evitar o disminuir sus efectos*". La Dirección General de Obras Hidráulicas (D.G.O.H.) el Centro de Estudios Hidrográficos (C.E.H.) pertenecen, además de los siguientes organismos a dicha Comisión: Ministerios de Defensa, Interior, Obras Públicas y Urbanismo, Industria y Energía, Agricultura, Pesca y Alimentación, Transportes, Turismo y Comunicaciones, Sanidad y Consumo y Administración Territorial.

La Comisión Técnica de Inundaciones enfocó el estudio para cubrir cuatro frentes:

1. Estudio de información histórica, clasificación de zonas de riesgo potencial y elaboración del mapa de riesgo potencial de inundaciones. La dirección de estas actividades fué encargada al M.O.P.U.
2. Estudio de acciones de tipo preventivo. La dirección fué encargada al M.O.P.U.
3. Estudio de normativa vigente y normas de planificación territorial. La dirección fué encargada al Ministerio de Administración Territorial.
4. Elaboración de un Plan de protección contra inundaciones, riadas y roturas de presas y embalses. La dirección de estas actividades fué encargada al Ministerio de Interior.

Los dos primeros frentes debían ser desarrollados por la Dirección General de Obras Hidráulicas y el Centro de Estudios Hidrográficos, pero antes de lanzarse al estudio individual de las cuencas hidrográficas, la propia Comisión Técnica de Inundaciones encargó al M.O.P.U. la redacción de un análisis general de la situación del país frente a las inundaciones a la vez que actualizara el inventario de puntos conflictivos y ofreciera una metodología general para la prevención y reducción de los daños ocasionados por inundaciones.

Este informe general constituyó en sí la primera fase del Estudio general, pero aún existen otras dos fases. La segunda fase consiste en una serie de estudios por cuencas hidrográficas que cubre aspectos socioeconómicos, demográficos, hídricos, ambientales y jurídicos además de ser acompañados por colecciones de mapas que ayudan a conocer el entorno global del espacio geográfico que abarca cada cuenca. Se publicó en Diciembre de 1988.

La tercera fase consistirá en la redacción de un plan de actuaciones técnicas, económicas y sociales aconsejables para cada zona. Para ello será necesaria la recopilación de datos hidrológicos, hidráulicos, cartográficos, económicos y sociales de gran detalle y el tratamiento de los mismos con nuevos métodos muy actualizados. Tanto la documentación de la primera fase como la correspondiente a la segunda fase, serán fundamentales para el desarrollo de la tercera y última fase, que es seguro que

constituirá el instrumento de trabajo básico para la Administración Pública en materia de inundaciones.

4.3 ESTRUCTURACION DEL ANALISIS DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

El capítulo 4 de este estudio es un resumen de la documentación correspondiente a la segunda fase en los aspectos relacionados con el medio físico, características climatológicas y conclusiones sobre el estudio que el M.O.P.U. ha realizado para cada cuenca.

Cada capítulo se compone de :

1. **Ambito territorial:** Se describe el espacio geográfico que abarca la cuenca hidrográfica o la sección de la cuenca hidrográfica según lo indica la correspondiente Confederación Hidrográfica que ha redactado el estudio. Si figuran cuadros informativos, se extractan los datos de extensión de la provincia y participación de la misma en el total de extensión de la cuenca.
2. **Climatología:** Se ofrecen unas características muy generales del clima de la región, así como algunos datos medios de precipitaciones, temperaturas, nieve, sequías, según figure en el informe correspondiente. Constituyen una primera aproximación a la caracterización climática de una región.
3. **Hidrografía:** Se dibujan las características más sobresalientes de la red hidrográfica y los factores principales que le condicionan para adoptar una u otra forma.
4. **Avenidas e inundaciones:** Se dan datos de precipitaciones extremas así como los puntos o áreas donde se reciben. En el caso de existir datos de máximas avenidas probables en forma de caudal, se exponen dichos cuadros. Por último se habla de las inundaciones históricas y se resumen las principales conclusiones del estudio de las inundaciones históricas realizado por el M.O.P.U.
5. **Zonas potencialmente inundables:** Se esquematizan las principales causas que provocan las inundaciones en la Península Ibérica y se puntualiza cuales son más frecuentes en la cuenca correspondiente.
6. **Acciones preventivas y de reducción de daños:** Se enumeran las principales conclusiones en materia de prevención que ha deducido el M.O.P.U. una vez

estudiadas las referencias sobre inundaciones históricas.

7. **Principales características de las inundaciones en la cuenca del :** Son pequeños cuadros que resumen cualitativamente las características generales de las inundaciones en una cuenca despues de estudiar las referencias que figuran, para cada cuenca, en el Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos del I.T.G.E. (1988).

INUNDACIONES

CAPITULO 4 .1 CUENCA NORTE - PLAN HIDROLOGICO I

1. AMBITO TERRITORIAL

La Confederación Hidrográfica del Norte comprende el territorio español de las cuencas hidrográficas de los ríos que vierten al mar Cantábrico desde la desembocadura del río Eo, incluida la de este río y la frontera con Francia. El Plan Hidrológico I comprende las cuencas de los ríos Miño, Sil y la parte española de la cuenca del río Limia (17.717 km²). Las cuencas del Miño y del Limia son en su totalidad gallegas, mientras que la del Sil tiene una pequeñísima parte en Asturias, casi la mitad en León y el resto en Galicia. Las provincias españolas que ocupa, así como la distribución de su extensión figura en la tabla 4.I.

| PROVINCIA | Superficie en cuenca (km ²) | Participación en cuenca (%) |
|--------------|---|-----------------------------|
| La Coruña | 2 | 0,0 |
| Lugo | 6.311 | 35,6 |
| Orense | 6.120 | 34,5 |
| Pontevedra | 1.162 | 6,6 |
| León | 3.964 | 22,4 |
| Zamora | 140 | 0,8 |
| Asturias | 18 | 0,1 |
| TOTAL | 17.717 | 100,0 |

Tabla 4.I. Distribución territorios de provincias en la cuenca Norte. Plan Hidrológico I.
Extractado del M.O.P.U.1988.

2. CLIMATOLOGIA

En sentido amplio, esta región de la cuenca Norte de la Península Ibérica se sitúa en la conocida "España verde" con los típicos inviernos suaves y veranos frescos, aire generalmente húmedo, abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes durante todo el año. Sin embargo, se puede hablar de dos regiones diferenciadas por su pluviosidad: una húmeda, influenciada por la cercanía al mar y otra menos húmeda, situada más al interior.

La primera se extiende desde la desembocadura del río Miño (zona marítima), ríos Limia, Arnoya, Salas, Bibey y Navea (zona submarítima). Por último, la cabecera del Miño, donde las precipitaciones se distribuyen según la topografía.

En la segunda o zona menos húmeda ocupada por el Sil, también se pueden diferenciar unas áreas más templadas de otras de clima más frío.

2.1 Pluviometría

La distribución anual de precipitaciones en este ámbito de la cuenca Norte es la normal del área, con un **máximo** en Diciembre-Enero y un **mínimo** en Julio y Agosto. Puede producirse otro máximo relativo en primavera.

La pluviometría anual tiene un rango de variación entre 700 y 1.900 mm/año. Los valores **máximos** se localizan en Cabeza de Manzaneda (1.778 m), entre el Navea y el Bibey, en la Sierra de los Ancares (2.214 m), en el tramo más bajo del Miño, y las Sierras de San Mamed (1.618 m) y Queixa (1.707 m). Los **mínimos**, con 700-900 mm/año se registran en las depresiones de Monforte y el Bierzo, y en Orense.

2.2 Termometría

La influencia del océano suaviza los valores extremos de la franja costera y el tramo final de los valles del Miño y del Sil. Es decir, se pasa de un clima templado-cálido en la costa, a un marítimo-fresco tierra adentro, hasta un pirenaico-frío en las zonas montañosas.

En el valle del Miño la **media anual** oscila entre 13,9° y 11°C. La **media del mes más frío** oscila entre 6,9° y 5,9°C y la **media del mes más cálido** entre 21,7° y 17,4°C. En cuanto a **temperaturas extremas**, el mes más frío registra entre 3,6° y 1,9°C y el mes más cálido entre 28° y 23,3°C.

En las áreas de montaña, el clima es de tipo pirenaico con veranos e inviernos frescos. Las temperaturas medias son sensiblemente inferiores a las del valle del Miño.

2.3 Nivalidad

La nieve tiene importancia como recurso hídrico en las regiones montañosas con alturas superiores a los 1.000 metros de altitud, en los macizos cara a los vientos de los cuadrantes tercero y cuarto. Tales circunstancias se dan en la Peña Trevinca, en Cabeza de Manzaneda, Sierra de Queixa, Sierra de Ancares

y cabecera del Sil.

2.4 Seqúas

El mes más seco corresponde a Julio y le siguen Agosto y Junio, aunque en realidad el balance hídrico de esta región se caracteriza por la persistencia y regularidad del régimen pluviométrico. El año más seco fué 1953/1954 y el trienio más seco abarcó desde 1942/1943 a 1944/1945.

3. HIDROGRAFIA

Tanto el Miño como el Sil o el Limia en la parte española, forman valles alargados en los que se centra el río principal que recibe afluentes poco desarrollados. Tanto el Miño como el Sil se caracterizan por los fenómenos de captura y con el tiempo van ampliando los límites de su cuenca hacia la Cantábrica e incluso la cuenca del Duero.

Los ríos de la cuenca han adaptado sus trayectorias a las directrices tectónicas del área, ya que el Miño sigue la Norte-Sur hasta la unión con el Sil y el Limia y el Sil se acomodan a la dirección Noreste-Suroeste. Son además, ríos con gran poder erosivo que han excavado su cauce en materiales duros, generando así valles profundos y estrechos de trayectoria lineal con numerosos tributarios laterales por ambas márgenes.

4. AVENIDAS E INUNDACIONES

4.1. Precipitaciones extremas

El estudio de las precipitaciones extremas está basado en los registros de las estaciones pluviométricas, ajustados a una distribución de probabilidad que permiten determinar las alturas de precipitación máxima para un período de 24 horas. A partir de estos valores, se definen las isolíneas de máxima precipitación como paso previo para determinar su distribución espacial.

En el ámbito territorial del Plan Hidrológico I existen las siguientes zonas con precipitaciones registradas superiores a 200 mm:

- * Orla que rodea los embalses de Chandiera, Leboeiro y Edrada (> 300 mm en los dos últimos).
- * Alrededores del embalse de Matalavilla (> 300 mm).
- * Cabecera del Lor y el Cabrera.

4.2. Máximas Avenidas Probables Naturales

Se definen como "la mayor avenida que se puede presentar suponiendo una total coincidencia de los factores que pueden producir la precipitación más intensa y al máxima escorrentía". Esta situación se deriva de una precipitación máxima probable, por lo que no se le puede asignar una probabilidad de ocurrencia. No hay estudios de este tipo para esta cuenca.

En el cuadro adjunto (tabla 4.II) se especifican las estaciones foronómicas donde se han registrado estos caudales así como la fecha de ocurrencia de los mismos.

| CAUCE | NOMBRE | PROVINCIA | CAUDALES REGISTRADOS (m ³ /s) | |
|---------|--------------------------------|--------------|--|--------|
| | | | Máximo** | Medio |
| Cúa | Cúa en Quilos | León | 175,50** (9-II-79) | 12,86 |
| Burbia | Burbia en T. Bados | León | 404,00** (8-I-75) | 15,09 |
| Cabrera | Cabrera en Pto. Domingo Florez | León | 500,00** (1-IV-61) | 12,57 |
| Iérez | Iárez en Portela | Orense | 112,00** (III-62) | 6,23 |
| Bibey | Bibey en las Ermitas | Orense | 687,00** (XII-59) | 24,90 |
| Navea | Navea en Pedrazas | Orense | 459,00** (XI-2-72) | 11,67 |
| Bibey | Bibey en Montefurado | León | 878,40** (20-II-66) | 42,55 |
| Sil | Sil en Sequeiros | Lugo | 3.033,00** (31-III-62) | 130,29 |
| Lor | Lor en la Ponte | Lugo | 287,50** (XII-59) | 17,90 |
| Cabe | Cabe en Monforte de Lemos | Lugo | 199,00** (28-II-78) | 5,70 |
| Sil | Sil en San Esteban | Lugo, Orense | 3.383,00** (31-III-62) | 156,14 |
| Sil | Sil en Pto. Pombeiro | Lugo, Orense | 3.450,00** (31-III-62) | 162,13 |
| Miño | Miño en Rabade | Lugo | 810,00** (22-II-47) | 20,68 |
| Parga | Parga en Ouitiriz | Lugo | 182,94** (29-XII-78) | 7,39 |
| Ladra | Ladra en Begonte | Lugo | 370,00*** (4-XII-77) | 20,20 |
| Miño | Miño en Lugo | Lugo | 1.030,00*** (22-II-47) | 39,61 |
| Sarría | Sarría en Sarría | Lugo | 106,00*** (28-II-78) | 4,22 |
| Miño | Miño en los Peares | Lugo | 2.190,00** (11-II-79) | 92,99 |
| Miño | Miño en Orense (Pto. Mayor) | Orense | 5.700,00** (27-XII-60) | 301,04 |
| Tea | Tea en Pucallarcas | Postovedra | 402,00*** (6-XII-72) | 13,59 |
| Louro | Louro en Tuy | Postovedra | 152,30** (15-II-79) | 9,14 |
| Limia | Limia en Pto. Linares | Orense | 134,00** (30-XII-78) | 11,28 |

- Debajo del valor del caudal máximo registrado se indica la fecha en que ocurrió.
- ** Caudal máximo medio diario.
- *** Caudal máximo instantáneo.

Tabla 4.II. Tabla de caudales medios y máximos. Modificado de M.O.P.U. (1988).

4.3. Inundaciones históricas

Hay diecinueve (19) referencias de inundaciones ocurridas desde 1522, y como término medio parece que se produce una inundación cada veinticinco (25) años aproximadamente. El estudio de estas referencias permite llegar a las siguientes conclusiones sobre las cuencas del Plan Hidrológico I:

- * Las inundaciones afectan principalmente a los valles, pero normalmente no hay referencias de lo que ocurre aguas arriba, por tanto la información no está completa. Es muy probable que produzcan daños de menor relevancia aguas arriba que no dejen huella.
- * El "efecto presa" por la obstrucción de los puentes artificiales y las "olas" que desencadenan por el desbloqueo súbito producen importantes daños.
- * Los movimientos tectónicos y las oscilaciones del nivel del mar producidas por la última glaciación han **elevado notablemente el nivel de base** de los ríos cantábricos provocando la formación de rías y estuarios en fase de colmatación avanzada y la disminución de su pendiente y longitud. Estos hechos, junto con los efectos de las mareas han disminuido la capacidad de evacuación de los ríos.
- * Los efectos de las inundaciones de los ríos cantábricos son devastadores debido a:
 - a) rapidez de generación de la avenida
 - b) gran velocidad de las aguas por la elevada pendiente
 - c) importante capacidad de arrastre de materiales
 - d) efectos de las mareas coincidiendo con el caudal punta de las avenidas.
- * Los embalses de laminación no son el mecanismo de control de inundaciones más adecuado para estos ríos cuyos tramos superiores tienen una pendiente longitudinal muy pronunciada, puesto que necesitarían cerradas de gran altura. Además, no es muy probable que se inunden los valles para construir un embalse ya que son las zonas principales de asentamientos humanos. Ocurre lo mismo con las grandes obras de regulación, por ello hay zonas que no están reguladas en absoluto mientras que el Sil y sus afluentes sí lo están.
- * Las soluciones estructurales que parecen más adecuadas son los dragados, encauzamientos, diques longitudinales y obras de defensa puntuales.
- * Los daños a las vías de comunicación se han producido cuando su trazado interfiere en las salidas de evacuación naturales, consecuencia del desarrollo económico de los últimos años.

5. ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Las causas generales que pueden provocar las inundaciones pueden ser:

- * Avenidas
- * Temporales ciclónicos
- * Obstrucciones en el cauce
- * Efectos de los embalses
- * Insuficiencia de drenaje
- * Acciones del mar

En este ámbito territorial las causas más frecuentes han sido:

- 1º Avenidas
- 2º Insuficiencia de drenaje en las ciudades
- 3º Obstrucciones y roturas de puentes
- 4º Acciones del mar

En resumen, a pesar de las obras de infraestructura realizadas en la zona, aquellas que hayan sufrido inundaciones históricas siguen estando amenazadas. Lo que variará es la cuantía de los daños disminuyendo en el caso de obras de regulación o aumentando en los nuevos focos de densificación por vías de comunicación o incremento de población.

La fuente de datos utilizada para detectar las áreas de riesgo potencial fueron:

- * Zonas con inundaciones históricas
- * Inventario de puntos conflictivos (31 repartidos en este ámbito)
- * Zonas situadas aguas abajo de los embalses en explotación

6. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE REDUCCION DE DAÑOS

- * Los embalses no parecen ser la solución más adecuada para la regulación de los ríos de la zona, ya que sus capacidades no permiten reducir sus caudales punta en porcentajes importantes. Aún así existen 4 grandes embalses en la cuenca del Miño-Sil (Belesar, Los Peares, Bárcena y San Esteban).
- * En los ríos de corto recorrido se producen avenidas de tipo "rápido" (flash-floods) con gran aporte de sólidos y efectos devastadores. Los embalses no son la solución a estos problemas, sino quizás, encauzamientos en los últimos tramos.
- * Es necesaria una revisión de los cruces entre la infraestructura viaria e

hidráulica con los cauces de ríos y arroyos.

- * Surgen problemas causados por los depósitos sedimentados en las confluencias de arroyos sobre el río principal, ya que se producen sobreelevaciones del nivel de las aguas y disminuye la capacidad de transporte del río principal.
- * La opción de los trasvases es antieconómica dadas las cortas distancias entre las cuencas emisora y receptora.
- * Es urgente el estudio y definición de la normativa legal que permita zonificar las áreas inundables en varias clases y valorar objetivamente los daños potenciales.

Ver la tabla 4.III que resume el tipo de acciones preventivas para esta parte de la cuenca Norte y grado de urgencia de las mismas.

7. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA NORTE

A partir de los registros de inundaciones de la cuenca Norte que figuran en el Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos (I.T.G.E. 1988) se pueden deducir características generales de las inundaciones en la Cuenca del Norte de España:

| | |
|----------------------|--|
| CAUSAS | Temporales y lluvias torrenciales |
| DURACION MEDIA | 2-3 días. Máximo registrado 20 días (Sept 74) |
| SUP. AFECTADA MEDIA | 230 km ² . Máximo registrado 850 km ² (Dic 80) |
| PERDIDAS ECO. MAXIMA | 5.000 M. ptas (Jul. 77) 500.000 M. (Ag. 83) |
| DAÑOS MATERIALES | Industria y núcleos de población principalmente |
| PERIODO RECURRENCIA | 5-10-15-50 Máximo registrado 500 (Ag. 83) |
| PERIODO OBSERVACION | 1970 - 1983 |

| ACCIONES PREVENTIVAS | RANGO DE URGENCIA | | |
|--|-------------------|------------|--------|
| | MAXIMO | INTERMEDIO | MINIMO |
| Embalses de laminación | - | 1 | 4 |
| Corrección y regulación de cauces | - | 5 | 31 |
| Protección de cauces | - | 3 | 29 |
| Encauzamientos | - | 3 | 12 |
| Cauces de emergencia y Trasvases | - | - | - |
| Obras de Drenaje | - | - | 1 |
| Conservación de suelos y reforestación | - | - | 4 |
| Zonificación y Regulaciones legales | - | 3 | 19 |
| Implantación de un sistema de seguros | - | 3 | 19 |
| Instalación de sistema de alarma y previsión | - | 3 | 19 |
| Gestión integrada del sistema hidráulico | - | 1 | 12 |

Tabla 4.III. Cuadro-resumen de acciones preventivas contra las inundaciones en el área del Plan Hidrológico I de la cuenca Norte. Modificado del M.O.P.U. 1988.

INUNDACIONES

CAPITULO 4.2 CUENCA NORTE - PLAN HIDROLOGICO II

1. AMBITO TERRITORIAL

La Confederación Hidrográfica del Norte comprende el territorio español de las cuencas hidrográficas de los ríos que vierten al mar Cantábrico desde la desembocadura del río Eo (incluida) y la frontera con Francia. El Plan Hidrológico II comprende las cuencas de los ríos que vierten al mar Cantábrico entre el río Eo incluido y el límite de los términos municipales de Castro Urdiales y San Julián de Musques (17.332 km²). Este ámbito pertenece mayoritariamente a Asturias y Cantabria, aunque también quedan incluidas pequeñas porciones de las provincias de Lugo, León, Palencia y Vizcaya. Las provincias españolas que ocupa, así como la distribución de su extensión figura en la tabla 4.IV.

| PROVINCIA /AUTONOM | Superficie en cuenca (km ²) | Participación en la cuenca (%) |
|--------------------|---|--------------------------------|
| Asturias | 10.560 | 60,9 |
| Cantabria | 4.453 | 25,7 |
| Lugo | 1.864 | 10,8 |
| León | 274 | 1,6 |
| Palencia | 4 | 0,0 |
| Vizcaya | 181 | 1,0 |
| TOTAL | 17.332 | 100,0 |

Tabla 4.IV. Distribución territorial de provincias y autonomías en la cuenca Norte. Plan Hidrológico II. Extractado de M.O.P.U. 1988.

2. CLIMATOLOGIA

El área considerada se sitúa en la "España verde" con sus típicos inviernos suaves y veranos frescos, aire húmedo, abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes a lo largo de todo el año. Sin embargo, se puede hablar de dos regiones: una húmeda, donde ningún mes del año es seco y otra menos húmeda, con balance hídrico de tipo mediterráneo. Se entiende por "mes seco" aquel en que la precipitación más la reserva de humedad del suelo no superan la mitad de la evapotranspiración potencial. En cuanto a "húmeda", no se refiere a que reciba gran cantidad de precipitaciones anuales, sino que puede tener bajos niveles de evapotranspiración.

En la región **húmeda** se distinguen tres fajas: la primera y más cercana a la costa tiene un clima de características marítimas, a continuación se extiende la faja submarítima situada sobre las zonas medias de los valles y por último, las zonas elevadas, donde los índices de pluviosidad son más elevados.

En la región **menos húmeda** se diferencia una área más templada (cuenca media y baja del Nalón y parte de la cuenca alta del Eo) y otra más fría (cuenca alta del Narcea).

2.1 Pluviometría

La distribución de las precipitaciones está relacionada directamente con la entrada de las **borrascas de procedencia atlántica** por lo que las precipitaciones aumentan desde la costa al interior.

La **precipitación media** es de 1.353 mm/año, aunque se distribuyen según franjas paralelas a la costa distorsionadas por los valles que vierten al mar. En el litoral, las precipitaciones oscilan entre 900 y 1.300 mm/año, en las áreas de **alturas medias** entre 800 y 1.400 mm/año y en las **montañas** van aumentando unos 80 mm/año por cada cien metros de altura.

Las áreas con precipitaciones menores a los 1.000 mm/año son: la depresión de Potes, el arroyo de La Magdalena, la depresión central asturiana, Oviedo, Gijón y la cuenca alta del Navia.

Por otra parte, hay núcleos donde se registran precipitaciones anuales superiores a los 2.000 mm, como los Picos de Europa. En cuanto a la cabecera del río San Isidro y el río Ibias, registran precipitaciones anuales que rondan los 2.000 mm.

En general, se observa un **mínimo** pluviométrico en el mes de Julio y un **máximo** a finales de otoño. Existe otro máximo en primavera.

2.2 Termometría

Las **temperaturas medias** van bajando desde la costa al interior, de tal forma que se pasa de un régimen marítimo en el litoral a régimen pirenaico-frío en la alta montaña. En los valles centrales se disfruta de un clima templado-cálido.

A continuación se describen las diferentes áreas con sus temperaturas características:

- * La faja costera disfruta de un clima supermarítimo con temperaturas medias anuales entre 12°-14°C, 8°-10°C en el mes más frío y 18°-20°C en el mes

más cálido. La extensión de este régimen es más amplia en Cantabria que en Asturias.

- * La faja prelitoral registra un clima templado cálido ligeramente más frío en Asturias. La temperatura media anual varía entre 10°-14°C según la altitud. Durante el mes más frío puede bajar hasta 6°-10°C de media, mientras que en el mes más cálido pueden alcanzar los 16°-22°C.
- * En los valles medios-altos del río Narcea y el Deva, los inviernos son algo más frescos, aunque el resto del año gozan de un clima templado-cálido. La temperatura media anual es de 10°-12°C.
- * En las áreas de montaña por encima de los 800 m. las temperaturas medias son de 8°-10°C anuales. Durante el mes más frío oscilan entre 0°-4°C y 14°-16°C el mes más cálido. Por encima de los 1.200 m. las temperaturas medias anuales son de 4°-8°C, con -6°-0°C en el mes más frío y 12°-14°C en el mes más cálido (ver tabla 4.IV).

| ZONA | Tª media anual | Tª media mes más frío | Tª media mes más cálido |
|-----------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| FRANJA LITORAL | 12° - 14°C | 8° - 10°C | 18° - 20°C |
| FRANJA PRELITORAL | 10° - 14°C | 6° - 10°C | 16° - 22°C |
| V. MEDIO DEVA, NARCEA | 10° - 12°C | | |
| MONTAÑA (800-1000 m) | 8° - 10°C | 0° - 4°C | 14° - 16°C |
| MONTAÑA (> 1200 m) | 4° - 8°C | -6° - 0°C | 12° - 14°C |

Tabla 4.V. Cuadro-resumen de temperaturas para las franjas climáticas del ámbito del Plan Hidrológico II de la cuenca Norte.

2.3 Nivalidad

En esta parte de la cuenca Norte hay 750 km² (4.6% del total de la cuenca) que son afectados por precipitaciones en forma de nieve a lo largo del año.

2.4 Secufas

El mes más seco es Julio, seguido de Agosto y Junio. La relación matemática entre las precipitaciones del mes más cálido y del mes más frío está comprendida entre 3 y 4, lo que da una idea de la regularidad de las lluvias anuales.

El trienio más seco fué de 1941/1942 - 1943/1944.

3. HIDROGRAFIA

Los ríos incluidos en el Plan Hidrológico II se ordenan, en general, según cuencas reducidas, compuestas por el río principal y numerosos afluentes de entidad sensiblemente menor. Desembocan en el mar Cantábrico y son típicamente cortos por su cercanía a la costa, ya que la distancia entre la Cordillera Cantábrica y el mar oscila entre unos 30 y 80 kilómetros. Debido a la gran cantidad de precipitaciones que reciben, son ríos muy caudalosos y de carácter torrencial. Son muy pocos los que llegan a desarrollar verdaderas redes de drenaje y la mayoría de ellos ejercen su función de colectores de agua desde las montañas al mar uniéndose algunos afluentes en su camino.

En resumen, las cuencas definidas en el ámbito del Plan Hidrológico II abarcan superficies reducidas (exceptuando la del Nalón/Narcea).

4. AVENIDAS E INUNDACIONES

4.1 Precipitaciones extremas

En el ámbito territorial del Plan Hidrológico II se han detectado las siguientes zonas con precipitaciones registradas superiores a 200 mm en 24 horas:

- * Cuenca alta del río Miera (> 350 mm).
- * Cuenca altas de los ríos Arganza y Coto, afluentes del Narcea (> 250 mm).
- * Cabecera y margen derecha río Nansa, así como Vendull y Lamasón (> 260 mm).
- * Cuenca media del Besaya. El Deva, cuenca baja del Sella, Piloña, Narcea y Porcia (> 200 mm).

4.2 Máximas Avenidas Probables Naturales

La posterioridad a la avenida de Agosto de 1983, la Confederación Hidrográfica del Norte redactó en 1984 el "Estudio básico de la avenida de Agosto de 1983 y de los puntos negros de las cuencas afectadas en Cantabria" y desarrolló un método de cálculo de caudales extremos por método empíricos estadísticos e hidrométricos. En la tabla 4. VI figura un extracto del cuadro-resumen de dichos cálculos.

4.3 Inundaciones históricas

Existen cincuenta y cinco (55) referencias sobre inundaciones ocurridas desde 1522 y como término medio parece que se produce una inundación cada siete (7) años aproximadamente. El estudio de estas referencias permite llegar a las siguientes conclusiones sobre las cuencas del Plan Hidrológico II:

- * La **falta de información** sobre inundaciones que han ocurrido en el pasado y la ausencia de datos de los efectos que han producido en los tramos altos, de la falsa sensación de que las inundaciones sólo han afectado a los núcleos de población de los valles.
- * los **puentes** obstruyen el paso de las aguas de avenidas, pero el peor efecto se produce cuando se desbloquean súbitamente y generan "olas" aguas abajo.
- * Los **movimientos tectónicos** y las subidas y bajadas del **nivel del mar** durante la última glaciación han resultado en una elevación generalizada del nivel de base de los ríos cantábricos, además de la formación de ríos y estuarios que actualmente se encuentran prácticamente colmatados. Esta situación propicia que los efectos de las mareas sean patentes augas arriba.
- * No solo el factor de proximidad al mar y los fenómenos tormentosos son las **causas principales** de los efectos destructores de los ríos cántabros, sino también:
 - Rapidez de generación (flash-floods).
 - Gran velocidad de las aguas por la elevada pendiente.
 - Importante capacidad de arrastre de los materiales.
 - Efectos de las mareas coincidiendo con el caudal punta de las avenidas.
 - Como **soluciones estructurales** más eficientes, surgen los dragados, encauzamientos, diques longitudinales y obras de defensa puntuales. En cuanto a los embalses, además de conocer su funcionamiento real en épocas recientes, no son factibles en los tramos altos por la elevada pendiente ni en los valles por la existencia de importantes núcleos de población.
 - Los daños a las **vías de comunicación** empiezan a aparecer cuando éstas interfieren en el trazado natural de evacuación de las aguas de avenida.

5. ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Las causas generales que pueden provocar las inundaciones pueden ser:

- * Avenidas
- * Temporales ciclónicos
- * Obstrucciones en el cauce
- * Efectos de los embalses
- * Insuficiencia de drenaje
- * Acciones del mar

En este ámbito territorial las causas más frecuentes han sido:

- 1º Avenidas provocada por temporales de tipo ciclónico (frontales y de gota fría) y orográficos
- 2º Obstrucciones y roturas de puentes
- 3º Las acciones del mar
- 4º Insuficiencia de drenaje en las ciudades

En resumen, a pesar de las obras de infraestructura realizadas en la zona, aquellas que hayan sufrido inundaciones históricas siguen estando amenazadas. Lo que variará en la cuantía de los daños disminuyendo en el caso de obras de regulación o aumentando en los nuevos focos de densificación por vías de comunicación o incremento de población.

La fuente de datos utilizada para detectar las áreas de riesgo potencial fueron:

- * Zonas con inundaciones históricas
- * Inventario de puntos conflictivos (137 repartidos en este ámbito)
- * Zonas situadas aguas abajo de los embalses en explotación

6. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE REDUCCION DE DAÑOS

- * Los embalses no parecen ser la solución más adecuada para la regulación de los ríos de la zona, ya que sus capacidades no permiten reducir sus caudales punta en porcentajes importantes.
- * En los ríos de corto recorrido se producen avenidas de tipo "rápido" con gran aporte de sólidos y efectos devastadores. Los embalses no son la solución a estos problemas, sino quizás, encauzamientos en los últimos tramos.
- * Es necesaria una revisión de los cruces entre la infraestructura viaria e hidráulica con los cauces de ríos y arroyos.

- * Surgen problemas causados por los depósitos sedimentados en las confluencias de arroyos sobre el río principal, ya que se producen sobreelevaciones del nivel de las aguas y disminuye la capacidad de transporte del río principal.
- * La opción de los trasvases es antieconómica dadas las cortas distancias entre las cuencas emisora y receptora.
- * Es urgente el estudio y definición de la normativa legal que permita zonificar las áreas inundables y valorar objetivamente los daños potenciales.

Ver tabla 4.VII que resume el tipo de acciones preventivas para esta parte de la cuenca Norte y grado de urgencia de las mismas.

| Cuenca | Superficie (Km ²) | Caudal (m ³ / s) | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|--|
| | | Teórico | Método Directo |
| | | U.S.B.R. (*) | Deducido a partir de la escala de la estación de aforo |
| Río Agüera, aguas abajo de la confluencia con el Arroyo Remedón | 100 | 315 | - |
| Río Agüera en Guriezo | 112 | - | 247 |
| Río Asón, aguas abajo de la confluencia con el Cándara | 295 | 1.015 | - |
| Río Asón en Ampuero | 452 | - | 1.435 |
| Río Asón completo | 512 | 1.463 | - |
| Río Micra en la Cabada | 166 | 476 | 403 |
| Arroyo Carrimont, aguas arriba de la confluencia con el Pas | 18 | - | 358 |
| Río Pas en la Herrería | 63 | - | 390 |
| Río Pas en el Puente Viego | 357 | - | 488 |
| Río Pas hasta la confluencia con el Pisuéda | 361 | 450 | - |
| Río Besaya en Caídas de Besaya | 436 | - | 222 |
| Río Besaya hasta la confluencia con el Saja | 453 | 236 | - |
| Río Saja hasta la confluencia con el Besaya | 460 | 441 | 415 |

(*) Relativo al método del hidrograma unitario del Bureau of Reclamation de los Estados Unidos de América.

Tabla 4. VI. Caudales extremos. Agosto de 1983. Extractado de M.O.P.U. 1988.

| ACCIONES | RANGO DE URGENCIA | | |
|---|-------------------|------------|--------|
| | MAXIMA | INTERMEDIA | MINIMA |
| Embalses de laminación | - | 7 | 8 |
| Corrección y Regulación de Cauces | 10 | 30 | 35 |
| Protección de Cauces | 9 | 24 | 24 |
| Encauzamientos | 5 | 3 | 12 |
| Cauces de Emergencia y Trasvases | - | - | 2 |
| Obras de Drenaje | 1 | 1 | 11 |
| Conservación de Suelos y Reforestación | 1 | 1 | 2 |
| Zonificación y Regulaciones Legales | 5 | 15 | 18 |
| Implantación de un Sistema de Seguros | 4 | 15 | 18 |
| Instalación de Sistemas de Alarma y Previsión | 5 | 15 | 18 |
| Gestión Integrada del Sistema Hidráulico | 1 | 7 | 11 |

Tabla 4.VII. Cuadro-resumen de acciones preventivas contra las inundaciones en el área del Plan Hidrológico II de la Cuenca Norte. Modificado de M.O.P.U. 1988.

INUNDACIONES

CAPITULO 4.3 CUENCA NORTE - PLAN HIDROLOGICO III

1. AMBITO TERRITORIAL

La Confederación Hidrográfica del Norte comprende el territorio español de las cuencas hidrográficas de los ríos que vierten al mar Cantábrico desde la desembocadura del río Eo, incluida la de este río y la frontera con Francia. El Plan Hidrológico III comprende las cuencas de los ríos que vierten al mar Cantábrico entre el límite de los términos municipales de Castro Urdiales y San Julián de Musques (5.845 km²). Se extiende a lo largo del litoral cantábrico y se distribuye entre el País Vasco (75%), Navarra (20.2%), Castilla y León (4.8%).

| PROVINCIAS/ AUTONOMIAS | Superficie en cuenca(km ²) | Participación en cuenca (%) |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| Guipúzcoa | 1.963 | 33,6 |
| Vizcaya | 1.965 | 33,6 |
| Alava | 457 | 7,8 |
| Navarra | 1.181 | 20,2 |
| Burgos | 279 | 4,8 |
| TOTAL | 5.845 | 100,0 |

Tabla 4. VIII. Distribución territorial de provincias y autonomías en la cuenca Norte, sector del Plan Hidrológico III. Extractado de M.O.P.U. 1988.

2. CLIMATOLOGIA

Esta sección de la cuenca Norte se enmarca dentro de la "España verde", con sus típicos veranos frescos, inviernos suaves, aire húmedo, abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes en todas las estaciones. Sin embargo, se pueden distinguir dos regiones: una húmeda donde ningún mes del año es seco, y otra menos húmeda, con balance hídrico de tipo mediterráneo. Se entiende por "mes seco" aquel en que la precipitación junto con la reserva de humedad del suelo no superan la mitad de la evapotranspiración potencial. En cuanto a la región "húmeda", no se refiere a que

reciba gran cantidad de precipitaciones anuales, sino que tiene bajos niveles de evapotranspiración.

En la región húmeda se distinguen tres fajas: una típicamente marítima paralela a la línea de costa. La segunda tiene características intermedias (submarítima) y se localiza en los tramos medios de los valles, donde las precipitaciones son algo menores que el resto de la región húmeda. Y una tercera banda, que corresponde a las zonas montañosas, donde a medida que aumenta la altitud, aumentan las precipitaciones.

La región menos húmeda tiene un clima mediterráneo templado.

2.1 Pluviometría

Por su particular morfología de depresión circundada por montañas y por la influencia de los frentes del Oeste, Noroeste y Polar, esta región recibe más precipitaciones anuales que el resto de la cuenca Norte.

A lo largo del año y para toda esta cuenca en general, los **máximos pluviométricos mensuales** se registran en Noviembre y Diciembre y los **mínimos** en Junio. Sin embargo, en la parte más oriental de la cuenca, los máximos se registran en Septiembre y Octubre, mientras que los mínimos son en Julio.

La **intensidad** de lluvias por día y por hora también crecen de Oeste a Este por la influencia de los frentes continentales en invierno y las elevadas temperaturas de las aguas protegidas por el Golfo de Vizcaya a finales de verano y principios de otoño.

Las **lluvias medias anuales** se sitúan dentro de un rango entre 1.000 y 2.400 mm, aumentando de Oeste a Este y de Norte a Sur. Asimismo, aumentan según la altura topográfica. Algunos datos representativos de precipitaciones anuales son:

- * Cuenca de ríos Nervión e Ibaizábal con 1.000-1.400 mm.
- Cuenca de los ríos Oiz, Deva, Urola y Oria con 1.200-1.800 mm.
- * Margen derecha del río Oria, Urumea y Bidasoa con 1.800-2.400 mm (es posible que sea la región más lluviosa de España)

2.2 Termometría

Toda esta zona se caracteriza por la **uniformidad y suavidad** de las temperaturas, aunque se pueden diferenciar cuatro bandas paralelas a la costa que se comban por la influencia de los Pirineos:

- * Banda costera: ausencia de heladas en todo el año y temperaturas medias mínimas de 7° a 9°C.
- * Banda prelitoral: inviernos más fríos y heladas ligeras. Se disfruta de un período de cuatro meses sin heladas, cuyas mínimas no bajan de los 7°C.
- * Bandas interiores: veranos frescos e inviernos crudos.

2.3 Nivalidad

La influencia de la nieve no es importante en esta región en conjunto, aunque en el borde pirenaico de la cuenca del Bidasoa, las precipitaciones invernales son en forma de nieve.

2.4 Sequías

El tipo de régimen pluviométrico asegura la abundancia hídrica a lo largo del año. Sin embargo, se trata de ríos de cauce de corta longitud, por lo que algunos años se han producido situaciones de escasez de agua.

En general, el mes más seco es Julio, seguido de Agosto y Junio.

3. HIDROGRAFIA

A diferencia del resto de España, los ríos incluidos en el Plan III del Norte se ordenan según cuencas reducidas, formadas por el río principal y numerosos afluentes de entidad claramente menor, donde se desarrollan cuencas fluviales extensas. La mayor parte del País Vasco se sitúa sobre una región de clima atlántico y su divisoria de aguas se encuentra muy próxima a la costa. Esto significa que la influencia de la geomorfología y la morfometría es mucho mayor que los efectos de la sedimentología. La zona Norte vierte directamente al mar y parte de Alava está drenada por tributarios del Ebro.

En general, los ríos de la vertiente Norte tienen tramos en garganta y una elevada pendiente media con fuertes desniveles. Los lechos de inundación son estrechos aun en ríos importantes (a veces menos de cien metros de anchura), por lo tanto, el canal ocupa todo el fondo del valle y las crecidas consisten en una elevación del nivel de agua. Por el contrario, los ríos alaveses presentan llanuras de inundación más anchas, festoneados de alturas medias de pendientes suaves.

4. AVENIDAS E INUNDACIONES

4.1. Precipitaciones extremas

Se puede decir que en toda la cuenca Norte la pluviometría anual supera los 700 mm/m² y la distribución de las precipitaciones es más regular que en el resto de España. Sin embargo, también se producen **lluvias torrenciales** que provocan inundaciones periódicas.

En el ámbito territorial del Plan Hidrológico III se ha detectado una cuña de precipitaciones superiores a 200 mm en 24 horas que afecta a las cuencas de los ríos Solube, Estepona, Butrón, Nervión, Cadagua y Asua. Hay otras dos cuñas con precipitaciones superiores a 200 mm pero relativamente menores que la anterior en las cuencas de los ríos Añarbe, Oyartzun, Leizarán y cuenca baja del Oria.

En cuanto a la estacionalidad, las lluvias máximas parecen registrarse históricamente en otoño e invierno, aunque los desbordamientos catastróficos se han producido en cualquier época del año. Las últimas riadas de Agosto de 1983 no tenían precedentes en Vizcaya pues el máximo de precipitaciones diarias registradas para un período de 20 años era de 145 mm, y el 26.08.83 se registraron 398 mm en el Observatorio de Bilbao. En relación a otros efectos y según el IGME, durante esta riada se pudieron alcanzar tensiones de arrastre de hasta 51,8 kp/m² en Basauri, tras la confluencia Nervión-Ibaizábal.

4.2. Máximas Avenidas Probables Naturales

A raíz de la avenida de agosto de 1983, la Confederación Hidrográfica del Norte redactó un estudio donde figura una tabla-resumen de los caudales máximos, medios y mínimos de la que se extractan los datos de la tabla 4.IX.

4.3. Inundaciones históricas

Hay sesenta y seis (66) referencias sobre inundaciones ocurridas desde 1522 y como término medio parece que se produce una inundación cada siete (7) años aproximadamente. El estudio individual de estas referencias permite llegar a las siguientes conclusiones sobre las cuencas del Plan Hidrológico III:

- Los efectos de las inundaciones se manifiestan principalmente en los valles, pero también afectan con anterioridad a las partes altas de las cuencas. En muchos casos habría sido posible avisar con antelación desde las partes altas de la llegada de la avenida al valle, sin embargo en el pasado no existían comunicaciones adecuadas. Normalmente no hay referencias de lo que ha

ocurrido aguas arriba, hecho que se demuestra con las 39 referencias históricas de inundaciones en Bilbao frente a las 10 del Alto Nervión. Es muy probable que produzcan daños de menor relevancia aguas arriba que no dejen huella.

- * Bilbao está situado en el cauce de recogida final de todas las aguas del sistema hidráulico Alto Nervión-Ibaizábal y está sujeto a las avenidas, separadas o conjuntas de ambos ríos agravadas por el fenómeno de "represamiento hidráulico" que supone la confluencia, aguas abajo, de otros afluentes.
- * La gran densidad de población de la faja de terreno del valle del Bajo Nervión ha provocado la invasión, por instalación de edificios de viviendas y fábricas, tanto de las márgenes y riberas como de los cauces, llegando en algunos puntos a ser afectados por crecidas con períodos de retorno de 2 a 10 años.
- * El "efecto presa" por la obstrucción de los puentes artificiales y las "olas" que desencadenan por el desbloqueo súbito producen importantes daños (p.e. puentes del Alto Nervión). Cuando se estudia la luz de un puente se debe tener en cuenta no sólo el posible caudal máximo sino también la anchura del río en épocas de crecida.
- * Aparte de los grandes sistemas de drenaje, existen una serie de ríos que nacen en estribaciones próximas al mar y que producen inundaciones por: a) rapidez de generación ("avenidas relámpago") b) alta velocidad de corriente por la elevada pendiente c) importante arrastre de sólidos y d) coincidencia con la pleamar.
- * En general, la energía de transporte de los ríos vascos durante las crecidas es alta o muy alta, sin embargo, los movimientos tectónicos y las oscilaciones del nivel del mar producidas por la última glaciación durante los últimos diez mil años han elevado notablemente el nivel de base de los ríos cantábricos provocando la formación de rías y estuarios en fase de colmatación avanzada y la disminución de su pendiente y longitud. Rías y estuarios quedan inundados aun en crecidas poco importantes. Estos hechos, junto con los efectos de las mareas han disminuido la capacidad de evacuación de los ríos.
- * Los embalses de laminación no son el mecanismo de control de inundaciones más adecuado para estos ríos cuyos tramos superiores tienen una pendiente longitudinal muy pronunciada, puesto que necesitarían cerradas de gran altura. Además, no es muy probable que se inunden los valles para construir un embalse ya que son las zonas principales de asentamientos humanos. En el País Vasco, donde el Urumea es el único que está regulado, no sólo no existe regulación, sino que no se dan las condiciones geomorfológicas correctas.

- * Las soluciones estructurales más adecuadas son los dragados, encauzamientos, diques longitudinales y obras de defensa puntuales.
- * Los daños a las vías de comunicación se han producido cuando su trazado interfiere en las salidas de evacuación naturales, consecuencia del desarrollo económico de los últimos años. Este problema se puso de manifiesto en las avenidas de Agosto de 1983, ya que a consecuencia de la rotura de puentes no sólo quedó interrumpido el servicio y esa necesaria su reconstrucción, sino que generaron embalses temporales aguas arriba que al romperse repentinamente produjeron grandes pérdidas aguas abajo.

5. ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Las causas generales que pueden provocar las inundaciones pueden ser:

- * Avenidas
- * Temporales ciclónicos
- * Obstrucciones en el cauce
- * Efectos de los embalses
- * Insuficiencia de drenaje
- * Acciones del mar

En este ámbito territorial las causas más frecuentes han sido:

- 1º Avenidas provocadas por temporales ciclónicos (frontales y de gota fría)
- 2º Insuficiencia de drenaje en las ciudades
- 3º Obstrucciones y roturas de puentes
- 4º Acciones del mar

Como consecuencia de la construcción de determinadas obras o la instalación de ciertos dispositivos, existe menor potencial para generar inundaciones. En otros casos, las obras realizadas han agravado las consecuencias, como los tramos donde se han instalado industrias con invasión del cauce por las construcciones, en tramos inmediatamente aguas abajo de las presas y en las zonas adyacentes a algunas vías de comunicación.

En resumen, considerando las causas que provocan las inundaciones en esta cuenca se puede inferir que aquellas que hayan sufrido inundaciones históricas siguen estando amenazadas. Lo que variará en la cuantía de los daños disminuyendo en el caso de obras de regulación o aumentando en los nuevos focos de densificación por vías de comunicación o incremento de población.

La fuente de datos utilizada para detectar las áreas de riesgo potencial fueron:

- * Zonas con inundaciones históricas
- * Inventario de puntos conflictivos (119 repartidos en este ámbito)
- * Zonas situadas aguas abajo de los embalses en explotación

| PUNTOS DE CONTROL | CAUCE | SUPERFICIE DE CUENCA VERTIENTE (Km ²) | CAUDALES REGISTRADOS (m ³ /s) | |
|-------------------|-----------|---|--|-------|
| | | | MAXIMO | MEDIO |
| Enderlaza | Bidasoa | 681 | 810 (19-XI-75) | 26,08 |
| Oyarzun | Oyarzun | 38 | 147 (VIII-83) | 1,65 |
| Ereñozu | Urumea | 215 | 783 (VIII-83) | 10,77 |
| Andoaín | Oria | 755 | 1.918 (VIII-83) | 28,70 |
| Echave | Urola | 297 | 633 (VIII-83) | 8,30 |
| Alzola | Deva | 456 | 1.850 (VIII-83) | 13,96 |
| Berrania | Artibay | 88 | - | 3,01 |
| Lemona | Ibaizabal | 251 | 1.057 (VIII-83) | 7,55 |
| Lemona | Arratia | 137 | - | 4,03 |
| Gülcies | Herrerías | 255 | 283 (VIII-83) | 5,99 |
| Echevarri | Nervión | 997 | 3.021 (27-VIII-83) | 34,25 |

Tabla 4.IX. Tabla de caudales medios y máximos registrados en varios puntos de control.
Modificado de M.O.P.U. 1988.

6. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE REDUCCION DE DAÑOS

Las avenidas e inundaciones son un peligro natural que no se puede predecir estrictamente ni controlar físicamente una vez desencadenado. Por ello la única solución es una correcta Planificación Territorial. La mayoría de los valles de la provincia de Vizcaya se encuentran ocupados, pero no sólo han ocupado la llanura de inundación sino también el propio cauce mayor, por lo que en estas zonas se sufren los efectos de la inundación y de una corriente de alta velocidad.

La formación progresiva de cúmulos de bienes y riesgos durante los últimos años responde al aparente incremento de inundaciones catastróficas (una cada ocho años

frente a una cada cuarenta años en los siglos precedentes). No existen aún datos fiables para pensar en un cambio climático que provoque estas variaciones de frecuencia.

- * Para empezar, son pocas las cuencas con un volumen de embalse que pueda significar una reducción relativamente importante de los caudales de las avenidas extraordinarias. Por lo tanto, los embalses no parecen ser la solución más adecuada.
- * En los ríos de corto recorrido se producen avenidas de tipo "rápido" con gran aporte de sólidos y efectos devastadores. Los embalses no son la solución a estos problemas, sino quizás los encauzamientos en los últimos tramos (sobre todo en algunos núcleos de las cuencas altas). Para realizarlos hacen falta estudios de determinación de los "caudales de proyecto" empleando modelos de propagación y análisis del beneficio-costos.
- * Es urgente una revisión de los cruces entre la infraestructura viaria e hidráulica con los cauces de ríos y arroyos.
- * Surgen problemas causados por los depósitos sedimentados en las confluencias de arroyos sobre el río principal, ya que se producen sobreelevaciones del nivel de las aguas y disminuye la capacidad de transporte del río principal.
- * La opción de los trasvases es antieconómica dadas las cortas distancias entre las cuencas emisora y receptora.
- * No hay problemas de drenaje de especial importancia en la cuenca a excepción de cierto número de núcleos urbanos.
- * La cuenca alta del Nervión está sujeta a fenómenos de erosión especialmente intensos. Deberían realizarse trabajos de reforestación y conservación de suelos.
- * Es urgente el estudio y definición de la normativa legal que permita zonificar las áreas inundables en varias clases y valorar objetivamente los daños potenciales.

Ver tabla 4.X. que resume el tipo de acciones preventivas para esta parte de la cuenca Norte y grado de urgencia de las mismas.

| ACCIONES | RANGO DE URGENCIA | | |
|---|-------------------|-------|--------|
| | MAXIMA | MEDIA | MINIMA |
| Embalses de laminación | 7 | 7 | 3 |
| Corrección y Regulación de Cauces | 21 | 23 | 27 |
| Protección de Cauces | 13 | 18 | 20 |
| Encauzamientos | 7 | 12 | 9 |
| Cauces de Emergencia y Trasvases | 2 | - | 1 |
| Obras de Drenaje | 7 | 9 | 8 |
| Conservación de Suelos y Reforestación | 5 | 9 | 4 |
| Zonificación y Regulaciones Legales | 10 | 14 | 15 |
| Implantación de un Sistema de Seguros | 10 | 12 | 15 |
| Instalación de Sistemas de Alarma y Previsión | 10 | 12 | 15 |
| Gestión Integrada del Sistema Hidráulico | 10 | 8 | 7 |

Tabla 4.X. Cuadro resumen de acciones preventivas contra las inundaciones en el área del Plan Hidrológico de la cuenca Norte. Modificado del M.O.P.U. 1988.

INUNDACIONES

CAPITULO 4.4 CUENCA DEL DUERO

1. AMBITO TERRITORIAL

El río Duero es el principal río de la submeseta castellanoleonesa y drena la mayor cuenca de la península, 97.290 km² de los cuales 78.954 corresponden a territorio español y 18.336 a territorio portugués. Las provincias españolas que ocupa, así como la distribución de su extensión figura en el cuadro siguiente:

| PROVINCIA | EXT. TOTAL (km ²) | PARTICIPACION EN CUENCA | PARTICIPACION EN CUENCA (%) |
|------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Valladolid | 8.202 | 100% | 10,39 |
| Palencia | 8.029 | 99,59 | 10,13 |
| Segovia | 6.949 | 98,83 | 8,70 |
| Zamora | 10.559 | 98,06 | 13,11 |
| Salamanca | 12.336 | 89,53 | 13,99 |
| León | 15.468 | 74,92 | 14,68 |
| Soria | 10.287 | 72,44 | 9,44 |
| Avila | 8.048 | 66,94 | 6,82 |
| Burgos | 14.269 | 61,22 | 11,06 |
| Orense | 7.287 | 15,45 | 1,43 |
| TOTAL | 101.434 | - | 100 |

Tabla 4.XI. Distribución territorial de provincias en la cuenca del Duero. Extractado de M.O.P.U. 1988.

2. CLIMATOLOGIA

Los factores condicionantes del clima en esta región son su morfología y topografía. El clima predominante en toda la cuenca es el Mediterráneo Templado Fresco, aunque también hay extensas zonas dominadas por el Mediterráneo Semiárido Continental. La parte más central de la cuenca es la más árida, mientras que el Norte, Suroeste y Oeste son más húmedos. Cerca de las montañas que bordean la

vertiente Norte de la cuenca, se alcanzan los niveles de temperaturas y precipitaciones que corresponden al clima Pirenaico Húmedo.

La cuenca del Duero está rodeada de montañas y mantiene una elevada altitud media, hechos que influyen en los bajos índices de temperaturas, en la escasez de precipitaciones y en el carácter extremo del clima. Al estar rodeada de montañas, se acentúan las temperaturas frías del invierno y la aridez del verano.

2.1 Pluviometría

Las precipitaciones en la Cuenca del Duero se pueden calificar de deficitarias si se atienden las necesidades del medio ambiente, irregulares si se refiere a la cantidad anual y desiguales en cuanto a la distribución espacial.

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Precipitación media anual | 615 mm |
| Precipitación año más húmedo..... | 350 mm |
| Precipitación año más seco..... | 350 mm |

Las áreas con menores índices de precipitación son: en las proximidades del Duero, área de Toro y en las cuencas de los ríos Trabancos y Zapardiel. Los índices más elevados se localizan en las cabeceras de los ríos Tera, Esla, Porma y Carrión.

2.2 Termometría

Durante el invierno, la cuenca del Duero está afectada por la circulación anticiclónica oceánica y continental, lo que origina un largo período de frío intenso y un mínimo secundario de precipitaciones. Los inviernos son de gran duración (6-7 meses en León) y la temperatura media es inferior a los 10°C. En el mes de Enero las temperaturas medias son siempre inferiores a 4°C, siendo las mínimas medias por debajo de los -10°C. Las mínimas absolutas pueden llegar a los -14°C. Las heladas son frecuentes desde Octubre hasta Mayo, aunque pueden presentarse dentro del invierno episodios fugaces de tiempo soleado y alta temperatura (máximos de 23°-28°C). Generalmente las descargas polares mantienen la sensación de invierno durante muchos meses.

El otoño es prácticamente inexistente, ya que después del verano se da paso a un período de Sol tenue junto con días borrascosos.

El verano es corto y fresco. Realmente dura los meses de Julio y Agosto,

registrándose temperaturas medias superiores a 20°C en la parte central baja de la cuenca y siempre inferiores a esta temperatura en las zonas montañosas. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche pueden ser de entre 15° y 20°C.

3. HIDROGRAFIA

La cuenca del Duero tiene forma de rombo con la diagonal mayor orientada aproximadamente en dirección ENE-OSO. Está limitada al Norte por la Cordillera Cantábrica, por el Nordeste por el Sistema Ibérico, al Sureste y Sur el Sistema Central y al Oeste sólo está limitada por las montañas Leónidas, quedando abierta hacia el Atlántico. El Duero nace en los Picos de Urbión a 2.080 metros de altitud.

Constituye una zona llana y elevada, pues el 66,5% de la superficie está a una altura entre 600 y 1.000 metros, mientras que el 31,4 tiene una altitud entre 1.000 y 2.000 metros. Las áreas situadas a alturas inferiores a 600 metros corresponden a depresiones tectónicas o erosionadas.

El Duero y sus afluentes se han adaptado a la morfología del terreno por el que discurren. Así, los afluentes por su margen derecha llevan dirección SO como consecuencia de la inclinación global de la cuenca hacia el Oeste y son más largos y caudalosos que los de la orilla izquierda por recibir las lluvias de la Cantábrica. Destacan el Pisuegra y el Esla. Los tributarios de la orilla izquierda llevan trayectorias inclinadas en dirección NO. Tan sólo destaca el Tormes.

4. AVENIDAS E INUNDACIONES

4.1. Precipitaciones extremas

El estudio del mapa de precipitaciones máximas diarias para la cuenca del Duero permite deducir las consecuencias siguientes para la cuenca del Duero:

- * No existen áreas registradas con precipitaciones máximas diarias superiores a los 200 mm.
- * Hay dos zonas principales con precipitaciones máximas diarias entre 100 y 150 mm. Una que sigue la divisoria Norte de la cuenca situada sobre el Sur de la Cordillera Cantábrica (cabecera de los ríos Parma, Esla, Valderaduey y Carrión) y Montes Leónidas (cabecera de los ríos Valparaíso, Eria, Tuerto y Orbigo). Y en el Sur, sobre el Sistema Central (cabeceras de los ríos Agueda, Huebra, Villagonzalo, Adaja y Trabancos). Existe un pequeño islote en la cabecera del río Duero cerca del embalse de la Cuerda del Pozo.
- * La isomáxima de 50 mm se sitúa sobre Aranda del Duero y el río Duratón.

4.2. Máximas Avenidas Probables Naturales

Para el cálculo de máximas avenidas en la cuenca del Duero se cuenta con el "Estudio de inundaciones históricas. Mapa de riesgos potenciales en la cuenca del Duero", realizado por la Dirección General de Obras Hidráulicas en 1985 que incluye una evaluación de los caudales de avenida para períodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años. (ver tabla 4. XII).

| TRAMOS | PERIODO DE RETORNO (AÑOS) | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | 10 | 50 | 100 | 500 |
| Duero hasta Rituerto | 852 | 1.064 | 1.242 | 1.561 |
| Rituerto | 500 | 634 | 753 | 1.031 |
| Duero entre Rituerto y Ucero | 1.765 | 2.139 | 2.407 | 2.995 |
| Ucero | 601 | 777 | 912 | 1.140 |
| Duero entre Ucero y Riaza | 2.399 | 3.021 | 3.287 | 3.998 |
| Riaza | 617 | 779 | 912 | 1.140 |
| Duero entre Riaza y Duratón | 2.613 | 3.449 | 3.763 | 4.599 |
| Duratón | 740 | 957 | 1.117 | 1.334 |
| Duero entre Durarón y Cega | 2.092 | 3.628 | 4.112 | 4.837 |
| Cega hasta Pirón | 605 | 782 | 915 | 1.145 |
| Pirón | 585 | 760 | 900 | 1.130 |
| Cega entre Pirón y Duero | 1.087 | 1.314 | 1.516 | 1.870 |
| Duero incluyendo Cega | 3.240 | 4.320 | 4.938 | 5.709 |
| Duero entre Cega y Pisuegra | 3.260 | 4.340 | 4.959 | 5.729 |
| Pisuegra hasta Valdavia | 879 | 1.054 | 1.230 | 1.581 |
| Valdavia | 620 | 800 | 930 | 1.160 |
| Pisuegra entre Valdavia y Odra | 1.206 | 1.587 | 1.809 | 2.189 |
| Odra | 504 | 638 | 757 | 1.035 |
| Pisuegra entre Odra y Arlanza | 1.488 | 1.913 | 2.126 | 2.551 |
| Arlanza hasta Arlanzón | 1.075 | 1.302 | 1.504 | 1.860 |
| Arlanzón | 1.064 | 1.383 | 1.595 | 1.888 |
| Arlanza entre Arlanzón y Pisuegra | 1.780 | 2.170 | 2.430 | 3.020 |
| Pisuegra con Arlanza | 2.600 | 3.178 | 3.563 | 3.334 |
| Pisuegra entre Arlanza y Carrión | 2.606 | 3.250 | 3.660 | 4.450 |
| Carrión hasta Ucieza | 780 | 990 | 1.140 | 1.370 |
| Ucieza | 452 | 583 | 655 | 917 |
| Carrión entre Ucieza y Valdeginato | 999 | 1.272 | 1.431 | 1.771 |
| Valdeginato | 566 | 717 | 850 | 1.086 |
| Carrión entre Valdeginato y Pisuegra | 1.295 | 1.635 | 1.874 | 2.317 |
| Pisuegra incluyendo Carrión | 3.241 | 4.052 | 4.591 | 5.042 |

| | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Pisuerga entre Carrión y Esgueva | 3.367 | 4.246 | 4.685 | 5.563 |
| Esgueva | 599 | 749 | 898 | 1.098 |
| Pisuerga entre Esgueva y Duero | 3.482 | 4.432 | 5.065 | 5.856 |
| Duero incluyendo Pisuerga | 5.475 | 6.570 | 7.196 | 8.064 |
| Duero entre Pisuerga y Adaja | 5.481 | 6.578 | 7.203 | 8.612 |
| Adaja hasta Eresma | 960 | 1.240 | 1.402 | 1.743 |
| Eresma hacia Voltoya | 773 | 1.016 | 1.167 | 1.410 |
| Voltoya | 630 | 820 | 940 | 1.710 |
| Eresma entre Voltoya y Adaja | 1.187 | 1.484 | 1.721 | 2.078 |
| Eresma (completo) | 1.680 | 2.068 | 2.378 | 2.946 |
| Adaja entre Eresma y Duero | 1.730 | 2.100 | 2.490 | 2.975 |
| Duero (incluyendo Adaja) | 6.217 | 7.313 | 8.045 | 9.162 |
| Duero entre Adaja y Zapardiel | 6.278 | 7.386 | 8.124 | 9.232 |
| Zapardiel | 760 | 970 | 1.120 | 1.350 |
| Duero entre Zapardiel y Bajoz | 6.338 | 7.922 | 8.517 | 9.903 |
| Bajoz | 540 | 820 | 950 | 1.180 |
| Duero entre Bajoz y Cuareña | 6.530 | 8.000 | 8.700 | 10.100 |
| Cuareña | 620 | 790 | 920 | 1.150 |
| Duero entre Cuareña y Valderaduey | 6.812 | 8.090 | 8.941 | 10.645 |
| Valderaduey hasta Sequillo | 734 | 951 | 1.087 | 1.359 |
| Sequillo | 770 | 980 | 1.130 | 1.360 |
| Valderaduey entre Sequillo y Duero | 1.316 | 1.672 | 1.886 | 2.348 |
| Duero incluyendo Valderaduey | 7.328 | 8.766 | 9.227 | 11.073 |
| Duero entre Valderaduey y Esla | 7.420 | 8.790 | 9.260 | 11.100 |
| Esla hasta Forma | 754 | 971 | 1.107 | 1.379 |
| Forma | 652 | 812 | 949 | 1.200 |
| Esla entre Forma y Berncaga | 1.100 | 1.330 | 1.530 | 1.885 |
| Berncaga | 672 | 832 | 969 | 1.220 |
| Esla entre Berncaga y Cea | 1.621 | 2.026 | 2.336 | 2.813 |
| Cea | 899 | 1.178 | 1.358 | 1.598 |
| Esla entre Cea y Orbigo | 2.037 | 2.547 | 2.852 | 3.396 |
| Luna | 465 | 600 | 720 | 1.000 |
| Omañas | 377 | 506 | 619 | 774 |
| Orbigo hasta Tuerto | 851 | 1.063 | 1.240 | 1.560 |
| Tuerto | 750 | 965 | 1.104 | 1.375 |
| Orbigo entre Tuerto y Eria | 1.489 | 1.914 | 2.127 | 2.553 |
| Eria | 454 | 585 | 658 | 920 |
| Orbigo entre Eria y Esla | 1.663 | 2.066 | 2.369 | 2.923 |

| | | | | |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Orbigo (completo) | 1.663 | 2.066 | 2.369 | 2.923 |
| Esla entre Orbigo y Tera | 2.976 | 3.572 | 4.167 | 4.762 |
| Tera | 1.036 | 1.290 | 1.470 | 1.832 |
| Esla entre Tera y Aliste | 3.140 | 4.210 | 4.830 | 5.600 |
| Aliste | 450 | 581 | 654 | 916 |
| Esla entre Aliste y Duero | 3.538 | 4.423 | 4.825 | 5.790 |
| Duero incluyendo Esla | 8.825 | 11.031 | 11.346 | 13.237 |
| Duero entre Esla y Tormes | 8.897 | 11.122 | 11.440 | 13.346 |
| Tormes hasta Almar | 1.130 | 1.412 | 1.694 | 1.977 |
| Almar | 640 | 808 | 965 | 1.234 |
| Tormes entre Almar y Valmuza | 1.700 | 2.070 | 2.460 | 2.945 |
| Valmuza | 465 | 600 | 720 | 1.000 |
| Tormes entre Valmuza y Duero | 2032 | 2.613 | 2.903 | 3.629 |
| Duero incluyendo Tormes | 9.206 | 11.839 | 12.547 | 14.063 |
| Duero entre Tormes y Huebra | 9.823 | 11.973 | 12.762 | 14.340 |
| Huebra hasta Yeltes | 720 | 951 | 1.088 | 1.359 |
| Yeltes | 579 | 729 | 878 | 1.078 |
| Huebra entre Yeltes y Duero | 1.145 | 1.430 | 1.710 | 1.990 |
| Duero entre Huebra y Agueda | 10.000 | 12.318 | 13.065 | 14.782 |
| Agueda | 1.035 | 1.289 | 1.469 | 1.831 |
| Duero hasta Portugal | 10.070 | 12.031 | 13.256 | 15.028 |

Tabla 4. XII. Tabla de caudales punta en la cuenca del río Duero. Tomado de M.O.P.U. 1988.

4.3. Inundaciones históricas

Hay doscientas noventa y siete (297) referencias sobre inundaciones ocurridas en algún punto de la cuenca del Duero desde el año 181 a.C., A lo largo de estos 500 años de período de observación han variado mucho las condiciones.

El estudio de las referencias de las inundaciones permite llegar a las siguientes conclusiones:

- * En el pasado, debido a la carencia de vías de comunicación y a la baja densidad de población, era imposible avisar a los habitantes de la cuencas bajas de la llegada de la avenida desde las cabeceras de los ríos. Como consecuencia de este hecho, no existen descripciones de los efectos de las avenidas en las partes altas de los cauces.
- * Gran parte de las referencias proporcionan información sobre las inundaciones de Zamora (afectada por las avenidas del río Duero y de varios

afluentes), de Valladolid (sujeta a la acción del Pisuerga y del Esgueva) y de Salamanca. El no quedar constancia escrita, no implica que no se produjeran inundaciones en otras áreas.

- * Ya que el mecanismo de laminación de avenidas por medio de embalses no ha sido bien conocido hasta hace pocos años, los métodos constructivos utilizados han sido los encauzamientos, los trasvases, los diques longitudinales y las obras de defensa puntuales.
- * Uno de los efectos más importantes de las avenidas era la destrucción de los azudes de derivación, lo que acarrea los costes de reconstrucción y la paralización de las actividades agrícolas e industriales.
- * A medida que ha ido pasando el tiempo y las vías de comunicación se han multiplicado interfiriendo con las vías naturales de evacuación, el número de eventos de tipo catastrófico relacionados con las inundaciones ha ido aumentando.

5. ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Las causas generales que pueden provocar las inundaciones pueden ser:

- * Avenidas
- * Temporales ciclónicos
- * Obstrucciones en el cauce
- * Efectos de los embalses
- * Insuficiencia de drenaje

En este ámbito territorial las causas más frecuentes han sido las avenidas generadas por fuertes tormentas descargadas en la cabecera de los ríos o por deshielos rápidos o prematuros. También hay un registro de una inundación por la rotura de una gran presa

En resumen, si se tienen en cuenta el tipo de causas que suelen provocar las inundaciones, es muy posible que las zonas tradicionalmente amenazadas sigan sufriendo sus efectos. Lo que variará será la cuantía de los daños, incrementando o disminuyendo en función de las infraestructuras que se hayan construido.

La fuente de datos utilizada para detectar las áreas de riesgo potencial fueron:

- * Zonas con inundaciones históricas
- * Inventario de puntos conflictivos (72 repartidos en este ámbito)
- * Zonas situadas aguas abajo de los embalses en explotación

En la tabla 4. XIII. figuran las zonas de riesgo potencial de inundaciones en la cuenca del Duero así como la clasificación de niveles de riesgo, según M.O.P.U. 1988.

6. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE REDUCCION DE DAÑOS

Las dos zonas más castigadas por las avenidas a lo largo de los 500 años analizados en el estudio son:

- El río Pisuegra entre la desembocadura del río Esqueva y el río Duero
- El río Tormes en Salamanca

Existen además, 83 zonas con referencias históricas de inundaciones que produjeron daños en vías de comunicación, áreas agropecuarias y viviendas. El resto de zonas catalogadas incluyen aquellas que han sido afectadas alguna vez por inundaciones o se encuentran situadas aguas abajo de grandes embalses.

Las principales conclusiones que se deducen respecto a la prevención y reducción de daños para la cuenca del Duero son:

- * En líneas generales, la regulación de la cuenca del río Duero es aceptable como resultado de las acciones ya realizadas (embalses, encauzamientos y defensas), pero con los embalses previstos por la Confederación Hidrográfica del Duero para un futuro próximo, es seguro que la laminación mejorará sensiblemente.
- * En las vegas y zonas llanas de la Meseta, es necesario estudiar métodos de desagüe además de mantener limpios los cauces, evitando la disminución de capacidad de evacuación de las aguas en caso de inundación.
- * Hay que dedicar atención a los cruces entre las vías de comunicación y las vías naturales de evacuación de las aguas.
- * Al igual que en otras cuencas, surgen problemas causados por los depósitos sedimentados en las confluencias de afluentes sobre el río principal, ya que se producen sobreelevaciones del nivel de las aguas ("barras" y "abanicos") y disminuye la capacidad de transporte del río principal.
- * Existen zonas en la sierra sometidas a la acción erosiva de forma especialmente intensa.
- * Es urgente el estudio y definición de la normativa legal que permita zonificar con detalle las zonas inundables y valorar objetivamente los daños potenciales.

7. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DE DUERO

A partir de los registros de inundaciones en la en la Cuenca del Duero que figuran en el Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos (I.T.G.E. 1988), se pueden deducir las siguientes características generales de las inundaciones en la Cuenca del Duero:

| | |
|-----------------------|--|
| CAUSAS | Lluvias intensas +/- deshielo |
| DURACION MEDIA | 3 días. Máximo registrado 20 días (Feb. 60) |
| SU. AFECTADA MEDIA | 300 km ² . Máximo registrado 900 km ² (Dic 61 - En 62) |
| PERDIDAS ECO. MAXIMAS | 3.400 Mios de ptas (Dic 61 - En 62) |
| DAÑOS MATERIALES | Carreteras, cultivos, viviendas |
| PERIODO RECURRENCIA | 5-8-10 años. Máximo 25 años (Mar 43, Mar 56, Dic 61, Ag 81, Feb 85) |
| PERIODO OBSERVACION | 1941 - 1985 |

| TRAMOS | RANGO DE PRIORIDAD |
|---|--------------------|
| Río Duero en Salduero | Menor |
| Aguas abajo del Embalse de la Cuerda del Pozo | Menor |
| Río Duero en Garray | Menor |
| Río Duero en Soria | Intermedio |
| Aguas abajo del Embalse de Los Rábanos | Menor |
| Río Duero en Almanzán | Intermedio |
| Río Duero en S. Esteban de Gormaz | Menor |
| Río Duero en Aranda de Duero | Intermedio |
| Río Duero en Peñafiel | Intermedio |
| Río Duero en Tuedela de Duero, hasta su confluencia con el río Pisuegra | Intermedio |
| Río Duero, entre las confluencias de los ríos Pisuegra y Esla | Intermedio |
| Río Duero, aguas abajo de la desembocadura del río Esla | Intermedio |
| Río Ucero. | Menor |
| Río Pildes | Menor |
| Río Bañuelos | Menor |
| Río Aguijejo | Menor |
| Río de la Nava | Menor |
| Río Riaza, aguas abajo del Embalse de Linares del Arroyo | Menor |
| Río Riaza, aguas abajo del Embalse de Burgomillodo | Menor |
| Río Duratón, aguas abajo del Embalse de Burgomillodo | Menor |
| Río Duratón aguas abajo del Embalse de Las Vencias. | Menor |
| Ambas márgenes del río Duratón | Intermedio |
| Río Pisuegra, aguas abajo del los Embalses de Requejada y Aguilar de Campoo | Menor |
| Río Pisuegra, entre los Embalses de Requejada y Aguilar de Campoo | Intermedio |
| Río Pisuegra, entre Aguilar de Campoo y su confluencia con el río Arlanzón | Intermedio |
| Río Pisuegra ente las confluencias de los ríos Arlanza y Esgueva. | Intermedio |
| Río Pisuegra entre la desembocadura del río Esgueva y el río Duero | Máximo |

| | |
|---|------------|
| Río Rubagón | Menor |
| Río Abánades | Menor |
| Río Vallarna | Menor |
| Río Arlanzón, aguas abajo del Embalse de Arlanzón | Menor |
| Río Alarzón en Burgos | Menor |
| Río Alarzón, entre Burgos y su desembocadura en el río Pisuerga | Intermedio |
| Río Arlanza | Menor |
| Arroyo del Prado | Menor |
| Ambas márgenes del río Carrión | Intermedio |
| Río Cuezar | Menor |
| Ambas márgenes del río Carrión | Intermedio |
| Río Valdeginete | Intermedio |
| Río Retortillo | Menor |
| Arroyo de los Madrazos | Menor |
| Río Esgueva | Intermedio |
| Río Adaja | Intermedio |
| Río Arebalillo | Menor |
| Río Eresma hasta su confluencia con el río Adaja | Intermedio |
| Río Zapardiel, aguas arriba de Medina del Campo | Menor |
| Río Zapardiel en Medina del Campo | Menor |
| Nava del Rey | Menor |
| Río Trabancos | Intermedio |
| Río Hornija | Menor |
| Río Guareña | Menor |
| Ambas márgenes del río Vaderaduey | Intermedio |
| Ambas márgenes del río Sequillo | Intermedio |
| Río Esla hasta su confluencia con el río Bernesga | Intermedio |
| Río Esla, entre las confluencias de los ríos Bernesga y Orbigo | Intermedio |
| Río Esla, entre la confluencia con el río Orbigo y el Embalse de Ricobaillo | Intermedio |
| Río Esla, aguas abajo del Embalse de Ricobaillo | Menor |
| Río Porma, aguas abajo del Embalse del Porma | Menor |
| Río Porma y Cucureño, aguas abajo de Boñar | Menor |

| | |
|--|------------|
| Río Bernesga, aguas arriba de León | Intermedio |
| Río Bernesga en León | Intermedio |
| Río Cea | Intermedio |
| Aguas abajo del Embalse de Barrios de Luna | Menor |
| Río Orbigo entre la confluencia del río Omañas y Hospital de Orbigo | Intermedio |
| Río Orbigo, entre hospital de Orbigo y la desembocadura del río Esla | Intermedio |
| Aguas abajo del Embalse de Villameca hasta su confluencia con el río Brañuelas | Menor |
| Río Tuerto entre la confluencia del río Brañuelas y el río Orbigo | Menor |
| Río Eria | Menor |
| Río Tera, aguas arriba del Lago de Sanabria | Menor |
| Río Tera, aguas abajo del Lago de Sanabria | Menor |
| Río Aliste | Menor |
| Río Tormes, aguas arriba del Embalse de Sta. Teresa | Menor |
| Río Tormes, aguas abajo del Embalse de Sta. Teresa | Menor |
| Río Tormes en Salamanca | Menor |
| Río Tormes, entre Salamanca y el Embalse de Almendra | Menor |
| Río Tormes, aguas bajo del Embalse de Almendra | Menor |
| Río Almar y afluentes | Menor |
| Arroyo de La Encina | Menor |
| Arroyo Cañedo | Menor |
| Ríos Yeltes y Huebra | Menor |
| Río Agueda, aguas arriba de Ciudad Rodrigo | Menor |
| Río Agueda, en Ciudad Rodrigo | Menor |
| Río Agueda, aguas abajo de Ciudad Rodrigo | Menor |

Tabla 4. XIII. Zonas de riesgo potencial de inundaciones en la Cuenca del Duero y clasificación de niveles de riesgo. Tomado de M.O.P.U. 1988.

INUNDACIONES

CAPITULO 4.5 CUENCA DEL TAJO

1. AMBITO TERRITORIAL

El ámbito territorial del Plan Hidrológico del Tajo se extiende por cinco Comunidades Autónomas (Extremadura, Madrid, Castilla-León, Aragón y Castilla-La Mancha) y afecta a once provincias (Badajoz, Cáceres, Salamanca, Avila, Soria, Teruel, Cuenca, Guadalajara, Toledo y Ciudad Real). Además, cuatro capitales provinciales se sitúan dentro de la cuenca: Madrid, Toledo, Guadalajara y Cáceres. En conjunto representa una extensión del territorio español de 55.645 km². Las provincias y comunidades españolas que ocupa, así como la distribución de su extensión figura en la tabla 4. XIV.

| COMUNIDAD | % Extensión en cuenca | Participación en cuenca (%) | POBLACION |
|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|
| Madrid | 14,4% | 100% | 80% |
| Cast. Mancha | 48% | >30% | <10% |
| Cast. León | 7,2% | <8% | |
| Aragón | 0.4% | <8% | |
| Extremadura | 30,1% | >30 | <10% |
| TOTAL | 100% | - | - |

Tabla 4. XIV. Distribución territorial de provincias y comunidades en la cuenca del Tajo.
Extractado de M.O.P.U. 1988.

2. CLIMATOLOGIA

La situación del Tajo en el centro de la Península y las diferencias topográficas en su interior son los factores fundamentales que determinan su clima. En general, los veranos son secos y calurosos en toda la cuenca por el efecto del anticiclón de las Azores. Los inviernos son muy fríos porque predomina la circulación de masas continentales y oceánicas muy frías.

2.1 Pluviometría

La cuenca del Tajo tiene una pluviometría media anual de 642 mm, con 909

mm en el año más húmedo registrado (1955-1956) y 369 mm en el año más seco (1944-1945). Los valores medios anuales más altos se localizan en los bordes montañosos occidentales (Sierra de Gredos con valores medios superiores a 1.700 mm y la Sierra de la Peña de Francia con más de 1.500 mm anuales). Estos índices se reflejan en el régimen hidrológico de los ríos Tiétar, Alagón y Guadiela. Los ríos que registran valores medios son el Alberche y el Tajo. La zona de mínima precipitación de la cuenca se localiza a ambos márgenes del Tajo en la confluencia del Tajo con el Jarama y el Guadarrama. Los índices de precipitación media anual se sitúan entre 400 y 500 mm y afectan a los ríos Almonte, Jarama, Salor y Guadarrama. En general, en las áreas más pobladas es donde se registran los mínimos valores de precipitación anual y, en consecuencia, de recursos hídricos. A continuación se adjuntan cuadros de distribución de la pluviometría en las distintas zonas y subzonas de la cuenca (ver tabla 4.XV).

| RIO | NOMBRE | SUPERFICIE (km ²) | PLUVIOMETRIA (mm) |
|------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| TAJO | ANTES DEL GALLO | 898 | 734 |
| GALLO | EN DESEMBOCADURA | 1.324 | 558 |
| TAJO | TRILLO | 1.031 | 673 |
| GUADIELA | ANTES DEL ESCABAS | 734 | 764 |
| ESCABAS | EN DESEMBOCADURA | 800 | 694 |
| TAJO | ENTREPEÑAS Y BUENDIA | 2.383 | 532 |
| TOTAL: (TAJO) | ENTREPEÑAS Y BUENDIA | 7.171 | |
| MEDIA PONDERADA | | | 624 |
| TAJO | EMBALSE DE ESTREMEIRA | 179 | 509 |
| TAJO | ANTES ACEQUIA DE TAJO | 1.031 | 508 |
| TAJO | ANTES DEL JARAMA | 459 | 452 |
| TAJO | CON GUALEN | 1.087 | 404 |
| TOTAL: | | 3.256 | |
| MEDIA PONDERADA | | | 466 |
| TAJUÑA | EMBALSE DE LA TAJERA | 572 | 612 |
| TAJUÑA | CON UNGRIA | 838 | 548 |
| TAJUÑA | ORUSCO | 619 | 485 |
| TAJUÑA | EN DESEMBOCADURA | 572 | 438 |
| TOTAL: TAJUÑA | EN DESEMBOCADURA | 2.601 | |
| MEDIA PONDERADA | | | 523 |
| HENARES | BUJALARO | 1.036 | 523 |
| CAÑAMARES | PALAMCES | 275 | 539 |
| BORNOVA | EMBALSE DE ALCORLO | 363 | 638 |
| SORBE | BELEÑA | 519 | 801 |
| HENARES | HUMANES | 404 | 501 |
| HENARES | EN DESEMBOCADURA | 1.547 | 472 |
| TOTAL: (HENARES) | EN DESEMBOCADURA | 4.144 | |
| MEDIA PONDERADA | | | 548 |
| JARAMA | EL VADO | 426 | 772 |
| LOZOYA | EMBALSE DEL ATAZAR | 923 | 679 |
| GUADALEX | EL VELLON | 210 | 679 |
| MANZANARES | SANTILLANA (M. EL REAL) | 244 | 785 |
| JARAMA | CON MANZANARES | 2.763 | 512 |
| TOTAL: | | 4.566 | |
| MEDIA PONDERADA | | | 592 |