

# PROTECCION

EDICION ESPECIAL - Mayo 1994

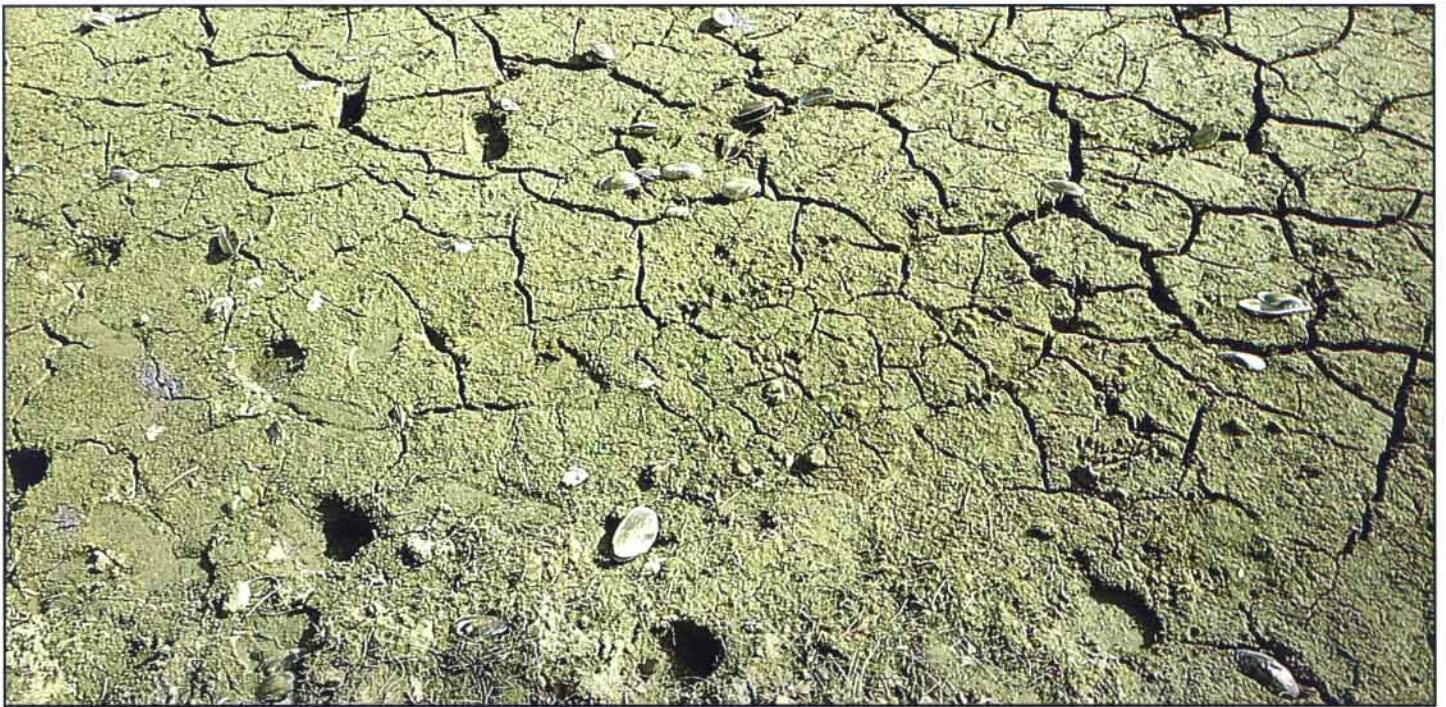
# CIVIL



REVISTA DE LA

DIRECCION GENERAL

## DECENIO INTERNACIONAL PARA LA REDUCCION DE LOS DESASTRES NATURALES



PROTECCION CIVIL

*Contribución española al Decenio Internacional para la reducción de Desastres Naturales*

DGOH

*El Sistema Automático de Información Hidrológica*

ICONA

*Acciones de restauración Hidrológico - Forestal y control de la erosión*

INM

*El papel del Instituto Nacional de Meteorología en el Decenio Internacional*

IGN

*La Información del Territorio en la reducción de los Desastres Naturales*

DGMM

*Mares más seguros y limpios Plan Nacional de Salvamento*

ITGE

*El Instituto Geominero de España y los Riesgos Naturales*

CEDEX

*El papel del CEDEX en la investigación sobre Desastres Naturales*

# EDITORIAL

## *Desastres naturales: Solidaridad y cooperación*

Los desastres naturales se cobran cada año un gran número de víctimas y miles de millones en pérdidas económicas.

Si bien es cierto que los fenómenos meteorológicos atacan a todos los lugares del planeta por igual, también es cierto que en los países pobres las desgracias se miden por número de víctimas y en los países ricos por pérdidas económicas.

El huracán «Andrés» asoló Miami y los incendios forestales de California calcinaron cien mil hectáreas, pero el número de víctimas fue poco relevante. En cambio, el terremoto del distrito de Latur, en la India, originó cerca de 22.000 víctimas.

Ciertamente no está en la mano del hombre el impedir que la naturaleza se manifieste de una manera determinada. Pero sí tiene la posibilidad de evitar que esa manifestación, ese fenómeno producido por la naturaleza dé lugar a consecuencias desastrosas.

Los desastres naturales son noticia frecuente y tanto los ciudadanos como las instituciones cada vez tomamos mayor conciencia frente a ese tipo de fenómenos, y la ONU proclamó el Decenio para la Reducción de Desastres Naturales en 1990.

Este año finaliza la primera mitad del período de aplicación del Marco Internacional de Acción aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas para el Decenio Internacional de la Reducción de Desastres Naturales. Con este motivo y al objeto de evaluar los progresos realizados y establecer planes para la segunda mitad del Decenio, se ha programado una Conferencia Mundial que se celebra en Yokohama (Japón) del 23 al 27 de mayo de 1994.

En su calidad de Conferencia de las Naciones Unidas, la reunión de Yokohama incluirá delegaciones gubernamentales de todos los países miembros y contará, asimismo, con representaciones de los Comités Nacionales para el Decenio, de las organizaciones del Sistema de las Naciones Unidas, de organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales y de expertos de los sectores científico y técnico.

Los resultados de la Conferencia servirán de base para los trabajos que, en relación con el Decenio Internacional, llevarán a cabo el Consejo Económico y Social y la Asamblea General de las Naciones Unidas en su cuadragésimo noveno período de sesiones.

Es preciso que, con la contribución de todos, esta Conferencia sirva para consolidar e intensificar la cooperación internacional en estas materias, así como para poner en marcha o perfeccionar programas sobre mitigación de desastres en cada uno de los países.

España, que desde el comienzo ha participado activamente en esta iniciativa de las Naciones Unidas, lo hará también en esta Conferencia Mundial. La Comisión Nacional de Protección Civil, en tanto órgano designado por el Gobierno para desarrollar las tareas de Comité Español para el Decenio Internacional, ha elaborado el Informe que, como contribución española, se presentará a la Conferencia.



Francisco Cruz de Castro,  
Director General de Protección Civil.

Nuestro país tiene dolorosas experiencias sobre desastres naturales y, aunque en los últimos años han sido muy importantes los esfuerzos realizados para su prevención, el contraste de las técnicas y metodologías empleadas puede ser de gran utilidad en el futuro. Sería enormemente satisfactorio, asimismo, el que las aportaciones españolas pudieran ser de utilidad para otros países y que, con ocasión de la Conferencia, surgieran nuevas vías de colaboración y cooperación que contribuyeran a la consecución de los objetivos planteados por la Asamblea General de las Naciones Unidas para este Decenio.

Por lo tanto, el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales es el marco apropiado para incrementar y perfeccionar la cooperación entre todos los países con resultados fructíferos.

En este número de nuestra revista resumimos los esfuerzos realizados por algunas instituciones del Estado para el cometido del Decenio, cuyo principal fin es la mitigación e incluso la eliminación de los riesgos para los bienes y las personas. Los próximos cinco años seguiremos trabajando en esta línea para mejorar solidariamente la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos.



PROTECCION  
CIVIL

## Contribución española al Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales

**E**l 2 de diciembre de 1987, la Asamblea General de las Naciones Unidas, por Resolución A/42/169, designó el período de tiempo comprendido entre los años 1990 y 2000 como "Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales", con el objetivo básico de reducir la pérdida de vidas, los daños materiales y las perturbaciones sociales y económicas causadas, en los distintos países, por desastres naturales como terremotos, vientos muy fuertes, "tsunamis", inundaciones, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, incendios forestales y otras calamidades de origen natural.

El Gobierno español consideró que el cumplimiento de la Resolución constituía una oportunidad para intensificar el desarrollo de actuaciones de esta naturaleza en nuestro propio país, así como participar en la acción internacional, en relación especialmente con los países en desarrollo.

El Pleno de la Comisión Nacional de Protección Civil, en su reunión del 15 de marzo de 1990, acordó el funcionamiento como Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales. Dicho acuerdo, refrendado por el Real Decreto 1301/1990, de 26 de octubre, establece como fines del Decenio adecuados a la situación española los siguientes:

a) Mejorar la capacidad nacional para mitigar los efectos de los desastres naturales con rapidez y eficacia, prestando especial atención al establecimiento de sistemas de alerta precoz.

b) Establecer directrices y estrategias apropiadas para la efectiva aplicación de los conocimientos existentes y fomento del desarrollo de los mismos, a fin de reducir las pérdidas humanas y materiales originadas por esos siniestros.

c) Difundir la información existente y la que se obtenga en el futuro sobre medidas de evaluación, predicción, prevención y mitigación de desastres naturales.

d) Elaborar medidas para la evaluación, predicción, prevención y mitigación de los desastres naturales en países en desarrollo mediante programas de asistencia técnica y transferencia de tecnología, proyectos de ensayo y actividades de educación y formación adaptados al tipo de riesgo y al lugar de que se trate y evaluar la eficacia de estos programas.

Y reconoce como funciones del Comité Español las siguientes:

a) Conocer los criterios, directrices e iniciativas de las Administraciones Públicas en relación con los objetivos y finalidades propuestas para el Decenio Internacional.

b) Promover iniciativas de las diferentes Administraciones Públicas y de las entidades privadas para la configuración de las políticas y la realización de las actuaciones que contribuyan a la consecución de las finalidades del Decenio.

c) Elaborar un proyecto de Plan de Actuaciones Prioritarias para la Reducción de Desastres Naturales en el territorio español.

d) Analizar el nivel de cumplimiento de las actuaciones programadas que se realicen durante el Decenio Internacional, así como proponer medidas para remover los obstáculos que se adviertan.

e) Conocer y difundir los informes, recomendaciones, directrices y programas emanados de los órganos de las Naciones Unidas encargados del impulso y gestión de las actividades del Decenio.

f) Fomentar la participación y la coordinación de actividades de las distintas Administraciones Públicas, entidades privadas y personal especializado en disciplinas científicas y técnicas relacionadas con la prevención y la mitigación de desastres, en programas de cooperación internacional al servicio de los fines del Decenio.

g) Presentar ante los órganos competentes de las Administraciones Públicas y entidades privadas cuantas iniciativas, sugerencias y propuestas se estimen convenientes para el pleno desarrollo de los objetivos del Decenio Internacional.

h) Informar a la Comisión Inter-ministerial de Ciencia y Tecnología las prioridades científicas y técnicas en relación con la prevención de desastres naturales para su posible articulación con las prioridades del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.



Siendo una de las funciones básicas la elaboración de un proyecto de “Plan de Actuaciones Prioritarias para la Reducción de Desastres Naturales en el territorio español”, se constituyó, el 13 de febrero de 1991, la Comisión Técnica del Comité Español del Decenio en el que participan:

- Secretaría de Estado de Administraciones Territoriales.
- Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (INM).
- Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Dirección General de Organizaciones y Conferencias Internacionales del Ministerio de Asuntos Exteriores.
- Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Dirección General de Puertos y Costas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Instituto Tecnológico Geominero de España del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (ITGE).



Para desarrollar sus trabajos, el Comité Técnico eligió cuatro grandes áreas de actuación:

- Inundaciones aludes y deslizamientos de tierras.
- Seísmos y riesgos volcánicos.
- Incendios forestales.
- Temporales marítimos.

Adscribiéndose los organismos del Comité Técnico según el siguiente cuadro:

***a) Inundaciones, aludes y deslizamientos de tierras:***

Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA).

Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH).

Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

***b) Seísmos y riesgos volcánicos:***

Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

***c) Incendios forestales:***

Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA).



Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

#### *d) Temporales marítimos:*

Dirección General de la Marina Mercante (DGMM).

Dirección General de Puertos y Costas (DGPC).

Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

En la Dirección General de Protección Civil, en coordinación con todos los organismos participantes, se establece un Área de actuación horizontal a todos los riesgos naturales, incluyendo acciones tales como:

- Mapas temáticos de peligrosidad-riesgo.

- Informes anuales de peligros naturales en España.

- De investigación-desarrollo tecnológico, divulgativo y formativo.

- Informes anuales de desastres naturales en el mundo.

- Cursos y jornadas en colaboración con instituciones científicas y académicas.

- Catalogación y bases de datos.

- Elaboración de normativa.

El 24 de octubre de 1991 el Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales aprobó el Plan de Actuaciones Prioritarias.

Una vez llegado el Decenio a la mitad de su período de vigencia, el Comité Preparatorio para la Conferencia Mundial para la Reducción de los Desastres Naturales, se reunió en Ginebra los días 14 a 18 de

marzo de 1994, para pasar revista a la situación actual de los trabajos iniciados y desarrollar el proyecto de documento final de la Conferencia Mundial de Yokohama sobre la Reducción de los Desastres Naturales, a celebrar a finales del mes de mayo de 1994.

Los acuerdos más importantes tomados en el Comité preparatorio de Ginebra con la representación de 70 países fueron:

- Afirmación de principios

- Evaluación de la situación en materia de Reducción de Desastres Naturales a mitad del Decenio.

- Estrategia para el año 2000 y siguientes.

- Recomendaciones para la acción.

- Propuestas a la Conferencia.

- Medidas de seguimiento general.

Previamente a la reunión del Comité preparatorio de Ginebra, la Comisión Técnica del Comité Español para el Decenio elaboró el "Informe sobre el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales", documento que fue aprobado por el Pleno del Comité Español y remitido a la Secretaría General de las Naciones Unidas para su estudio, valoración o posible publicación con el resto de los informes de los países miembros.

El documento citado consta de cuatro partes:

- Descripción general.
- Estrategias y actividades
- Interacciones.
- Evaluación.

Una vez alcanzada la mitad del Decenio, y al intentar realizar una valoración del mismo, es indudable que en principio se tienda a reflejar una serie de parámetros numéricos que permitan alcanzar una visión

cuantitativa de lo realizado hasta el momento.

Para conocer esta primera valoración sería suficiente con analizar el "Informe Nacional sobre el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales" en donde se reflejan el estado actual de cada proyecto iniciado, el o los organismos que dirigen o elaboran el proyecto, costo y situación actual. De este informe se presenta un cuadro resumen orientativo.

#### ACTIVIDADES DE MITIGACION DE LOS DESASTRES NATURALES

	Total de Proyectos	Proyectos terminados	Proyectos en ejecución	Previstos concluir en 1994
Determinación de las zonas de riesgo: Evaluación de los Riesgos	29	17	12	5
Vigilancia, predicción y alerta	19	12	7	-
Medidas de protección y preparación a corto plazo	21	21	-	-
Medidas de prevención a largo plazo	1	1	-	-
Utilización de la tierra y control de riesgos	1	1	-	-
Educación e información a la población	4	4	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>56</b>	<b>19</b>	<b>5</b>

#### PLANES PARA ALCANZAR PLENAMENTE LAS METAS DEL DECENIO A FINES DE 1995

	Total de Proyectos previstos
Determinación de las zonas de riesgo: Evaluación de riesgos	17
Vigilancia, prevención y alerta	10
Medidas de protección y preparación hasta el fin del Decenio	11
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>

Con motivo del Decenio se han celebrado:

Tres Cursos Internacionales (incendios forestales, ordenación y restauración hidrológica).

Un Seminario Internacional (búsqueda y rescate de personas sepultadas)

Una Conferencia Internacional (sismicidad y riesgo sísmico).

## REUNIONES Y CONFERENCIAS CELEBRADAS.

Un Taller Hispano Norteamericano (desastres naturales).

A nivel nacional, dentro del período del Decenio, han sido promulgadas una serie de disposiciones legales en relación con la Reducción

de los Desastres Naturales, que pueden sintetizarse en:

- Real Decreto 1301/1990 por el que se crea el Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

- Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.

– Orden del Ministerio del Interior, de 2 de abril de 1993, por la que se aprueba la Directriz Básica para la Planificación de Protección Civil por Emergencias en Incendios Forestales.

– Decreto 85/1992, de 17 de diciembre, por el que se aprueba, con el carácter de Plan Director, el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLA-TERCAM).

– Decreto 243/1993, de 7 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan Territorial de Emergencia de la Comunidad Valenciana.

– Decreto 49/1993, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).

Cuando se intenta evaluar, desde una perspectiva global, los programas nacionales para la mitigación de los desastres, deben destacarse una serie de consideraciones:

– Se han establecido o potenciado una serie de sistemas y procedimientos de predicción, vigilancia y aviso de fenómenos adversos que facilitan la existencia de sistemas de alerta precoz.

– Se han establecido y mejorado campañas especiales para la prevención de lluvias intensas en el área mediterránea, de grandes nevadas y galernas en el mar Cantábrico.

– Se han instalado en las principales cuencas sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH), para la prevención de inundaciones por avenidas.

– Se han perfeccionado los sistemas de avisos –en tiempo real– de los movimientos sísmicos que se producen en España.

– Se han perfeccionado los sistemas de elaboración de índice de riesgo de incendios forestales.

– El desarrollo del Plan Nacional de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación Marina ha permitido mejorar los servicios de vigilancia y rescate.

– La construcción de pantanos de laminación, encauzamientos de ríos, correcciones hidrológico-forestales permitirán mitigar las posibles avenidas.

Como recordatorio de las etapas que se han superado en nuestro país a lo largo del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, podemos repasar los principales hitos:

**2 de diciembre, 1987:** Asamblea General de las Naciones Unidas. Resolución A/42/169. Designa el período 1990-2000 “Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

**15 de marzo, 1990:** Comisión Nacional de Protección Civil. Acuerda el funcionamiento y composición del Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

**26 de octubre, 1990:** Real Decreto 1301/1990. Marca los fines, funciones y composición del Comité Español del Decenio.

**13 de febrero, 1991:** Comisión Nacional de Protección Civil. Se constituye la Comisión Técnica del Comité Español del Decenio.

**24 de octubre, 1991:** Comisión Nacional de Protección Civil. Aprueba el Plan de Actuaciones Prioritarias.

**14-18 de marzo, 1994:** Reunión del Comité Preparatorio para la Conferencia Mundial para la

Reducción de los Desastres Naturales. Naciones Unidas; Ginebra.

**23-24 de mayo, 1994:** Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales, de Yokohama.

Por último, como objetivos a cumplir en el segundo período del Decenio, podrían plantearse:

– Reforzamiento de la coordinación del Comité Técnico.

– Revisión del Plan de Actuaciones Prioritarias, en función de la experiencia adquirida.

– Impulso de Comisiones Técnicas especializadas.

– Incremento de las relaciones de cooperación con los países en desarrollo.

Hasta aquí se ha efectuado un resumen de las actividades del Comité Español del Decenio Internacional desde el inicio de las mismas en 1990, hasta la actualidad.

El trabajo realizado ha sido importante y es de esperar que se intensifique en los cinco años que restan para el final de la década. Cabe significar, por último, que en este esfuerzo tiene y ha de tener un papel fundamental la correcta coordinación entre las distintas Administraciones Públicas de nuestro país y la contribución de profesionales y técnicos que prestan sus servicios tanto en el sector público como en el privado, todo ello al objeto de cumplir con el mandato constitucional de garantizar el derecho a la vida y a la integridad física como primero y más importante de todos los derechos fundamentales.

Zacarías Román.

Jefe del Área de Riesgos Naturales y Antrópicos de la D.G. de Protección Civil.





INSTITUTO  
TECNOLOGICO  
GEOMINERO

## Análisis del impacto socioeconómico de los riesgos naturales en España en el periodo 1990-1992

**L**a vía principal para el conocimiento del Riesgo, de las pérdidas probables, es el conocimiento estadístico de éstas. Los Riesgos Naturales, no son ajenos a este hecho, sea en su vertiente social (medida en víctimas) o en la económica.

Sin embargo, el nivel de conocimiento global y sectorial de estos datos, hace unos pocos años era insuficiente, no sólo en España, sino en no pocos países de mayor renta per cápita. A raíz de la creación del Comité Español del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales 1990-2000 (DIRDN) y la elaboración del Plan de Actuaciones Prioritarias del Gobierno Español para este Decenio, se ha comenzado la realización de unas Estadísticas Anuales por parte del Comité Técnico del Decenio. Se presenta a continuación

un análisis del impacto de estos fenómenos y de los factores de riesgo, junto a algunos comentarios sobre su incidencia en el diseño de estrategias de mitigación.

Los datos presentados, son una aproximación objetiva al problema, pero dado el poco tiempo de rodaje de la Estadística, adolecen inevitablemente de cierta heterogeneidad o de una desagregación insuficiente en las fuentes de información (cuando no de una falta de datos), que les resta exactitud. Son, con todo, la mejor base de partida de que disponemos a nivel global para una planificación de acciones proporcionada y racional.

### *IMPACTO SOCIAL*

Entre 1990 y 1992, ambos inclusive, la acción de los Peligros Naturales sobre la sociedad español-

la, ha producido la muerte o desaparición de 258 personas, esto es, una media de 86 al año, oscilando entre 30 en 1990 y 124 en 1991. Esta cifra, supone una vulnerabilidad media de poco más de 2 víctimas mortales por millón de habitantes al año, una cifra similar a la de los países de un nivel económico equivalente al español, y es una cifra modesta cuando se compara con otras causas de muertes violentas accidentales, como el tráfico, con más de 5.000 víctimas al año, o los accidentes laborales mortales, con unas 1.000 víctimas anuales. No debe olvidarse sin embargo que la población expuesta a riesgo simultáneamente es enormemente mayor, al igual que la incidencia de un desastre natural en la conciencia social.

Salvo en 1992, la mayoría de estas víctimas lo han sido en sucesos con menos de 10 víctimas mortales, por lo cual no cabe hablar en estos

años de desastres naturales, que se han producido con una periodicidad decenal en España (1973, 1983, 1993).

La distribución de estas víctimas entre los diversos Peligros Naturales, evidencia que la abrumadora mayoría, casi el 70 %, se han producido en temporales marítimos. Los aludes de nieve y deslizamientos, con un 12 % son la segunda causa de mortalidad, seguidos por las inundaciones con casi un 6 %. Merece señalarse la relativamente notable incidencia de los rayos, casi equivalente a las inundaciones.

La distribución geográfica indica un máximo para Andalucía (debido a los naufragios de "pateras" con inmigrantes ilegales en temporales en el Estrecho) con 74 víctimas, seguida de Galicia con 33 (también debido a temporales marítimos), y Aragón con 21 (debidos a aludes de nieve en el Pirineo en 1991).

**FACTORES DEL RIESGO SOCIAL**

La evolución de la siniestralidad total, viene unida estrechamente a la del agente causal de los tres principales Peligros antes identificados: la meteorología. Así, 1990, año relativamente benigno, sólo produjo 30 muertos, frente a la media de 86 del trienio. La evolución de la peligrosidad meteorológica a lo largo del año, es por tanto la causa central de la mayor o menor siniestralidad.

Este hecho se refleja también en las tres Comunidades Autónomas más castigadas en el trienio: Andalucía y Galicia por los temporales marítimos y Aragón por los aludes de nieve. En general, se observa como, con la excepción de Aragón, las Comunidades marítimas son las más castigadas; esto sucede también con las inundaciones, debido tanto a la mayor intensidad de precipitación diaria de las regiones costeras como al carácter torrencial de una parte de sus cursos de agua debido a las cordilleras marítimas.

En lo que respecta a los tres riesgos principales: temporales marítimos en alta mar, aludes e inundaciones, el factor clave del riesgo es la vulnerabilidad. En el primer caso, la mayor parte de las víctimas, según la estadística de la Dirección General de la Marina Mercante, se deben al naufragio en temporales marítimos de barcos pesqueros, que por la edad media de la flota, es probable no cuenten con las últimas tecnologías de seguridad. El colectivo pesquero, es sin duda el más vulnerable de todos los colectivos laborales (87.851 hombres en 1991), debido, no a riesgos tecnológicos sino naturales. En cuanto a los aludes de nieve, una vez desencadenados, no cabe medida alguna de protección, por lo que la vulnerabilidad es altísima. Por fin, la mayor parte de las víctimas en inundaciones, lo son en avenidas relámpago de ríos torrenciales, con pequeñas

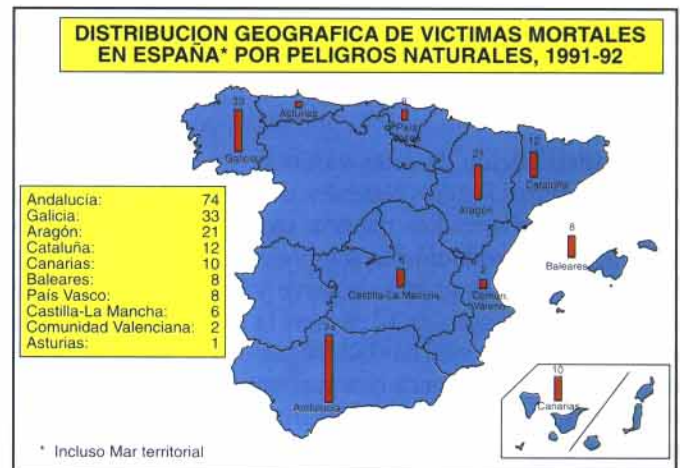
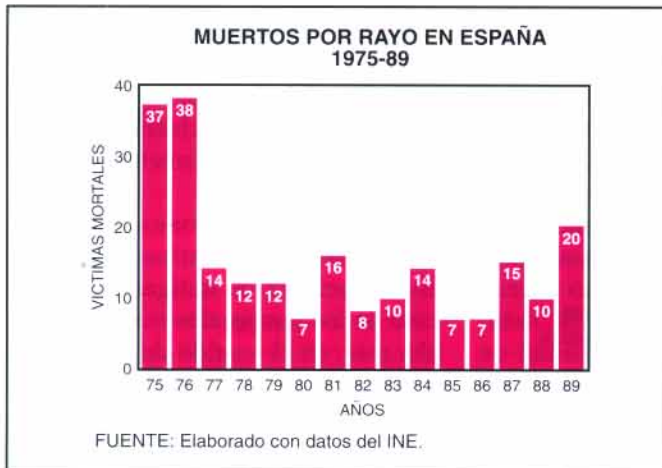
cuenas, sin posibilidad viable de alerta, y bien se trate de transeúntes, bien de vehículos que son arrastrados, por lo que la vulnerabilidad en estos casos es prácticamente total.

Estas constataciones, deberían encaminar en determinado sentido las actuaciones de mitigación. En el caso de los temporales marítimos en alta mar, en el sentido de las alertas y amarres preventivos de la flota pesquera, y de la modernización de la misma; en el caso de los aludes de nieve, también de la alerta que conduzca a la evitación de las zonas peligrosas. El caso de las inundaciones es problemático, y quizá las alertas debían ser de carácter general, cómo en los aludes, recomendando prudencia en torno a los cauces y uso de vehículos. Otro tanto puede decirse para el caso de los rayos e incendios naturales. Los sistemas de alerta, afortunadamente existentes en todos los casos, es indudable que están evitando la muerte violenta de no pocas personas. Basta pensar que sólo en 1992, las actuaciones de Salvamento Marítimo supusieron el rescate de 1.341 personas.

**IMPACTO ECONOMICO**

Tal y como puede deducirse de la Figura adjunta, el efecto medio anual de estos fenómenos sobre la economía española ha sido de 96.343 millones de pesetas. De





ellas, alrededor de 72.356 (75 %), corresponden a fenómenos ligados a los daños meteorológicos a la agricultura y la pérdida de generación de energía hidroeléctrica por sequía. Descartado esto, resulta una cifra modesta para aquellos fenómenos que producen víctimas, unos 24.000 millones anuales, que se reducen a unos 16.000 si no se consideran los temporales de nieve.

Indudablemente, en este trienio no ha habido grandes inundaciones como las del País Vasco en 1983, que produjeron tal y como se ve en la Figura adjunta pérdidas aseguradas superiores a los 60.000 millones, por lo que la cifra anterior minusvalora la realidad para un plazo mayor. En este sentido, habida cuenta de la media anual 1982-92 para pérdidas aseguradas en inundaciones, corregida para tener en cuenta los daños no asegurados en infraestructuras públicas, la cifra media anual esperable en períodos decenales para daños en fenómenos naturales violentos con producción de víctimas, puede situarse en torno a los 38.000 millones, correspondiendo casi 30.000 a las inundaciones. Respecto a la evolución temporal de las pérdidas cabe decir que ha oscilado en la relación uno (1991) a dos (1992) aproximadamente. No es posible dar una distribución geográfica de las pérdidas de carácter global por no existir este dato en varios de los riesgos considerados.

En términos relativos a la economía racional, estas cifras han supuesto unas pérdidas medias anuales del 0,21 % del PIB. Con las consideraciones anteriores, y como valor más representativo para períodos decenales, puede tomarse un 0,23 %. Esta cifra podría incrementarse sustancialmente en caso de producirse un terremoto destructor que afectase a alguna ciudad. Los valores expuestos, son los correspondientes a un país de un desarrollo similar al español, y son aproximadamente equivalentes a la media mundial.

El índice de aseguramiento ha oscilado entre el 42 % (1991) y el 23,8% (1990), con un valor medio del 31,2%.

### **FACTORES DEL RIESGO ECONOMICO**

La evolución de los daños económicos totales, al igual que en el caso de la siniestralidad humana, están directamente ligados a la meteorología, y más concretamente a la tendencia a los extremos que caracteriza los climas mediterráneos: la sequía y las precipitaciones intensas, junto a la niviosidad propia de las zonas continentales montañosas.

La sequía, ha sido sin duda el gran agente causal de pérdidas, tanto en la agricultura como en la generación hidroeléctrica o los incendios.

En este sentido, parece justificado dedicar atención especial a este fenómeno tanto a nivel de estudios como de medidas de mitigación. En este contexto, y de cara a la agricultura y el abastecimiento humano, parece necesario considerar todas las medidas, del uso racional del agua subterránea al ahorro de agua, de los trasvases a la regulación superficial, de acuerdo con las características concretas de cada zona. También debería seguirse cuidadosamente la evolución del posible cambio climático (aun con incertidumbres científicas) por intensificación del efecto invernadero y su impacto en el régimen de precipitaciones, tal y como prevé el Programa Nacional del Clima; este aspecto, facilitaría las previsiones del sector eléctrico.

Obviamente, las inversiones en medidas de mitigación, deberían ser proporcionales a los daños evitables, solo parte del total, de acuerdo con los oportunos análisis coste-beneficio. Dada la no correspondencia proporcional entre los riesgos productores de daños económicos y de víctimas, estos aspectos son básicos si se busca una distribución racional de inversiones en mitigación de acuerdo con la eficacia en la reducción de daños. En todo caso, es necesario insistir en que sólo son evitables de forma económica una parte de los daños ya que el rendimiento de una inversión en mitigación en una zona sigue una tendencia

de rendimientos decrecientes con su intensificación. Por ello, las actuaciones en emergencia serán siempre necesarias.

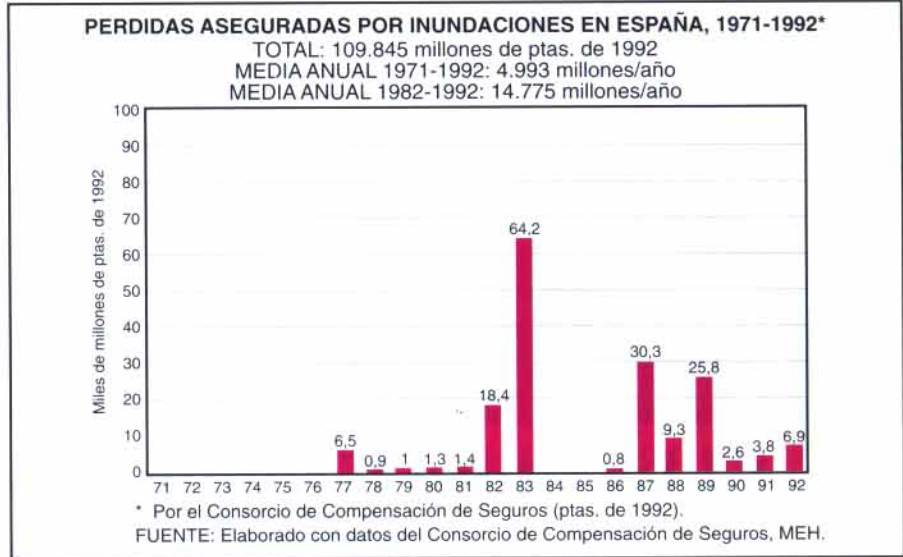
**CONCLUSIONES**

De acuerdo con los datos estadísticos existentes, puede concluirse en lo siguiente:

1.- Tanto a nivel de víctimas como de pérdidas económicas, los riesgos meteorológicos, son el principal problema existente en España.

A nivel de víctimas, el trienio ha tenido 86 víctimas mortales de media al año (unos 2 muertos por millón de habitantes), correspondiendo casi el 70 % a temporales marítimos, seguidos por aludes de nieve y movimientos del terreno con un 12 % e inundaciones con casi un 6 %.

A nivel económico, las pérdidas medias anuales se sitúan en casi 100.000 millones (un 0,21 % del PIB, 0,23 % para períodos decenales), correspondiendo el 75 % a pérdidas en la agricultura y de generación de energía hidroeléctrica, principalmente a consecuencia de la sequía.



Tanto los datos de víctimas como los económicos, son equivalentes a los registrados en países de nivel económico similar al español.

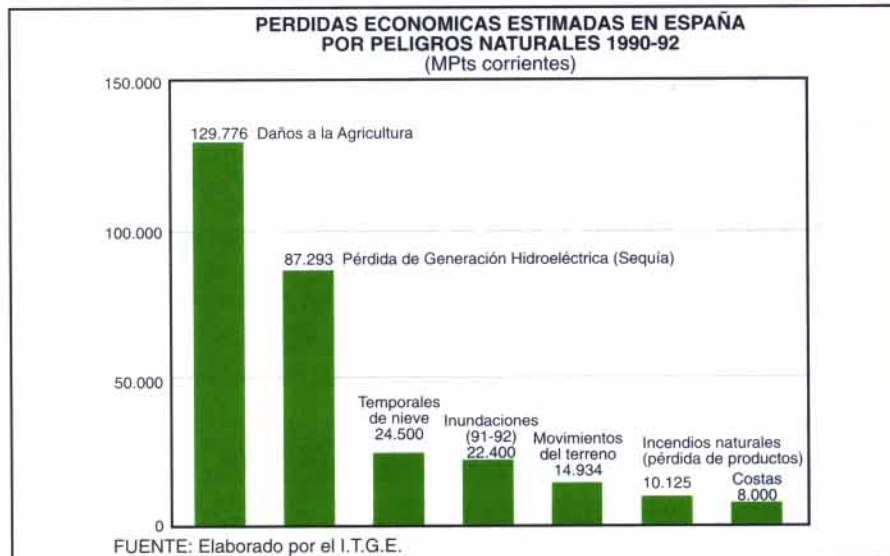
2.- El análisis de los factores de riesgo, pone de relieve la necesidad de intensificar el esfuerzo en sistemas preventivos de alerta y atención en emergencias, del sistema de Protección Civil, prácticamente en todos los campos, así como la de prestar una especial atención al problema de la sequía en todas sus vertientes por su repercusión económica, incluido el problema de su posible intensificación si llegara a confirmarse el cambio climático por aumento del efecto invernadero.

La elaboración de los Planes de Emergencia Municipal con sus correspondientes estudios de riesgos, puede jugar un papel fundamental en esta óptica.

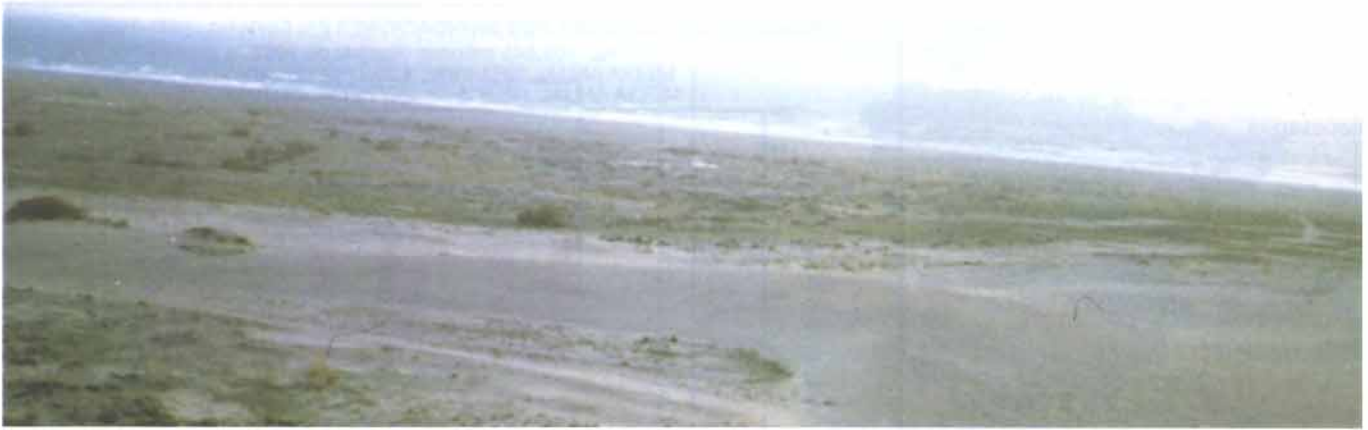
Dada la tasa de aseguramientos existente (31,2 % de media en el trienio), los seguros pueden jugar un interesante papel.

3.- Parece conveniente la utilización de análisis costo-beneficio en base a los datos que van obteniéndose con vistas a una asignación racional de las inversiones en medidas de reducción del riesgo, teniendo presente los rendimientos decrecientes de las inversiones y la no correspondencia ente riesgos productores de víctimas y de daños.

4.- Es necesario tener presente que dada la cortedad del período analizado con datos fiables, no ha podido considerarse el efecto que podrían tener fenómenos como terremotos o tsunamis destructores, que podrían producir una concentración puntual de víctimas o daños que alterarían significativamente estas cifras.



Francisco Javier Ayala Carcedo.  
 Director de Ingeniería Geoambiental  
 Instituto Tecnológico Geominero de España.



## El Instituto Geominero de España y los riesgos naturales

Desde su creación en 1849, el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) ha venido realizando estudios encaminados al conocimiento y prevención de los riesgos naturales. En este sentido y a título de ejemplo, sólo en la década de los ochenta del pasado siglo, la Comisión del Mapa Geológico de España, precursora del Instituto, realizó estudios sobre el terremoto de Arenas del Rey (Granada) de 1884, sobre las inundaciones de Lorca de 1879 y sobre el deslizamiento de Puigcercós (Lérida).

Se trata, por tanto, de una actividad que cuenta para el Instituto con una tradición centenaria, apoyada hoy con los recursos que la tecnología ha puesto a su disposición, y que ha experimentado un gran auge en los últimos quince años.

A continuación se describen algunas de las principales realizaciones de los últimos años en este campo, con un énfasis especial en aquellas realizadas durante el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales 1990-2000.

### **RIESGO SISMICO**

Se ha trabajado en cartografía y en la realización de estudios específicos, habiendo colaborado en las tareas de la Comisión Nacional de Normas Sismorresistentes.

En todo el territorio del Estado cabe destacar los

Mapas Neotectónico y Sismotectónico nacionales a escala 1:1.000.000. En especial el último es básico para la delimitación de provincias sismogénicas y, por tanto, para la elaboración de mapas de peligrosidad sísmica.

A escala local los principales trabajos han sido los mapas de microzonación de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de Alcoy (1990) y Lorca (1992), realizados por encargo del Ayuntamiento y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, respectivamente. En ambos trabajos,

fundamentales como base para la ordenación urbana, se han realizado estimaciones de daños y víctimas para los eventuales terremotos previsibles, aspecto fundamental para la preparación de planes de emergencia.



### **RIESGO VOLCANICO**

El ITGE ha confeccionado los mapas geológicos de Tenerife y parte de Fuerteventura, estudiando las erupciones históricas y prehistóricas, y caracterizando la tipología eruptiva. Suponen las primeras etapas para la realización de otros de mayor detalle sobre peligrosidad y riesgo volcánico.

### **MOVIMIENTOS DEL TERRENO**

El estudio de los movimientos de ladera y hundimientos se ha realizado tanto a nivel puntual como a nivel cartográfico.

El Instituto presta un apoyo técnico a la Dirección General de Protección Civil, en todas las provincias que lo solicitan, para el dictamen y corrección de zonas amenazantes. En los últimos cuatro años se han realizado 36 anteproyectos, para estabilizar otras tantas problemáticas.

En un sentido más amplio se han realizado trabajos de este tipo en Lorca (Murcia) y Santa Pola (Alicante), a solicitud de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y de la Diputación Provincial de Alicante, respectivamente.

Este tipo de peligros naturales se contemplan en todos los mapas de peligrosidad, sea de ciudades, provincias o Comunidades Autónomas, por ello el ITGE mantiene una Base de Datos con dichos movimientos y ha realizado un estudio sobre la aplicabilidad de las técnicas geofísicas; igualmente, se ha evaluado la vulnerabilidad socioeconómica. Actualmente, en el marco de un proyecto de la Unión Europea, se están investigando los factores meteorológicos que influyen en el desencadenamiento de estos peligros.

En el campo de los aludes de nieve, se están realizando mapas previsores en el Pirineo Aragonés, y se pretende desarrollar un sistema de predicción, con la colaboración del Instituto Nacional de Meteorología.

## AVENIDAS

La peligrosidad en este campo está relacionada con la Climatología, que determina el régimen pluviométrico, y con la Geomorfología, que determina el régimen de caudales que la hidrología evalúa.

La actividad del Instituto se ha centrado, sobre todo, en la confección de mapas de peligrosidad, y ha sido amplia durante el anterior decenio. Puede destacarse el estudio de las avenidas del País Vasco de 1983 y el Mapa de Peligrosidad de Alava y Vizcaya de 1986.

Además se han realizado mapas de peligrosidad de los principales núcleos urbanos sometidos a riesgo en Extremadura, Andalucía, Murcia y Región Valenciana, así como un estudio especial de Alcoy tras las avenidas de 1986.

## DINAMICA LITORAL

En 1992 se terminó un estudio de la evolución del nivel medio del mar en Alicante, sobre la base de los registros mareográficos existentes, concluyéndose en la relación existente entre la ligera subida de la última década y la elevación nueva de la temperatura media del aire. A nivel cartográfico, se ha realizado un mapa de dinámica litoral de la Región de Murcia, señalándose los principales problemas en relación con el transporte natural del sedimento.

## ESTUDIOS Y MAPAS INTEGRADOS

Una vertiente característica de la actividad del ITGE es la realización, generalmente por encargo de Ayuntamientos, Diputaciones o Comunidades Autónomas, de estudios y mapas donde se contempla todo el conjunto de peligros naturales.

Cabe destacar en primer lugar la realización de una veintena de mapas geotécnicos y de peligrosidad natural de ciudades, generalmente a escalas 1:25.000 y 1:5.000, y en las Autonomías se ha realizado el Atlas de Riesgos Naturales de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, y está en curso el de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Estos documentos son básicos para el trabajo de Protección Civil y de las empresas del ramo de Seguros.

## INFORMES GENERALES

El ITGE, en el seno de la Comisión Técnica española del Decenio Internacional, ha confeccionado los Informes Anuales sobre Peligros Naturales en España con la colaboración del resto de las Instituciones, principalmente de Protección Civil. En estos trabajos se recopilan y analizan de forma sistemática los daños económicos y sociales de todos estos fenómenos.

Como contribución al Decenio Internacional se realizan desde su inicio Informes Anuales sobre Desastres Naturales en el Mundo, que se distribuyen nacional e internacionalmente, y son fuente de datos para Naciones Unidas y diversas instituciones.



Camilo Caride de Liñán .  
Director General del Instituto Tecnológico Geominero.



INSTITUTO  
NACIONAL DE  
METEOROLOGIA

## Papel del Instituto Nacional de Meteorología en el decenio Internacional

**E**n el decreto de estructuración del I.N.M., en su artículo primero puede leerse que "El I.N.M. es el organismo oficial de la Administración del Estado competente para dirigir, desarrollar y coordinar las actividades meteorológicas de cualquier naturaleza en el ámbito nacional y para ejercer la representación de las actividades meteorológicas españolas en los organismos y ámbitos internacionales".

El Director General del I.N.M., dice igualmente el artículo segundo, es el Representante permanente en España ante la Organización Meteorológica Mundial.

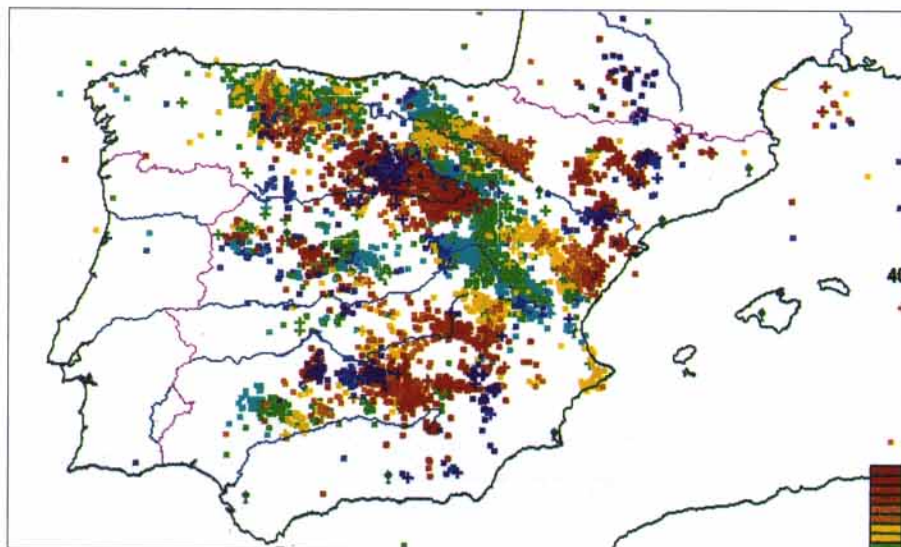
Dentro del marco que se reseña, el I.N.M. desarrollando su labor en los campos básicos como son: predicción y vigilancia, climatología y aplicaciones meteoroclimatológicas, hace una valoración de aquellas áreas donde le tocó desplegar su actividad.

### *INCENDIOS FORESTALES*

La Subdirección General de Climatología, de la que dependen las actividades de Meteorología Agrícola, mantuvieron contactos con ICONA para diseñar un plan operativo que diera lugar al establecimiento de actividades diarias operativas de predicción y vigilancia tanto a escala central como regional. El I.N.M., remite a ICONA, diariamente, los distintos elementos atmosféricos para que este organismo prepare su estimación de riesgos. Esta actividad se intensifica en los meses de verano con una campaña específica de predicciones desarrolladas en todos los Centros Territoriales del I.N.M.

### *INUNDACIONES Y ALUDES*

Es en el tema de las inundaciones donde este Instituto ha llevado a cabo uno de sus mayores esfuerzos en los últimos diez años. De cualquier forma, es de resaltar que la



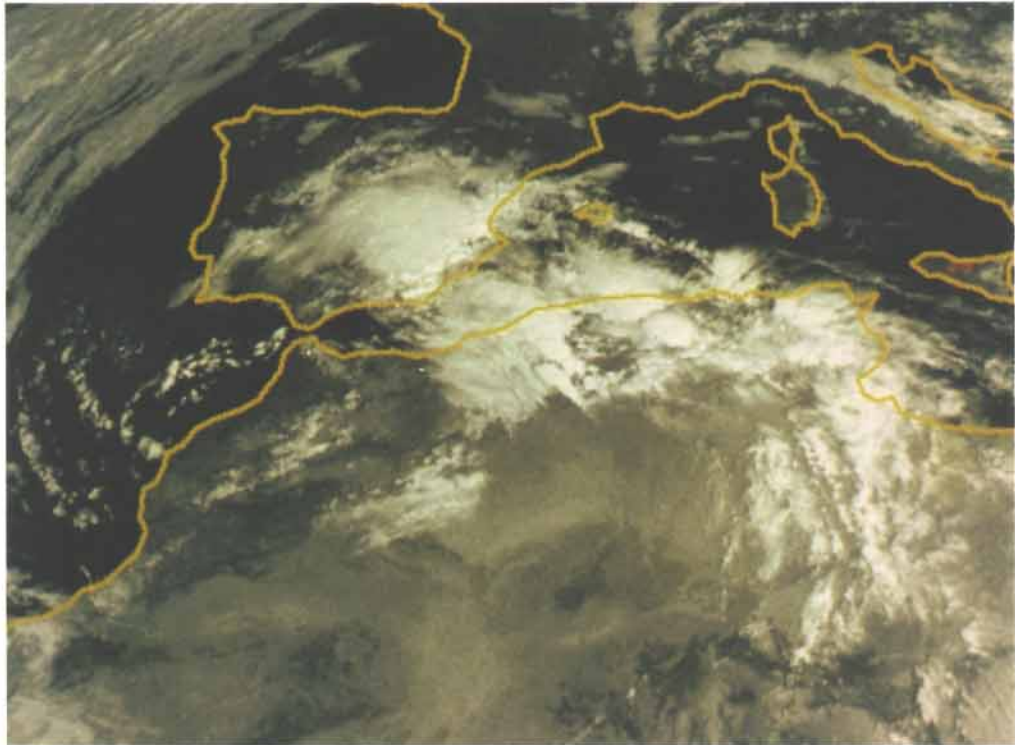
actividad del I.N.M. se ha centrado en el tema de predicción, vigilancia y seguimiento de lluvias torrenciales, puesto que la posibilidad de inundaciones depende de otros factores de los que el I.N.M., ni puede ni debe ocuparse.

Cabe decir a este respecto que el Instituto ocupa una posición de cabeza en el estudio y vigilancia de los sistemas convectivos que son las estructuras atmosféricas causantes de la mayor parte de estas situaciones. Asimismo, la actividad operativa de predicción y vigilancia —plasmada en el Plan PREVIMET Mediterráneo— se ha convertido ya en término de referencia obligado a todas las instituciones que de un modo u otro deben ocuparse de este tipo de problemas.

En relación con la predicción de riesgo de aludes en la zona Pirenaica el Centro Meteorológico de Aragón viene desarrollando una labor muy activa desde hace varios años a la que últimamente se ha sumado el Centro Meteorológico Territorial de Barcelona.

### TEMPORALES MARÍTIMOS

Constituyen un área de trabajo de singular importancia para el I.N.M., tanto en lo que se refiere a temporales marítimos locales de corta duración pero de gran intensidad producidos por una rotura súbita de la estabilidad de las capas bajas de la atmósfera, como a los temporales de amplia extensión y de duración moderada o larga, tanto atlánticos como mediterráneos. Los primeros son relativamente difíciles de predecir, dada su pequeña escala y sus características específicas en general bastante ligadas a la geogra-



Sistema conectivo originado por gota fría en el canal visible de satélite.

fía o a los procesos convectivos ciclónicos en pequeña escala. Los segundos presentan mayores facilidades al estar adecuadamente representados en los distintos modelos numéricos de predicción.

La predicción de alta mar, tanto atlántica como mediterránea, se realiza por parte del Centro Nacional de Predicción de Madrid, mientras que las predicciones, hasta 20 millas de la costa recaen dentro del trabajo que realizan los Grupos de Predicción y Vigilancia de los Centros Meteorológicos Territoriales afectados.

### OTRAS ACTIVIDADES DEL I.N.M.

Además de las reseñadas, el I.N.M. mantiene una actividad ininterrumpida en predicción y vigilancia de distintos fenómenos atmosféricos entre los que cabe citar:

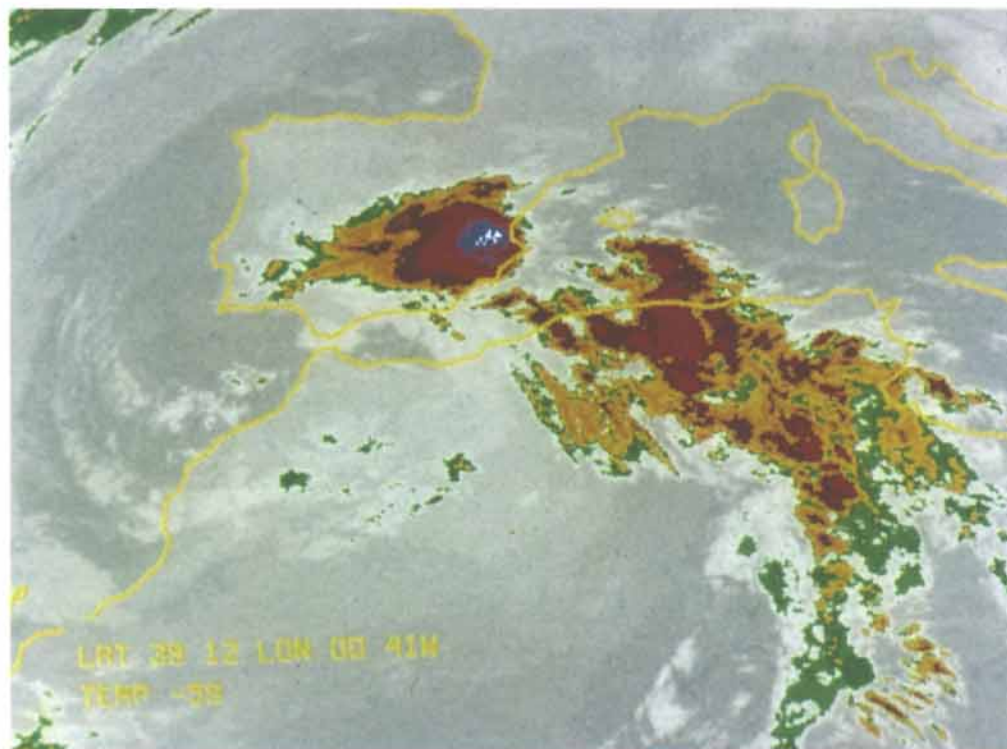
– Nevadas (Plan PREVIMET específico).

- Vientos fuertes.
- Galernas cantábricas (Plan PREVIMET específico).
- Risagües.
- Incidencia de nieblas y hielos en carreteras y aeropuertos.
- Invasiones frías e incidencias en población ambulante.
- Invasiones de calor. Efectos biológicos.
- Condiciones meteorológicas asociadas a las plagas de langosta.
- Actividad tormentosa importante.

El I.N.M. se ocupa, asimismo, de toda la problemática relacionada con la posible evolución climática y los cambios en la composición química de la atmósfera.

Aunque no es seguro que en este Decenio, dedicado a la reducción de los daños causados por los desastres naturales, se haga sentir de modo claro y contundente estos últimos fenómenos, si que puede ser el momento de estudiar y plantear coordinadamente las medidas que





Sistemas conectivos originados por gota fría sobre Levante. Imagen de satélite en canal infrarrojo

deberían tomarse a partir de las ideas básicas de evolución del clima y de la composición atmosférica que van ofreciendo los modelos físicos matemáticos.

### **DESARROLLOS ACTUALES DEL I.N.M.**

El Decenio ha cogido al I.N.M. en pleno desarrollo de una importante reestructuración tecnológica y operativa. En los últimos años los trabajos llevados a cabo han dado como resultado algunas de las realizaciones más importantes hechas por el Instituto. Destacamos como paradigmas el Sistema SIVIM, los Planes PREVIMET y el Plan de Estudios Meteorológicos del Mediterráneo Occidental PEMOC.

### **SISTEMA INTEGRADO DE VIGILANCIA METEOROLOGICA**

El SIVIM (Sistema Integrado de Vigilancia Meteorológica) es la res-

puesta más eficaz que ofrece la moderna tecnología, a la necesidad de detectar con rapidez la formación de sistemas convectivos que generan las lluvias torrenciales conocidas popularmente como gotas frías. Brinda a los predictores el más valioso instrumento técnico para la realización de sus funciones.

El SIVIM es además el sistema nervioso central del I.N.M., cuyas estructuras forman el complejo tecnológico más avanzado y poderoso que jamás ha tenido nuestro país; activado día y noche, para detectar y archivar millones de datos meteorológicos, que analizados y procesados nos permiten conocer el comportamiento futuro de nuestro tiempo y de nuestro clima. Consta de varios sistemas tales como el SAIDAS (Sistema de Aprovechamiento Integral de Datos de Satélite), RERAM (Red de Radares Meteorológicos), REDDEL (Red de Detección de Descargas Eléctricas), SIPREN (Sistema de cálculo para Predicción Numérica), SINAT (Sistema Nacional de Comunicaciones) y REMA (Red de Esta-

ciones Meteorológicas Automáticas)

El SIVIM se encuentra operativo en todos los centros de predicción salvo en los que se refiere a una parte de la red de radares cuya instalación en lugares aislados se ve entorpecida por los distintos problemas de infraestructura. Sobre este sistema hay que destacar que se adapta perfectamente a las singulares características geográficas del área española.

### **PREDICCIÓN Y VIGILANCIA METEOROLOGICA**

Los Planes PREVIMET tienen como finalidad lograr tanto la mejor predicción y vigilancia de fenómenos atmosféricos adversos como estructurar y a optimizar el flujo de información y la coordinación operativa entre el I.N.M. y la Dirección General de Protección Civil.

Concretándonos el Plan PREVIMET Mediterráneo puede decirse que está dedicado al tema de las lluvias torrenciales mediterráneas en otoño. Aunque siempre mejorable y revisable, se ha mostrado como una herramienta eficaz y útil para la mejora de la operación de prevención y seguimiento de las consecuencias de este tipo de fenómenos.

Respecto a las galernas del Cantábrico, se ha puesto en marcha otro Plan PREVIMET de dimensiones bastante menores que el del Mediterráneo, pero que, igualmente logra una adecuada predicción y vigilancia de este tipo de fenómenos en las zonas del norte del país.

Por lo que respecta al PREVIMET Nevadas su finalidad es la detección

precoz de situaciones que puedan dar origen a este tipo de precipitaciones en zonas habitualmente poco preparadas para mitigar sus efectos.

### **PLAN DE ESTUDIOS METEOROLOGICOS DEL MEDITERRANEO OCCIDENTAL (PEMMOC)**

El PEMMOC se ha constituido en la línea prioritaria de investigación aplicada en el I.N.M. Su objetivo es mejorar la comprensión del mecanismo de las lluvias mediterráneas intensas para, a partir de ahí, lograr una mejor modelización físico-matemática de estos fenómenos, así como conseguir unos criterios operativos óptimos de predicción y vigilancia.

En este Plan han confluído diversas líneas de investigación desarrolladas, con mayores o menores recursos, en el seno del I.N.M., tales como la experimentación con modelos numéricos de alta resolución, así como los trabajos sobre inestabilidad, ciclogénesis y estructura y ciclo de vida de sistemas convectivos (formaciones nubosas directamente relacionadas con la ocurrencia de lluvias torren-

ciales en la mayor parte de los casos).

### **INVERSIONES REALIZADAS**

Para llegar a poner en funcionamiento las realizaciones anunciadas en los apartados anteriores el I.N.M. tuvo que invertir gran parte de sus presupuestos anuales en desarrollo técnico, tanto cuando la investigación fue propia como cuando fue adquirida. Así, en el período comprendido entre 1983-1992 las inversiones realizadas en el SIVIM (comprende informática, comunicaciones, radares SAIDAS, estaciones automáticas, detectores de rayos) se elevaron a más de 7.200 millones de pesetas.

### **EL FUTURO: PLAN NACIONAL DE AVISOS Y POTENCIACION DE LA INVESTIGACION**

A medida que la actividad humana se tecnifica y adquiere un mayor grado de complejidad se hacen más y más sensibles ante las adversidades meteorológicas. Ello ha supuesto una demanda de información especializada, enfocada obviamente a la adopción de medidas de prevención contra tales adversidades, lo que ha movido al I.N.M. a poner en marcha, en estrecha colaboración con los organismos responsables de Protección Civil (colaboración ya enunciada cuando se ha hablado de los Planes PREVIMET Nevadas, PREVIMET Galernas, etc.) ya referidos. En cualquier caso la necesidad de poner a punto un sistema de predicción y

vigilancia para todo tipo de fenómenos adversos en todo momento y en todo lugar ha llevado al I.N.M. a diseñar el denominado Plan Nacional de Avisos de Fenómenos Meteorológicos Adversos. Nace este Plan para resolver, pues, de forma plena el problema de la vigilancia "integral", de forma que puede darse una respuesta eficaz al mayor número de las situaciones que puedan presentarse.

Con este Plan de Avisos se pretende poner fin a la implantación progresiva de campañas parciales dando un tratamiento homogéneo al problema en la medida de lo posible. Dada, no obstante, la evidente mayor incidencia de ciertos fenómenos adversos en determinadas épocas del año, podrá establecerse para los mismos un sistema de información intensivo, que permita disponer de información regular a horas convenidas.

No es posible desarrollar una buena actividad operativa de predicción sin que lleve aparejado un marcado esfuerzo de investigación aplicada. De acuerdo a ello el I.N.M. ha creado en todos sus Centros Meteorológicos Territoriales equipos de meteorólogos dedicados al estudio de las especificaciones regionales y locales de modo que pueda mejorarse sustancialmente la predicción para los distintos fenómenos y usuarios.

Debe reseñarse, para finalizar, la designación concedida por la Organización Meteorológica Mundial al Centro Meteorológico Territorial de Palma de Mallorca al encargársele la coordinación internacional para el estudio de perturbaciones ciclónicas del Mediterráneo Occidental. Esta actividad que la O.M.M. nos reconoce avala sin duda cuanto sucintamente hemos expuesto en este artículo.



Vista de una gota fría en imagen de satélite



INSTITUTO  
GEOGRAFICO  
NACIONAL

## El Centro Nacional de Información Sísmica

### INTRODUCCION.

La gestión de un desastre natural como es la ocurrencia de un terremoto, está basada en el conocimiento inmediato de las características espacio-temporales del terremoto y es de vital importancia

la rapidez con que esta información sea suministrada.

La naturaleza del propio fenómeno, originado en el interior de la tierra y con efectos sobre una amplia superficie de la misma, hace que las víctimas y daños estén distribuidos por una extensa área. Además existen o pueden coexistir todo tipo de

infraestructuras que pueden tener un efecto multiplicador en su poder de destrucción. Este peligro, se conoce estadísticamente mediante modelización de la historia sísmica pasada. Tiene, sin embargo, como principal característica la ocurrencia prácticamente sin aviso previo. En caso contrario tendríamos la predicción sísmica, que se encuentra en estos momentos aún lejos de poderse realizar.

Por otra parte, las áreas propensas a la ocurrencia de terremotos en nuestro país aun estando circunscritas a una parte concreta del territorio, son lo suficientemente amplias como para tener que convivir con él. Este peligro sísmico puede racionalizarse con una actuación de ordenación del territorio que permita una adecuación de las instalaciones realizadas por el hombre más acorde con este riesgo. Para determinar la localización, es necesaria una distribución de sensores (estaciones sísmicas) distribuidos por todo el territorio que permitan un control de la actividad sísmica del país y, al igual que ocurre en otros riesgos,



Figura 1

como por ejemplo el meteorológico, es necesario también recurrir a datos suministrados por los países del entorno geográfico en el que este fenómeno pueda observarse. En la figura 1 puede verse la distribución de estaciones en España, así como el Dispositivo Sísmico de Sonseca, del que comentaremos más adelante.

Todas estas circunstancias llevaron a mediados de los ochenta a la instalación de una red sísmica con cobertura nacional que permitiese la detección de terremotos dentro del área de una cierta peligrosidad y con un umbral de magnitud determinado. Esta red conectada en tiempo real a un centro de recepción de datos, constituye el elemento técnico esencial para la información sísmica. Junto con esta red se ha de considerar también otra formada por instrumentos para movimientos fuertes (acelerógrafos) y un dispositivo tipo antena en Sonseca que aunque originariamente está diseñado para determinación y discriminación de posibles explosiones nucleares, tiene también una vertiente de información sísmica de terremotos que es pertinente considerar. En la figura 2 se observa la distribución de acelerógrafos en todo el territorio nacional. Con toda esta instrumentación se ha articulado en la sede de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional un centro de información que con carácter de utilización para todo el territorio, es además utilizado como elemento de control de la sismicidad a nivel de la Unión Europea y del Consejo de Europa constituyendo este centro un punto nodal del Centro Sismológico Europeo-Mediterráneo (figura 3). Este centro se ha convenido en llamar Centro Nacional de Información Sísmica (figuras 4 y 5) que con operatividad de veinticuatro horas sobre trescientos sesenta y cinco

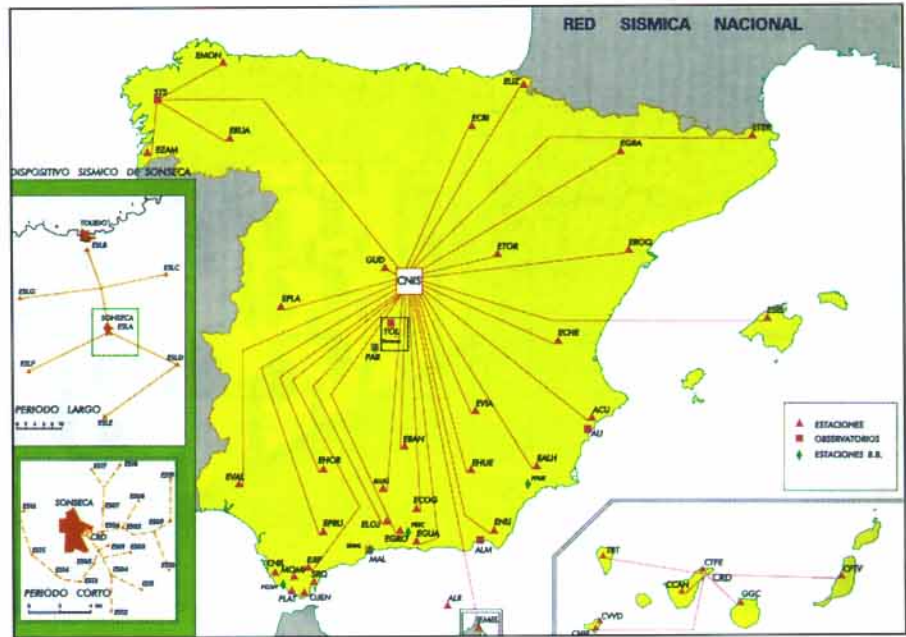


Figura 2

días del año permite asegurar dentro de sus misiones el que la información sísmica llegue a las autoridades competentes de forma rápida, segura y homogénea.

**ACTUACIONES DEL CENTRO NACIONAL DE INFORMACION SISMICA.**

Es necesario, en primer lugar, clasificar las actuaciones del Centro Nacional de Información Sísmica (CNIS) en función del momento en que éstas se producen. Si la actuación se refiere a instantes después de ocu-

rrido el evento, estamos en lo que puede denominarse información «post evento», mientras que si éstas se refieren a instantes de tiempo previos a la ocurrencia de él, estamos ante el fenómeno de la predicción sísmica. En la figura 6 se muestran de forma esquemática ambos tipos de actuaciones y que comentamos a continuación. En cuanto a la predicción se refiere, las actuaciones del CNIS están encaminadas a la determinación de predictores sísmicos basados en la observación de aquellos parámetros físicos que pudieran estar relacionados directa o indirectamente con el fenómeno sísmico. Estos predictores han de evaluarse contrastándolos con aquellos modelos

empíricos que permitan la determinación en momento y lugar así como el tamaño del futuro evento sísmico. Una vez evaluada la fiabilidad de la predicción, se comunicaría al Comité Nacional de Evaluación de Predicción Sísmica. Sin embargo, siendo importante esta actuación del CNIS, no es este el caso dada su escasa posibilidad actual. Y por otra parte, las actuaciones en información post evento son aquellas encaminadas directamente a la mitigación de

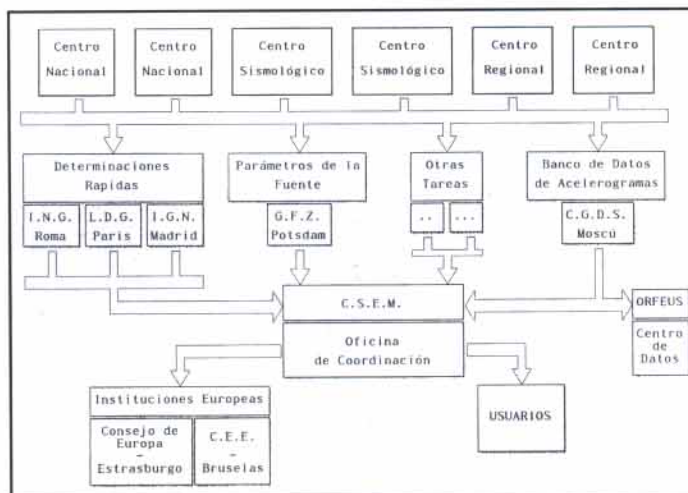


Figura 3



Figura 4

los efectos producidos por el terremoto. En este tipo de actuaciones, una localización inmediata y evaluación de la magnitud del terremoto ocurrido, permite en función de parámetros empíricos, determinar una predicción de daños. Con este conocimiento es posible suministrar al gestor de la crisis un escenario de actuaciones previo a la comunicación de éstos.

Otro aspecto de la comunicación post evento es el análisis de la evolución de la crisis sísmica y la declaración de finalización de dicha crisis. Por último, aún no ligado estrictamente con los desastres naturales, el CNIS tiene como misión la de efectuar de forma inmediata una discriminación nuclear que permita la verificación de los tratados de no proliferación de armas nucleares, aspecto este último que ha permitido un notable desarrollo de la instrumentación sísmica.

#### **DEFINICION DE ALARMA SISMICA.**

Es importante establecer lo que entendemos por alarma sísmica dado que en una acepción extensa podría considerarse todo terremoto

sentido por la población; sin embargo, con el objeto de clasificar los posibles niveles de alarma, es necesario establecer unas definiciones precisas sobre lo que entendemos por alarma sísmica.

Se considera que existe una alarma sísmica en los siguientes cuatro supuestos:

– Ocurrencia de un terremoto de magnitud igual o mayor de 4 y sentido fuertemente por la población.

– Ocurrencia de un enjambre de terremotos sentidos muy localizados y próximos en el tiempo (varias semanas).

– Terremoto catastrófico con víctimas entre la población (intensidad igual o mayor de VIII) y daños graves a las construcciones.

– Terremoto localizado entre las coordenadas 35°- 37° N y 7° W - 15° W y magnitud igual o superior a 5.5. Estos terremotos pueden no ser sentidos por la población aunque el riesgo fundamental es de tsunamis.

#### **DECLARACION Y ACTUACIONES POR NIVELES DE EMERGENCIA.**

Con el fin de establecer una gradación en el nivel de emergencia, se establece la siguiente clasificación que por supuesto es tentativa y en cualquier caso debe ser corroborada o anulada en tiempos prefijados.

**NIVEL 1:** Terremoto sentido hasta intensidad IV. Carencia de premo-



Figura 5

ntorios y/o réplicas o un número reducido de ellas.

**NIVEL 2:** Igual que el anterior, pero con un número de premonitorios y/o réplicas superior a cinco.

**NIVEL 3:** Terremoto sentido hasta intensidad V. Carencia de premonitorios y/o réplicas o un número reducido de ellas.

**NIVEL 4:** Igual que el anterior, pero con un número de premonitorios y/o réplicas superior a cinco.

**NIVEL 5:** Terremoto sentido hasta intensidad VII.

**NIVEL 6:** Terremoto sentido de intensidad superior a VII.

**NIVEL 0:** Terremoto con coordenadas epicentrales entre 35° - 37° N y 7° - 15° W y magnitud superior a 5.5.

En cuanto a las actuaciones, una vez declarado el nivel de alarma correspondiente, en un tiempo que oscila entre algunos minutos a una-dos horas de ocurrencia de un terremoto, se procede a las actuaciones siguientes:

**NIVEL 1:** Emisión de un comunicado a las veinticuatro horas manteniendo o cancelando el nivel de alarma.

**NIVEL 2:** Emisión de un comunicado a las veinticuatro horas manteniendo o cancelando el nivel de alarma.

**NIVEL 3:** Emisión de un comunicado a las veinticuatro horas manteniendo o cancelando el nivel de alarma.

**NIVEL 4:** Emisión de un comunicado a las veinticuatro horas manteniendo o cancelando el nivel de alarma

**NIVEL 5 :**

- Comunicación con el responsable del Grupo de Seguimiento de crisis sísmicas.

- Emisión cada seis horas de un comunicado con la confirmación o cancelación de la alarma.

- Comunicación al Director regional o Jefe provincial en su caso del IGN para su incorporación al grupo correspondiente.

- Contrastación de daños considerados empíricamente con los realmente ocurridos.

- La comunicación con los centros de decisión se aseguran por métodos alternativos.

**NIVEL 6:**

Además de la actuación prevista para el nivel 5 se realizarán las siguientes acciones:

- Desplazamiento a la zona de un grupo de técnicos y sismólogos a la zona.

- Despliegue en un período inferior a veinticuatro horas de una red sísmica portátil en la zona epicentral.

- Instalación de acelerógrafos en el campo libre y en estructuras críticas (puentes, hospitales, presas, etc.).

Con estas definiciones sobre declaración de alarmas y sus niveles de emergencia, se pretende establecer una gradación de la alarma en función no solamente de la peligrosidad del evento sino de las características que éste pueda llevar acompañado, como es el caso de tener maremoto asociado. Pero además, es importante que los niveles de respuesta en tiempo a cada una de las distintas alarmas, se produzcan de la forma establecida. Es conocido que el salvamento de vidas humanas, en caso de catástrofe sísmica, está íntimamente relacionada con la comunicación de la información sísmica. En la figura 7 se muestra un gráfico obtenido con datos de distintos terremotos y estudios empíricos realizados en investigaciones clínicas sobre niveles de supervivencia una vez ocurrida una catástrofe. De dicho gráfico se deduce que entre una hora y un



Figura 6

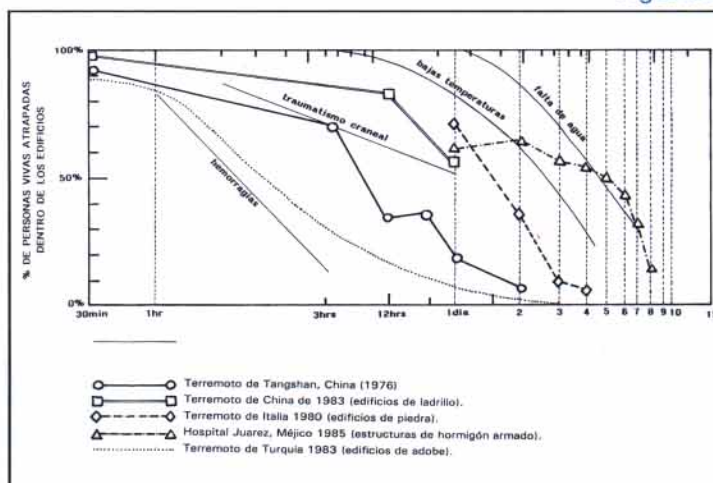


Figura 7



Figura 8

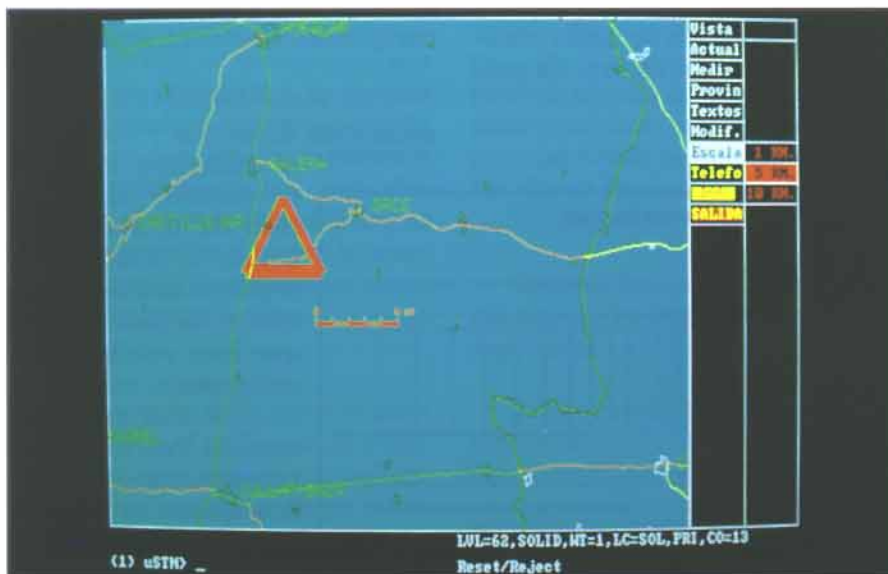


Figura 9

día, el número de personas vivas atrapadas dentro de un edificio disminuye drásticamente al 50 por 100. Por estas razones, es muy importante que la acción de rescate vaya dirigida de forma inmediata a aquellos lugares en los que se presupone un nivel de daños importante.

### 5. COMUNICACION DE LA INFORMACION SISMICA.

La información sísmica emitida por el CNIS es fundamentalmente literal en la que se describen las

características espacio-temporales del terremoto, así como la magnitud estimada de él. En principio esta información se deduce de forma automática mediante un complicado proceso de interpretación realizado en ordenadores, trabajando de forma ininterrumpida, que permiten asegurar un continuado funcionamiento. Esta información es emitida por fax o correo electrónico con arreglo al formato que aparece en la figura 8. Esta información es de forma independiente comunicada por teléfono, por el operador sísmico de guardia tanto a la Dirección General de Protección Civil, por línea telefónica dedicada,

como a las Delegaciones del Gobierno y Gobernadores civiles, así como a los responsables de protección civil de las distintas Comunidades Autónomas. Además, esta información pasa de forma automática a un sistema de información geográfica en el que, previa selección de los niveles de información que se requieran, se obtiene una visión gráfica del epicentro en una imagen gráfica del mapa a escala 1:200.000 afectado por dicho sismo. En la figura 9 se observa esta salida gráfica que es también emitida de forma automática por fax.

El objetivo de esta doble comunicación de la información es, por una parte, el de suministrar la información lo más completa posible y por otra establecer el marco de referencia geográfico en el que la evaluación empírica de daños a las personas, a los edificios y a las infraestructuras es posible predecir.

Toda esta información y su transmisión a los centros de decisión debe quedar asegurada por diferentes métodos. Para ello, se consideran no solamente aquellos basados en las comunicaciones tradicionales (teléfono, línea dedicada, fax, correo electrónico) sino también por medios autónomos como son enlaces radio que si bien son problemáticos para utilizarse en comunicación de datos digitales, son muy convenientes en el caso de información literal. En este campo, también el CNIS dispone de sistemas radio homogéneos y compatibles por los establecidos por la Dirección General de Protección Civil por lo que está asegurada en cualquier momento la comunicación por métodos alternativos.

Julio Mezcuza Rodríguez  
Subdirector general de  
Astronomía y Geofísica Instituto  
Geográfico Nacional

## APORTACION DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL AL DECENIO (OIRMD)

# La información del territorio en la reducción de los Desastres Naturales

**E**l Instituto Geográfico Nacional (IGN) es una de las instituciones españolas que participa en el Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias integrado en el Decenio Internacional que aprobaron las Naciones Unidas para los años 90.

Su colaboración a través de diversos proyectos, tiene por principal objeto el ámbito de los riesgos sísmicos, y ese es el cometido de su presencia en la Comisión Técnica creada el 11 de febrero de 1991 en el seno del Comité Nacional. La relevancia de esta contribución la avala la dirección de catorce proyectos completados o en ejecución, la organización de la Conferencia Internacional sobre sismicidad, sismotectónica y riesgo sísmico en el área Ibero-Magrebí celebrada en 1993. La colaboración bilateral con varios países y el ejercicio de su condición de miembro de pleno derecho en el Centro Regional de Sismología para América del Sur.

Una exposición más detallada de esta aportación figura en el artículo sobre el Centro Nacional de Información Sísmica que aparece en estas mismas páginas.

Otra contribución que el Instituto pone a disposición del Comité Nacional para el Decenio tiene por objeto una de sus actividades competenciales principales cual es obtener, elaborar y distribuir los datos e información de carácter geográfico que precisa la sociedad española. A este aspecto concreto van dirigidas las siguientes reflexiones: Si la participación del IGN en el riesgo sísmico

es sustantiva, casi única en este ámbito de contingencia, en las otras áreas de actuación prioritarias que acomete la parte española del Decenio: inundaciones y aludes, temporales marítimos e incendios forestales, el IGN ofrece la información del territorio como herramienta inicial en el desarrollo de acciones singulares y concretas contra esas amenazas naturales que serán paliadas o mitigadas en aplicación de ciencias o técnicas específicas de cada caso a las que el conocimiento cierto del espacio físico sirve exclusivamente de soporte o referencia, pero que se convierte en presupuesto inicial de cualquier decisión: nada podrá hacerse sin una información suficiente de dónde hay que actuar.

De varia naturaleza son los tipos de conocimientos ofertados por el IGN:

**Información Geodésica:** La Red Geodésica construida, observada y calculada para el territorio estatal en un primer orden que forman 650 vértices creando una malla de triángulos con lados de 40 Km de longitud media, proporcionan, con otros vértices complementarios que componen un orden inferior, las coordenadas de aquellos puntos que las aplicaciones de ingeniería o cualquier otra referencia al terreno demanden con una precisión extrema que otorgan adicionalmente las recientes técnicas del GPS (Sistema de posicionamiento global) y el VLBI (Interferometría de muy largo alcance).

**Cartografía terrestre:** Permite el acceso a la representación gráfica detallada del territorio y la fidelidad en

su morfología que proporcionan las curvas de nivel con equidistancia de 10 m en la escala 1/25.000, donde aparecen representados hasta los cursos de agua más reducidos, la red de comunicaciones más fiel, el dibujo de edificaciones individualizadas o los tipos de cultivo del territorio nacional. Junto a ello, los mapas provinciales, con datos muy actualizados sobre los rasgos de su fisonomía geográfica y el conjunto de otras series temáticas (turísticas, ecológicas, culturales) dan noticia fiable y actual de un país acechado, como todos, por peligros naturales que el Decenio pretende frenar.

**Teledetección:** La captación de datos por sensores remotos que portan aeronaves u otros vehículos espaciales, transformados en señales digitales que pueden ser tratadas informáticamente significa una metódica fuente de información, de notoria certidumbre, sobre la realidad de la superficie terrestre y cuya técnica viene utilizando el IGN desde tiempo atrás con fines de elaboración y actualización de la cartografía principalmente, pero de utilización también en otras aplicaciones que contribuyen al conocimiento y aprovechamiento medido de recursos naturales; en este campo, el IGN ha gestionado y dirigido la realización del Mapa de Ocupación del Suelo de España dentro del programa CORINE de la EU y ejecuta proyectos similares en Venezuela, Túnez y Marruecos. Una versión asequible y rápida de esta información está disponible en el conjunto de 183 hojas que, en escala 1/100.000 e impresión multicolor, representan nuestro país.



Son las ortoimágenes espaciales elaboradas por los datos captados por el satélite Landsat 5.

Atlas Nacional: Conforman un completo y detallado inventario (la obra, a punto de terminarse, tiene 700 páginas y 2.000 mapas) de la realidad española en sus aspectos demográficos, sociales, económicos y medioambientales georreferenciados, significando el conjunto más perfecto de información territorial, cuya versión Informatizada, coexistente con la obra impresa, permitirá una actualización regular y un tratamiento más eficaz de consulta.

Fototeca IGN: La componen más de 80.000 negativos de fotografías aéreas de los vuelos fotogramétricos que han servido para el levantamiento de la cartografía básica y el mapa topográfico parcelario en el IGN, lo cual proporciona una información territorial importante para estudios urbanísticos, forestales, agrícolas y otros usos del suelo referidos a la actualidad o, de carácter histórico, sobre la evolución gradual que refleja el terreno por la acción humana o de agentes naturales.

Toda esta información de variado origen y utilización, proporciona noticia de la realidad territorial sobre la que se pretende actuar con diversos propósitos. El que a nosotros ocupa ahora, en el marco organizativo del Decenio, es la preservación de amenazas, lamentablemente esperables. A partir de tal información se configuran actuaciones previas y posteriores a los desastres naturales con criterios científicos o, en ocasiones, empíricos, casi siempre con unos condicionantes de inmediatez y urgencia que hace difícil un tratamiento racional de datos que tienen una naturaleza diversa y dispersa (basta considerar que hemos expuesto hasta cinco medios de conocimiento territorial ofrecidos por el IGN), de ahí la demanda de instrumentos de respuesta más ágiles que avalen decisiones afinadas y ejecuciones eficaces. Para ello debemos reunir la

mayor acumulación de datos geográficos con las técnicas de gestión más depuradas en un mismo conjunto informatizado, debemos acercarnos a los Sistemas de Información Geográficos (SIG) de reciente aparición pero ya relativamente extendidos.

El IGN cuenta con el SIGNA (Sistema de Información Geográfica Nacional) que tiene una naturaleza y vocación de información básica, apto para servir a múltiples aplicaciones de variado fin. Ello es posible a partir de los planes de informatización de la cartografía que ha venido desarrollando el Instituto hace más de una década y que se compone hoy de dos grandes productos:

El Modelo digital del terreno (MDT) que está constituido por una cuadrícula con un ancho de malla de 200 metros (MDT 200) o 25 metros (MDT 25) obtenido a partir de la información altimétrica de la cartografía nacional y que diferencian el relieve del territorio al definir la altitud de cada punto. El MDT 200 tiene cobertura nacional y el MDT 25 se encuentra en ejecución.

Las Bases Cartográficas Numéricas (BCN) que han recogido con estructura de bases de datos toda la información contenida en los mapas provinciales 1/200.000 (BCN 200) o en el mapa topográfico nacional 1/25.000 (BCN 25). La BCN 200 del territorio de España está en el mercado y es actualizada periódicamente.

La información se realiza en dos fases, la primera o de tratamiento, comprende la codificación jerarquizada de los datos de naturaleza geográfica, su estructuración y asignación de atributos en forma digital y la segunda o de explotación de la base, pretende responder a las interrogantes del usuario a través de la pantalla o salidas gráficas. Las diversas capas que completan la BCN son:

- Comunicaciones.
- Hidrografía.
- Núcleos de población.
- Puntos acotados.
- Curvas de nivel.
- Edificaciones.
- Delimitaciones administrativas.

Ambos productos pueden ser explotados como SIG, con bases de datos adicionales (el IGN dispone de la de Entidades de población, de Estaciones geomagnéticas, Red de carreteras del Estado y Señales gravimétricas) que se añaden para cada utilización concreta, y que solucionan así la planificación y gestión operativa de cualquier ámbito de actividad que tenga referencia geográfica.

La respuesta de los SIG a la prevención, seguimiento y evaluación de los desastres naturales es ya una realidad que admite gran variedad según las necesidades y pretensiones del gestor.

A título de sobrio ejemplo podemos presentar la factibilidad de diversos SIG:

- Gestión del Plan Nacional del Decenio.
- Evaluación y control de inundaciones.
- Movimiento de «manchas» de sequías.
- Desertización por incendios forestales.
- Evolución de urbanismo en zonas amenazadas.
- Rehabilitación de parajes dañados.
- Simulación de eventos de desastre.

La composición de estos SIG partiría del SIGNA como información básica a la que se incorporarían las imágenes «raster» de teledetección y la información temática concreta en cada caso.

Hasta aquí, una breve muestra del potencial aumento de la colaboración del IGN a las notables y relevantes tareas que asume el Comité Nacional del Decenio.



DIRECCION  
GENERAL  
MARINA  
MERCANTE

## Mares más seguros y limpios Plan Nacional de Salvamento



Centro zonal de coordinación de salvamento

**C**ontar con uno de los más modernos y eficientes servicios de salvamento marítimo de la Unión Europea, potenciar la seguridad de la vida en la mar, y proteger el medio ambiente marino son los principales objetivos del nuevo Plan Nacional de Salvamento y Lucha contra la Contaminación del Medio Marino, aprobado el pasado mes de marzo por el Gobierno.

El Plan, que significa el definitivo asentamiento y consolidación del servicio de salvamento marítimo en España, tiene un presupuesto previsto de 46.000 millones de pesetas. Los nuevos medios materiales y humanos se ubicarán en las diferentes comunidades autónomas litorales.

Elaborado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, este Plan cumple el man-

dato contenido en la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, cuya finalidad inmediata es consolidar una organización nacional de búsqueda, salvamento y lucha contra la contaminación marina. Prevé alcanzar las máximas probabilidades de éxito en la respuesta a las emergencias acaecidas en las zonas de responsabilidad marítimas asignadas a España, millón y medio de Km

equivalente a tres veces la superficie del territorio nacional. El Plan está diseñado para interconectarse con los planes nacionales que existen en los países de nuestro entorno y con los futuros planes de la Unión Europea.

Con la aprobación del Plan de Salvamento se garantiza el compromiso adquirido por España con la comunidad marítima internacional, al ser parte de diversos convenios relacionados con el salvamento de vidas humanas en la mar y la protección del medio ambiente marino. Este compromiso, largamente aplazado, no había podido ser satisfecho hasta no disponer de una organización, estructura y planificación como la que se desarrolla mediante el nuevo Plan Nacional.

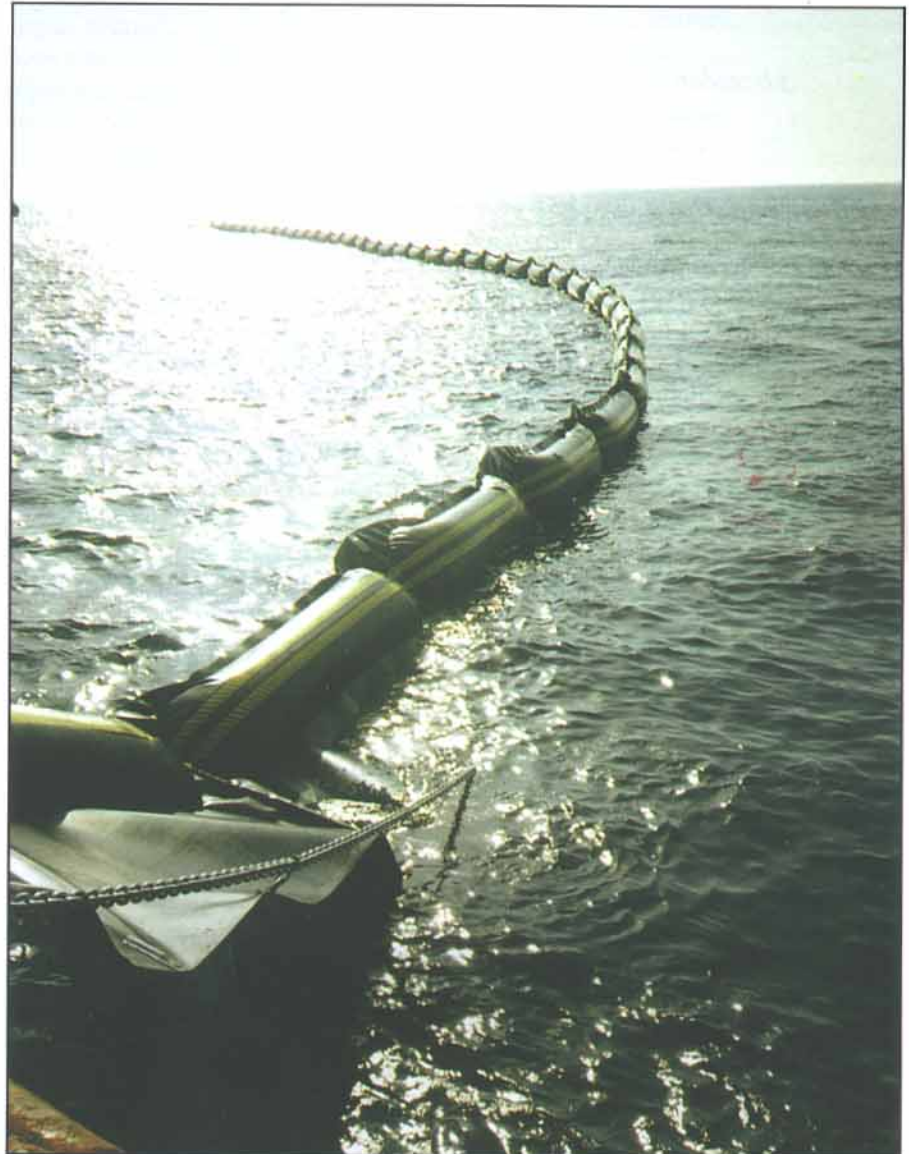
El Plan se ejecuta desde el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, donde se ubican las competencias en la materia, y la responsabilidad de su desarrollo queda encomendada a la Dirección General de la Marina Mercante.

La prestación efectiva de los servicios de búsqueda, rescate y salvamento marítimo, así como la vigilancia y ayuda del tráfico, de prevención y lucha contra la contaminación, de remolque y ayudas complementarias de los anteriores, se realiza a través de la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima, creada por la citada Ley como una entidad de derecho público, adscrita al Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

#### **OBJETIVOS DEL PLAN DE SALVAMENTO**

Los principales objetivos del Plan de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación del Medio Marino son los siguientes:

Asegurar la protección de la vida humana en la mar, incluyendo el sal-



vamento de tripulaciones y personas afectadas por accidentes marítimos, búsqueda de desaparecidos, evacuación de enfermos y heridos, y vigilancia del tráfico marítimo por medio de los centros coordinadores de salvamento.

Preservar el medio ambiente marino, incluyendo la prevención y lucha contra la contaminación marina accidental, la persecución de las infracciones cometidas desde buques e instalaciones en alta mar, y el control de la entrega y recepción de los residuos contaminantes procedentes de dichas unidades.

Garantizar el salvamento de los bienes implicados en el transporte marítimo, incluyendo los buques e

instalaciones en peligro, la retirada de obstrucciones a la navegación y la remoción de restos que supongan un riesgo para la misma.

Así como coordinar los recursos susceptibles de ser utilizados en respuesta a cualquier emergencia marítima, bajo la dirección única estatal ejecutada a través de los centros de coordinación de salvamento y lucha contra la contaminación.

Para alcanzar estos objetivos, el Plan establece actuaciones prioritarias en los siguientes programas:

Construcción de centros de control de tráfico marítimo y de coordi-

## RESUMEN TOTAL DE INVERSIONES 1994 - 1997 (EN MILLONES DE PESETAS)

AÑO BASE 1993	CONCEPTOS	EVOLUCION DEL PLAN				
		1994	1995	1996	1997	1994-1997
1.502	OBRA CIVIL *	1.180	660	160		2.000
1.636	EQUIPAMIENTO ELECTRONICO **	1.611	1.535	1.485	270	4.901
180	EQUIPAMIENTOS UNIDADES AEROMARITIMAS **	333	568	857	1.384	3.142
3.318	TOTAL PERIODO	3.124	2.763	2.502	1.654	10.043
3.318	TOTAL ACUMULADO	3.124	5.887	8.389	10.043	10.043

\* Con cargo a los Presupuestos de la Dirección General de la Marina Mercante

\*\* Con cargo a los Presupuestos de la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima

## RESUMEN TOTAL DE GASTOS 1994 - 1997 (EN MILLONES DE PESETAS)

AÑO BASE 1993	CONCEPTOS	EVOLUCION DEL PLAN				
		1994	1995	1996	1997	1994-1997
4.395	SUBTOTAL COMPAÑIAS AEROMARITIMAS	5.369	6.348	7.092	7.883	26.692
800	SUBTOTAL OPERACION Y GESTION CENTROS	5.451	1.761	2.160	2.292	7.664
145	SUBTOTAL MANTENIMIENTO CENTROS Y UNIDADES	301	469	656	788	2.214
5.340	TOTAL PERIODO	7.121	8.578	9.908	10.963	36.570
5.340	TOTAL ACUMULADO	7.121	15.699	25.607	36.570	36.570

Total de gastos con cargo a los Presupuestos de la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima

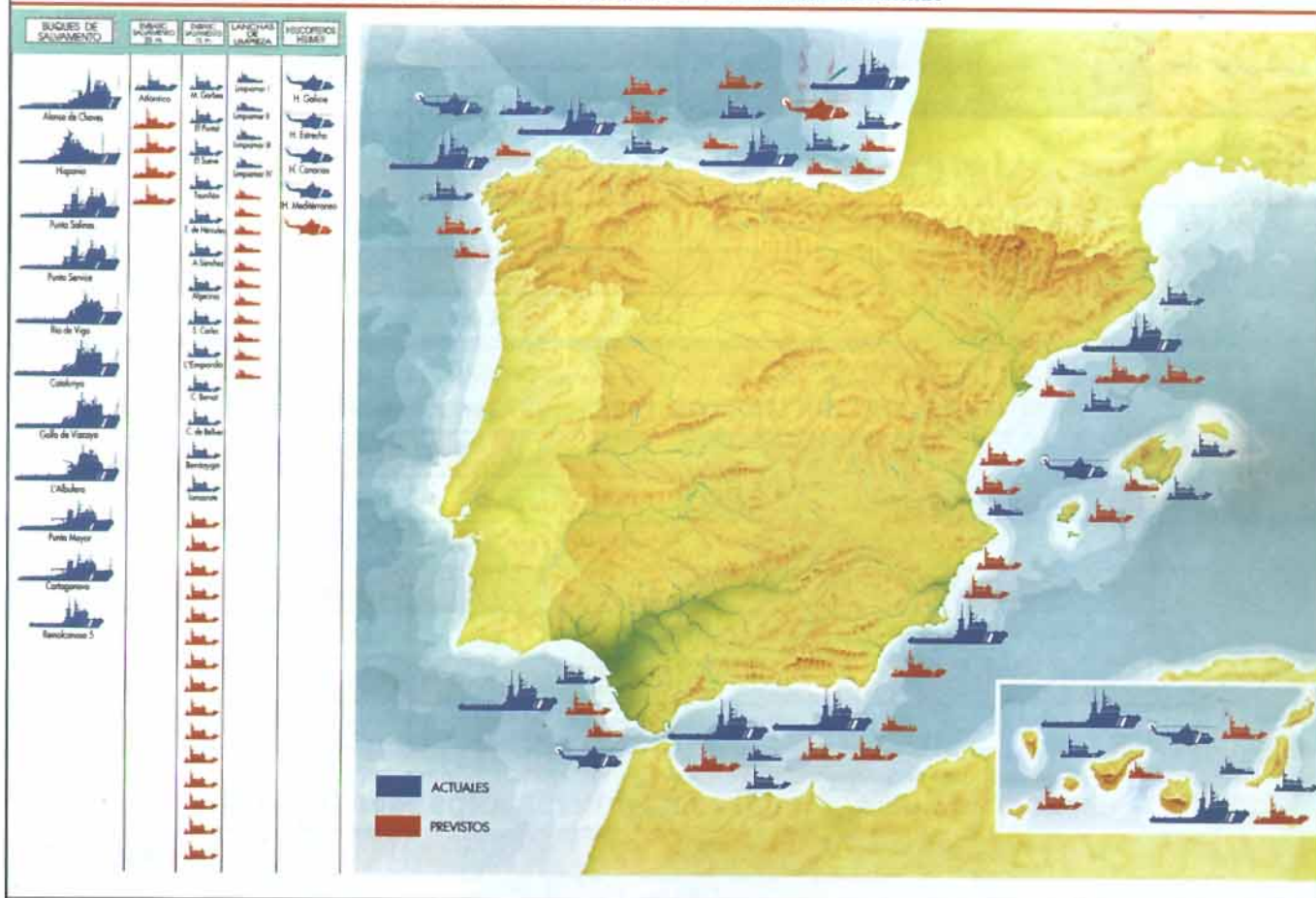
## ESTADISTICA DE ACCIDENTES MARITIMOS AÑOS 1991-1992-1993

SEGUN LA CAUSA QUE LOS PRODUJO	1991	1992	1993
MAL TIEMPO	139	60	68
FALLO HUMANO	64	67	124
FALLO MATERIAL	152	78	206
DESCONOCIDAS	66	121	87
OTRAS	331	664	745

SEGUN LA ACTIVIDAD DEL BUQUE	1991	1992	1993
BUQUES PESQUEROS	252	347	421
EMBARCACIONES DE RECREO	250	337	528
BUQUES MERCANTES	130	306	281
OTROS	120	1.092	1.658
TOTAL	752	2.082	2.888

NUMERO DE AFECTADOS	1991	1992	1993
MUERTOS	90	100	169
DESAPARECIDOS	100	133	72
HERIDOS O ENFERMOS	222	294	309
RESCATADOS ILESOS	1.558	2.192	1.818
TOTAL	1.970	2.719	2.368

## DESPLIEGUE DE LA FLOTA DE LA SOCIEDAD ESTATAL DE SALVAMENTO Y SEGURIDAD MARITIMA



nación de salvamento y lucha contra la contaminación.

Equipamiento electrónico para dichos centros. Dotación de medios humanos especializados y de medios materiales, tales como unidades marítimas, aéreas y equipos.

Creación de la Comisión Nacional de Salvamento Marítimo, para garantizar la coordinación con todas las administraciones públicas sobre la base de la corresponsabilidad y la dirección única estatal.

Formación específica para el personal adscrito al cumplimiento del Plan y actividades I+D relacionadas con la seguridad y la contaminación marina.

El conjunto de las inversiones y gastos previstos por el Plan para el período 1994-1997 es de 46.000 millones de pesetas, con una clara tendencia a decrecer el esfuerzo inversor al final de dicho período,

por la materialización de las infraestructuras precisas.

La Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima cuenta en la actualidad con ocho centros de Coordinación de Salvamento ubicados en Finisterre, Tarifa, Gijón, Barcelona, Palma de Mallorca, Las Palmas, Tenerife y La Coruña. Estos centros actúan bajo la coordinación del centro nacional, situado en Madrid.

El Plan prevé la puesta en marcha de trece centros más, cuatro de los cuales (Bilbao, Valencia y Almería) entrarán en funcionamiento de manera inmediata.

La Sociedad cuenta igualmente con un centro de formación especializada en materia de seguridad, salvamento y lucha contra la contaminación, tanto en el ámbito marítimo como terrestre. Ubicado en el concejo gijo-

nes de Veranes, cuenta con las más modernas instalaciones, y con un importante equipo de profesionales y especialistas.

El Plan es, además, una exigencia que se enmarca en la política de la Unión Europea en materia de salvamento y protección ecológica de las costas, litorales y aguas del espacio marítimo europeo, definida en el documento comunitario "una política común de seguridad marítima", recientemente aprobado con el impulso generado por los accidentes marítimos de estos últimos años.

Precisamente por esta dimensión europea, una parte sustancial de las infraestructuras necesarias obtendrán financiación comunitaria a través de los fondos de cohesión.



DIRECCION  
GENERAL  
OBRAS  
HIDRAULICAS

## El Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.)

### DESCRIPCION DEL SISTEMA.

#### DEFINICION.

**S**e trata de un potente instrumento de trabajo, que permite conocer, en determinados puntos y en tiempo real, las variaciones de las variables meteorológicas e hidrológicas de una cuenca hidrográfica.

Conviene aclarar lo que se entiende por tiempo real, variables meteorológicas e hidrológicas y cuenca hidrográfica.

Conocer una cosa en tiempo real quiere decir enterarse de ese suceso en el momento en que se produce.

Variables meteorológicas son las cantidades de precipitación, la temperatura, la humedad, la fuerza e intensidad del viento, la evaporación, etc.

Variables hidrológicas son las alturas del agua en los ríos, canales y embalses, los caudales que discurren por los cauces y canales, o que entran y salen de los embalses, etc.

El concepto de cuenca hidrográfica es doble:

El geográfico, que se refiere a la zona, cuya agua, tanto superficial como subterránea, va a parar a un río, al que pertenece dicha cuenca.

Y el administrativo, que es según el cual la España peninsular está dividida en diez cuencas: Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar, Ebro y Pirineo Oriental. Algunas de éstas corresponden a cuencas hidrográficas de grandes ríos, como ocurre con los casos del Duero, Tajo y Ebro.

Cuando en el SAIH nos referimos a cuencas hidrográficas, se adopta el concepto administrativo.

#### OBJETO.

Agilizar y racionalizar la toma de decisiones en dos tipos de situaciones, que se presentan en una Confederación Hidrográfica:

*La gestión de los recursos hídricos, para optimizar su utilización.*

*La previsión y seguimiento de la evolución de las avenidas, para disminuir sus daños, en lo posible.*

Como consecuencia de la implantación del SAIH, se consigue:

*Mejorar las bases de datos hidrológicos.*

*Conocer la situación de las presas, mejorando su seguridad.*

Es importante destacar que si bien, como es evidente, la instalación del SAIH no modificará las condiciones hidrológicas naturales, de forma que se seguirán produciendo avenidas y sequías, lo que sí proporcionará es un conocimiento inmediato de la situación hidráulica de la cuenca, que permitirá, en muchos casos, reducir los daños que de otra manera producirían las avenidas, así como utilizar los recursos existentes de forma óptima.

#### FUNCIONES.

Para cumplir estos objetivos, las funciones del SAIH han de ser tres principales:

– La captación automática de las variables, mediante sensores.

– La transmisión de estos datos a los puntos donde se elaboren.

– La elaboración y presentación de estos datos, para que sirvan de ayuda a la toma de decisiones.

### CONFIGURACION.

El alcance del sistema es peninsular, distribuido en tantos sistemas parciales, como Confederaciones Hidrográficas existen en la Península, o sea, diez.

La estructura en cada cuenca es jerárquica, de tipo arborescente, distribuida en tres niveles:

a) Puntos de Control.–Son las estaciones remotas, donde se captan las variables. Hay tantos tipos de ellos, como variables se quieran captar:

FUERA DE LA RED HIDROLOGICA.

*Pluviómetros y pluviométricos*  
*Precipitación*  
*Telenivómetros*  
*Datos nivales.*

*Pozos freático*  
*Altura del manto freático y calidad.*

EN LA RED.

*Presas*  
*Volumen, salida y entrada de agua, calidad.*

*Estaciones foronómicas y de calidad:*  
*Ríos: Altura del agua, calidad y caudales.*  
*Canales.*  
*Tuberías.*

SITUACION VARIABLE.

*Estaciones meteorológicas.*

Todos estos puntos tienen cuatro elementos fundamentales: Los sensores, para la captación de las variables y las alarmas; un microprocesador,

para el control de la transmisión y el almacenamiento de estas variables; los aparatos de radio para recepción y emisión, y el abastecimiento de energía, tanto normal como de emergencia.

Exteriormente, estos puntos constan, además de la infraestructura propia de su tipología, de una caseta, donde se encierran los elementos electrónicos, la radio y las baterías de emergencia; de una antena de radio; de una acometida de energía o paneles fotovoltaicos, y de una valla metálica de protección.

b) Puntos de concentración.–Son los puntos de enlace entre los puntos de control y el centro de la cuenca.

Se trata de puntos que controlan o gobiernan zonas importantes de la cuenca hidrográfica, y que suelen ser oficinas o presas de cierta importancia, en las que existe personal técnico cualificado para ejercer esta función.



Por eso, en estos puntos hay una primera elaboración y presentación de los datos que llegan de su zona, con objeto de que este personal pueda tomar determinadas decisiones, que habitualmente lo hacen para la explotación de los recursos hídricos.

Los elementos de estos puntos son: un miniordenador con algún periférico, la radio y el abastecimiento de energía, que suele ser la red para situaciones normales, y grupos electrógenos o baterías para casos de emergencia.

c) Centro de cuenca.—Es el nivel superior del SAIH de cada cuenca hidrográfica, donde se hace la elaboración final de todos los datos, se archivan y se procesan para obtener las ayudas necesarias para la toma de decisiones en las situaciones, ya comentadas, de explotación y de previsión de avenidas.

Se localiza en las oficinas centrales de la Confederación Hidrográfica correspondiente.

Los elementos con que cuenta este punto son: un potente ordenador con periféricos (pantallas, «plotter», impresora, consolas de trabajo, etc.) y todo el «logical» necesario; un panel sinóptico con el esquema de la cuenca y los datos más significativos; un proyector y una biblioteca de modelos matemáticos. También tiene la central de transmisión y grupos electrógenos para abastecimiento de energía en situaciones de emergencia.

d) Energía.—Todos los puntos están dotados de dos fuentes de alimentación de energía, una que funciona en situaciones normales y otra que funciona en los casos de emergencia, por fallo de la anterior.

La fuente normal es, siempre que es económicamente posible, una línea eléctrica, y, en caso de puntos aislados y de difícil acceso para líneas, por medio de paneles fotovoltaicos.



La fuente de emergencia consiste normalmente en grupos de baterías, con una autonomía previamente estudiada, y, cuando es posible (presas, oficinas, etc.), en grupos electrógenos.

e) Comunicación.—En las cinco primeras cuencas puestas en marcha se hizo por radio, aunque actualmente se estudia la posibilidad de hacerlo a través de satélite geoestacionario. (HISPASAT).

En la transmisión por radio se distinguen dos redes, que funcionan con frecuencias diferentes: la primaria, que enlaza el centro de cuenca con los puntos de concentración, y la secundaria, que enlaza cada punto de concentración con sus puntos de control.

Estos enlaces se hacen a través de torres repetidoras, que físicamente se ubican como puntos de control especialmente difíciles, en cuanto a su situación y accesos. También tie-





nen una caseta, donde se encierran los aparatos de radio, un microprocesador de control de la transmisión y las baterías de emergencia. Disponen asimismo de una batería de paneles fotovoltaicos o de una línea eléctrica, de la torre repetidora, que suele ser de gran tamaño, y de una valla protectora.

f) **Funcionamiento.**—Los sensores de los puntos de control están cogiendo datos constantemente y almacenándolos en su microprocesador.

Periódicamente, a juicio del Director del sistema, el centro de cuenca hace una interrogación de petición de datos a los puntos de concentración, y éstos, a su vez, a sus puntos de control. Estos responden, con un criterio de respuesta fijado previamente (media de datos acumulados, máximos, etc.), a sus respectivos puntos de concentración, donde se hace un primer archivo, elaboración y presentación de datos, y estos puntos pasan al centro de la cuenca los datos iniciales de los puntos de control.

El centro de cuenca comprueba las elaboraciones hechas en los puntos de concentración y forma el archivo central, haciendo un tratamiento informático más sofisticado de los datos, para su manejo estadístico, calibración de modelos matemáticos, presentación de situaciones, etc.

Simultáneamente, en el centro de cuenca se está estudiando constantemente modelos matemáticos y sistemas expertos, que se comprueban con los datos que llegan en tiempo real, permitiendo así un perfeccionamiento continuo de esta potente herramienta de trabajo y de previsión.

#### *SITUACION ACTUAL.*

Los primeros estudios de este sistema empezaron en 1983, en las cuencas mediterráneas, en las que se consideró que era más necesaria la utilización del SAIH.

Actualmente están en funcionamiento, de forma satisfactoria en cuanto a transmisión de datos, las cuencas

del Júcar, Segura y Sur de España. Está en elaboración el proceso informático de sus centros de cuenca, para llegar al grado de calidad que se ha previsto.

Están en implantación en las cuencas del Ebro y del Pirineo Oriental, cuya terminación está prevista para 1995 y 1994, respectivamente.

También se ha empezado recientemente la implantación en la cuenca del Guadalquivir, donde la transmisión se va a hacer a través del satélite HISPASAT.

Están en redacción los proyectos correspondientes a las cuencas del Tajo y del Guadiana, y en estudio el del Norte.

También se está estudiando la ampliación en la cuenca del Duero de una primera implantación parcial, que se ha hecho afectando exclusivamente a las redes de explotación.

Alfonso Pedrero González  
Jefe del Servicio de Información  
Hidrográfica



INSTITUTO  
PARA LA  
CONSERVACION  
DE LA  
NATURALEZA

LAPREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE  
DESASTRES NATURALES EN ESPAÑA A TRAVÉS DE

# Acciones de restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión

## RESEÑA HISTÓRICA

Desde mediados del pasado siglo adquieren carácter de postulados mundialmente reconocidos, tanto la influencia de los bosques en la

conservación y mejora de los suelos vegetales y su interacción en el ciclo hidrológico y régimen de escorrentía de las cuencas hidrográficas, como su función consecuente en la prevención y reducción de los desastres naturales originados por inundaciones, vendavales, aludes de nieve y corrimientos o deslizamientos de tierras.

En España, sin embargo, las adversas coyunturas políticas que se sucedieron en la segunda mitad del siglo XIX, sólo dio ocasión a que la Administración Forestal Pública que entonces se instituyó profesionalmente, abordara principalmente la gran labor de inventariación, catalogación, consolidación legal y tratamiento selvícola ordenado de los bosques, para que éstos mantuvieran su persistencia y funciones protectoras, compatibles con el aprovechamiento racional de sus recursos.

Restauración hidrológico-forestal del área de escorrentía incidente en el pueblo de Montecorto (Málaga)



Fue, pues, a comienzos del siglo XX y como cometido de las Divisiones Hidrológico-Forestales que se crean en 1901, cuando en España se diversifica la técnica forestal y se atiende decisivamente a la restauración de montañas, corrección de cauces torrenciales y fijación de dunas litorales y continentales, con los objetivos de detener y controlar los procesos degradatorios del medio natural y proteger las poblaciones y bienes afectados por tales procesos. Objetivos éstos que asumidos por su

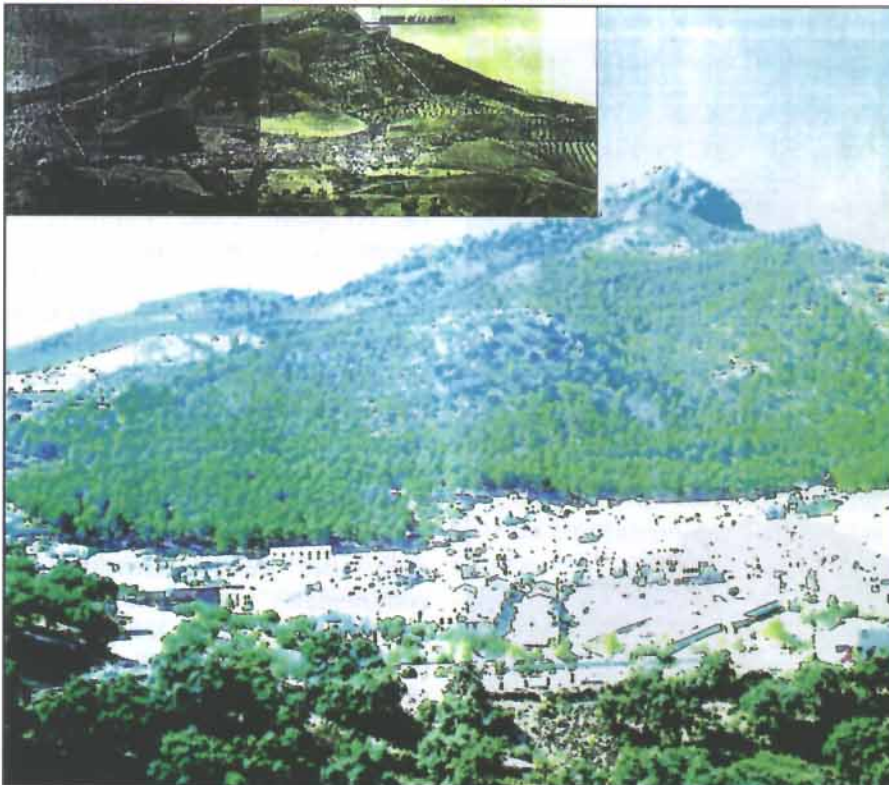
propia naturaleza como una política de estado, se incorporan sin solución de continuidad al quehacer de las instituciones públicas sucesoras, Patrimonio Forestal del Estado, ICONA y los Organismos correspondientes de las Comunidades Autónomas, hoy día.

Como resultado de esta política de protección del territorio vinculada a la defensa de los asentamientos humanos y bienes sociales, económicos y ecológicos, significamos las siguientes realizaciones:

a) En defensa de poblaciones, bajo amenaza de crecidas torrenciales súbitas y violentas, con gran proporción de arrastres de piedra y barro, se destacan, entre otras, las que se llevaron a cabo en:

Málaga, Montecorto (Málaga), Beas de Segura (Jaén), El Bosque y Gastor (Cádiz), Lanjarón (Granada), Gerri de la Sal (Lleida), Viella y Arties (Valle de Arán, Lleida), Senet (Lleida), Pont de Suert (Lleida), y últimamente en el quinquenio 1989-93;

Restauración y corrección de las cuencas y cauces, cuyas descargas torrenciales asolaban el pueblo de Gastor (Cádiz).



Callosa del Segura, Aspe, Planes y Redován en Alicante y Navajas en Castellón.

b) En protección y defensa de vías de comunicación, frente a desprendimientos y aludes, procede mencionar las que se hicieron en las cuencas torrenciales y aludiales incidentes en:

La estación de ferrocarril de Canfranc (Huesca), carretera de acceso al Valle de Arán (Lleida), carretera Madrid-Barcelona en Valdemoches (Guadalajara), carretera de Ribas a Puigcerdá (Girona) y de Planolas a Tossa (Girona).

c) En defensa de centros de transformación hidroeléctrica, canales, infraestructuras hidráulicas y de conducción electro-energética, directamente afectadas por impactos de avalanchas o de materiales deyectivos, las actuaciones más relevantes se localizan en:

Capdella, Arties, Bono, Vilaller y Pont de Suert en Lleida.

d) En acciones de estabilización definitiva de arenas voladoras y dunas, protegiendo poblaciones, vías de comunicación y establecimientos agrarios e industriales, hasta el punto de que, hoy día, esta problemática está prácticamente resuelta a nivel peninsular, referiremos las que se ejecutaron en:

Las dunas continentales de Valladolid y Segovia y en las dunas litorales del Golfo de Rosas (Girona), Guardamar y Elche (Alicante), Marbella (Málaga), Algeciras, Tarifa, Barbate y Rota (Cádiz). El Acebuche, Mazagón, Punta Umbría, Isla Cristina y Ayamonte (Huelva).

En todas ellas, se han formado y naturalizado ecosistemas de gran biodiversidad florística y faunística, al amparo de la cubierta vegetal fijadora instaurada.

## PLANTEAMIENTOS Y TRATAMIENTOS ACTUALES

Los planes actuales de estrategias y actividades para el tratamiento del medio natural tienen muy presente, la corrección de aquellos desequilibrios ambientales, cuyas repercusiones son agravantes en los episodios naturales, generadores de desastres.

En este sentido, el conjunto de factores implicados en la deforestación, la regresión de la cubierta vegetal, la erosión y la desertificación, se manifiesta como el problema ambiental más grave de cuantos afectan al territorio y al sistema interactivo entre la atmósfera, el suelo, el agua y la vegetación.

En España, la amplitud alcanzada por el paisaje erosivo, especialmente en las cuencas vertientes climáticamente mediterráneas, constituye una de las mayores preocupaciones de los poderes públicos, tanto por el empobrecimiento de los frágiles ecosistemas que se sustentan en estos suelos, como por la contribución de los mismos a la generación

de avenidas catastróficas. Propiciadas éstas por las fuertes cargas de sedimentos y caudales sólidos que fácilmente se movilizan e incorporan a los flujos de la red de drenaje, durante las intensas precipitaciones torrenciales que recurrentemente se producen en estas zonas.

Ahora bien, el conocimiento e información que se ha alcanzado sobre los factores implicados en estos procesos degradatorios y la experimentación y contrastación de las técnicas apropiadas para su reducción y control, permiten acometer esta problemática integrando toda la información temática y evaluatoria ya conocida y analizando las diversas hipótesis de respuesta a la intensidad del fenómeno erosivo y sus secuelas.

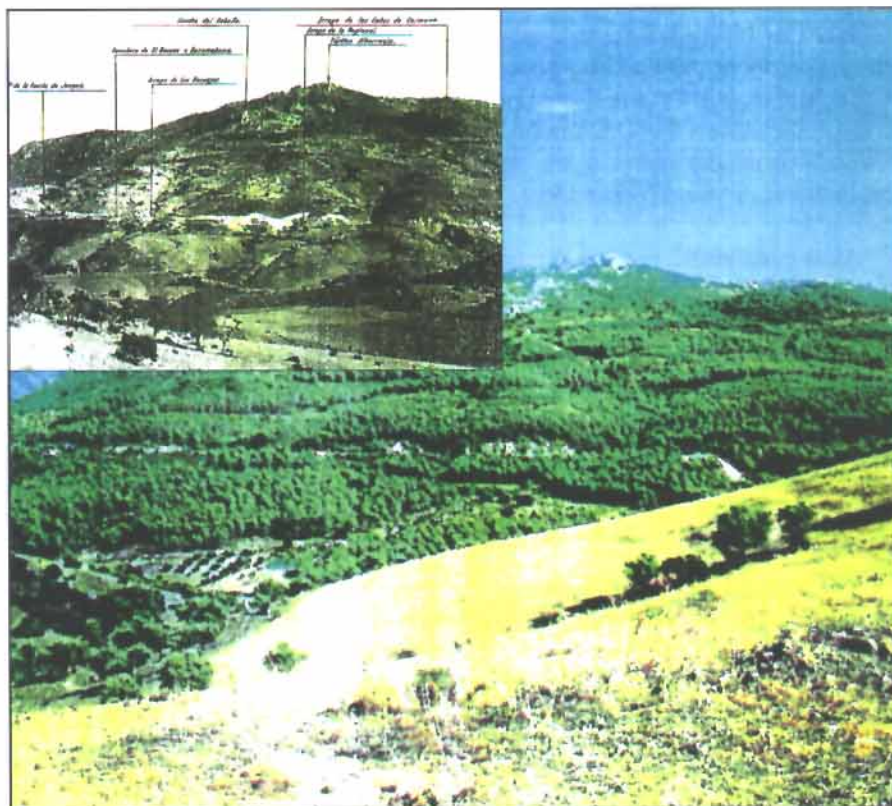
En cuanto a la definición de medidas y actuaciones concretas de control, corrección o minorización del fenómeno erosivo hídrico, con resultado de avenida torrencial, los instrumentos científico-técnicos que se manejan para diseñar soluciones, son:

- El conocimiento e interpretación de la dinámica y comportamiento hidrológico del sistema cuenca, para los distintos períodos de retorno de las precipitaciones generadoras de episodios torrenciales.

- El análisis del relieve y de la geomorfología de la cuenca y de su red de drenaje, así como de las formas en que, para tales episodios, se produce la escorrentía, el arranque, la suspensión y el acarreo de materiales, y los sucesivos fenómenos de erosión y sedimentación en los cauces.

- El estudio de la naturaleza de los suelos y de las formaciones vegetales que sustentan, en orden con el grado de protección que se quiere alcanzar.

Sobre estas bases, las acciones, integradas en un modelo corrector para la restauración hidrológico



Area continua de restauración y corrección en las laderas y torrentes que inciden en la carretera de El Bosque a Benamahoma.

forestal y conservación de suelos de una cuenca, son en términos generales, las siguientes:

- Las biológicas, junto con las de restauración de ecosistemas primigenios, cuyas técnicas de implantación y tratamiento mejoren el régimen de escorrentía e infiltración de las aguas pluviales o de fusión de las nieves y coadyuven a la laminación de los hidrogramas de avenidas.

- Las de estabilización y corrección de cauces torrenciales que sistematicen las descargas de caudales torrenciales y equilibren las fuerzas tractivas de las aguas con las fuerzas límite de arrastre de los materiales del lecho y márgenes.

- Las de sostenimiento y retención de la estratificación nívea, en los colectores proclives a desprendimientos y avalanchas, así como los de contención y frenado de aludes de nieve.

- Las de implantación de prácticas y métodos de cultivo agrícola, conservadoras y protectoras del suelo, incluidas las de reutilización forestal de tierras agrícolas en abandono.

- Las de ordenación agrohidrológica, como base de la planificación y asignación de usos y con el objetivo de optimizar la protección y el aprovechamiento de los recursos del suelo, manteniendo los ecosistemas que sustenta, sin tensiones ecológicas o externalidades sociales negativas.

- Las de infraestructuras y de prevención contra incendios y agentes nocivos.

#### LA DIMENSION Y EVALUACION DEL PROBLEMA EN ESPAÑA

En España, el proceso erosivo, generado por la agresividad pluvial y su escorrentía superficial, está hoy día localizado y ponderado geográficamente, a nivel de la totalidad de

las cuencas hidrográficas peninsulares en la colección cartográfica denominada Mapas de Estados Erosivos, completados, en 1993-94, con los mapas correspondientes a las cuencas insulares, en vías de publicación.

Esta cartografía registra y cuantifica la erosión laminar y en regueros que resulta de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas del Suelo (USLE), al integrar en su formulación los principales parámetros que intervienen en el fenómeno erosivo laminar.

Complementariamente, se ha clasificado esta problemática en función de la intensidad del fenómeno erosivo y de la frecuencia de avenidas en subcuencas de unos 1.500 Km cuadrados, a través de un modelo de caracterización y superposición cartográfica de los factores básicos implicados (la agresividad de la lluvia, las unidades de relieve y la cobertura vegetal) que permite obtener una agrupación, por niveles de intensidad de 1 a 4, de grandes áreas, con distorsión y degradación acusada en el ciclo hidrológico, constituidas por unidades de cuencas y subcuencas.

La clasificación obtenida delimita, a escala 1/1.000.000, las siguientes áreas críticas:

- Áreas de alto índice de erosión.
- Áreas de alto riesgo de erosión y aridez.

- Áreas con alto índice de erosión y riesgo de avenidas, próximas o con efectos directos en poblaciones, infraestructuras hidráulicas o importantes intereses socioeconómicos.

Sin embargo, para alcanzar una más precisa y delimitada categorización de prioridades, en orden a la gravedad de las consecuencias del proceso erosivo y que permita programar un plan de actuaciones para el control del transporte sólido en las corrientes fluviales, se hace necesario acudir a una segunda etapa de inventariación nacional de zonas de erosión, con mayor resolución, a escala no menor de 1/50.000. Lo que posibilitará identificar las subcuencas críticas que habrán de ser objeto de proyectos concretos de restauración hidrológico-forestal. Inventario que se pretende iniciar en 1995.

Junto a estos dos trabajos, de ámbito nacional, realizados para evaluar la amplitud e intensidad de la erosión de los suelos españoles, se viene desarrollando, desde 1981, el llamado proyecto LUCDEME (Lucha contra la desertificación en el Mediterráneo) como contribución española al Plan de Acción aprobado en Nairobi y con el objetivo de avanzar en el conocimiento de los fenómenos físicos, económicos y sociológicos que llevan a la desertificación.

A través de este proyecto se ha venido generando una enorme profusión de estudios, mapas temáticos, investigaciones y aplicaciones técnicas en cuencas representativas, en los campos antrópicos, climáticos, geomorfológicos, edáficos y bioecológicos, que constituye un modelo de producción piloto para el conocimiento de los procesos erosivos en zonas semiáridas.

### EL PLAN DE ACTUACIONES DISEÑADO

#### Definición y finalidad del Plan

A partir del diagnóstico obtenido por los anteriores estudios y trabajos y en una línea de dinamización de acciones de desarrollo de zonas rurales con situaciones desfavorables respecto a la erosión, la economía de agua de los suelos y los riesgos de incendios, se ha programado un plan básico de restauración y mejora de cubiertas forestales hidrológicas, acompañado de medidas de estabilización y corrección de cauces torrenciales y ordenación agrohidrológica de cuencas, especialmente en la parte superior de las cuencas hidrográficas y en las zonas amenazadas por inundaciones.

	H-2000	H-2012	H-2032	TOTAL
REPOBLACION Y REGENERACION DE CUBIERTAS VEGETALES PROTECTORAS (EN HAS)	500,000	1,200,000	2,500,000	4,200,000
INVERSION (EN MILLONES DE PTS)	115,000	276,000	575,000	966,000
TRATAMIENTO Y MEJORA DE BOSQUES Y VEGETACION PROTECTORA (EN HAS)	640,000	1,600,000	3,200,000	5,440,000
INVERSION (EN MILLONES DE PTS)	64,000	160,000	320,000	544,000
HIDROTECNIAS EN CAUCES Y TRABAJOS DE CONSERVACION DE SUELOS (EN M3)	4,000,000	10,000,000	20,000,000	34,000,000
INVERSION (EN MILLONES DE PTS)	66,000	165,000	330,000	561,000
<b>TOTAL INVERSION</b>	<b>245,000</b>	<b>601,000</b>	<b>1,221,000</b>	<b>2,067,000</b>

Esquema 1



Sistema neutralizado de fijación de ventisqueros y estratos de nieve en el Valle de Arán (Lérida).

Este plan, de una parte, debe viabilizar, además, la diversidad de actividades y rentas alternativas para las personas que trabajan en el medio agrario, a través de estímulos financieros que contribuyan al desarrollo de ecosistemas forestales favorables para la agricultura. Y de otra, debe vincularse al Plan Hidrológico Nacional y a los Planes de Cuenca respectivos, en cumplimiento del art. 40 de la actual Ley de Aguas que así lo contempla.

#### *Acciones e inversiones que se programan*

La programación de las principales acciones que comprende el Plan y su coste, en pts constantes del año 1993, en los horizontes: año 2000, año 2012 y año 2032, es la que se describe en el *esquema 1*

#### *Instrumentación ejecutiva y financiera*

Dado que, en la actual configuración político-administrativa del

Estado, se establece como competencia compartida entre la Administración Central y las de las CC.AA., la función y actividad correspondiente a la Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas y el Control de la Erosión y este ejercicio competencial respectivo se instrumenta a través de Convenios de Coordinación, cooperación y colaboración, tal instrumentación seguirá utilizándose como medio ejecutivo para la realización del Programa.

Hay que añadir que la operatividad de estos Convenios, suscritos el mismo año en que se hicieron efectivos los decretos transferenciales, ha posibilitado una eficaz sintonía de criterios y una corresponsabilidad financiera ciertamente importante. En este contexto, el hecho de que estas acciones se promovieran desde 1988, en Reglamentos específicos de la Comunidad Europea, con sustantivos retornos financieros, ha dinamizado fuertemente las realizaciones, especialmente las que incidían en un escenario coincidente de zonas

desfavorecidas y agudos procesos erosivos.

De otra parte, al tener tales acciones naturaleza de protección medio ambiental, éstas, a partir de 1993, han sido incluidas como elegibles para su cofinanciación con cargo a los Fondos de Cohesión, cuyo reglamento contempla un retorno financiero de hasta el 85% de la inversión.

Este esfuerzo y apoyo financiero, vía Fondos Estructurales y de Cohesión, ha permitido un nivel de aplicación de recursos, en el quinquenio 1989-1993, del orden de 16.000 pts/año. Inversión que duplica la media del decenio anterior.

Hay, pues, una situación ciertamente favorable para el cumplimiento de los compromisos financieros que supone la ejecución del Plan, al menos hasta el año 2000, al amparo de la Política Comunitaria de la U.E.; ya que, en ella, las acciones de protección medio ambiental, las medidas de reutilización forestal de suelo agrícola excedentario y las acciones de desarrollo de los bosques en zonas rurales, se consideran preeminentes para la corrección de los graves problemas de la erosión.

Como punto final, hay que considerar que la realización de este Plan no comporta dificultades científicas o técnicas insalvables, ni contrapuestas con el desarrollo sostenido y mantenimiento de la población rural, sino que, por el contrario, daría lugar a la creación de alternativas de rentas y a una aceptación social con costes mínimos, siempre y cuando se tenga presente que los proyectos ejecutivos han de ser científicamente sostenibles, tecnológicamente factibles y económicamente viables, en términos de economía social.

Natalio Camacho López  
Jefe del Área de Hidrología Forestal

# La prevención de los desastres naturales en España en relación con los incendios forestales

## A. EVOLUCION DEL NUMERO DE INCENDIOS Y SUPERFICIE RECORRIDA POR EL FUEGO DE LOS ULTIMOS CINCO AÑOS (1989-1993)

AÑO	1989	1990	1991	1992	1993
Nº DE CONATOS (1)	5.152	4.347	6.098	8.603	10.508
Nº DE INCENDIOS	15.441	8.127	7.186	7.292	4.203
S. ARBOLADO (HA)	182.369	73.030	116.512	39.961	32.650
S. NO ARBOLADO (HA)	244.100	130.403	142.906	64.631	60.458
SUPERFICIE TOTAL (HA)	426.469	203.433	259.418	104.592	93.108

(1) Incendios con superficie menor de 1 ha.

## B. EVOLUCION DE LOS GRANDES INCENDIOS MAYORES DE 500 HAS

AÑO	Nº DE INCENDIOS	Nº DE INCENDIOS > 500 HAS	SUPERFICIE TOTAL AFECTADA	S. AFECTADA POR GRANDES INCENDIOS
1989	20.384	92	410.180,6	82.987,0
1990	12.474	56	204.042,6	66.183,8
1991	13.011	73	224.706,5	126.179,4
1992	15.895	18	104.591,7	30.918,6
1993	14.711	19	93.108,0	43.335,4

### COMENTARIOS

En la estadística del número de incendios se distinguen: los pequeños incendios, CONATOS, con superficie menor de 1 Ha, de los incendios con superficie superior a 1 Ha, la suma de ambos se mantiene próxima a 15.000 incendios anuales, excepto el año 1989, climatológicamente malo, en que se sobrepasó los 20.000.

Ha de resaltarse que en los últimos años el número de «conatos» es muy superior al de incendios mayores de 1 Ha (1993), esto indica que se ha conseguido una clara efi-

cacia en la extinción reflejada en que cada vez es menor el tiempo que tardan los medios en acudir a la extinción, lo que puede explicarse, en parte, por el incremento del número de helicópteros que solucionan el acceso a sitios difíciles.

Con respecto a la disminución de las superficies recorridas por el fuego el cuadro refleja una evolución muy favorable.

La superficie afectada por grandes incendios, mayores de 500 Has, en los últimos años se mantiene entre 1/3 y 1/2 de la superficie total como se refleja en el Cuadro.

Es alarmante que en los dos últimos años sólo el 1% de los incendios suponga casi el 50% de la superficie total recorrida por el fuego, esto se explicará más adelante cuando se trate de la severidad meteorológica provocada por vientos terrales.

Un número significativo de las muertes fueron provocadas por accidentes aéreos, principalmente de helicópteros. En aviones ligeros suelen salvarse los pilotos. Ha de resaltarse los 5 muertos de 1993 producidos al rodear el fuego una urbanización. El accidente se produjo al arder el vehículo en que escapaban.

**SEVERIDAD METEOROLOGICA**

La gravedad del problema de los incendios forestales en España está íntimamente relacionada con la severidad meteorológica, al igual que en los restantes países europeos del área mediterránea.

La sequía clásica de la época estival algunos años se prolonga hasta la primavera siguiente y se viene produciendo en la región Cantábrica una época de peligro en los meses de invierno en la que actúa no sólo la sequía sino vientos terrales del Sur que extiende al arbolado incendios preferentemente provocados por pastores.

Pero el factor de importancia capital por el que se producen los grandes incendios son los vientos terrales que afectan al área costera mediterránea. Los grandes incendios de los dos últimos años se han desarrollado con vientos terrales de hasta 100 Km/h, estos vientos anulan la operatividad de los medios aéreos y hacen muy difícil y peligrosa la extinción con medios terrestres.

Un fenómeno corriente en los grandes incendios es que se produzca el «fuego explosivo» con características de extrema peligrosidad para los combatientes, debido a la dispersión de focos secundarios que a veces anulan posibles vías de escape.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD Y DE AUTOPROTECCION TOMADAS EN RELACION CON LOS INCENDIOS FORESTALES**

En relación con los accidentes mortales comentados y los más frecuentes y numerosos de accidentes por quemaduras, heridas, problemas respiratorios, infarto, etc., etc., se ha desarrollado por el ICONA una normativa muy rígida para seleccionar el personal de trabajo en la extinción que debe obligatoriamente pasar un examen médico y pruebas físicas y psíquicas de aptitud. Esta normativa propuesta por ICONA se ha extendido a todas las Administraciones Autonómicas.

En cursos de formación y capacitación a los combatientes al principio y durante la campaña de incendios (entrenamiento) es materia preferente las normas de seguridad. Del cumplimiento de estas normas se tienen resultados muy positivos en las dos últimas campañas, por lo que puede concluirse un avance espectacular en la reducción de accidentes.

**SITUACIONES DE EMERGENCIA EN URBANIZACIONES POR CAUSA DE LOS INCENDIOS FORESTALES**

Viene siendo cada vez más frecuente que grandes incendios

amenacen urbanizaciones, que pueden catalogarse como zonas de segunda residencia en verano.

Toda el área costera mediterránea se superpobla en verano, incluidas las zonas de montaña, con temperaturas más frescas que las de las playas. Estas zonas residenciales cercan las grandes ciudades y es normal que estén rodeadas por terrenos donde se acumula combustible que extiende el incendio hasta la zona urbana.

La situación provocada por grandes incendios requiere con frecuencia que se organice la evacuación de residentes que a veces se complica por la resistencia de los habitantes a abandonar su casa. Estas difícilmente arden y en general resisten perfectamente el impacto de las llamas, gracias a los materiales que se emplean en la construcción en España.

Es necesario extender las medidas de prevención a las urbanizaciones citadas y, entre ellas, sancionar a los que utilizan el fuego para eliminar residuos del jardín, sin tener en cuenta los días de peligro extremo.

Instituto para la conservación de la naturaleza.

**VICTIMAS MORTALES PODUCIDAS EN LOS INCENDIOS FORESTALES**

AÑO	Nº DE INCENDIOS	Nº DE INCENDIOS > 500 HAS	S. AFECTADA POR GRANDES INCENDIOS
1989	11	2	9 (1)
1990	4	4	-
1991	6	6	-
1992	15	14	1 (1)
1993	8	3	5 (2)

(1) Campesinos, agricultores y pastores que al provocar el fuego resultan atrapados.

(2) Residentes en una urbanización que murieron al escapar en la evacuación.





CENTRO DE  
ESTUDIOS Y  
EXPERIMENTACION  
DE OBRAS PUBLICAS

## Aspectos geotécnicos en los estudios de las acciones estructurales inducidas por terremotos

### INTRODUCCION.

La influencia de las particularidades geotécnicas del subsuelo es determinante en la respuesta de los edificios y de las estructuras a las solicitaciones sísmicas. Incluso se puede afirmar que son precisamente los datos geotécnicos básicos quienes pueden diferenciar sustancialmente los daños que se producen, bajo un mismo terremoto, en estructuras muy similares.

Esta constatación teórica y experimental se debe utilizar en una doble perspectiva:

- En los trabajos de planificación de desarrollo urbano de las ciudades, y

- En la incorporación matizada de las recomendaciones antisísmicas, incorporadas en los códigos de diseño.

El presente documento muestra cuáles son los aspectos fundamentales que se deben tener en cuenta, desde el punto de vista geotécnico, en los trabajos de investigación y

análisis de las acciones de terremotos en estructuras de edificación, centrales de energía, presas, etc.

Entre estos trabajos destacan los de microzonación sísmica, es decir, los de cartografía de zonas de análogos parámetros de riesgo sísmico que pueden permitir en áreas urbanas proporcionar datos básicos de diseño a las diferentes técnicas, relacionadas con el tema de terremotos.

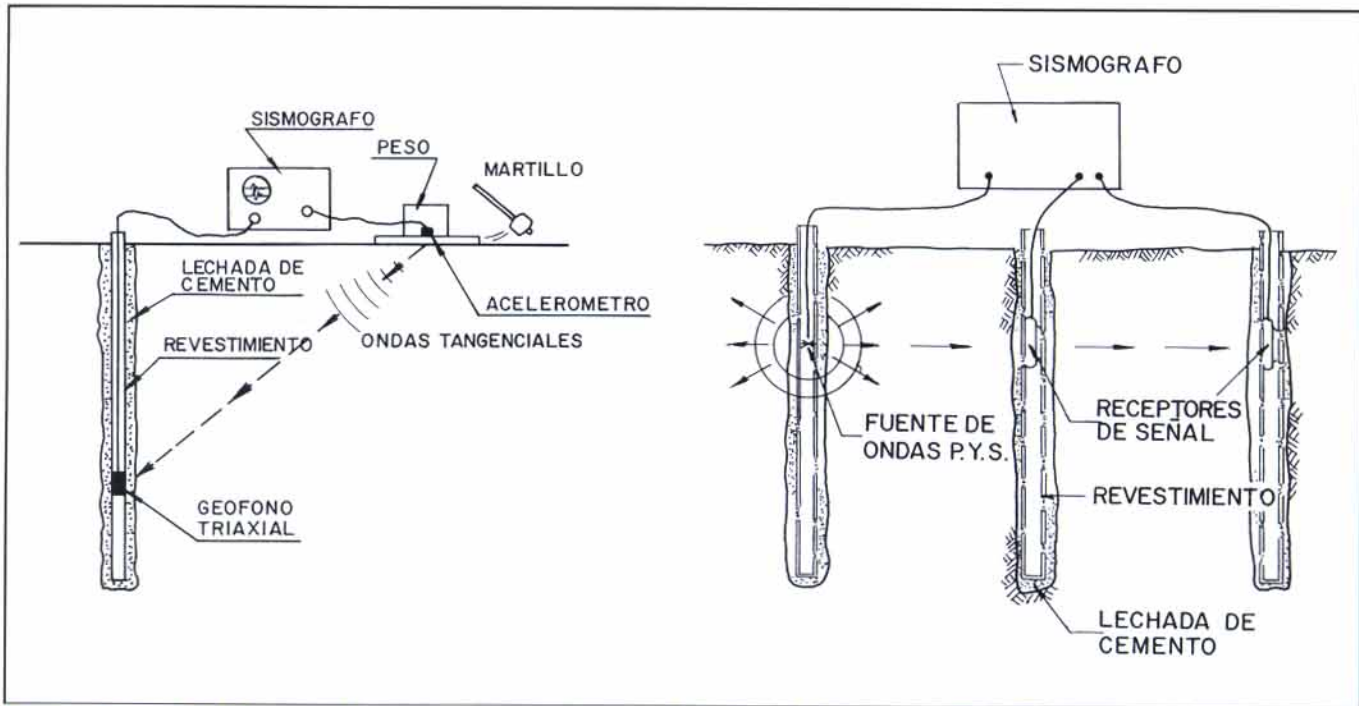
Trabajos de microzonación que no se deberán considerar como productos terminados, elaborados de una sola vez, sino que por el contrario se deben utilizar como un instrumento en constante actualización, contraste y perfeccionamiento en manos de la planificación, el desarrollo y la protección civil.

### CARACTERIZACION BASICA DE LOS TERREMOTOS.

De entre los múltiples parámetros que se pueden utilizar para caracterizar numéricamente los movimientos sísmicos, se sintetizan a continuación los más relevantes:

En primer lugar, interesa establecer algún parámetro representativo de la "potencia destructora" del terremoto. Es habitual utilizar uno de estos datos: a) La Magnitud, normalmente en la escala de Richter, reveladora de la energía liberada por el mismo, b) la Intensidad, normalmente definida en la escala de Mercalli Modificada, representativa de los efectos que produce, según una tipificación de tipo pragmático que tiene un rango variable entre I y XII (según el tipo de daños en estructuras, afectación de las personas, etc.). Si bien hay correlaciones empíricas entre una y otra variable, representan aspectos diferentes, independientes entre sí.

En segundo lugar, debe señalarse que los parámetros realmente más representativos y definitorios, desde un punto de vista técnico, serían los indicativos del movimiento máximo que teóricamente el terremoto produciría en un oscilador simple al considerarlo como solicitación. Por su mayor utilidad desde el punto de vista de los cálculos aplicables a todos los tipos de estructuras en ingeniería civil serían: los valores



Ensayo "Cross-Hole", para determinar características dinámicas del terreno. (Fig. 1)

máximos de la aceleración, de la velocidad y del desplazamiento, respectivamente.

En tercer lugar, debe considerarse que el tiempo que dura la sacudida sísmica también viene a representar un parámetro básico. Expresado normalmente en segundos, se le suele denominar duración del terremoto. Existen distintos criterios teóricos para definirlo.

Por último, es necesario conocer el contenido frecuencial del terremoto, es decir, determinar aquellas frecuencias en las cuales va asociada preponderantemente la energía destructora del mismo; es un indicativo básico de la potencialidad aniquiladora del movimiento del terreno, aspecto muy importante a tener en cuenta en las planificaciones a desarrollar desde el punto de vista de protección civil.

#### **CARACTERIZACION DINAMICA DEL SUBSUELO Y DE LOS SUELOS QUE LO CONSTITUYEN.**

A efectos de la ingeniería geotécnica "convencional", para el

estudio frente a sollicitaciones "habituales", los rasgos básicos que es necesario determinar son: los estratos que constituyen un perfil del subsuelo, sus propiedades básicas o de identificación (su granulometría, sus componentes químicos, su historia, edad geológica, etc.) y sus propiedades de estado (densidad, humedad, etc.). Adicionalmente es fundamental conocer la situación del nivel freático. Con estos datos, se ha de complementar la información con otra relativa a la resistencia, permeabilidad y deformabilidad, tras la cual se puede acometer prácticamente cualquier actuación constructiva, en cuanto a ingeniería geotécnica se refiere.

Sin embargo, para poder valorar la respuesta de los suelos frente a los terremotos es necesario, además de información sismotectónica, disponer de otra serie de datos adicionales, como son (Olalla *et al.*, 1989):

a) La velocidad de transmisión de las ondas de corte ( $v_s$ ; m/seg). Este tipo de onda es el que domina en el comportamiento de los suelos frente a las ondas de compresión.

b) La variación de los módulos de deformación transversal ( $G$ ) y del

amortiguamiento ( $D$ ) con el nivel de deformaciones ( $g$ ), dado que la dependencia entre una variable ( $g$ ) y las otras ( $G$  y  $D$ ) no es lineal.

c) La resistencia a la fatiga, es decir, el comportamiento, en términos de deformación bajo diferentes sollicitaciones cíclicas.

Con estos datos junto con la geometría del perfil se puede evaluar con relativa precisión los distintos modos de vibración del terreno.

Cuando sean varios los tipos de suelos, que constituyen un perfil o varios sus respectivos estados, así como sus espesores, se puede ponderar y obtener el valor medio representativo del período fundamental del conjunto.

#### **DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LOS PARAMETROS DINAMICOS.**

En el campo pueden utilizarse diversas técnicas de tipo geofísico, como la sísmica de refracción, para estimar la velocidad de ondas y, a

partir de ahí, deducir los módulos de deformación tangencial dinámicos,  $G$ .

Sin embargo, más adecuados son los ensayos de tipo "cross-hole", que permiten determinar la velocidad de ondas,  $V$ , entre dos sondeos próximos ( $G \approx 0,3r V^2$ ), siendo  $r$  la densidad específica del terreno. O bien los de "down-hole", de algo menor calidad, ya que la onda se controla entre un torpedo con sensores dentro de un sondeo y una fuente de energía en la superficie (fig. 1).

En laboratorio se pueden hacer, habitualmente, tres tipos de ensayos (fig. 2):

– Los de columna resonante torsora, en que la vibración se aplica sometiendo a la probeta a una torsión de frecuencia variable. Se pueden determinar el parámetro  $G$  y el amortiguamiento  $D$  en función de la frecuencia de excitación y de la deformación aplicada.

– Los de corte simple cíclico, de los que en España se vienen realizando ensayos de este tipo desde

METODO	ESTADO TENSIONAL
ENSAYO TRIAXIAL	
ENSAYO DE CORTE SIMPLE	
ENSAYO DE TORSION	

Ensayos dinámicos de laboratorio utilizados para hallar la resistencia del terreno. (Fig 2).

hace más de siete años. Puede determinarse el módulo transversal dinámico,  $G$ , en función del nivel de deformaciones tangenciales,  $g$ , así como el umbral de tensiones tangenciales.

– Los de compresión triaxial dinámica, con control bien de desviadores, bien de deformaciones, con medida de presiones intersticiales (fig. 3). Con estos equipos, servocontrolados por ordenador, se pueden determinar las variaciones de  $G$  y los umbrales de tensión tangencial sísmica,  $t_{max}$ .

El Laboratorio de Geotecnia del CEDEX dispone, actualmente, de equipos de todos estos tipos. Concretamente, en el último grupo de ensayos, dispone de prensas dinámicas de 1, 10 y 250 T de capacidad, así como de células adecuadas, para ensayos triaxiales, incluso con cámara de temperatura controlada para estudios especiales (foto 1).

### COMPORTAMIENTO DINAMICO DE EDIFICIOS Y LINEAS VITALES.

A efectos de poder aplicar, en un primer acercamiento, de forma genérica los conocimientos del comportamiento dinámico del terreno obtenidos por los procedimientos anteriores, se puede hacer una zonificación de áreas de interés especial, en función de la gravedad del daño sísmico previsible. En ese caso, hay que tener en cuenta dos tipos de obras civiles:

– Las obras de edificación (viviendas, hospitales, edificios singulares, etc.).

– Las estructuras enterradas, que normalmente son "líneas vitales" para el correcto funcionamiento de las ciudades (conducciones de gas, electricidad, agua potable, etc.).

A grandes rasgos, en el primer caso son los parámetros más repre-

sentativos del terremoto (aceleración y velocidad máxima, contenido frecuencial) y el estado del terreno los que condicionan la respuesta.

En el segundo grupo, junto con este tipo de información, los daños en las "líneas vitales" están asociados con aquellas zonas en las que las propiedades del terreno no son uniformes a lo largo de su longitud, es decir, en las áreas de transición de un tipo de suelo a otro.

### CRITERIOS DE ZONIFICACION.

A continuación se expone lo que se considera debería ser una metodología de zonificación y las conclusiones que se deberían obtener en asentamientos humanos que se encuentren situados en zonas de agilitabilidad sísmica.

Estas zonificaciones, o en términos más propios de la ingeniería sísmica, microzonaciones, se vienen efectuando en los últimos años con profusión, afectando tanto a ciudades como a regiones específicas. Datos relativos tanto a la metodología utilizada como a las conclusiones de los trabajos e incluso al contraste con experiencias reales obtenidas bajo terremotos acontecidos, se han publicado en múltiples congresos: Seattle (1972 y 1978), Estambul (1980), Lisboa (1986), etc.

A título indicativo, como muestra del interés del tema y sin ánimo de dar abundancia de datos, sino más bien mostrar unos ejemplos significativos, se conoce que ciudades como Lisboa (Portugal), Atenas (Grecia), Quinhuangdao (China), Sendai y Tokio (Japón), Lima (Perú), San Francisco (EE. UU.), y regiones como los Balcanes (Yugoslavia), Thessalonica (Grecia), Anatolia del Este (Turquía), Cheliff (Argelia), el Valle de San Fernando y de Lopez Canyon en California y Salt Lake en Utah (EE. UU.) han

sido detalladamente estudiados y efectuados en ellos los correspondientes mapas de microzonación sísmica.

En España se han realizado algunas propuestas en este sentido, incorporando los condicionantes del terreno, que parecen estar a punto de llevarse a cabo.

Para su elaboración es imprescindible partir de una doble fuente de información, lo más completa posible. O sea de:

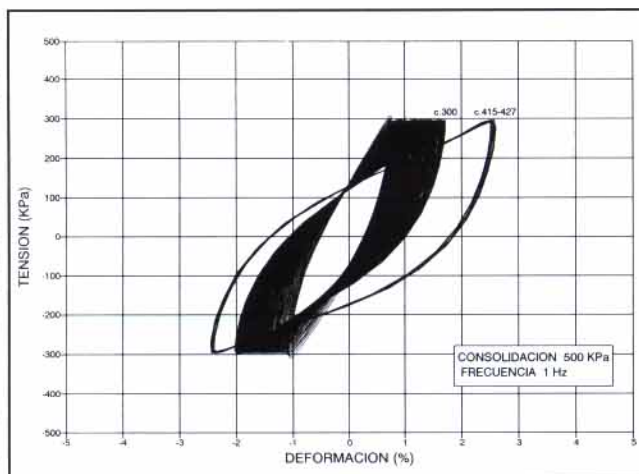
- Una sistematización y caracterización de la sismicidad de la zona en estudio, en base a la información histórica e instrumental disponible, de acuerdo con los aspectos mencionados anteriormente, en términos probabilísticos. Así, por ejemplo, se debería hablar de solicitaciones de alta, media y baja probabilidad de presentación del terremoto, durante los períodos en estudio. Y,

- por otro lado, de la recopilación o investigación de los datos geotécnicos fundamentales (junto con datos geológicos, hidrológicos y topográficos), que definen el tipo de terreno y para los que se ha efectuado una breve referencia en el apartado anterior.

Estos estudios de microzonación tendrían un triple objetivo documental:

- Elaboración de Mapas de Riesgo.
- Tipificación de los períodos fundamentales del terreno.
- Evaluación de los factores de amplificación.

A su vez, en función de diferentes datos fundamentales (sísmicos, de geología local, geotécnicos, de población asentada, etcétera) la escala de trabajo o estudio puede variar desde el ámbito provincial al municipal.



Ensayo triaxial dinámico. Ciclos de histéresis (Arcilla del núcleo de la Presa de Canales). (Fig 3)

### MAPAS DE RIESGO.

El primer gran objetivo sería la elaboración, a la escala pertinente, de los mapas de riesgo geotécnico bajo sollicitación sísmica, en su variada perspectiva.

Estos mapas reflejarían, por separado o conjuntamente, los siguientes riesgos geotécnicos (Olalla *et al.*, 1989):

a) Zonas potencialmente licuefactables teniendo en cuenta que son muy susceptibles los suelos saturados arenosos y limosos, sueltos y medianamente densos. Podría tenerse también en cuenta que para profundidades del nivel freático inferiores a 5 metros la susceptibilidad es muy elevada; entre 10 y 15 metros es baja y a profundidades superiores a 15 metros es muy baja.

b) Areas de deslizamientos potenciales, pues muchas inestabilidades de taludes naturales o artificiales han sido iniciadas —o acentuadas— por la acción de los terremotos. Si bien desde el punto de vista analítico sería probablemente costoso analizar individualmente todos los taludes posiblemente afectados, sí se pueden sistematizar los análisis teniendo en cuenta los tipos de suelos (o las discontinuidades en los macizos rocosos) que están inte-

resados, conjuntamente con la precariedad o seguridad bajo sollicitaciones exclusivamente estáticas.

c) Zonas de asientos importantes, dado que es conocido el hecho de que durante los terremotos los suelos no cohesivos se densifican, al verse modificada su estructura, y provocan asientos en superficie. Incluso las arenas densas y muy densas se densifican durante la sacudida sísmica. Este fenómeno ha inducido importantes daños en edificaciones, incluso en el caso de intensidades moderadas. La cimentación de grandes puentes puede verse, así, afectada, pues el terreno que asienta se cuelga de dicha cimentación y le aplica esfuerzos anómalos.

d) Zonas de movimientos horizontales importantes normalmente asociados a los fallamientos superficiales y a los cambios bruscos laterales, litológicos y estratigráficos. Este tipo de efectos suelen ser los más dañinos en las obras lineales (tipo galerías, conducciones, etc.) y por consiguiente suelen afectar a las líneas vitales de suministro de agua, luz, gas, etc.

El nivel de intensidad, complejidad y precisión de estos estudios puede depender de los medios e intereses que coyunturalmente se dispongan. En este sentido, y como ejemplo de una primera aproximación, llevada a cabo con escasos medios materiales, es interesante conocer las experiencias llevadas a cabo en China (Peixiu *et al.*, 1980). Han demostrado las aceptables correlaciones que existen entre el denominado “módulo de corte dinámico medio” ( $G_m$ ) y los “índices de daño” en edificios de baja altura. Se disponen de ejemplos de microzonación de ciudades a partir de los valores de  $G$  ( $G = rV_s^2$ ) que coinciden razonablemente



Sala de ensayos dinámicos del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. (Foto 1).

con distintos niveles de daños producidos por tres terremotos, acontecidos en China, recientes, de magnitudes 7,3; 7,7 y 7,8 respectivamente.

### OTROS OBJETIVOS DE LA MICROZONACION

A efectos de cálculo y de diseño de todo tipo de estructuras, la microzonación sísmica exige incorporar los contenidos frecuenciales para delimitar, en definitiva, posibles efectos de resonancia. Dados los niveles de incertidumbre y de variación en los parámetros de respuesta del terreno, no se debe hablar en términos exactos o precisos, sino más bien en términos de grupos de valores, o en valores y rangos de variación.

Para diferentes sollicitaciones tipo, se podría clasificar, por ejemplo, cada zona de estudio en cuatro grupos, en función del período predominante,  $T$ , (p. e., si  $T$  es menor de 0,15 g, si está entre 0,35 y 0,65 seg, etc.).

Este tipo de información es clave puesto que, a su vez, en una primera

aproximación, cada estructura, edificio u obra civil posee su propio período predominante y su respuesta depende en gran medida de que ambos sean parecidos o diferentes.

En cuanto a la amplificación de aceleraciones, entre la base rocosa supuesta y el punto en la vertical en superficie, se entiende como factor de amplificación (Seed *et al.*, 1975) el cociente entre los valores máximos de los acelerogramas respectivos. De manera análoga se puede hablar en términos de velocidades.

Para su obtención es necesario efectuar los cálculos pertinentes teniendo en cuenta los distintos tipos de sollicitación previsible, así como las distintas características del suelo en cada punto y en profundidad.

En este sentido, es condicionante conocer la profundidad a la que se encuentra la base rocosa, así como se necesita disponer de las propiedades dinámicas básicas de los suelos que constituyen el perfil del terreno afectado.

Si por el contrario se tratase de utilizar métodos más complejos y

precisos se necesitarán efectuar análisis, bien en una dimensión (la vertical, reproduciendo en ella la columna tipo de suelo representativa del punto en estudio), bien en dos o tres dimensiones (por medio del método de los elementos finitos que permiten incorporar el comportamiento no lineal de los diferentes materiales).

Se llegaría, así, a disponer de una cartografía de riesgo sísmico base para el diseño de estructuras y para las técnicas de Protección Civil.

### BIBLIOGRAFIA

HAYS, W.W. (1986). "Seismic microzoning along the wasatch fault zona, Utah". VIII European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 2, Lisboa, pp. 5.1/41-5.1/46.

KARNIK, V. (1972). "Microzoning programme within the UNDP-UNESCO survey of the seismicity of the Balkan region". International Conference on microzonation for safer construction research and application. Vol. 2, Seattle, Washington, pp. 213-16.

OLALLA, C.; OTEO, C., y CUELLAR, V. (1989). "Aspectos geotécnicos de la microzonación sísmica en trabajos de Ingeniería Civil". Simposio Int. sobre Catástrofes y Sociedad. Madrid.

PEIXIU, S.; ZENGWN, L., AND YIAO-TIN, X. (1980). "Application of shear wave velocity on seismic microzoning". VII World Conference on Earthquake Engineering. Istanbul, Vol. 9, pp. 163-68.

SEED, H.B., ET AL., (1975). "Relationships between maximum accelerations, maximum velocity, distance from source and local site conditions for moderately strong earthquakes". College of Engineering, University of California, Berkeley Report n.º EERC 75-7.

Carlos S. Oteo, Dr. Ing. de C.C. y P.

Director del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX (M.O.P.T.M.A.)

# El papel del CEDEX en la investigación sobre Desastres Naturales

## EL CEDEX Y SU ORGANIZACIÓN.

**E**l CEDEX es, actualmente, un organismo autónomo comercial del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (M.O.P.T.M.A.), dependiente de la Subsecretaría del mismo. Su principal misión es servir de apoyo tecnológico pluridisciplinar en el ámbito de la Ingeniería Civil y las obras Públicas a dicho Ministerio. Su vocación le impulsa hacia la vanguardia de la investigación, el desarrollo y el asesoramiento de alta cualificación.

Tiene como objetivo inmediato situarse a un nivel similar –al menos– como el de los centros similares de la Comunidad Europea, para así poder responder a las necesidades del país a través, fundamentalmente, de los requerimientos del M.O.P.T.M.A. y de los restantes entes vinculados al Sector de la Obra Pública y el Medio Ambiente.

Este objetivo le obliga a evolucionar, incrementar y readaptar la atención intelectual que presta a sus temas de estudio y los medios materiales dedicados a la investigación y desarrollo científico, con una óptica que siempre debe tener en cuenta la posibilidad de aplicar los resultados obtenidos a cuestiones o problemas concretos, suscitados en las demandas de colaboración que se le hacen o en las iniciativas que parten directamente del organismo.

Este organismo no ha nacido bruscamente en el espacio ni el tiempo. Es heredero directo de la antigua Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del

Ministerio de Obras Públicas. Cuando dicha Escuela pasa, en 1957, a depender del entonces Ministerio de Educación Nacional, el M.O.P. decide crear el organismo autónomo Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (entonces C.E.E.O.P.), formado por un conjunto de centros y laboratorios que venían prestando sus servicios como instalaciones propias (destinadas a las prácticas de alumnos) y anejas (con funciones de investigación, desarrollo y apoyo técnico).

Así, el CEDEX queda –en sus comienzos– formado por el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción (el más antiguo de los laboratorios dependientes de la Escuela, fundado en el siglo XIX), el Laboratorio del Transporte, el Laboratorio de Puertos y el de Hidráulica, con posterior ampliación de centros y servicios (recreación del Centro de Estudios Hidrográficos, Gabinete de Cálculo, etc.).

En la actualidad, el CEDEX está constituido por:

a) Organización Central (situada en el recinto de Alfonso XII, 3, Madrid):

- La Dirección General, dependiente del Subsecretario del M.O.P.T.M.A., y de la que depende un Gabinete Central.

- La Subdirección General de Programación Científica y Técnica, que es un órgano de dirección, asesoría y control.

b) Organizaciones técnicas especializadas, dependientes del Director General:

- El Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), situado en la calle Antonio López, número 81.

- El Centro de Estudios Hidrográficos (C.E.H.), en el paseo bajo de la Virgen del Puerto.

- El Centro de Estudios de Carreteras (C.E.C.), cuyas instalaciones se ubican en la autovía de Colmenar Viejo, kilómetro 18,2 (El Goloso).

- El Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (C.E.T.A.), que incluye el Gabinete de Formación y Documentación, además de otras áreas, dentro del recinto de Alfonso XII.

- El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, (L.C.) situado en El Retiro.

- El Laboratorio de Geotecnia (L.G.), también en El Retiro.

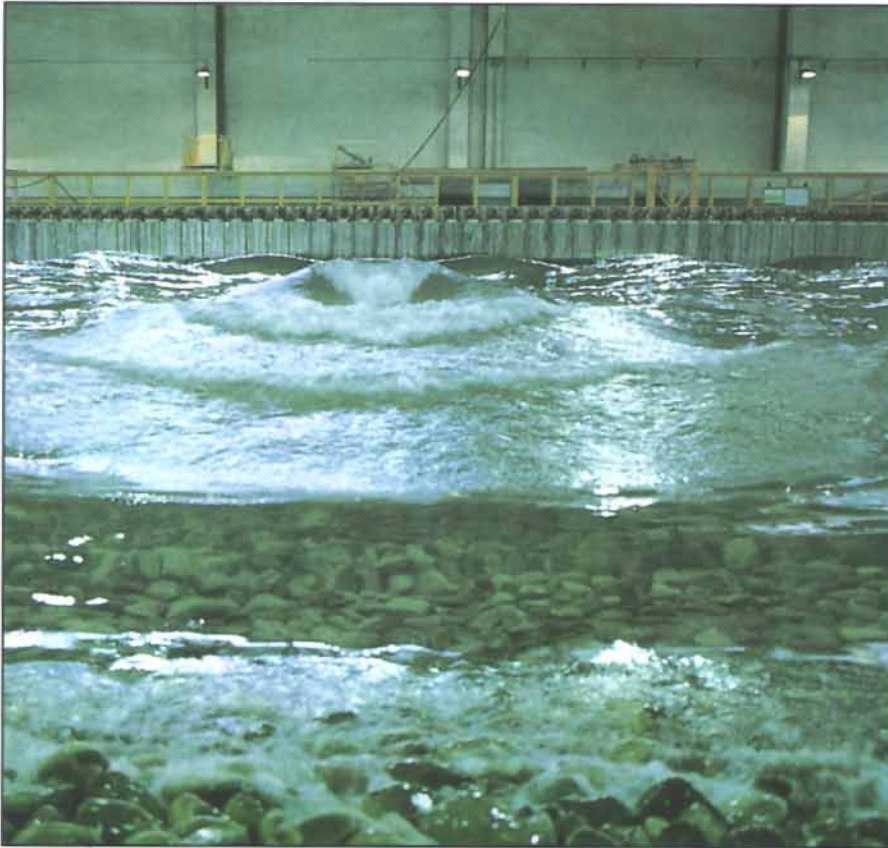
- El Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo o CEHOPU (calle Vallehermoso, 78).

Las funciones institucionales actuales del CEDEX, según el Real Decreto 2558/1985, pueden resumirse en las siguientes líneas:

- Elaborar y desarrollar el Plan de Estudios e Investigación Técnica del M.O.P.T.M.A.

- Prestar asesoramiento técnico sectorial de alto nivel a centros directos del M.O.P.T.M.A. y otras administraciones (Central, Autónomas y Local).

- Estudiar y proponer normas para los ensayos de laboratorio de obras públicas, así como las correspondientes a la calidad de recursos naturales y aptitud de sistemas, métodos, materiales, etcétera.



Tanque de oleaje multidireccional. (Foto 1).

– Ofrecer asistencia técnica específica a empresas e instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras en materias de tecnología de las obras públicas, la ordenación territorial y la utilización y protección de los recursos naturales.

– Colaborar con entidades internacionales afines en programas de cooperación técnica, intercambios científicos, congresos, etcétera.

– Organizar cursos, conferencias, jornadas y actividades docentes para transferir las tecnologías desarrolladas, dentro y fuera del organismo, al Sector de la Ingeniería Civil, para promover la formación y perfeccionamiento del personal del Departamento y otros sectores.

– Investigar y estudiar en materia de historia y arqueología de las obras públicas y urbanismo.

### **ACTIVIDADES DE LOS CENTROS DEL CEDEX.**

Desde un punto de vista general las actividades que desarro-

lla el CEDEX pueden agruparse en:

– Experimentales en laboratorio, tanto con equipamientos «standards» y especiales, como con modelos de simulación física, entre los que destacan los que para presas, ríos, costas y puertos realizan los Centros de Estudios Hidrográficos y de Puertos y Costas.

– Experimentales en campo, que desarrollan desde toma de datos hasta ensayos a escala media (p.e., la rotura de terraplenes por empuje pasivo), sin olvidar los trabajos de auscultación e instrumentación de obras reales.

– Analíticas, con la adaptación, utilización y creación de modelos teóricos y empíricos de comportamiento de materiales, propagación de oleaje, obras subterráneas, etc. Dentro de estos estudios cabe considerar desde la planificación (p.e., hidrología), hasta los correspondientes a asesoramiento de alta cualificación en problemas de

explotación, pasando por apoyo a problemas de proyecto y construcción.

– La creación y difusión de bases de datos, tanto técnicas como documentales.

– De normativa, con la elaboración de forma completa –o participando en comités más generales nacionales e internacionales– de pliegos de prescripciones técnicas, procedimientos operativos, normas de ensayo, homologaciones, etc. Aquí se vuelca la experiencia obtenida en las actividades anteriores.

– Docentes y de difusión: la organización de cursos (internos y externos), mesas redondas, jornadas, etc.; colaboración con otras actividades similares patrocinadas por otras organizaciones; publicando revistas (como la de Ingeniería Civil), monografías de investigación, etc. Es de destacar la labor realizada en cursos internacionales (en el momento presente tres anuales), a los que asisten más de 80 graduados no españoles todos los años.

Para llevar a cabo estas actividades el CEDEX dispone de, prácticamente, novecientas personas, de las cuales unas 225 son titulados superiores, un centenar de grado medio y unos 150 Auxiliares técnicos. De los titulados superiores, un centenar son Ingenieros de Caminos, 28 tienen otro título de Ingeniería, 57 están dentro de un amplio grupo formado por Físicos, Matemáticos, Químicos y Geólogos, y unos 35 son becarios. Es decir, del orden de un 15 por 100 son jóvenes promesas, recién graduados que están en fase de formación y aprendizaje.

El CEDEX cuenta con un presupuesto que está en el orden de los 5.500 millones de pesetas anuales, de los que el 50 por 100 corresponde a gastos de personal, el 20 por 100 a gastos corrientes y servicios y el 30 por 100 a inversiones reales, lo que da idea del esfuerzo del Organismo para estar en continua actualización de equipos científicos y en su constante renovación.

En cuanto a instalaciones, que abarcan casi 100.000 metros cuadrados, dedica unos 32.000 metros cuadrados a oficinas, gabinetes técnicos, centros de cálculo y laboratorios ligeros; unos 30.000 metros cuadrados dedicados a naves de ensayos y de modelos físicos y unos 12.500 metros cuadrados de almacenes, talleres y garajes.

### **ACTIVIDADES DEL CEDEX DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LOS DESASTRES NATURALES.**

Generalmente en estos temas, el CEDEX interviene con su personal e instalaciones colaborando con otros organismos oficiales, como la Dirección General de Obras Hidráulicas, el Ente Público Puertos del Estado, etc.

Entre las actividades más importantes cabe destacar:

- La instalación y explotación de la Red Exterior de Medida de Oleaje (REMRO) de Puertos del Estado, red de control del oleaje en las costas españolas. Actualmente existen dieciocho puntos de medida instalados en boyas frente a la costa. Los datos recogidos se transmiten por radio a un punto de la costa y, desde allí, al Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX. Además de esta Red existen otras nueve redes, de medida sistemática de oleajes direccional (EMOD) y de mareas. Esta última ha sido puesta en marcha recientemente (Red Mareográfica Permanente o REDMAR) y permitirá, en un futuro próximo, disponer de datos suficientes y fidedignos del movimiento de marea en las costas españolas.

- Caracterización del clima del oleaje en cada zona de la costa, a través de los datos registrados con las redes de captación automáticas, ayudados por el banco de datos visuales. Esta caracterización es lo

que va a definir el espectro de oleaje a tener en cuenta en los análisis matemáticos y físicos de obras concretas.

- Modelización, a escala, en tanques de ensayo bidimensionales y tridimensionales, de las acciones de agitación del oleaje aleatorio (previamente caracterizado a través de REMRO) sobre estructuras portuarias, barcos atracados, a fin de simular los efectos de tempestades en la costa. El tanque de oleaje multidireccional del CEPYC consta de un generador de oleaje formado por múltiples segmentos cuyos movimientos independientes están controlados por un sistema de ordenadores trabajando en red. La combinación de movimientos de las paletas produce la estructura deseada del oleaje de ensayo (foto 1). Este tanque tiene unas dimensiones de 34 x 26 x x 1,60 metros.

- Participación en el diseño de regeneración de costas, tanto con modelos matemáticos como físicos, y en la creación de playas artificiales.

- Participación en la Planificación Hidrológica, en colaboración con la Dirección General de Obras Hidráulicas y en los problemas de erosión de márgenes, sedimentación de acarreos, etc. originadas por avenidas.

- Modelización, a escala reducida, de estructuras hidráulicas para el estudio de las acciones de las avenidas sobre la propia estructura o sobre la cuenca del río en que se asienta. También se modelizan cuencas de ríos y su entorno geográfico para el análisis de los efectos de las inundaciones naturales sobre el entorno ambiental. Estas tareas de hidráulica continental son desarrolladas por el Centro de Estudios Hidrográficos (foto 2).

- Colaboración con la Dirección General de Obras Hidráulicas en el desarrollo del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), uno de cuyos objetivos fundamentales es la previsión y actuación ante avenidas. Este programa surge a raíz del "Proyecto de red nacional para el seguimiento en tiempo real de avenidas y recursos hidráulicos", redactado en 1983 por la Dirección General de Obras Hidráulicas en el marco de los programas de seguridad de presas y de mejora de la información hidrológica. El adecuado funcionamiento de un sistema de estas características requiere disponer de un "software" apropiado que permita transformar y tratar con rapidez la información captada. Con este objeto, el CEDEX, a través de su Centro de Estudios Hidrográficos y en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Segura,



Nave para ensayos de modelos hidráulicos continentales. (Foto 2).



comenzó en 1992 el "Proyecto de elaboración y puesta a punto de modelos hidrológicos y de gestión hidráulica para su utilización en el SAIH". La primera fase de este proyecto, finalizada a comienzos de 1994, perseguía como objetivo fundamental la instalación de un sistema informático completo en las cuencas del Júcar, Segura, Sur, Ebro y Pirineo Oriental orientado al análisis de la evolución temporal y espacial de las tormentas en cada cuenca y a la explotación óptima de los embalses en situación de crecida. Se ha desarrollado un modelo numérico, denominado PLU, que permite disponer de una representación espacial de la evolución temporal de una tormenta sobre la cuenca hidrográfica y estimar los hietogramas de precipitación areal en una serie de subcuencas previamente seleccionadas. Partiendo de la información captada por el SAIH realiza una interpolación que permite generar la malla de precipitaciones en la cuenta y representar gráficamente las correspondientes isoyetas. El cálculo puede realizarse para diversos intervalos de tiempo, con lo que es posible conocer la evolución temporal de la tormenta en la cuenca. También realiza el cálculo de las precipitaciones areales en aquellas subcuencas cuyos límites se hayan definido previamente, obteniendo, así, los hietogramas resultantes en cada una de las subcuencas y su representación gráfica.

– Desarrollado del modelo numérico CREM. Este modelo tiene como objetivo fundamental facilitar la toma de decisiones en la operación de los órganos de desagüe de un embalse en situación de crecida. Utiliza como información básica los datos de evolución del embalse y como información adicional, en caso de disponer de ella, el hietograma de precipitación areal estimado en la cuenca vertiente al embalse. Con la anterior información, el modelo realiza una previsión del caudal de entrada al embalse por cuatro méto-

dos hidrológicos distintos, que requieren el conocimiento del hidrograma unitario característico de la cuenca. Una vez determinadas las futuras entradas al embalse, y teniendo en cuenta su batimetría y su capacidad de desagüe a lo largo del horizonte de previsión, lo que constituye una guía particularmente útil para la explotación del embalse. En la actualidad el modelo CREM (y también el PLU) se encuentra totalmente operativo en las cinco cuencas de la vertiente mediterránea y ha comenzado la segunda fase del proyecto.

– Inspección de puentes y otras estructuras singulares en las vías básicas de comunicación, para asegurar que la red de evacuación, en caso de gran catástrofe natural, pueda funcionar.

– Simulación de acciones debidas a terremotos sobre estructuras mediante una mesa sísmica, actualmente en fase de puesta a punto.

– Análisis y experimentación en laboratorio y campo de nuevos materiales estructurales para tener una mayor garantía en obras singulares. Todas estas tareas de estudios estructurales son llevadas a cabo en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.

– Simulación del comportamiento de firmes de carretera en modelo a escala real en la pista de ensayo del Centro de Estudios de Carreteras, a fin de garantizar una mayor resistencia de los firmes de carretera frente a inundaciones, cambios climáticos, etcétera.

– Estudios del efecto de terremotos sobre estructuras singulares, especialmente presas de tierra, llevándose a cabo –a través del Laboratorio de Geotecnia– la caracterización dinámica de materiales térreos con instalaciones para ensayos de columna resonante, triaxial dinámico (incluso a altas temperatu-

ras) y corte simple cíclico. A continuación se procede a la simulación matemática del problema mediante los programas de elementos finitos adecuados y, en su caso, mediante ensayos en la mesa sísmica antes citada.

– Investigación sobre los efectos de las acciones naturales (lluvias, erosiones, etc) sobre momentos históricos, como en la Alhambra de Granada.

– Análisis de los problemas originados por cambios climáticos en zonas áridas y semiáridas, en cuanto a que la variación de humedad conduce a movimientos del terreno, lo cual puede inducir daños en los edificios de la zona (arcillas expansivas, suelos colapsables, etc.).

– Estudios sobre los problemas de estabilidad de laderas y desmontes de obras viarias y de su evolución a lo largo del tiempo.

– Estudios del impacto ambiental que pueden introducir los cambios climáticos y las inundaciones.

– Empleo de técnicas cartográficas aéreas y vía satélite para evaluar los efectos de las avenidas en embalses, zonas regables, aterramiento de presas, etc.

Es decir que la intervención del CEDEX en problemas relacionados con los desastres naturales puede considerarse actualmente como significativa, aunque se prevé que en el futuro se incrementaría apreciablemente con estudios de microzonación sísmica, inventario del estado de laderas naturales y desmontes de carretera y su evolución en el tiempo, etcétera.

Felipe Martínez Martínez.  
Director Gral. del CEDEX  
(Ministerio de Obras Públicas,  
Transportes y Medio Ambiente).

comenzó en 1992 el "Proyecto de elaboración y puesta a punto de modelos hidrológicos y de gestión hidráulica para su utilización en el SAIH". La primera fase de este proyecto, finalizada a comienzos de 1994, perseguía como objetivo fundamental la instalación de un sistema informático completo en las cuencas del Júcar, Segura, Sur, Ebro y Pirineo Oriental orientado al análisis de la evolución temporal y espacial de las tormentas en cada cuenca y a la explotación óptima de los embalses en situación de crecida. Se ha desarrollado un modelo numérico, denominado PLU, que permite disponer de una representación espacial de la evolución temporal de una tormenta sobre la cuenca hidrográfica y estimar los hietogramas de precipitación areal en una serie de subcuencas previamente seleccionadas. Partiendo de la información captada por el SAIH realiza una interpolación que permite generar la malla de precipitaciones en la cuenta y representar gráficamente las correspondientes isoyetas. El cálculo puede realizarse para diversos intervalos de tiempo, con lo que es posible conocer la evolución temporal de la tormenta en la cuenca. También realiza el cálculo de las precipitaciones areales en aquellas subcuencas cuyos límites se hayan definido previamente, obteniendo, así, los hietogramas resultantes en cada una de las subcuencas y su representación gráfica.

– Desarrollado del modelo numérico CREM. Este modelo tiene como objetivo fundamental facilitar la toma de decisiones en la operación de los órganos de desagüe de un embalse en situación de crecida. Utiliza como información básica los datos de evolución del embalse y como información adicional, en caso de disponer de ella, el hietograma de precipitación areal estimado en la cuenca vertiente al embalse. Con la anterior información, el modelo realiza una previsión del caudal de entrada al embalse por cuatro méto-

dos hidrológicos distintos, que requieren el conocimiento del hidrograma unitario característico de la cuenca. Una vez determinadas las futuras entradas al embalse, y teniendo en cuenta su batimetría y su capacidad de desagüe a lo largo del horizonte de previsión, lo que constituye una guía particularmente útil para la explotación del embalse. En la actualidad el modelo CREM (y también el PLU) se encuentra totalmente operativo en las cinco cuencas de la vertiente mediterránea y ha comenzado la segunda fase del proyecto.

– Inspección de puentes y otras estructuras singulares en las vías básicas de comunicación, para asegurar que la red de evacuación, en caso de gran catástrofe natural, pueda funcionar.

– Simulación de acciones debidas a terremotos sobre estructuras mediante una mesa sísmica, actualmente en fase de puesta a punto.

– Análisis y experimentación en laboratorio y campo de nuevos materiales estructurales para tener una mayor garantía en obras singulares. Todas estas tareas de estudios estructurales son llevadas a cabo en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.

– Simulación del comportamiento de firmes de carretera en modelo a escala real en la pista de ensayo del Centro de Estudios de Carreteras, a fin de garantizar una mayor resistencia de los firmes de carretera frente a inundaciones, cambios climáticos, etcétera.

– Estudios del efecto de terremotos sobre estructuras singulares, especialmente presas de tierra, llevándose a cabo –a través del Laboratorio de Geotecnia– la caracterización dinámica de materiales térreos con instalaciones para ensayos de columna resonante, triaxial dinámico (incluso a altas temperatu-

ras) y corte simple cíclico. A continuación se procede a la simulación matemática del problema mediante los programas de elementos finitos adecuados y, en su caso, mediante ensayos en la mesa sísmica antes citada.

– Investigación sobre los efectos de las acciones naturales (lluvias, erosiones, etc) sobre momentos históricos, como en la Alhambra de Granada.

– Análisis de los problemas originados por cambios climáticos en zonas áridas y semiáridas, en cuanto a que la variación de humedad conduce a movimientos del terreno, lo cual puede inducir daños en los edificios de la zona (arcillas expansivas, suelos colapsables, etc.).

– Estudios sobre los problemas de estabilidad de laderas y desmontes de obras viarias y de su evolución a lo largo del tiempo.

– Estudios del impacto ambiental que pueden introducir los cambios climáticos y las inundaciones.

– Empleo de técnicas cartográficas aéreas y vía satélite para evaluar los efectos de las avenidas en embalses, zonas regables, aterramiento de presas, etc.

Es decir que la intervención del CEDEX en problemas relacionados con los desastres naturales puede considerarse actualmente como significativa, aunque se prevé que en el futuro se incrementaría apreciablemente con estudios de microzonación sísmica, inventario del estado de laderas naturales y desmontes de carretera y su evolución en el tiempo, etcétera.

Felipe Martínez Martínez.  
Director Gral. del CEDEX  
(Ministerio de Obras Públicas,  
Transportes y Medio Ambiente).