

CONTRIBUCION AL MAPA SISMOTECTONICO DE ESPAÑA. PRESENTACION
DE LA HOJA PILOTO DE GRANADA 1:100.000.

PERNIA LLERA, José María. I.G.M.E. Rios Rosas, 23. Madrid.
GONZALEZ DE VALLEJO, Luis, E.N. Adaro, Serrano, 116. Madrid
SAINT-AUBIN RANZ, Julia, E.N. Adaro, Serrano, 116. Madrid.

RESUMEN

La investigación realizada tiene como objetivo poner en práctica la metodología para la elaboración del Mapa Sismotectónico Nacional, en una zona específica de nuestra geografía. Para ello, se eligió una región afectada por la isosta X del Mapa Sismo-Estructural 1:1.000.000 de la Península, en un rectángulo situado aproximadamente entre las localidades de Motril-Granada-Loja y Vélez-Málaga.

El estudio se ha llevado a cabo en dos fases. En la primera se han elaborado y preparado los datos básicos, efectuándose trabajos de recopilación, análisis, valoración y prospección regional, relativos a datos geológicos, geofísicos y tectónicos por un lado, batimétricos, topográficos, arqueológicos e históricos por otro, así como la información sismológica del área de estudio y de su entorno.

En la segunda fase se ha procedido a la aplicación de los estudios específicos de neotectónica de campo y evaluación de actividad de fallas y a la elaboración de un banco de datos bibliográfico. Todo ello culmina con la realización de un Mapa Sismotectónico a escala 1:100.000 que incluye una Memoria así como Mapas Temáticos Suplementarios y el Banco de Datos.

Introducción.-

El Instituto Geológico y Minero de España y por convenio con este organismo, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., están realizando desde el año 1978 una serie de trabajos y estudios conducentes a la elaboración del Mapa Sismotectónico de España.

Los primeros contactos y trabajos realizados consistieron en la constitución de grupos de trabajo y consultas a expertos nacionales e internacionales y la celebración de una Mesa Redonda en el año 1979. Fruto de estos trabajos previos, se realizó en 1981 un documento denominado "Metodo

logía para la Elaboración del Mapa Sismotectónico Nacional" que consistió en una revisión de la información existente - sobre Mapas Sismotectónicos, y las experiencias adquiridas en otros países en que se habían efectuado mapas similares.

El Mapa Sismotectónico que se consideró en este estudio presenta aquellas estructuras tectónicas que están o pueden estar relacionadas con la generación de terremotos , en particular las fallas cuya actividad en épocas geológicas recientes pueden ser objeto de asociaciones neotectónicas y sísmicas.

Estas asociaciones son el resultado de análisis de datos tectónicos y sísmicos, y de otros datos deducidos por la Geología, Geomorfología, Sensores Remotos, Geofísica y Geodesia.

la información que debe contener un mapa de esta índole debe estar lo más libre posible de criterios subjetivos, y además, debe ser representada gráficamente de forma clara y comprensiva aún para los no especialistas.

Posteriormente en 1982, se creyó necesario antes de acometer el proyecto definitivo de mapa Nacional, poner a prueba la "Metodología" previamente elaborada mediante la ejecución de una Hoja Piloto que no sólo hiciese de ensayo metodológico, sino que aportara una contribución a la sismotectónica de la región estudiada. Este trabajo denominado Hoja Piloto de Granada, se describe a continuación:

La Hoja Piloto de Granada.-

En base a los criterios previamente citados, se propuso efectuar el Mapa Sismotectónico Piloto en un área reducida. La elección de la Zona de Granada para este fin, se debió a la importancia de la actividad sísmica en la región - (una de las más elevadas del país), así como por su complejidad neotectónica, factores que podrían facilitar el desarrollo de la aplicación en profundidad de la metodología.

Así mismo se conocía a priori, que en la región existían abundantes datos sísmicos y geológicos. El detalle y la extensión de la información contenida en un Mapa dependen en gran parte de la escala del mismo, por lo que refiriéndose al caso de Granada, se aconsejó realizarlo a una escala detallada (1:100.000), si bien los trabajos geológicos originales, se efectuaron a 1:50.000.

El área comprendida por la Hoja Piloto cubre una extensión aproximada de unos 6.700 Km² e incluye las poblaciones de Vélez-Málaga y Motril por el borde Sur, y Loja y Granada por el borde Norte.

Las tareas desarrolladas para la elaboración del mapa han partido de datos previamente publicados y estudios en curso o no publicados, es decir, se ha realizado en base a

datos existentes, convenientemente revisados y analizados - para los fines de un estudio sismotectónico. En casos concretos y en atención a la importancia de algunos problemas, sobre todo neotectónicos, se han efectuado comprobaciones y revisiones in situ.

Las principales partes del trabajo han sido las siguientes:

- Recopilación, análisis y revisión de datos disponibles.
- Estudio de Sensores Remotos, Geomorfología, Geología y Neotectónica.
- Análisis y revisión de datos sísmicos y geofísicos.
- Definición de criterios y elaboración de la Hoja Sismotectónica.
- Programación y clasificación de la información en un banco de datos.

Los temas desarrollados en las distintas fases consistieron en una detallada recopilación de la información, tanto específica como general, que pudiese tener alguna relación con el tema. Para ello, se han consultado todos los estudios regionales sobre Geología, Sismología y Geofísica, y sus distintos campos o especialidades afines.

Una vez revisada y seleccionada la información se procedió a elaborar los siguientes documentos de trabajo:

- Mapa Geológico de Síntesis, elaborado a partir de la Cartografía MAGNA a escala 1:50.000, complementado con datos inéditos procedentes de la Universidad de Granada. Esta Síntesis se llevó a un plano a escala 1:100.000.
- Listado de Terremotos, proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional y actualizado hasta 1979. Junto con esta información se recopilaron los datos existentes sobre mecanismos focales de terremotos y curvas isosistas. A partir de estos datos se elaboró el Mapa de Sismicidad a escala 1:100.000.
- Estudios geomorfológicos, incluyendo los mismos los topográficos y batimétricos. Estos estudios han consistido, en la realización de un mapa de alineaciones de la red fluvial, un mapa de alineaciones morfológicas de mayor entidad, así como las isóbatas de fondos marinos. El objeto de estos mapas ha sido el aportar criterios de trabajo en la interpretación neotectónica de alineaciones deducidas por la foto satélite y datos geológicos de campo.
- Estudios de sensores remotos, realizados a distintos niveles y escalas. Las fotos satélite LANDSAT consultadas han sido la 1:1.000.000, 1:500.000 y la 1:200.000, bandas 5 y 7, además de la foto satélite en banda de falso color a escala 1:500.000. También se consultaron las fotos aéreas convencionales a escala 1:33.000. El estudio de todas estas fotos permitió realizar un mapa de alineaciones a escala 1:200.000. Este mapa junto con los geomorfológicos y geológicos de síntesis aportaron criterios de trabajo para el mapa neotectónico y posteriores interpretaciones.

- Estudios neotectónicos. Este aspecto ha sido uno de los más laboriosos e importantes dada la gran complejidad tectónica del área, lo inédito de la mayoría de los trabajos realizados y la consiguiente labor de análisis y síntesis efectuada. Los estudios comprendían pues una labor de recopilación de datos, revisión y análisis, efectuándose visitas de reconocimiento y comprobación a las zonas en donde de la información era menos uniforme, o carecía de suficientes datos. Esta información se levantó en planos - 1:50.000, presentándose una síntesis a escala 1:100.000, correspondiente al Mapa Neotectónico.
- Estudios de Sismicidad y Geofísica. La información sísmica de terremotos, mecanismos focales e isosistas, previamente recopilada fue analizada en relación con otros datos sobre la estructura de la corteza. Se incluyeron los datos existentes sobre perfiles sísmicos profundos y se efectuó una interpretación de datos gravimétricos obtenidos del listado de estaciones proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional. Además se dispuso del Mapa de Anomalías de Bouguer a escala 1:100.000 y de un levantamiento gravimétrico realizado por la Empresa Nacional Adaro a escala 1:50.000 de un sector situado al Norte de la Ciudad de Granada. Como documento de trabajo se realizó un Mapa de anomalías de Bouguer a escala 1:250.000.
- Definición de criterios y elaboración de la Hoja Sismotectónica. De acuerdo con la información previamente enumerada y el estado actual del conocimiento sobre el contenido de un Mapa Sismotectónico, así como la representación gráfica de sus términos cartográficos se eligieron las características neotectónicas, sísmicas, geofísicas y geológicas significativas al concepto de Mapa Sismotectónico - enunciado en el apartado de Introducción de esta Memoria.

El estudio realizado ha sido distribuido en los siguientes documentos:

- Memoria y Mapa Sismotectónico de la Hoja Piloto de Granada 1:100.000.
- Anejos: los distintos documentos de trabajo utilizados en la elaboración del Mapa se han incluido en anejos que constan de la siguiente información:
 - Mapa geológico de Síntesis. 1:100.000.
 - Mapa de alineaciones de foto satélite. 1:200.000.
 - Mapa de alineaciones de foto satélite. 1:500.000.
 - Mapa morfológico. 1:100.000.
 - Mapa de sismicidad. 1:100.000.
 - Mapa de anomalías de Bouguer. 1:250.000.
 - Mapa tectónico. 1:100.000.
 - Listado de terremotos.
 - Curvas isosistas.
 - Listado de señales gravimétricas.
 - Banco de datos bibliográficos realizado por ordenador y siguiendo un programa de clasificación y recuperación de la información por palabras clave, así como por títulos y/o autores.

En esta Hoja Piloto, se han tratado de integrar los principales elementos de que debe constar un Mapa Sismotectónico en la escala y condiciones regionales del área cartografiada. Por otra parte, dada la importancia y actualidad de recientes documentos elaborados por la European Seismological Commission redactados en Leeds en 1982 acerca del "Cuestionario de un Mapa Sismotectónico", el Mapa Sismotectónico de Francia, así como los documentos de trabajo redactados por los Comités para la elaboración de Mapa Sismotectónico del Mediterráneo en 1982, sus respectivas recomendaciones han sido tenidas en cuenta en la elaboración del Mapa de Granada.

Según el documento de Leeds, que refleja de forma más general el contenido de un Mapa, en síntesis este debería constar o tener en cuenta los siguientes elementos:

Geología, Tectónica y Geomorfología:

- Tectónica General subdividida en regiones.
- Neotectónica, deformaciones neógenas y cuaternarias.
- Resultados de análisis cinemáticos y estructuras neotectónicas.
- Orientación de acortamientos y extensiones corticales máximas horizontales.
- Alineaciones.
- Otros datos.

Terremotos y Sismicidad:

- Distribución de epicentros de terremotos históricos.
- Distribución de epicentros de terremotos determinados instrumentalmente.
- Profundidades focales.
- Mecanismos focales y distribución de esfuerzos.
- Intensidades máximas obtenidas.
- Energía sísmica liberada.
- Premonitorios y réplicas de terremotos.
- Otros datos.

Geodesia:

- Datos de movimientos corticales horizontales.
- Datos de movimientos corticales verticales.
- Otros datos.

Geofísica:

- Anomalías gravimétricas.
- Medidas de esfuerzos in situ.
- Flujo térmico; geotermia.
- Otros datos.

Esta información referida a la región de Granada, ha tenido necesariamente que ser ajustada a la escala y el detalle del estudio regional considerado. También en algunos

casos no se han podido incluir todos los datos enumerados, - si bien en su gran mayoría se ha dispuesto de dicha información. Concretamente el "Cuestionario de Leeds" se ha cumplimentado en su totalidad a excepción de la energía sísmica liberada, las medidas de esfuerzo in situ y el flujo térmico lo que demuestra el alto grado de documentación disponible, en el área de estudio.

Los elementos cartografiados o incluidos en la Hoja - de Granada se han distribuido según los siguientes criterios:

Geología: Representándose las principales Unidades Geológicas atendiendo a criterios tectónicos regionales.

Neotectónica: Se han representado las principales fallas - con actividad comprobada a partir del Mioceno Medio (Langhiense-Serravaliense) hasta épocas actuales. Junto con la información cronoestratigráfica se han incluido las principales características de las fallas, atendiendo a su origen, tipo, dirección y magnitud. Otros datos de interés como los pliegues de edad neotectónica, direcciones de esfuerzo, zonas de trituración tectónica, etc, han sido también incluidos.

Además de estos datos neotectónicos se han cartografiado los grandes rasgos estructurales de la región y otras manifestaciones de posible relación sismotectónica: Deformaciones en construcciones humanas, atribuibles a esfuerzos tectónicos, fuentes termales, zonas de subsidencia o de levantamiento, etc.

Geofísica: A partir de los datos geofísicos disponibles se han señalado las discontinuidades gravimétricas interpretadas a partir de los estudios regionales existentes que se mencionan anteriormente. Así mismo se han incluido los perfiles sísmicos profundos indicando su situación.

Sismicidad: Los terremotos listados desde el año 500 al 1979 se han agrupado de acuerdo con los registrados según datos históricos y que incluyen el periodo 500-1950, consignándolos según la escala de intensidades MKS, y los registrados instrumentalmente durante el periodo 1950-1979, según magnitudes Richter. No se han incluido los terremotos réplica ni los premonitorios. En los terremotos más importantes se han señalado el año y si se dispone de mapa de isosistas. Otras informaciones incluidas en este apartado - han sido los mecanismos focales de los terremotos disponibles hasta la actualidad.

Otros datos: Como información adicional y a fin de enmarcar el área de estudio en su contexto regional, se ha incluido, un esquema estructural de la Península y un esquema regional de distribución de mecanismos focales.

Consideraciones finales.-

La Hoja Piloto de Granada está disponible para su consulta en el Instituto Geológico y Minero (División de Geología Aplicada a la Ingeniería) y en este mismo congreso se expone en un panel.

Es intención del Instituto Geológico y Minero continuar con este tipo de proyecto y se pretende que a partir de la experiencia alcanzada con la Hoja Piloto, se pueda acometer el proyecto del Mapa Sismotectónico de España a escala 1:1.000.000.

La importancia del Mapa Sismotectónico radica no sólo en su objetivo científico, sino en sus inmediatas aplicaciones, ya que constituye el primer paso fundamental para la formulación del riesgo sísmico-tectónico.

Además de contribuir decisivamente a esta formulación, sus posteriores aplicaciones justifican por sí mismas la necesidad de estos mapas: Zonificación sísmica y planificación territorial, proyectos de centrales eléctricas, obras públicas, instalaciones industriales y edificaciones en aquellas zonas que requieren considerar el diseño antisísmico, o bien deban tener en cuenta criterios de seguridad que incluyan la Sismotectónica como factor condicionante. Por último y según recogen distintos documentos elaborados por la UNESCO, en un programa de predicción sísmica, los Mapas Sismotectónicos constituyen el principal documento de referencia de un programa de predicción sísmica a largo plazo y, por tanto, el punto de partida para programas posteriores de predicción a corto y medio plazo.

La tarea de elaborar un Mapa de estas características no requiere de grandes medios humanos, sino de un equipo reducido interdisciplinar y de una serie de asesores científicos, además de las aportaciones de los autores que han efectuado estudios sísmicos, tectónicos, geofísicos, etc, en la región.

En esta línea se efectuó el Mapa de Granada, en el que colaboraron además del propio Instituto Geológico y Minero, como organismo máximo responsable y autor, la Empresa Nacional Adaro, en condición de Empresa realizadora del proyecto, y las siguientes Universidades y Centros:

- Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la Universidad de Granada.
- Cátedra de Geofísica de la Universidad Complutense de Madrid.
- Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la Universidad Complutense de Madrid.
- Servicio de Sismología y Gravimetría del Instituto Geográfico Nacional.
- Observatorio de la Cartuja de la Universidad de Granada.