

La consideración de los riesgos geológicos de movimientos del terreno, aludes y terremotos para la planificación territorial en Cataluña

J. Fleta¹, A. Roca¹, J. Palau², M. Barberà², C. Galiano³, J. Fortuny³ y F. Miralles³

1 Servei Geològic de Catalunya (SGC), Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), Generalitat de Catalunya, Parc de Montjuïc, 08038 Barcelona. jfleta@icc.es

2 RSE Aplicacions Territorials, Entença 95 3º2º, 08015 Barcelona.

3 Dept. de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP), Generalitat de Catalunya, Av. Josep Tarradellas 2-6, 08029 Barcelona.

ABSTRACT

For regional planning it is needed a more and more precise knowledge of the environmental geology and geological hazards. The mapping of caution areas from the geological hazards related to mass movements, subsidences and collapses, snow avalanches and earthquakes are included within the territorial plans of Catalonia. This territorial planning at regional level and municipal level gives support to the urban development avoiding vulnerable structures in hazard prone zones, establishing the minimum criteria that exposed buildings and structures have to fulfill which improving the decision-making and control functions in the municipalities. In the regional level approach at scale 1:50.000, the objective is to carry out a rough characterization of the natural hazards prone areas. In the municipality approach, usually at scale 1:5.000, the objective is to recognize and delimitate the urban geohazards conditioning their urban planning.

Key words: regional planning, geologic hazard, Catalonia.

INTRODUCCIÓN

Como señalan en su trabajo Ayala y Olcina (2002), la consideración de los riesgos naturales en España se ha enfocado mayoritariamente en los planes de Protección Civil y las políticas de seguros, existiendo una falta notoria de regulaciones específicas en el ámbito de la planificación territorial. El marco legislativo actual de ordenación territorial de Cataluña se basa en los diferentes Planes Territoriales (DPTOP, 2004). La entrada en vigor del código constructivo de la ordenación de la edificación de 1999, donde se obliga la realización del estudio geotécnico para aquellas viviendas construidas vía promotor, junto con la Ley de Urbanismo de Cataluña 2/2002 hacen que la problemática de los riesgos naturales sea actualmente abordada de manera más directa. Así en este contexto, desde el DPTOP, cada vez se va disponiendo de más herramientas para la planificación territorial que permiten realizar sucesivas aproximaciones al conocimiento de la peligrosidad geológica, como los Mapas de riesgos geológicos a escala 1:50.000 de Zonas de Alta Montaña inferiores a 2.000 m de altura (MZAM) (DPTOP, 1985), los Dictámenes preliminares de Peligrosidad e identificación de Riesgos Geológicos (DPRG) que se realizan de manera sistemática desde el año 2000 y recientemente, los Mapas Comarcales de prevención de Riesgos Geológicos (MCRG) desde el año 2002.

PROYECTO MZAM

Los objetivos fueron la identificación de las áreas y formaciones litológicas problemáticas, el reconocimiento del tipo de fenómeno y la clasificación cartográfica de las áreas en función del tipo y grado de riesgo (Fig. 1). Entre los procesos representados cabe destacar la caída de bloques, los movimientos lentos rotacionales y flujos, movimientos rápidos, entre otros. El riesgo sísmico no fue considerado dada su especificidad y desvinculación a los sistemas morfológicos presentando una fenomenología tanto espacial como temporal claramente diferente (DPTOP, 1985).

PROYECTO DPRG

La Ley de Urbanismo de Cataluña 2/2002 prohíbe urbanizar y edificar en zonas inundables y en zonas de riesgo para la seguridad y el bienestar de las personas. Así, en las áreas delimitadas como futuros desarrollos urbanísticos por la Direcció General d'Urbanisme o Ayuntamientos, el ICC lleva a cabo informes DPRG complementarios al planeamiento desde el año 2000. El informe comprende el reconocimiento de campo, la cartografía de las zonas que puedan presentar algún riesgo geológico y la propuesta de recomendaciones. Así también, se contempla la realización del modelo hidráulico de los posibles cursos problemáticos, con la recomendación de modificación de las trayectorias y de



FIGURA 1. Fragmento del proyecto MZAM (DPTOP, 1985). Las zonas más oscuras presentan un mayor peligro geológico.

las secciones de los lechos. El informe realiza la cartografía de las áreas urbanizables en dos clases de peligro: muy bajo-bajo y medio-alto. Las zonas clasificadas como clases de peligro muy bajo-bajo son apropiadas para el desarrollo urbanístico y no necesitan estudios adicionales a los trabajos geotécnicos requeridos por los códigos constructivos. Las zonas clasificadas como clases de peligro medio-alto necesitarán de estudios detallados adicionales dependiendo de los posibles usos compatibles. En febrero de 2004 se han realizado 156 informes (16.5% de los municipios) que en la mayoría de los casos corresponden a fenómenos gravitatorios (Fig. 2). El Ayuntamiento deberá llevar a cabo esos estudios antes de que sean aprobados sus planes urbanísticos.

PROYECTO MCRG

Desde el año 2002, el ICC en colaboración con el DPTOP realiza cartografías de prevención de riesgos geoló-

gicos a Escala 1:50.000 de movimientos del terreno, subsidencias, aludes y aceleraciones sísmicas básicas. El objetivo es proveer de una herramienta básica e implementar un Sistema de Información Geográfico, que caracterice los riesgos geológicos derivados del medio físico en el primer estadio de la planificación territorial.

En la cuarta fase del proyecto, enero 2004, se han completado todos los temas para trece comarcas y para el resto de las comarcas se han elaborado los mapas de aludes de nieve y de aceleraciones sísmicas básicas (Fig. 3). La metodología completa de evaluación de la peligrosidad (métodos deterministas y/o probabilistas), vulnerabilidad de los elementos expuestos y posibles escenarios de daños, se ha realizado únicamente para el caso de los terremotos, en el Plan de Protección Civil frente a las acciones sísmicas de Cataluña (SISMICAT-2003).



FIGURA 3. Mapa de fases del proyecto MCRG.

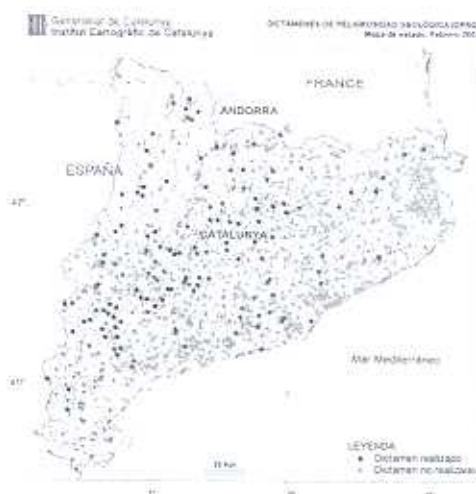


FIGURA 2. Localización de los dictámenes realizados (puntos oscuros).

Movimientos en masa

La base geológica utilizada comprende el Mapa Geológico de Cataluña a Escala 1:250.000 (ICC, 2002a) y la Serie MAGNA a Escala 1:50.000, realizada y publicada por el Instituto Geológico y Minero de España. La base de datos geológica digital de Cataluña se elabora mediante convenio firmado el año 1998 entre el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya y el ICC.

Las clases de susceptibilidad definidas de los diferentes tipos movimientos en masa se basan en 9 tipos litológicos y 7 clases de pendiente (Fig. 4). Finalmente, la cartografía realiza de manera cualitativa una estimación de la peligrosidad basada en la frecuencia y la magnitud de los fenómenos relacionados para las diferentes unidades. Así, aquellas unidades con un elevado número de movimientos (media o alta



FIGURA 4. Movimientos en masa de la comarca del Berguedà (35% de afectación).

frecuencia) o bien de dimensiones mayores (media o alta magnitud) se han considerado que presentan un mayor grado de peligrosidad.

Subsidencia

La subsidencia tiene una especial incidencia en la cuenca potásica paleógena catalana (Depresión del Ebro) y en particular, en la comarca del Bages. En algunos casos se encuentra relacionada con la explotación minera de una unidad salina que sigue las directrices estructurales de los ejes anticlinales de dirección NE-SW, dentro de la cual existe un tramo enriquecido en sales potásicas, mayoritariamente silvinita y carnalita. Los hundimientos diferenciales y las distorsiones angulares, que pueden ser debidos a la explotación, a la heterogeneidad de las cavidades, a la disposición estructural de las capas y a efectos de disolución por circulación de aguas, pueden generar patologías en edificios como es el Barrio de la Estación de Sallent. En dicha localidad se están realizando una serie de trabajos con el objetivo de conocer, evaluar y modelizar los hundimientos que permita estimar las posibles repercusiones y determinar las medidas preventivas o correctoras a tomar (ICC, 2002b). La realización de campañas de nivelación de alta precisión, juntamente con la utilización de la técnica de interferometría diferencial (Crosetto *et al.*, 2003; Mora *et al.*, 2003), ha permitido elaborar un modelo cuantitativo de subsidencia que permite realizar una simulación de daños.

Aludes de nieve

La cartografía de zonas susceptibles de aludes de nieve, realizada mayoritariamente a partir del Mapa de zonas de aludes a Escala 1:25.000 del ICC, delimita las áreas propensas a sufrir el desencadenamiento de aludes y su alcance (Fig. 5). Existen muchos tipos de aludes de nieve, que en



FIGURA 5. Cartografía de las zonas con peligro de aludes de nieve de Cataluña (áreas oscuras).

función del tipo de nieve se pueden clasificar en aludes de nieve reciente, de placa y de fusión. Las zonas cartografiadas presentan una serie de limitaciones, como la no diferenciación de zonas más o menos peligrosas; las posibles variaciones de la cubierta vegetal y por último, la aparición de eventos de aludes antiguos (fuera del registro dendrocronológico). Finalmente, cabe destacar que el área afectada por peligrosidad de aludes de nieve en Cataluña alcanza una extensión de 1250 km², cifra que equivale al 4% del territorio catalán o a la extensión de la comarca de Osona.

Aceleración sísmica básica

La norma sismorresistente NCSE-02 establece las condiciones técnicas que han de cumplir las estructuras de edificación. Básicamente, incluye la predicción de las zonas donde se pueden producir terremotos de intensidad igual o superior a VI para un período de recurrencia de 500 años en



FIGURA 6. Aceleración sísmica básica plan Sismicat 2003.

el territorio español. Por otro lado, el mayor conocimiento de las deformaciones tectónicas del NE de la Península Ibérica a partir de diferentes aproximaciones multidisciplinarias, ha permitido una mejora considerable del conocimiento de la peligrosidad sísmica (Secanell *et al.*, 2004), de la vulnerabilidad sísmica (Chávez *et al.*, 1999) y de los posibles escenarios de daños sísmicos de Cataluña (Susagna *et al.*, 2002). Este hecho hace que en mayo de 2003, la Generalitat de Catalunya aprobara el plan SISMICAT.

En la presente cartografía se expresa la aceleración sísmica básica según la NCSE-02 y el plan SISMICAT-2003 (Fig. 6), se dan una serie de limitaciones debido a que los valores representados corresponden a un suelo de tipo medio y para construcciones de importancia normal. Así, la presencia de suelos poco competentes requerirá de estudios de microzonación sísmica más detallados para estimar el posible efecto de amplificación local.

CONCLUSIONES

Desde el DPTOP y el ICC se están considerando los riesgos geológicos en la planificación territorial de Cataluña. Dentro de la planificación urbanística de los municipios, el proyecto DPRG que en enero de 2004 cubre el 16,5% de los municipios, constituye una herramienta importante para la mitigación de los riesgos geológicos. Dichos riesgos en la mayoría de los casos corresponden a inestabilidades gravitatorias. Como un primer estadio de la planificación territorial, el proyecto MCRG que en enero de 2004 cubre la tercera parte de las comarcas, representa una aproximación muy útil dada la extensión afectada por determinados peligros geológicos. En el caso de los movimientos en masa, la comarca del Berguedà es la que presenta una mayor área afectada con un 35,3% de su extensión; la subsidencia tiene una gran expresión areal en la comarca del Bages con un 4% de su extensión; y por último, los aludes de nieve se encuentran ampliamente desarrollados en la comarca de la Val d'Aran (51%).

AGRADECIMIENTOS

Las informaciones incluidas en este trabajo forman parte de los proyectos MZAM, DPRG y MCRG del DPTOP de la Generalitat de Catalunya. Los autores agradecen especial-

mente a la Secretaria de Planificació Territorial del DPTOP y al Institut Cartogràfic de Catalunya, su participación en los diferentes proyectos.

REFERENCIAS

- Ayala, F.J. y Oleina, J. (2002): *Riesgos Naturales*. Ariel Ciencia, 1512 p.
- Chávez, J., Goula, X., Roca, A., Mañá, F., Presmanes, J.A. y López-Arroyo, A. (1999): Escenarios de daños sísmicos en Cataluña. En: *I^{er} Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, 299-307.
- Crossetto, M., Castillo, M. y Arbiol, R. (2003): Urban subsidence monitoring using radar interferometry: Algorithms and validation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(7): 775-783.
- DPTOP (1985): *Mapa de riscos geològics de zones d'alta muntanya inferiors a 2000 m d'alçada*. Servei d'Acció Comarcal, Secretaria de Planificació Territorial. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- DPTOP (2004): *Plans Territorials*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya. Internet [<http://www.gencat.net/ptop/plans/index.htm>].
- ICC (2002a): *Mapa geològic de Catalunya 1:250.000*, 2^a Edició. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ICC (2002b): *Estudi del procés d'esfondrament del terreny als barris de l'Estació i de la Rampinya de Sallent*. Informes del Servei Geològic de Catalunya ICC-AR-65/02. Institut Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya.
- Mora, O., Mallorquí, J. y Broquetas, A. (2003): Linear and nonlinear terrain deformation maps from a reduced set of interferometric SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(10): 2243-2253.
- Secanell, R., Goula, X., Susagna, T., Fleta, J. y Roca, A. (2004): Seismic hazard zonation of Catalonia, Spain, integrating random uncertainties. *Journal of Seismology*, 8: 25-40.
- Susagna, T., Goula, X., Fleta, J. y Roca, A. (2002): *Anàlisis de riscos en el plan de protecció civil ante el riesgo sísmico en Cataluña*. Cien años de sismología en Granada, Granada. CD-ROM, 4 p.