

Consideraciones sobre la construcción en zonas kársticas activas. Caso de la Avenida de las Estrellas de Zaragoza

Considerations about building in active karstic areas. Case of Estrellas avenue from Zaragoza

Óscar Pueyo Anchuela ⁽¹⁾, Diego Anson López ⁽¹⁾, Andrés Pocoví Juan ⁽¹⁾, Antonio M. Casas Sainz ⁽¹⁾, José Luis Simón ⁽¹⁾, Héctor Gil ⁽¹⁾,
Javier Francisco Ipas Lloréns ⁽²⁾ y Javier Gracia Abadías ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. c/ Pedro Cerbuna, nº 12, 50009 Zaragoza, España. opueyo@unizar.es, anson.diego@gmail.com, apocovi@unizar.es, acasas@unizar.es, jsimon@unizar.es, hecgilgarbi@gmail.com

⁽²⁾ Tubkal Ingeniería, S.L., c/Juan Pablo II, nº 70, 9ºA, 50009 Zaragoza, España. ipas@unizar.es

⁽³⁾ Control 7. Polígono Malpica – Santa Isabel, calle E, parcelas 59-61, nave 9, 50057 Zaragoza, España. grabaja@control7.es

ABSTRACT

Building projects over hazardous karstic areas can be a serious problem to structures, services and human vulnerability. Zaragoza city exhibits a high vulnerability in its southern and western urbanizing areas related to the proximity to the surface of highly soluble salts. In many cases historical approaches have been used for preliminary planning strategies considered at the Urban Planning from Zaragoza city. In this article an analysis of a known area with pathologies and problems after building development is presented. Aerial photographs, surface evidences and ground penetrating radar profiles are analyzed to decipher real sinkhole boundaries and to establish considerations for future building developments in areas with alluvial karst in Zaragoza city.

Key-words: Urban planning, GPR, alluvial karst, gypsum karst.

RESUMEN

Los proyectos constructivos sobre zonas con riesgo kárstico pueden presentar serios problema para las estructuras, los servicios y la vulnerabilidad humana. La ciudad de Zaragoza presenta una alta vulnerabilidad a lo largo de sus bordes meridional y suroccidental. Esta problemática se relaciona con la proximidad a la superficie de sales de alta solubilidad. En muchos casos las aproximaciones históricas se han usado para dimensionar preliminarmente los planes de ordenación urbana de la ciudad de Zaragoza. En este trabajo se aborda el análisis de un área con problemas tras su urbanización. Estudios de fotografía aérea, análisis superficial y de patologías y prospección geofísica por georradar se analizan para identificar los bordes reales de una dolina y establecer consideraciones para futuros desarrollos constructivos en zonas con karst aluvial en la ciudad de Zaragoza.

Palabras clave: Ordenación urbana, georradar, karst aluvial, karst yesífero.

Geogaceta, 51 (2012), 63-66.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 28 de junio de 2011
Fecha de revisión: 3 de noviembre de 2011
Fecha de aceptación: 25 de noviembre de 2011

Introducción

Construir en medios geológicos inestables es una problemática de amplio espectro en la seguridad y cuantificación económica de edificios, estructuras, reparación y especialmente en la vulnerabilidad humana.

El problema geotécnico de la construcción en medios kársticos activos de la ciudad de Zaragoza y su entorno fue valorado en el plan general de ordenación urbana de 1998 con una cartografía de riesgos (Simón *et al.*, 1998).

La ciudad de Zaragoza y su área de expansión urbana se desarrollan a lo largo de un sistema de terrazas asociadas al río Ebro y sus afluentes. El espesor del aluvial varía a lo largo de la zona urbana con espesores de más de 50 metros en el centro

de la ciudad (Moreno Merino *et al.*, 2008). El Cuaternario se apoya sobre la Fm. Zaragoza que está compuesta por calizas, arcillas y margas intercaladas con yesos, glauberita y halita (Salvany, 2009). El diferente desarrollo del aluvial, presencia de fases más solubles o cambios del gradiente hidráulico ha desarrollado una orla, especialmente al W y S de la ciudad, de campos de dolinas.

Descriptiva de caso

En los últimos años los periódicos de Zaragoza han analizado el caso de un grupo de edificios localizados en el barrio de Valdefierro con evidencias de procesos activos de subsidencia (grietas abiertas asociadas a movimientos verticales relativos, apertura

de juntas de dilatación entre edificios, basculamiento de un bloque de viviendas o continuas reparaciones del mobiliario urbano).

La planificación urbanística de esta zona de estudio (avenida de las Estrellas en el barrio de Valdefierro) se desarrolló con anterioridad a la incorporación en el PGOU de las cartografías de riesgos kársticos desarrollados por Simón *et al.* (1998). En la zona analizada se conocía la existencia de una dolina de colapso (fotografías aéreas de 1946, 1956; Fig. 1A), afección a la antigua nave de Hispano Carrocera (fotografías aéreas de 1967 a 1993; Fig. 1A) con el derrumbe de parte de la nave casi inmediatamente después de su construcción y estudios geotécnicos desarrollados durante la ordenación y dimensionamiento construc-

tivo de la zona Esta información motivó la utilización de cimentaciones profundas para un centro comercial sobre parte de la dolina conocida (pilotaje a más de 60 metros) y el establecimiento de zonas verdes para evitar la construcción sobre dicha dolina (posteriormente identificada en el PGOU como dolina nº1 de Zaragoza; Simón *et al.*, 1998).

A finales de la década de 1990 se construyeron varios bloques de viviendas en la orla meridional de dicha dolina, algunos de

los cuales han sufrido afecciones kársticas posteriores (ver Gutiérrez *et al.*, 2009).

Es nuestro objetivo analizar el caso desde el punto de vista histórico 20 años después de la ordenación de la zona, integrando la información disponible y el estado actual. El objetivo es analizar las variables que deberían ser tenidas en cuenta en futuros desarrollos urbanísticos en zonas similares y el significado de las aproximaciones históricas por medio de análisis de foto aérea.

Resultados

Se ha realizado un análisis previo de foto aérea de la zona analizada y un estudio de terreno de patologías.

Las fotos aéreas de estados pre-construictivos muestran una dolina de colapso con morfología irregular (posible coalescencia de dos dolinas) y una orla deprimida topográficamente hacia el S y SE del colapso analizado. El contorno de dicha dolina coincide con los derrumbes y cambios

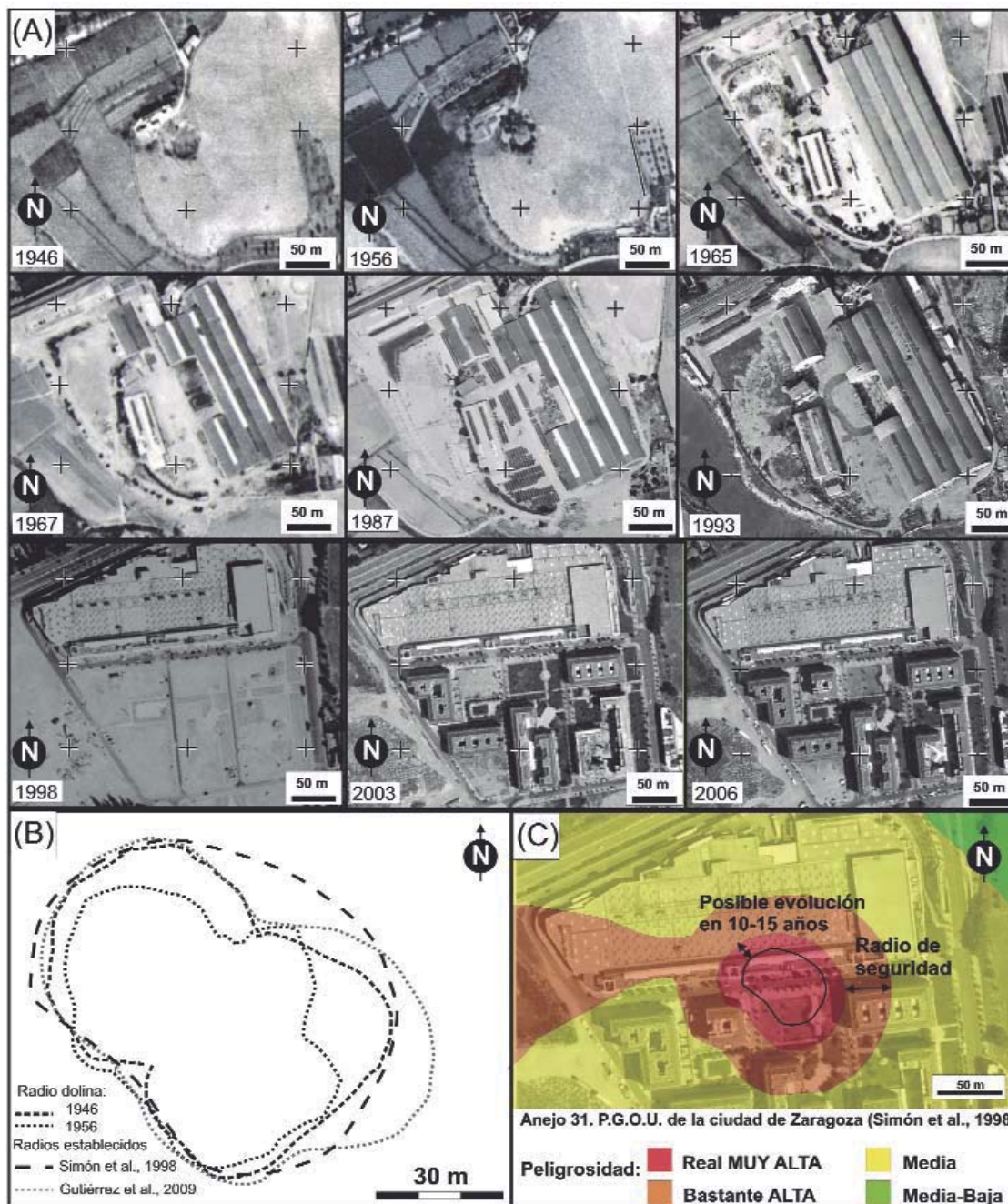


Fig. 1.- (A) Análisis histórico de fotografías aéreas y ortofotografías de la zona de estudio; (B) comparativa de radios obtenidos de distintas fuentes y fotografías; (C) zonación del PGOU de Zaragoza (Simón *et al.*, 1998) para el sector estudiado.

Fig. 1.- (A) Historic analysis of aerial photographs and ortho-photographs from studied zone, (B) comparison of obtained data from different sources and photographs; (C) Urban Planning zonation from the studied zone (after Simón *et al.*, 1998).

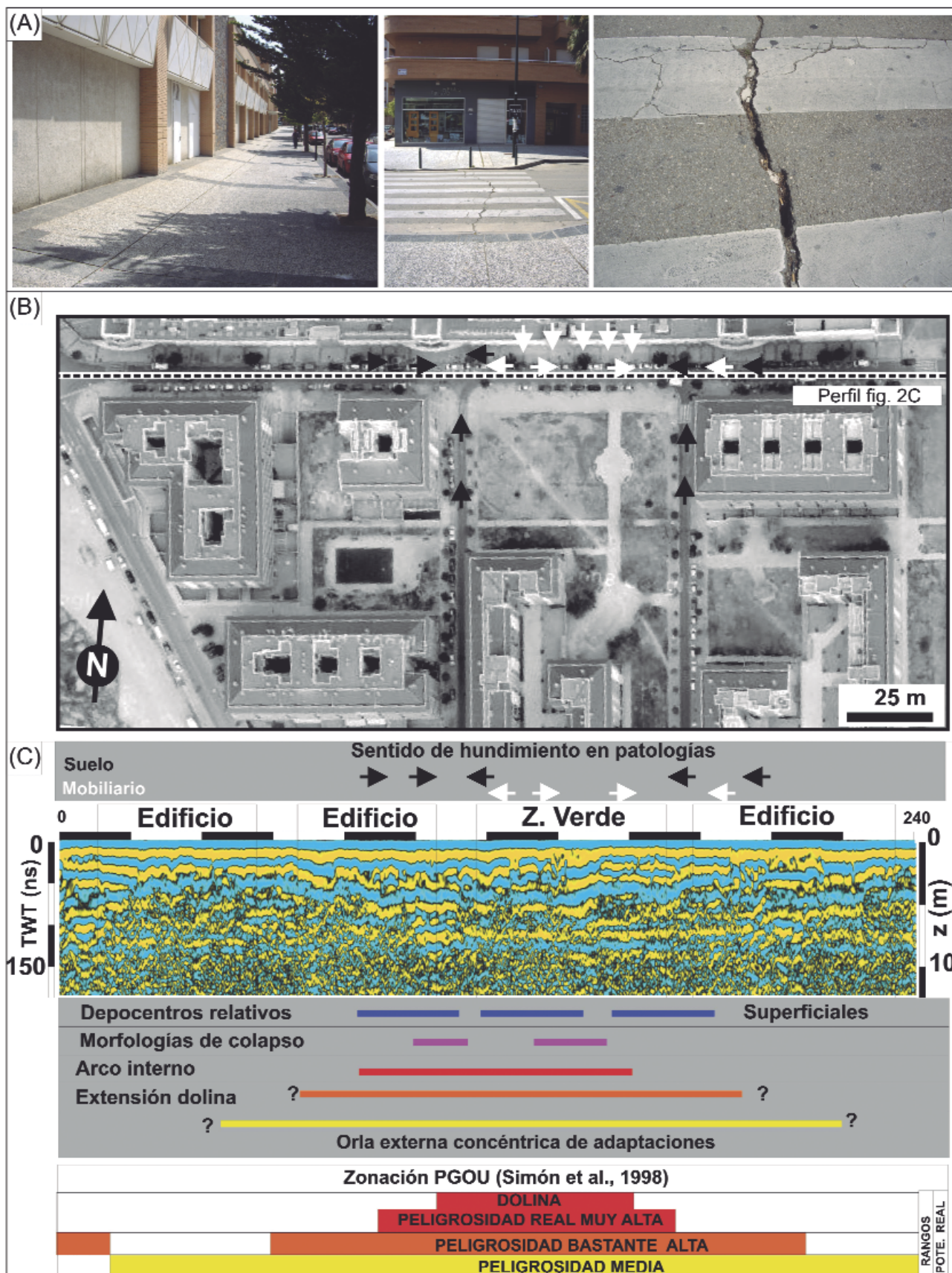


Fig. 2.- (A) Fotografías de la zona analizada, (B) foto aérea de la zona y localización del perfil mostrado en (C), (C) perfil de georradar de la zona y zonación obtenida a partir del georradar junto a las categorías utilizadas en el PGOU sobre ordenación urbana (Simón et al., 1998).

Fig.2.- (A) photographs from the studied area, (B) aerial photograph and location of GPR profile of (C) (C) GPR profile from the area and obtained zonation from GPR and urban zonation from PGOU (Simón et al., 1998).

identificados en las fotografías de los años 1965-1993. La comparación de los radios de dicha dolina en función de las fuentes analizadas permite establecer una serie de radios de extensión del colapso y las patologías posteriores (Fig. 1B). Las patologías identificadas en la actualidad (Fig. 2A) muestran fallos en los muros meridionales del Centro Comercial, apertura de juntas de dilatación, grietas y basculamiento de las aceras según una orla externa a la dolina observable en las fotografías aéreas de 1946 y 1956. En algunos casos se identifican cambios de la tendencia de hundimiento en el interior de la zona analizada indicando el desarrollo heterogéneo interior de la dolina (definición de varios sectores de comportamiento individual; basculamiento del terreno, inclinación de farolas o grietas afectando a las calles y aceras).

Se ha realizado una prospección geofísica por georradar recorriendo las aceras y calles de la zona (antenas apantalladas y frecuencia central de 100 y 250 Mhz). Los perfiles de georradar se han realizado con el objetivo de analizar variaciones de la geometría de los materiales del subsuelo compatibles con un proceso de subsidencia continuada en el tiempo. La aplicación de técnicas de prospección geofísica en medios urbanos debe lidiar con problemas sobre las actuaciones antrópicas, presencia de servicios (alcantarillado, red eléctrica, telefónica, etc) como también la influencia lateral de las edificaciones, cimentaciones y garajes. Es por esto que el análisis de los perfiles de georradar se ha centrado únicamente en la parte superior de los mismos y principalmente dentro de la zona pelicular de prospección (*skin depth*).

En el caso de los perfiles localizados a lo largo del vial central (Fig. 2B) se observa una geometría planocóncava con disposición de acomodaciones (adaptaciones) simétricas. En detalle, se identifica una zona interior donde se producen las mayores variaciones de inclinación de los reflectores que coinciden con la dolina identificada en fotografía aérea (principalmente con la dolina de colapso). Por otro lado, se identifica una orla externa con acomodación de reflectores de menor desarrollo pero que presentan una disposición simétrica con respecto a la zona central y que puede interpretarse como el verdadero borde de la dolina (orla externa de

subsidencia). Esta zona con menor desarrollo de acomodaciones presenta un radio de afección de entre 20-30 metros mayor que la dolina cartografiada en foto aérea y que coincide con las zonas con patologías actuales o se extienden incluso más que éstas. Por otro lado, en algunas de las zonas el límite exacto de la dolina no puede ser identificado por la presencia de excavaciones en la zona. En estos casos, sólo se ha podido identificar el radio mínimo (extensión de la dolina en Fig. 2C) que afecta claramente a las edificaciones localizadas al E y W de la zona verde, pero cuya prolongación lateral podría ser aún mayor si se asume una recuperación progresiva del buzamiento de los reflectores (orla externa en Fig. 2C).

Discusión y conclusiones

El análisis de fotografías aéreas, en especial los vuelos antiguos y previos a la urbanización de la zona (escala 1:33.000), presenta inconvenientes cuando se busca realizar una cartografía de alta resolución (de escala métrica) para urbanismo o dimensionamiento constructivo.

Por otro lado, los análisis desde la superficie topográfica sólo ofrecen información de la afección a ésta (registro pasivo superficial de la actividad), no valorando el desarrollo real de los procesos kársticos. El análisis realizado muestra un mayor desarrollo del radio de la dolina identificado a partir del georradar con respecto a los análisis de foto aérea en la zona. Con independencia de la posible evolución reciente de la dolina y el posible incremento de su radio de afección, la correlación entre anomalías geofísicas, fotografía aérea y la presencia de orlas externas de acomodación identificadas por medio de georradar es habitual en la zona de Zaragoza (ver por ejemplo Pueyo Anchuela *et al.*, 2011).

Por otro lado, el dimensionamiento de edificaciones en las inmediaciones de dolinas de colapso con substrato evaporítico a más de 50 metros de profundidad, hace que el radio real de las dolinas requiera ser acompañado de orlas de seguridad suficientes que valoren la profundidad del material soluble y la posible evolución reciente.

El PGOU de la ciudad de Zaragoza valora, respecto a las dolinas cartografiadas, un radio de 15 metros como zonas de posible

evolución y una orla de control de 50 metros más (Fig. 2C).

La comparación de esta zonación con el estado actual de la dolina muestra una buena correlación pero parece indicar que el radio de seguridad dibuja la propia dimensión de la dolina establecida con georradar. La presencia de procesos activos kársticos no invalida la potencialidad constructiva pero sí dimensiona la tipología y por ende los gastos asociados en la implantación de cimentaciones y su tipología. Los gastos posteriores asociados a patologías y fallos constructivos siempre exceden los del posible dimensionamiento previo. La utilización de análisis históricos son de amplia utilidad para ordenación pero no adecuada a la escala de construcción. El principal objetivo de los trabajos previos debería ser el dimensionamiento real de los radios de afección sin olvidar el ulterior establecimiento de radios de seguridad que evalúen tanto la tasa de actividad regional como la profundidad del foco-origen de la actividad (material soluble)

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los objetivos del Grupo Consolidado de Investigación del Gobierno de Aragón (E27. Geotransfer). Los autores agradecen las aportaciones de Juan José Durán Valsero, un revisor anónimo y los editores de Geogaceta.

Referencias

- Gutiérrez, F., Galve, J.P., Lucha, P., Bonachea, J., Jordá, L. y Jordá, R. (2009). *Environmental Geology*, 58, 1107-1122.
- Moreno Merino, L., Garrido Schneider, E.A., Azcón González de Aguilar, A. y Durán Valsero, J.J. (2008). *Hidrogeología urbana de Zaragoza*. IGME, 197 p.
- Pueyo Anchuela, Ó., Casas-Sainz, A.M., Pocoví Juan, A. y Ansóñ López, D. (2011). *Engineering Geology*, 114, 222-238.
- Salvany, J.M. (2009). *Geología del yacimiento glauabérico de Montes de Torrero (Zaragoza)*. Pressas Universitarias de Zaragoza, 80 p.
- Simón Gómez, J.L., Martínez Gil, J., Soriano Jiménez, M.A., Arlegui Crespo, L. y Caballero Burbano, J. (1998). *Estudio de riesgos naturales de los terrenos de la orla sudoeste del suelo urbanizable*. Informe público Ayuntamiento de Zaragoza (Anexo 3.1. PGOU). <http://www.zaragoza.es/contenidos/urbanismo/pgouz/memoria/anejos/anejo03/anejo031.pdf>.