

ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DEL CUATERNARIO DE ESPAÑA (E. 1:1.000.000) Y CONTRIBUCIÓN ESPAÑOLA AL “INTERNATIONAL QUATERNARY MAP OF EUROPE (E. 1:2.500.000)”



A. Salazar⁽¹⁾, J.A. Rodríguez-García⁽¹⁾, A. Sevillano⁽²⁾, V. Cañas⁽³⁾, L. Adrados⁽⁴⁾, I. Galindo⁽⁵⁾, N. Sánchez⁽⁵⁾, M.A. Perucha⁽⁶⁾, J. Vegas⁽⁶⁾, J. García-Mayordomo⁽¹⁾, J.A. Díaz de Neira⁽¹⁾, F.B. Nozal⁽¹⁾

- (1) Instituto Geológico y Minero de España, C/ La Calera, 1. 28760 - Tres Cantos (Madrid). a.salazar@igme.es; ja.rodriguez@igme.es; julian.garcia@igme.es; j.diazdeneira@igme.es; f.nozal@igme.es
- (2) Instituto Geológico y Minero de España (Unidad Territorial de Baleares), C/ de Felicià Fuster, 7. 07006 – Palma de Mallorca. a.sevillano@igme.es
- (3) Barrio Elejalde, 67-G. 48113 – Gamiz-Fika. vcanas78@gmail.com
- (4) Geolag, Turismo geológico. Residencial La Vallina, 20-4ª. 33191 - San Claudio - Oviedo (Asturias). info@geolag.com
- (5) Instituto Geológico y Minero de España (Unidad Territorial de Canarias), C/ Alonso Alvarado, 43 - 2ªA. 35003 - Las Palmas de Gran Canaria. i.galindo@igme.es; n.sanchez@igme.es
- (6) Instituto Geológico y Minero de España, C/ Ríos Rosas, 23. 28003 – Madrid. ma.perucha@igme.es; j.vegas@igme.es

Update of the Quaternary Map of Spain (e. 1: 1,000,000) and Spanish contribution to the International Quaternary Map of Europe (e. 1: 2,500,000): This contribution deals about a new project started by the Geological and Mining Institute of Spain with a dual purpose. First, to update the geological data of the Quaternary Map of Spain at 1:1,000,000 scale, and also to update its format and data model. Second, to contribute with cartographic data about the Quaternary geology at 1: 2,500,000 of the Spanish European territory (Iberian Peninsula and Balearic Islands) for carrying out a new digital version of the International Quaternary Map of Europe (IQUAME-2500), an international project based on a multi-institutional collaborative framework. In order to achieve these goals, multiple factors shall be taken into account such as the diverse scientific-technical requirements, the sources of the key data, the different tasks to be performed and the potential synergies with other data sets about Quaternary geology.

Palabras clave: Cartografía geológica, geología del Cuaternario, España, Europa

Key words: Geological mapping, Quaternary geology, Spain, Europe

INTRODUCCIÓN

Desde su creación en 1849 como *Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino*, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha tenido entre sus tareas la realización de cartografías geológicas del territorio nacional, siendo la producción de mapas a pequeña escala (1:1.000.000 o menores) una labor habitual de la institución. Sirvan como ejemplo las sucesivas reediciones y actualizaciones del *Mapa Geológico de España y Portugal Peninsulares, Baleares y Canarias* (López de Azcona y Suárez-Feito, 1965), o el *Mapa del Cuaternario de España* y el *Mapa Geomorfológico de España* a esa misma escala (Pérez-González *et al.*, 1989; Martín-Serrano *et al.*, 2004).

La utilidad de estos mapas se puede concentrar en tres aspectos principales: a) componen una visión sintética del estado de conocimiento geológico del territorio, b) facilitan la contextualización regional de las investigaciones de escala detallada, c) son la fuente de información principal para componer cartografías continentales o globales. Ejemplos de esto último son el *International Quaternary Map of Europe* (IQUAME-2500), un documento cartográfico tradicional publicado en papel (Voges, 1967-1995); o el proyecto *OneGeology*, un modelo distribuido de datos digitales armonizados y vinculados mediante servicios de mapas web que permiten la visualización de información geológica básica de cualquier lugar de nuestro planeta (<http://www.onegeology.org>).

Para que estos mapas puedan seguir brindando las utilidades mencionadas, resulta imprescindible su revisión periódica, tanto en cuanto a la actualización

de los datos geológicos, como en lo referente a su adaptación a las nuevas tecnologías de los sistemas de información geográfica (GIS), o para implementar reglas y vocabularios que posibiliten compartir sus datos en ámbitos internacionales. En este contexto, y para realizar la aportación española a la nueva versión digital del IQUAME-2500 (Asch, 2011), el IGME considera necesaria la actualización del *Mapa del Cuaternario de España a escala 1:1.000.000*. En la presente comunicación se describirán dicha tarea.

ANTECEDENTES

La *International Union for Quaternary Science* (INQUA) propuso la realización del IQUAME-2500 durante su II congreso (1932, S. Petersburgo-Leningrado). El proyecto se hizo realidad varias décadas después mediante la publicación de las 14 hojas y la leyenda que componen el citado mapa (Voges, 1967-1995). La aportación correspondiente al territorio español fue realizada por los Drs. Caridad Zazo y José Luis Goy entre 1979 (Hoja de Rabat) y 1990 (Hoja de Madrid); sin que el IGME participara de forma directa en su realización.

En el XIII congreso de INQUA (2011, Berna), se celebró un taller o *workshop* en el que se planteó la realización de una nueva versión del IQUAME-2500, revisada y en formato digital (Asch, 2011). La *Commission for the Geological Map of the world* (CGMW-UNESCO) aprobó dar su apoyo a la nueva versión del IQUAME-2500 en su asamblea general celebrada en 2012 en Brisbane. La puesta en marcha de esta idea se concretó en un segundo *workshop* (Viena, 2012), organizado por el *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* (BGR, Alemania) y el *Geologische Bundesanstalt*

(GBA, Austria), al que el IGME fue invitado a participar. Durante dicho *workshop* se establecieron los contenidos básicos y los criterios técnicos de la nueva versión. Para llevar a cabo este proyecto, se ha creado un equipo de trabajo europeo liderado por el BGR, asesorado por INQUA y auspiciado por CGMW-UNESCO. El grupo de trabajo también estará apoyado por la Asociación Europea de Institutos Geológicos, *EuroGeoSurveys*, y su grupo de trabajo sobre formaciones superficiales.

Por otra parte, el IGME publicó en 1989 el Mapa del Cuaternario de España escala 1:1.000.000 (Pérez-González *et al.*, 1989), que fue transferido posteriormente a un formato vectorial en 2010, como parte del proyecto INGEOES, pero sin actualizar su información (Figura 1). En el momento de preparación de aquel mapa, se había realizado poco más de la mitad de la cartografía geológica básica a escala 1:50.000 (proyecto MAGNA). Hoy en día, cuando está disponible cartografía geológica 1:50.000 de casi todo el territorio estatal, así como multitud de trabajos de investigación sobre el Cuaternario, el contenido de este mapa está desactualizado. Además, en cuanto a los aspectos meramente técnicos, su base topográfica está anticuada, y el modelo de datos no se adapta a los requerimientos derivados de la directiva europea INSPIRE, ni a los criterios establecidos para el nuevo IQUAME-2500 (Asch *et al.*, 2014).

REQUERIMIENTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

El nuevo Mapa del Cuaternario de España se concibe como un mapa en formato digital cuya precisión cartográfica será equivalente a la correspondiente a la escala 1:1.000.000. Según las fórmulas más habituales, dicha escala equivale a una resolución de 500 metros y, por lo tanto, el tamaño de polígono mínimo es de unas 25 hectáreas (0,25 km²). Los sistemas de referencia del nuevo *Mapa del Cuaternario de España* serán ETRS89 en proyección UTM-H30, para la Península Ibérica y Baleares, y REGCAN95 proyección UTM-H28 para las Islas Canarias. La base topográfica será una simplificación de la última versión del *Mapa de la Península Ibérica Baleares y Canarias a escala 1:1.250.000* del IGN.

Es preciso señalar que la directiva europea 2007/2/CE, de 14 de marzo de 2007, que establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE), pretende garantizar la interoperabilidad y la armonización de diversos grupos de datos espaciales, entre ellos los referidos a la geología, en el entorno de la Unión Europea. Esa interoperabilidad se posibilita mediante la implementación de unas especificaciones técnicas concretas, que para el tema geología se basan en el modelo de datos *GeoSciML v3*, desarrollado por la *Commission for the Management and Application of Geoscientific Information (CGI)* de IUGS-UNESCO (INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2013). Dichas especificaciones, que serán obligatorias en un futuro próximo, han sido adoptadas como base para elaborar la nueva versión del IQUAME-2500. Por ello, es necesario que el nuevo mapa del Cuaternario de España tenga en cuenta las especificaciones técnicas INSPIRE y aquellas otras

establecidas para el IQUAME-2500 (Asch *et al.*, 2014).

De este modo, se considera imprescindible que para cada unidad geológica cartografiada se incluya información relativa a: a) litología, b) génesis y, c) edad. La litología se define conforme a los modelos de datos y vocabularios de CGI (*GeoSciML*, *OneGeology-Europe*) e INSPIRE, pero de manera simplificada. La génesis, referida al evento que da origen a la unidad (*GeologicEvent*), se concreta a través de dos atributos, el ambiente (*EventEnvironmentValue*) y el proceso (*EventProcessValue*), y según los términos de los vocabularios de INSPIRE (INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2013). La edad se considera también un atributo relativo al evento y se define mediante sus límites inferiores y superiores, tomando como referencia la carta del ICS (Cohen y Gibbard, 2011), que es conforme a las especificaciones de la directiva INSPIRE.

Un conjunto de datos que también se considera imprescindible para el IQUAME-2500 lo constituyen los límites del último máximo glacial, que, por defecto, deben tomarse de los mapas de los límites establecidos para Europa que acompañan la publicación de Ehlers *et al.* (2011). En cuanto a la inclusión de fallas activas, se ha considerado para el IQUAME-2500 que la fuente de datos será el proyecto SHARE (FP7-226967), *Seismic Hazard Harmonization in Europe* (<http://www.share-eu.org/node/6>), para todo el conjunto de Europa.

Otro requerimiento técnico, pero ya de carácter interno, es que, en la medida de lo posible, el nuevo mapa del Cuaternario de España tenga una geometría compatible con la nueva versión digital del *Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a Escala 1:1.000.000*, cuya edición está a punto de finalizar.

Teniendo en cuenta todos estos condicionantes señalados, se ha diseñado un modelo de datos para el Mapa del Cuaternario de España, que será conforme con las especificaciones y los vocabularios de la directiva INSPIRE y demás requerimientos establecidos para el IQUAME-2500 (Sevillano *et al.*, 2015).

FUENTES DE DATOS Y TAREAS PRINCIPALES

Al fin de lograr la mayor compatibilidad geométrica posible entre el futuro *Mapa del Cuaternario de España* y la nueva versión digital del *Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a Escala 1:1.000.000*, se ha tomado este segundo mapa como punto de partida inicial de los trabajos, seleccionando de él todos los polígonos cuya edad sea Cuaternario o Plio-Cuaternario. Esta capa inicial de polígonos ha sido cotejada con otros mapas de referencia a la misma escala, en concreto, el anterior *Mapa del Cuaternario de España* y el *Mapa Geomorfológico de España* (Pérez-González *et al.*, 1989; Martín-Serrano *et al.*, 2004), detectando así posibles polígonos omitidos o ausentes, y añadiéndolos seguidamente desde otras fuentes de información cartográfica del IGME a escala más detallada (1:200.000 a 1:50.000).

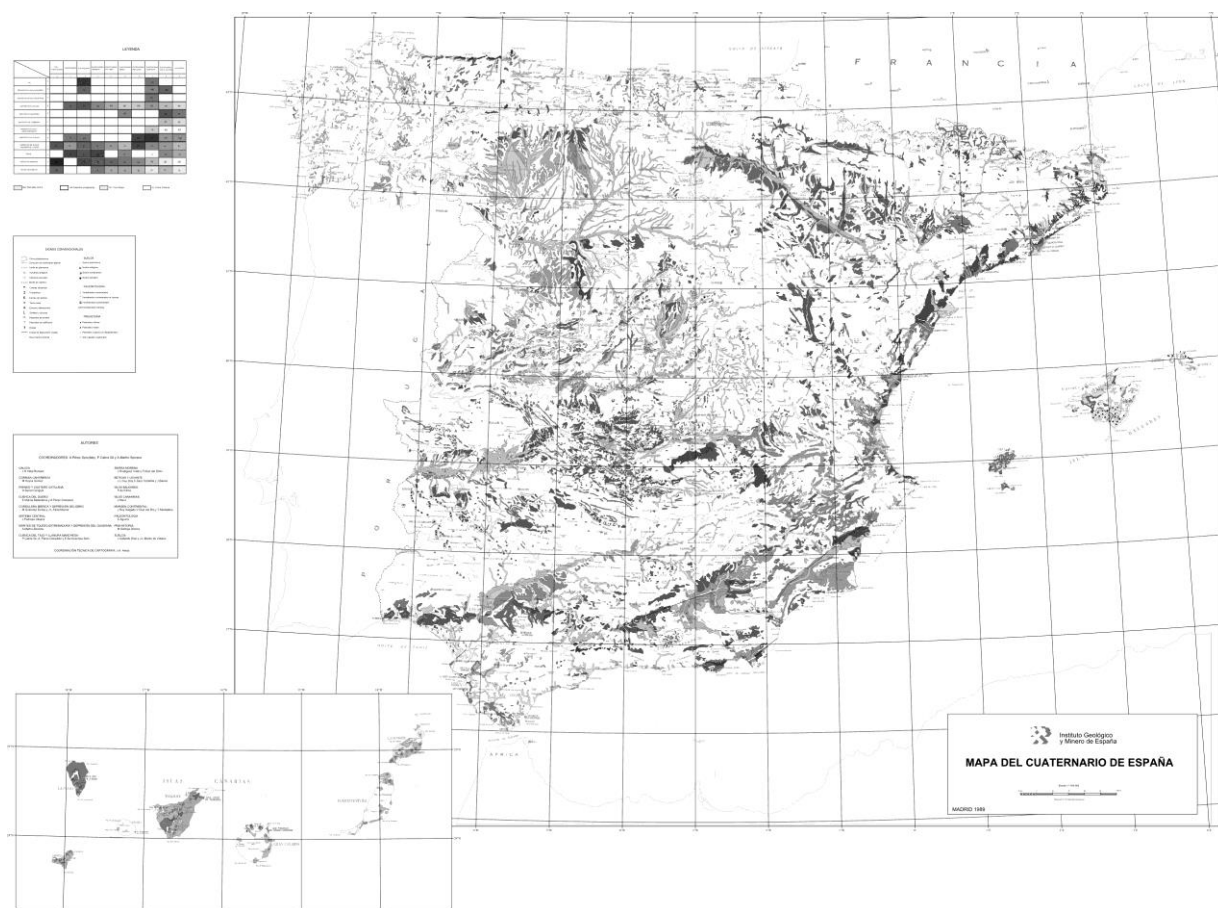


Fig. 1: Aspecto general del Mapa del Cuaternario de España escala 1:1.000.000 (Pérez-González et al., 1989). Esta imagen corresponde con la versión digital del mapa (formato PDF), realizada en el año 2010, pero sin actualizar su información.

Los depósitos de origen glaciar, por su reducido tamaño, han sido eliminados en su mayoría del *Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a Escala 1:1.000.000*; pero dada su importancia y su relación con otras capas del mapa, han requerido de un trabajo de agregación individualizada al nuevo *Mapa del Cuaternario de España*. Otro grupo de materiales de escasa representación superficial, pero importantes, son los volcánicos, que también han requerido de una atención especial para su incorporación al mapa.

También ha sido necesario realizar un cotejo y una adecuación de los límites del máximo glaciar (Ehlers et al., 2011) con los depósitos de origen glaciar seleccionados para el nuevo mapa, así como con otros rasgos geomorfológicos relacionados con el glaciarismo, usando las fuentes bibliográficas más adecuadas para cada uno de los macizos montañosos del territorio español. Este trabajo, por su interés, es objeto de otra comunicación individualizada (Adrados et al., este mismo volumen). De cara a la aportación de datos al IQUAME-2500, los asesores del proyecto han considerado que era necesario realizar dicha revisión. Una vez finalizada la revisión, los nuevos datos también serán enviados para la posible actualización del conjunto de datos originales.

La lista de yacimientos paleontológicos de la versión anterior del *Mapa del Cuaternario de España* (Pérez-González et al., 1989) deberá ser revisada y

actualizada para su digitalización e incorporación al nuevo mapa. Los elementos geomorfológicos que se consideren significativos más significativos para ayudar a explicar la geología del Cuaternario español se extraerán del *Mapa Geomorfológico de España* (Martín-Serrano et al., 2004).

SINERGIAS CON OTROS CONJUNTOS DE DATOS

La *Base de Datos de Fallas Activas de Iberia* (QAFI), promovida por el IGME, constituye un conjunto de datos científicos sobre fallas con actividad en el Cuaternario de la Península Ibérica y zonas aledañas (García-Mayordomo et al., 2012). Actualmente se está preparando la tercera versión de esta base de datos (QAFI v.3) que incluirá, entre otras modificaciones, una homogeneización de criterios y un mayor número de registros. Tanto para el *Mapa del Cuaternario de España* como para el IQUAME-2500, se utilizará los datos de QAFI v.3, en lugar de los procedentes del proyecto SHARE, por considerarse los primeros de mayor calidad.

El *Inventario de Registros geológicos con información Paleoclimática del Cuaternario de España*, IRPACUE, (Vegas et al., 2011) es otro conjunto de datos, referidos al Cuaternario, de interés. En esta base de datos se trata de reunir registros geológicos terrestres, marinos y de transición, que estén en el territorio español y sus áreas marítimas de influencia, y contengan información relativa a datos paleoclimáticos del

Cuaternario. Al ser una base de datos georreferenciada, sus registros constituirán una herramienta muy útil para valorar la calidad del nuevo *Mapa del Cuaternario de España*.

Por otro lado, el nuevo *Mapa del Cuaternario de España*, puede ser en el futuro un elemento auxiliar de contextualización regional de ambos conjuntos de datos: QAFI v2.0 e IRPACUE.

APORTACIÓN AL IQUAME-2500 Y PUBLICACIÓN DEL MAPA

Una vez finalizado el nuevo *Mapa del Cuaternario de España* en formato digital, se deberá proceder a su adaptación para poder proporcionar la contribución española al IQUAME-2500. También se planteará su posible publicación en papel o, al menos, como un archivo en formato de documento portátil estándar (PDF o equivalente) que permita su impresión directa.

Para poder aportar la cartografía del Cuaternario al IQUAME-2500, será necesario adaptarla a la nueva escala (1:2.500.000). Se ha considerado para el IQUAME-2500 un tamaño mínimo de los polígonos de 1mm² en el mapa (6.25km²), que es coherente con la escala de dicho mapa. Por ello, se realizará una selección previa de polígonos especialmente significativos, que no deberán ser eliminados en ningún caso del mapa (materiales de origen volcánico y glaciar, por ejemplo) y cuya representación se exagerará (de acara a su visualización) o se realizará mediante simbolización puntual. Deberá procederse seguidamente a la simplificación, generalización y adecuación de los demás polígonos a la nueva escala.

La cartografía del Cuaternario de España también deberá ajustarse a la base topográfica del mapa europeo, que no será la del IGN original, sino que será el VMAP0 (*Vector Map level 0, United States National Imagery and Mapping Agency*), pero con una hidrografía simplificada. Por último, cabe señalar que el desarrollo en España del proyecto *Global Geosites* (García-Cortés, 2008), que consideró la definición de contextos y lugares geológicos españoles de relevancia internacional en relación con el Cuaternario, será de ayuda para seleccionar aquellos lugares (yacimientos paleontológicos, por ejemplo) que, por su importancia, deban figurar en el IQUAME-2500.

CONCLUSIONES

La nueva versión del Mapa del Cuaternario de España a escala 1:1.000.000 mostrará una visión más actualizada del estado de conocimiento geológico de dicho periodo en el territorio español. Por ello, es de esperar que sea una ayuda en el futuro para contextualizar otros grupos de datos referidos al Cuaternario. Así mismo, cumplirá con las especificaciones para el tema geología de la directiva INSPIRE, constituyendo así un conjunto armonizado de datos que permita su interoperabilidad en el ámbito europeo e internacional, lo que asegurará su fácil incorporación a la versión digital del IQUAME-2500.

Agradecimientos: Trabajo financiado por el IGME con cargo a sus presupuestos, proyecto (Ref. 2264) "Actualización del Mapa del Cuaternario de España 1:1.000.000 (Cuaternario 1M) y aportación a la nueva versión del International Quaternary Map of Europe 1:2.500.000" (IQUAME 2,5M)". A Kristine Asch y el "IQUAME Expert group".

Referencias bibliográficas

- Adrados, L., Salazar, A., Rodríguez, J.A. (este volumen). Actualización de la cartografía 1:1.000.000 de los límites del último máximo glaciar en España. En: *XIV Reunión Nacional de Cuaternario*, Granada.
- Asch, K. (2011). The Earth Beneath Our Feet: Start of the International GIS and Map of Quaternary Geology of Europe. *17th MAEGS - Abstracts*. Belgrado (República de Serbia), 47-48.
- Asch, K., Gdaniec, P., Müller, A. (2014). *Review of the 1:2.5 Million International Quaternary Map of Europe. General information and guidelines for the review* (working paper). BGR. Hannover, 30 pp.
- Cohen, K.M. y Gibbard, P. (2011). *Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years*. Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), Cambridge.
- Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P.D. (Eds.) (2011). *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, A closer look (Developments in Quaternary Science nº 15)*. Elsevier, Amsterdam, 1126 pp (+ conjunto de datos digitales).
- García-Cortés, A. (Ed.) (2008). *Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 235 pp.
- García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martínez-Díaz, J.J., Jiménez-Díaz, A., Martín-Banda, R., Martín-Alfageme, S., Álvarez-Gómez, J.A., Rodríguez-Peces, M., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Masana, E., Perea, H., Martín-González, F., Giner-Robles, J., Nemser, E.S., Cabral, J., QAFI Compilers (2012). The Quaternary Active Faults Database of Iberia (QAFI v.2.0). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1): 285-302.
- INSPIRE Thematic Working Group Geology (2013). *D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology - Technical Guidelines*. European Commission Joint Research Centre, Bruselas (Bélgica), 351pp.
- López de Azcona, J.M., Suárez-Feito, J. (1965). *Mapa Geológico de España y Portugal peninsulares, Baleares y Canarias, escala: 1:1.000.000*. 1ª Ed. IGME, Madrid (España), 1 mapa.
- Martín Serrano, A., Salazar, A., Nozal, F. y Suárez, A. 2004. Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000, Guía para su elaboración. IGME, Madrid, 128 pp. (+ 1 mapa).
- Pérez-González, A., Cabra, P., Martín-Serrano, A. (1989). Mapa del Cuaternario de España, escala 1:1.000.000. IGME, Madrid (España), 279 pp. (+ 1 mapa).
- Sevillano, A., Rodríguez, J.A., Salazar, A. (2015). Data model for a new digital Quaternary map of Spain 1:1,000,000. En: *8th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems - Proceedings*. Barcelona.
- Vegas, J., Vegas, F., Bernat, M., Hernández, D. (2011). IRPACUE: Proyecto para la realización de inventarios de registros geológicos con información paleoclimática del Cuaternario de España. En: Turu, V. y Constante A. (Eds.) *Actas de la XIII reunión Nacional del Cuaternario*. AEQUA, Andorra, 321-323.
- Voges, A. (Ed.) (1967-1995). *International Quaternary Map of Europe scale 1:2,500,000*. BGR-UNESCO, Hannover (Alemania), 14 mapas y 1 leyenda.