



EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA EN LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

Historical Evolution of Geological Mapping in the Guadalajara Province

F. López Olmedo^{1,3}, M. Segura Redondo^{2,3} y J. Gil Gil^{2,3}

¹ Instituto Geológico y Minero de España (IGME), c/ La Calera 1, 28760-Tres Cantos (Madrid), España. fa.lopez@igme.es

² Área de Estratigrafía, Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. Universidad de Alcalá, 28871-Alcalá de Henares (Madrid), España. manuel.segura@uah.es javier.gil@uah.es

³ IBERCRETA, Grupo de Investigación Registrado de la UAH. Referencia CTE2007-R23

Abstract: The geological mapping of the province of Guadalajara begins in the second half of the XIX century. Earlier maps were done under the cover of the different mapping programs done by the Commission for the Geological Map of Spain and followed by IGME. The history of the geological mapping in Guadalajara, like the rest of the country, can be divided in several stages: the first one goes from the second half of the XIX century until the International Geological Congress of 1926 in Madrid; the second one goes from 1926 until 1970; the third one is the MAGNA stage; and the final one goes from the beginning of the XXI century until nowadays. Each of these stages is characterized by the development of mapping plan by IGME. In addition, it should be acknowledged the cartographical contribution by the Faculty of Geological Sciences of the UCM and by foreign geologists, mostly Germans, for their contribution in providing the original cartography of their researches by the province. Currently of Guadalajara has an extensive collection of geothematic and geological maps. These maps range from the initial provincial maps to the systematic regional maps done during the XX century at 1:50.000 and 1:200.000 scale with the topographic base provided by the IGN. The present and final stage is characterized by the development computer maps linked to powerful databases which allow the user to obtain customized geological maps.

Key words: Geological maps, Guadalajara, Province, Cretaceous.

Resumen: La cartografía geológica en la provincia de Guadalajara comienza a mediados del siglo XIX. Los primeros mapas son el resultado de los primeros planes cartográficos que se llevaron a cabo impulsados en su inicio por la Comisión del Mapa Geológico de España y posteriormente por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La historia de la cartografía en Guadalajara, al igual que la del resto del territorio nacional se puede dividir en varias etapas: la primera de ellas data desde sus inicios, a mediados del siglo XIX, hasta la celebración del Congreso Geológico Internacional en 1926, la segunda desde esa fecha hasta 1970, la tercera coincidiendo con los inicios del Plan MAGNA hasta la finalización de este y la última aproximadamente desde comienzos de siglo hasta la actualidad. Cada una de estas etapas ha venido caracterizada por la puesta en marcha y desarrollo por el citado Organismo de algún plan cartográfico. También hay que recordar la contribución de la Facultad de C. Geológicas de la UCM así como la de algunos geólogos extranjeros, por la aportación de mapas procedentes de trabajos de investigación. Sobre Guadalajara, existe una amplia cobertura e información de mapas geológicos y geotemáticos que cubren todo su territorio, desde los de nivel provincial realizados en sus inicios, a los de carácter sistemático, realizados sobre la base del IGN a escala 1:50.000 ó 1:200.000 y llevados a cabo en el siglo pasado. La última etapa en la historia de la cartografía viene caracterizada por el desarrollo informático y la disponibilidad de mapas geológicos en formato digital y continuo, con bases de datos georreferenciadas asociadas, que permiten obtener documentos cartográficos a petición del usuario.

Palabras clave: Mapas geológicos, Guadalajara, Provincia, Cretácico.

López Olmedo, F., Segura Redondo, M. y Gil Gil, J. (2013): Evolución histórica de la cartografía geológica en la provincia de Guadalajara. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 26 (2): 65-84.



La cartografía geológica de la provincia de Guadalajara se inicia en la segunda mitad del siglo XIX con la realización de los bosquejos y mapas geológicos a diferentes escalas que por aquellos tiempos comenzaban a elaborarse también sobre el resto del territorio peninsular. En un principio su historia está vinculada al espectacular desarrollo que a partir de 1830 tuvo la minería en nuestro país, por lo que el interés que despertó Hiedelaencina, dio lugar a una rápida exploración de la geología de esa región.

En 1849 fue creada la “Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino” que pasó a llamarse “Comisión del Mapa Geológico de España”. En 1910 ese Organismo cambió su nombre por el de “Instituto Geológico de España” y en 1927 se reorganizó pasándose a llamar “Instituto Geológico y Minero de España (IGME)”, denominación, que salvo un breve intervalo entre 1988 y 2001 ha mantenido hasta la actualidad.

Una de las principales funciones de este Organismo tal como recogen sus estatutos, es la realización de la cartografía geológica de todo el territorio español. Desde su creación hasta la actualidad, esa institución ha ido elaborando mapas a diferentes escalas y formatos de acuerdo con los distintos planes cartográficos, por lo que siempre se ha dispuesto de una cartografía geológica más o menos actualizada que por supuesto ha incluido la provincia de Guadalajara. En su principio, fue el formato provincial el adoptado para representar la geología, si bien éste fue abandonado a comienzos del siglo XX y sustituido por la utilización de cuadrículas geográficas (hojas), práctica que se ha mantenido hasta la actualidad.

Además de la tradición cartográfica del IGME, promotor de la cartografía oficial, en la segunda mitad el siglo XX y coincidiendo con la impartición de la Cartografía Geológica como asignatura (1962) en la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid, la investigación geológica en la provincia de Guadalajara adquiere un adicional y notable interés. La proximidad de este territorio a la capital y sus características, con una variada e interesante geología, lleva a efectuar frecuentes actividades docentes de campo y a desarrollar numerosos trabajos de investigación, entre ellos Tesis de Licenciaturas y Doctorales, que contribuyeron a tener un conocimiento geológico más detallado, aportando en su mayor parte cartografías específicas de los materiales estudiados. Esta actividad en la provincia se vio incrementada en la década de los 80 con el desarrollo y puesta en marcha de la Universidad de Alcalá y con la creación del Departamento de Geología, cuyas tareas docentes y de investigación siguen desarrollando sus integrantes a día de hoy.

La historia de la Cartografía Geológica en España ha sido dividida en tres etapas (García Cortes, 2005) que son perfectamente válidas para explicar la evolución histórica de la cartografía geológica de Guadalajara. Actualmente y por el desarrollo de las tecnologías informáticas empleadas, debería considerarse una cuarta adicional. Estas etapas vienen marcadas por la realización de una serie de tipos de mapas o la puesta en marcha y desarrollo de planes cartográficos durante un dilatado intervalo de tiempo así como por la utilización de distintas técnicas cartográficas fruto

de la evolución y el conocimiento, lo que permite a veces en detalle acotar aun más alguno de estos intervalos. En líneas generales los periodos más significativos serían:

- Los primeros mapas. De 1849 a 1926.
- La Primera Serie 1/50.000. De 1926 a 1972.
- La cartografía MAGNA. De 1972 a 2005.
- La cartografía digital. De 2005 a 2013.

Los inicios de la cartografía y los primeros mapas geológicos de la provincia de Guadalajara (1849-1926).

Para comprender la evolución de la cartografía geológica y en particular la de esta provincia es necesario remitirse a los comienzos de ésta. Durante el siglo XIX, se realizaban dos tipos de cartografías: “bosquejos” y “mapas” (Gutiérrez y Rubio, 2007). Los bosquejos eran síntesis cartográficas de la información disponible hasta el momento, a partir de los trabajos de uno o varios autores, con conocimientos desiguales e incompletos del territorio. Los mapas geológicos se elaboraban a partir de trabajos homogéneos realizados bajo unas reglas de representación previamente establecidas y que cubrían un territorio determinado. En ambos casos abarcaban el territorio nacional o peninsular o bien tenían un carácter regional y/o provincial y se realizaban a escalas pequeñas entre 1:400.000 y 1:2.000.000.

Los primeros mapas geológicos que se conocen, tienen un carácter regional y comenzaron a realizarse entre los años 1830 y 1849 (Solé Sabaris, 1983; García Cortés, 2005 y Gutiérrez y Rubio, 2007), siendo pronto complementados por otros mapas que incluían todo el territorio nacional. Entre los primeros destacan el “*Mapa petrográfico del Reino de Galicia*” a escala 1:400.000”, de Guillermo Schulz (1834), y el “*Croquis Geognóstico de la Cuenca terciaria del Duero con los diques en que se halla encajonada*”, a escala aproximada 1:1.000.000, de Ezquerro del Bayo (1845).

El primer Mapa Geológico de España fue el de Ezquerro del Bayo, a escala aproximada 1:5.000.000 y publicado en Stuttgart en 1850 bajo el título “*Geognostische Übersichts Karte von Spanien*”. Éste es el primer mapa editado donde ya aparece reflejada la geología de la provincia de Guadalajara, aunque figuran en él zonas aún sin información como la del Alto Tajo, que aparece con fondo blanco. Al margen de los primeros bosquejos, los mapas comienzan a publicarse ya avanzada la segunda mitad del siglo XIX.

La “Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino” inició en 1849 sus trabajos cartográficos, publicando en 1853 los primeros mapas provinciales a escala 1:400.000. Comenzó así una edición sistemática de una serie de mapas geológicos provinciales con la determinación de cubrir la totalidad del país a esa escala. Es de destacar que se iniciaron sin unas normas expresas para su elaboración, ya que éstas no fueron formalmente establecidas por la Comisión hasta 1857, modificándose posteriormente, por Decreto de 18 de marzo de 1873 (Fernández de Castro, 1876).

El primer mapa geológico provincial en esta primera

etapa es el “*Mapa de la Provincia de Madrid*”, encargado a Casiano de Prado en 1852 siendo publicado un año más tarde. Entre 1853 y 1888, la Comisión realizó al menos una versión de todos los mapas provinciales a escala 1:400.000 con sus correspondientes memorias (García Cortés, 2005), si bien en algunos pasaron años desde que se realizaron hasta que pudieron ser publicados.

Uno de los primeros documentos cartográficos existentes con memoria incluida sobre la provincia de Guadalajara data de 1874 y es obra de Salvador Calderón. Fue publicado con el título “*Reseña geológica de la Provincia de Guadalajara*” e incluye un mapa bajo el título “*Mapa geológico en bosquejo de la provincia de Guadalajara*” y en él se diferencian nueve tipos de terrenos diferentes sobre una base topográfica en la que sólo se representan la red fluvial y las principales localidades de la provincia (Fig. 1).

Posteriormente Juan Manuel Aránzazu realizó otro Mapa Geológico de la Provincia de Guadalajara. Este se terminó en 1867, pero permaneció inédito hasta 1877 (Fig. 2), siendo publicado como una lámina en blanco y negro y a escala 1:1.000.000 en el Boletín de la Comisión conjuntamente con los de las provincias de Burgos, Logroño y Soria. La lámina ilustraba un artículo “*Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara*” y en él se describía de forma muy somera la geología de esta amplia región de la Cordillera Ibérica.

Los datos obtenidos al elaborar este mapa se utilizaron en el “*Bosquejo general geológico de España*” a escala 1:2.000.000 (Maestre, 1864) que formaba parte de la “*Síntesis de los trabajos de la Comisión del Mapa Geológico de España realizados hasta fin de 1863*” y en el “*Mapa Geológico de España y Portugal a escala 1:2.000.000*” (Bottella y de Hornos 1879).

Quizás, el mapa de la provincia de Guadalajara más conocido de esta primera etapa es de Castel y Clemente (Fig.

3). Ya en color, se publicó también en el Boletín de la Comisión como una lámina que acompañaba a la “*Memoria geológica de la provincia*” (Castel, 1881). Este mapa a escala 1:400.000, supone un importante avance en el conocimiento de la geología de Guadalajara y permite reconocer las principales unidades geológicas y la estructuración general de las mismas. Los datos obtenidos en la elaboración de este mapa se incorporaron posteriormente al “*Mapa General de España*” a la misma escala (Fernández de Castro, 1889-1893).

Por último, es de destacar un curioso documento cartográfico regional que figura en los archivos del IGME y que lleva por título: “*Mapa Geognóstico de una parte de las provincias de Teruel y Guadalajara*” (Fig. 4), en el que se representa un sector de la sierra de Albarracín e incluye una escala en “varas castellanas”. Su fecha de realización se desconoce por encontrarse casi borrada e ilegible en el documento original, aunque es probable que date de mediados del siglo XIX.

Teniendo como referencia el clásico mapa de Smith de 1812 que todos los geólogos del siglo XIX conocían y las cartografías posteriores, es de destacar que en los mapas realizados durante este periodo no se pone en valor la importancia del mismo para comprender la estructura del terreno en profundidad, hecho que se pone de manifiesto por la práctica ausencia de cortes geológicos acompañando a los mapas, así como columnas estratigráficas e incluso en las propias leyendas donde las unidades representadas no suelen mostrar un orden estratigráfico, más si se tiene en cuenta que el citado autor incorporó a su mapa un corte y una columna estratigráfica general. Por otro lado en estos primeros mapas los contactos son aún muy imprecisos y hay una casi total ausencia de representación de elementos estructurales como fallas, ejes de pliegues, buzamientos, etc. No obstante no hay que olvidar la época en la que se realizaron estos mapas donde para muchas zonas existía

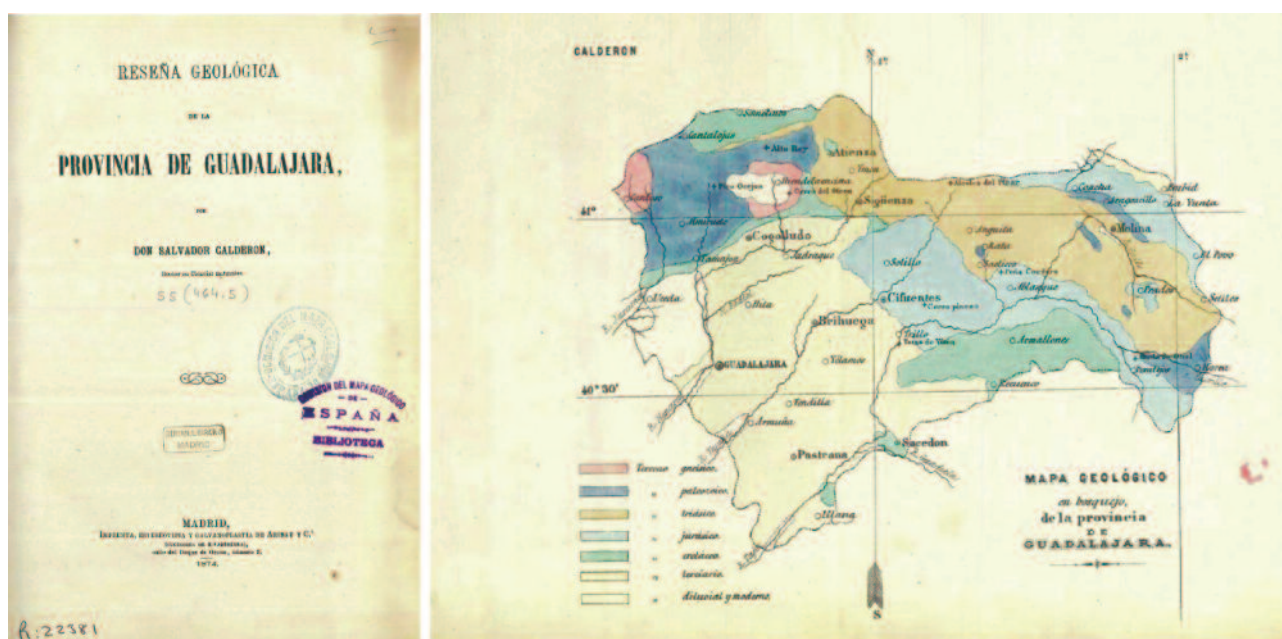


Fig. 1.- “*Mapa en bosquejo de la provincia de Guadalajara*” incluido en la memoria “*Reseña geológica de la Provincia de Guadalajara*”, de Calderón 1874. Fondo Documental del IGME.



Fig. 2.- "Mapa geológico de la provincia de Guadalajara", Aránzazu (1877). Fondo Documental del IGME.



Fig. 3.- "Mapa Geológico en bosquejo de la Provincia de Guadalajara", de Carlos Castel y Clemente (1881). Fondo Documental del IGME.

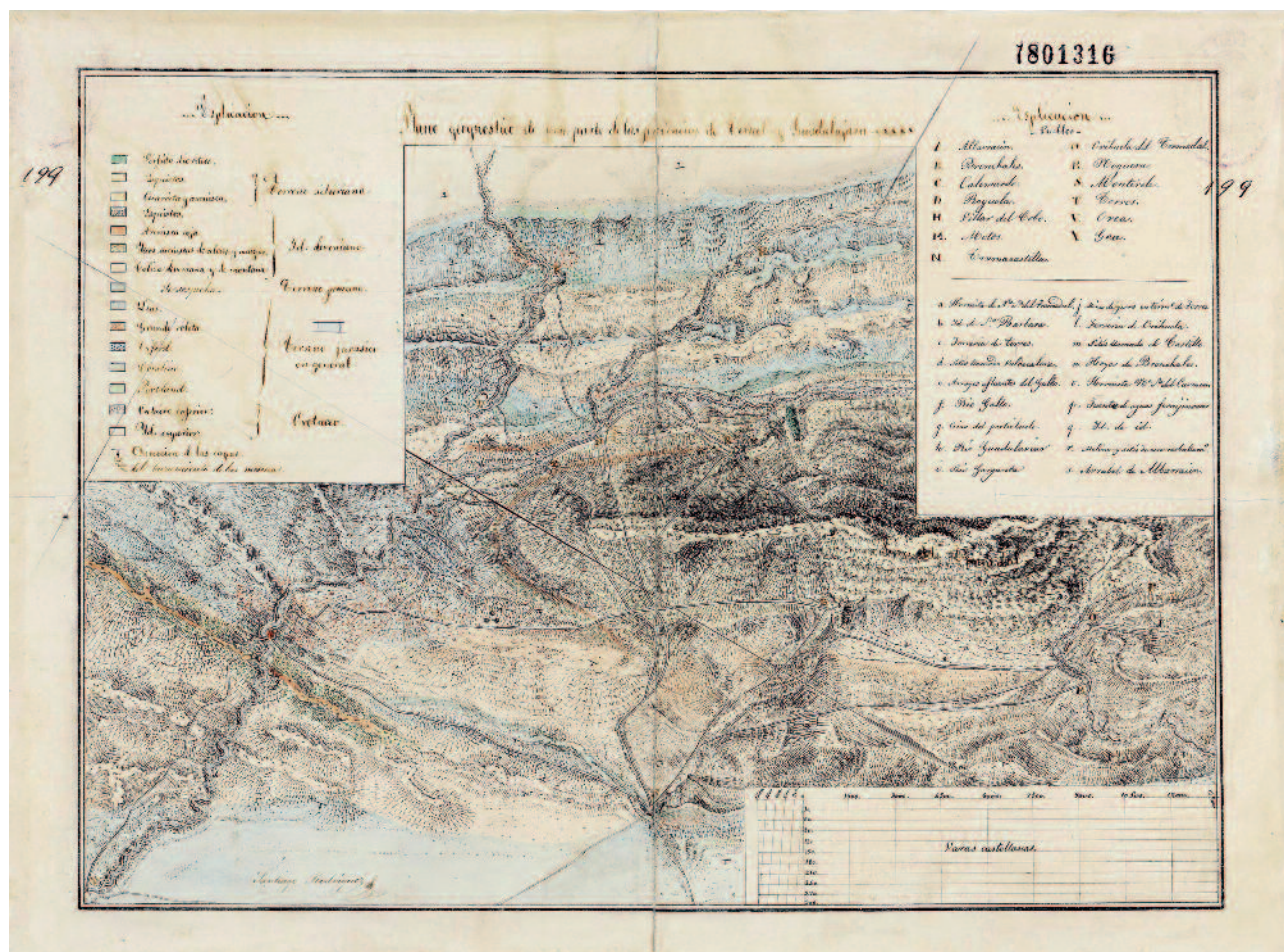


Fig. 4.-"Mapa Geognóstico de una parte de las provincias de Teruel y Guadalajara" de Santiago Rodríguez, Se desconoce la fecha de su realización. Fondo Documental del IGME.

una dificultad de acceso así como de observación y en la que los antecedentes geológicos eran casi nulos al margen de que se disponía de bases topográficas muy imprecisas y poco significativas.

En cuanto a la geología representada hay que señalar que junto a importantes aportaciones como son el reconocimiento de la presencia de vulcanitas en Atienza, gneises en Hiendelaencina, rocas con carbón (posteriormente datadas como Pérmico) en Retiendas o el reconocimiento de rocas del Devónico en Cercadillo, muestran errores importantes en la atribución estratigráfica de una gran parte del territorio representado, siendo frecuente confundir rocas jurásicas y cretácicas como sucede en la alta Alcarria o materiales terciarios del Paleógeno o Neógeno. El principal logro de estos mapas se puede cifrar en el establecimiento con precisión suficiente de las grandes unidades que era sin duda su objetivo primordial: "elaborar el mapa geológico general del Reino".

Hay que tener en cuenta que estos mapas se realizaron con importantes dificultades de acceso, ya que apenas había carreteras y los caminos de herradura eran impracticables buena parte del año, sin contar con una base topográfica o sobre mapas topográficos poco precisos, el mapa de Coello de la provincia de Guadalajara, es el primer mapa de calidad y data del último tercio del siglo XIX. Además el

conocimiento geológico general estaba en sus etapas iniciales y los trabajos geológicos precedentes eran muy pocos.

El Mapa Geológico de España a escala 1.50.000. Primera Serie. (1926 -1972)

El siglo XX supuso un gran impulso para el desarrollo de la cartografía geológica, tanto a nivel nacional, como en particular para la provincia de Guadalajara. Durante esta etapa se realizaron varios planes cartográficos nacionales a distintas escalas, desde la 1:50.000 a la 1:200.000 y se continuaron haciendo mapas murales a escala 1:1.000.000.

Con motivo de la celebración en 1926 del "XIV Congreso Geológico Internacional" en Madrid, el "Instituto Geológico y Minero de España" dio un importante impulso cartográfico y comenzó un plan sistemático de cartografía geológica que marcaría un hito importante en la historia de la cartografía española: la "Primera Serie del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000". De esta serie se publicaron 450 hojas geológicas del total de las 1180 posibles hasta 1972, fecha en las que se editaron las últimas hojas de este plan.

Cada una de estas hojas constaba de una memoria explicativa y de un mapa en color, que se representaba sobre

una base altimétrica y planimétrica del Instituto Geográfico y Catastral. A la derecha de la cuadrícula figuraba la leyenda, formada por cajetines independientes superpuestos con colores y tramas de las unidades cronoestratigráficas, con referencia cronológica a pisos y sistemas y a su litología, diferenciándose ésta, respectivamente, mediante simbología alfabética y color. La leyenda también incluía información estructural, indicios mineros, sondeos y yacimientos fósiles. La memoria explicativa estaba estructurada en una serie de apartados dedicados a la geografía física, petrología, minería, y, especialmente, a la estratigrafía y paleontología. En general, se incluía abundante material gráfico, ilustraciones, fotografías, así como cortes geológicos en blanco y negro o en color.

Para la realización de las hojas, el Instituto Geológico y Minero de España, dividió el territorio nacional en siete regiones cartográficas, cada una de ellas a cargo de un Ingeniero Jefe. La provincia de Guadalajara formaba parte de la 4ª Región junto con las provincias de Valladolid, Ávila, Segovia y Madrid. Durante los años que duró la realización de esta serie, en Guadalajara se llevó a cabo una importante actividad cartográfica, haciéndose 20 de las 37 hojas del MTN que cubren la provincia, es decir casi el 60% de las hojas, algo más que la media de lo realizado a nivel nacional, que apenas sobrepasó el 40%.

En la ejecución de esta obra cartográfica pueden identificarse varios periodos de tiempo de aproximadamente una década cada uno, marcados por situaciones políticas y económicas muy diferentes así como por el avance en el conocimiento geológico y por la incorporación de técnicas decisivas para la cartografía geológica, como el uso de las fotografías aéreas, lo que dio lugar a resultados muy dispares en la calidad de las hojas, desde las primeras en realizarse hasta las últimas.

A grandes rasgos se pueden establecer diferentes periodos a lo largo de los casi 50 años que duro este proyecto. Un primer periodo va desde los orígenes del Plan hasta la Guerra Civil (1927-1936); el segundo, desde la posguerra hasta mediados de los años cincuenta (1940-1956); el tercero, desde 1957 hasta 1965, siendo éste el de máximo desarrollo de la obra y el último, desde 1966 a 1972, periodo en el que se procedió a la revisión y reorganización del proyecto, así como a la ejecución de las que serían las últimas hojas de este Plan.

Entrar en la consideración de cómo se realizaron las hojas de la Primera Serie del Mapa Geológico a escala 1:50.000, en particular las de la provincia de Guadalajara, es un interesante y completo ejercicio de investigación cartográfica, ya que algunas de ellas son muy singulares y a su vez representativas de cada uno de sus periodos o etapas de ejecución más significativos.

Todas estas hojas fueron llevadas a cabo por algunos de los más insignes ingenieros y geólogos de la época, aunque estos mapas para su época supusieron un importante avance en el conocimiento geológico. Hay que tener en cuenta que fueron realizados sobre el terreno, con falta de infraestructuras y escasos medios, sin ayuda de fotografías aéreas y partiendo de un sucinto conocimiento geológico regional.

Aunque no se completase el Plan, algunas hojas fueron reeditadas como la de Alcalá de Henares, que editada por José Royo Gómez en 1928, se realizó una segunda edición en 1971 (ver Tabla 1).

Considerar los pormenores en la realización de estos trabajos y revisar como se interpretó y representó el registro sedimentario del periodo Cretácico es de indudable interés ya que descubre problemas y define distintas etapas sobre el conocimiento de estos materiales, con complicaciones iniciales que hoy resultan muy superadas.

La primera hoja en realizarse con orden de publicación, en adelante o.p. 1, fue la 560 Alcalá de Henares (o.p. 1), aunque incluye de forma parcial el territorio de la provincia de Guadalajara y la segunda la 460 Hiendelaencina (o.p. 4), que estuvo dirigida por Vicente Kindelan, Joaquín Menéndez Ormaza, Juan Bautista Targhetta y Guillermo O'Shea. Sobre el Cretácico de esta hoja llama la atención la asignación de las Arenas de Utrillas a parte del Triásico.

Con fecha 1928 para el mapa y 1929 para la memoria se editó la hoja 535 Algete (o.p. 17), situada inmediatamente al norte de la hoja de Alcalá de Henares, siendo igualmente realizada por José Royo Gómez con los mismos criterios geológicos que aquella. Posteriormente, y con fecha de 1930 para la memoria y 1931 para el mapa, se publicó la hoja 433 Atienza (o.p. 23), siendo ejecutada por los mismos autores y con los mismos criterios geológicos.

Durante el periodo de la II República, no se publicó ninguna hoja de la provincia de Guadalajara. En 1936 cuando la producción cartográfica quedó interrumpida por la Guerra Civil, se encontraban en ejecución a cargo de Luis Jordana las hojas de Barahona, Sigüenza y posiblemente, la de Ablanque.

La hoja 434 Barahona (o.p. 67) se imprimió en 1936 y la memoria se publicó mucho tiempo después (1956). No obstante parece que llegó a realizarse una segunda versión del mapa. La hoja 461 Sigüenza (o.p. 66) también comenzó a realizarse antes de 1936 y la memoria de esta hoja es confirmada por Kindelan y Jordana (†) en 1951. Más confusos son los datos que se tiene en relación a la hoja 488 Ablanque, la autoría de la memoria es también de Luis Jordana Soler y José Meseguer Pardo, pero en su interior no hace referencia a su fecha de realización y dado que los mapas en esta época solo eran firmados de forma institucional por el entonces Director del IGME no se sabe bien cual fue la aportación de Luis Jordana, ni el estado de la hoja en 1936. Destaca su bajísima calidad, por lo que bien podría tratarse de un simple bosquejo inicial que pudiera haber terminado publicado sin apenas modificación alguna.

Con la excepción de la hoja 607 Tarancón, publicada en 1946 y que solo abarca una pequeña parte del territorio de la provincia, la producción cartográfica en Guadalajara no se retoma hasta 1949. En este año se editó la hoja 584 Mondéjar (o.p. 123), realizada por Juan Antonio Kindelan y además se publica la ya comentada hoja 488 Ablanque (o.p. 122). En 1950 se publican tres nuevas hojas: la hoja 561 Pastrana (o.p. 138); la 562 Sacedón (o.p. 139) y la 585 Almonacid de Zorita (o.p. 140) y en 1951 dos hojas más, la 487 Ledanca (o.p. 158) y la ya comentada 461 Sigüenza

HOJA	NOMBRE	EDICIÓN	AUTORES
433	ATIENZA	1931	V. Kindelan, G. Osea, J. M. Ormaza y J. Targhetta
434	BARAHONA	1956	José Castell y Serafín de la Cocha
460	HIENDELAENCINA	1928	V. Kindelan, G. Osea, J. M. Ormaza y J. Targhetta
461	SIGÜENZA	1951	Luis Jordana y J. Antonio Kindelán
462	MARANCHÓN	1957	José Castell y Serafín de la Cocha
485	VALDEPEÑAS DE LA SIERRA	1962	Serafín de la Cocha
486	JADRAQUE	1964	Serafín de la Cocha
487	LEDANCA	1951	Juan Kindelán
488	ABLANQUE	1949	José Meseguer
535	ALGETE	1928	José Royo Gómez
536	GUADALAJARA	1971	Ramón Capote y Serafín Carro
537	AUÑÓN	1971	Ramón Capote y Serafín Carro
539	PERALEJOS DE LAS TRUCHAS	1972	Fernando Meléndez
560	ALCALÁ DE HENARES	1928	José Royo Gómez
		1971	Serafín Carro y Ramón Capote
561	PASTRANA	1950	Juan Kindelán
562	SACEDÓN	1950	Juan Kindelán
564	FUERTECUSA	1971	Fernando Meléndez
584	MONDÉJAR	1949	Juan Kindelán
585	ALMONACID DE ZORITA	1950	Juan Kindelán

Tabla 1.- Relación de hojas de la Primera Serie del Mapa Geológico a escala 1:50.000 de la provincia de Guadalajara en la que se indica la fecha de edición y los autores.

(o.p. 166). Finalmente en 1956 se publicó la citada hoja 434 Barahona.

Todas estas hojas corresponden a dos regiones diferentes: La Alcarria, al suroeste de la provincia con las hojas 561, 562, 584 y 585 y la Cordillera Ibérica en la zona central con las hojas 461, 487 y 488. Los mapas de la zona de La Alcarria fueron realizados por Juan Kindelán, mientras que las hojas del sector central lo fueron respectivamente por Luis Jordana y Juan Kindelán (461 Sigüenza), por Juan Kindelán (487 Ledanca) y por Luis Jordana y José Meseguer (488 Ablanque).

El denominador común de todas ellas es la utilización de los mismos criterios geológicos empleados para el Cenozoico de las hojas de Alcalá y Algete. El Cretácico de la Sierra de Altomira se representó sin diferenciar pisos, excepto un genérico “Cenomanense-Turonense”. Tampoco las memorias correspondientes aportan datos de interés, a excepción del reconocimiento de que el Cretácico de esta zona se asemeja al observable al norte de la provincia y sobre todo al de Cuenca.

A partir de 1956 parece darse un nuevo enfoque a las hojas y comenzar un nuevo periodo. En 1957 se realizó la hoja 462 Maranchón (o.p. 285) por José Castell y Serafín de la Cocha y aunque el trazado y calidad del mapa es semejante a los realizados anteriormente en la zona central de la provincia, su memoria muestra un intento de alcanzar una mayor calidad con respecto a las realizadas hasta en-

tonces, describiendo con mayor detalle la paleontología y dedicando más extensión a otros apartados. Destaca la inclusión de una fotografía aérea de Aguilar de Anguita, interpretada en un calco, en la que los autores dejan ver que conocen esta nueva técnica que tan decisiva será en un futuro para la cartografía geológica, si bien el mapa final no parece haberse beneficiado en gran medida de aquélla.

Entre 1962 y 1964, Serafín de la Cocha realizó las hojas 485 Valdepeñas de la Sierra (o.p. 344) y 486 Jadraque (o.p. 356). Son mapas con más información y calidad que los confeccionados en la década anterior y están ya claramente apoyados por fotografía aérea. En ambas hojas el Cretácico aparece representado por un tramo inferior de areniscas y arcillas (Arenas de Utrillas) y otro superior de calizas y margas, siendo atribuidos en la memoria al “Albense” y “Cenomanense-Turonense”, respectivamente. Es de destacar que no se identifique ni atribuya la parte alta de las dolomías a ninguno de los pisos del Cretácico Superior o al menos al “Senonense”.

A comienzos de los años 70 la cartografía se encargó a profesores de la Universidad, coincidiendo con la que será la última etapa o periodo de este primer plan cartográfico. Así, en el bienio 1971-1972, se realizaron las hojas 536 Guadalajara (o.p. 432) (Fig. 5) y 537 Auñón (o.p. 433), por los profesores Ramón Capote y Serafín Carro; así como la 539 Peralejos de las Truchas (o.p. 450) y la 564 Fuertescusa, por Fernando Meléndez.

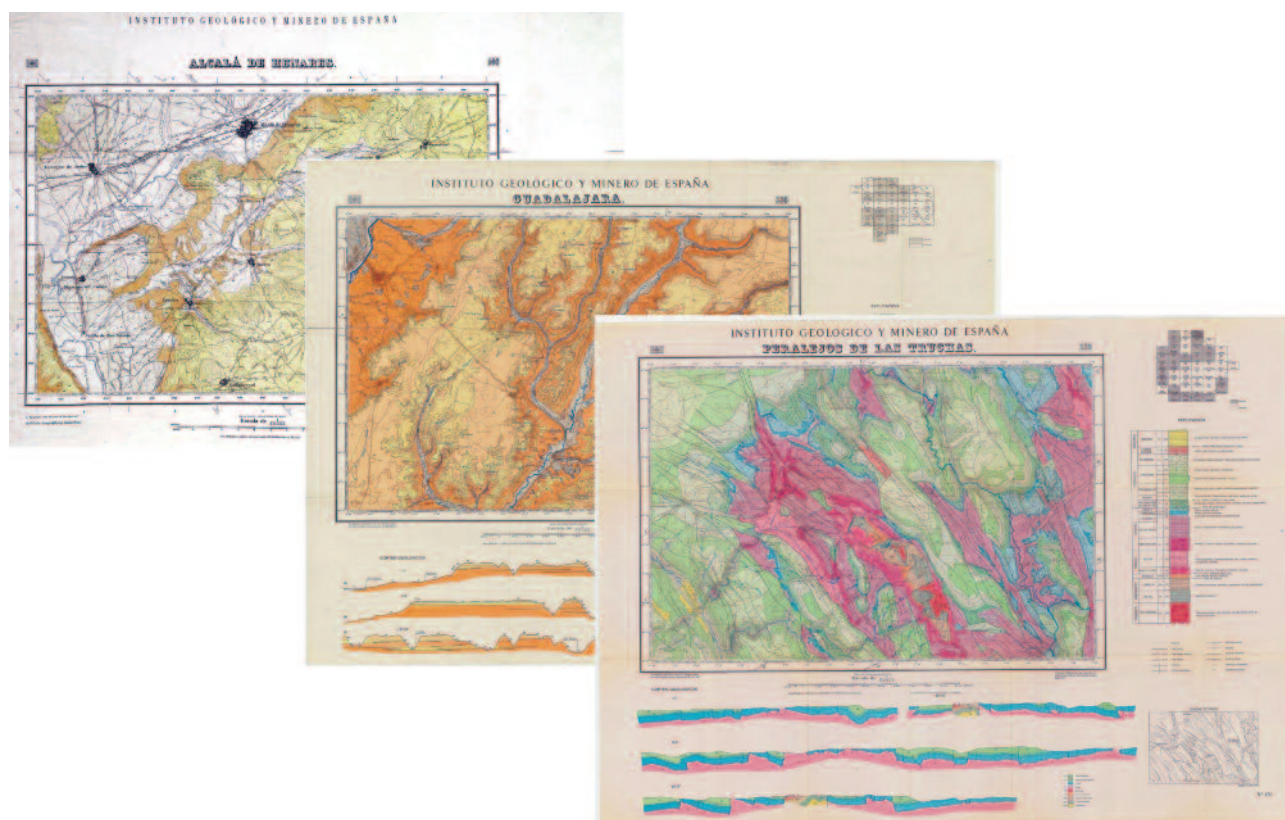


Fig. 5.- Algunos ejemplos de Mapas Geológicos de la Primera Serie. Hojas 560, Alcalá de Henares, 536 Guadalajara y 539 Perales de las Truchas. Fondo Documental del IGME.

El diseño de estas últimas hojas, es sin duda de mayor calidad que las anteriores y son un prelude en cuanto a estructuración y contenido de lo que van a ser las hojas del posterior Plan MAGNA. Los mapas suponen un rotundo cambio respecto de la cartografía preexistente, no solo por el nuevo diseño de la hoja y la memoria, si no sobre todo por su contenido, cartografiándose a veces unidades litoestratigráficas a las que se asigna una edad, y reflejándose ya cambios de facies (hoja 537).

En la hoja 539 Perales de las Truchas se incluyen esquemas tectónicos, cortes geológicos coloreados y se incorpora una leyenda de las unidades cartográficas en forma de columna estratigráfica sintética, auténtico avance de lo que serán las columnas estratigráficas de síntesis en las posteriores hojas del Plan MAGNA. El Cretácico de esta hoja está plenamente actualizado y no difiere mucho de las unidades cartográficas que se representarían en la actualidad. Se reconocen unidades que se corresponden con formaciones definidas formalmente, como p.e. las “Dolomías de la Ciudad Encantada” o las “Brechas de Cuenca”, identificándose sobre un Turoniense fosilífero un potente conjunto dolomítico y brechoide y un Cretácico terminal-Eoceno en facies terrígenas fácilmente asimilable a las Facies Garumn.

Como resumen de esta amplia etapa (1929-1972) en la que se desarrolló el primer plan cartográfico del IGME, se puede decir que fue una época marcada por periodos muy distintos pero que corresponden a mapas realizados sobre el terreno, en base a unos itinerarios en los que se hacían observaciones y se cartografiaba el límite entre unidades. Las primeras hojas son mapas aceptables de acuerdo con el co-

nocimiento geológico de los años veinte, pero no ocurriendo así con las de los años cincuenta, donde la relación calidad/conocimiento es muy baja en la mayoría de las hojas realizadas al menos hasta mediados de esta década, años en los que comienza a incorporarse el uso de fotografías aéreas aumentando rápidamente la calidad de los mapas en las hojas realizadas.

El último periodo comprende las hojas realizadas entre 1964 y 1971-72 y son unos años en los que tuvo lugar una remodelación del formato, abandonándose el diseño primitivo, se reduce mucho la memoria y se mejoraron profundamente las hojas. Son mapas realizados con criterios geológicos modernos en los que se cartografían unidades litológicas y se da mucha importancia a la estructura tectónica. Entre ellos se encuentran mapas que solo hoy, cincuenta años después, podrán ser superados.

Durante esos últimos años fueron muy importantes los cambios y avances en las técnicas cartográficas, centradas en la utilización de la fotografía aérea estereoscópica así como también la incorporación a las tareas cartográficas de geólogos. Es de destacar la labor realizada por Manuel Alvarado, Ingeniero de Minas y Jefe de la Sección de Geología desde 1967, modernizador de dicha Sección, incorporando al IGME geólogos procedentes de distintas Facultades de la geografía española e impulsando y gestionando *a posteriori* la puesta en marcha del Plan MAGNA.

En conjunto, las hojas de esta Primera Serie cartográfica fueron de irregular calidad científica. Las de la primera época obedecieron en gran parte a la falta de medios técnicos adecuados, a las características geológicas del territo-

rio y al desconocimiento de éste, si bien en algunos casos fueron una importante información de partida para el desarrollo de posteriores trabajos. Otras son de escaso valor, ya que son poco más que la traslación a escala 1/50.000 de la información contenida en mapas más antiguos y a escalas más pequeñas. A partir de los años 60 fueron una verdadera aportación al conocimiento de la geología de Guadalajara y sirvieron de base para el plan MAGNA. Con ellas se pasa de unas hojas que eran poco más que un inventario de las rocas de la superficie en las que se intenta cartografiar con límites imprecisos unidades cronoestratigráficas, a mapas en los que se representan ya unidades litoestratigráficas y estructuras tectónicas, lo que va a permitir que a partir de estos, se puedan hacer interpretaciones de la geología del subsuelo y elaborar reconstrucciones de las estructuras desaparecidas por la erosión.

El Plan MAGNA y los mapas geológicos a escala 1:200.000. Los mapas geotemáticos (1972-2005).

Esta tercera etapa corresponde al último cuarto del siglo XX y a los comienzos del XXI, y es cuando la geología, y en particular la cartografía geológica, experimentan un auge y expansión considerable. En Febrero de 1969, el II Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social concedió especial atención a los recursos naturales, a través de un Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM), cuyo desarrollo fue encomendado al IGME. Dicho Programa fue estructurado en diversos planes sectoriales, centrándose uno de ellos en la necesidad de disponer de una cartografía nacional. El III Plan de Desarrollo (1972-1975) asumiría estos postulados, incluyéndolos en un plan de carácter más general: el Plan Nacional de la Minería, lo que daría lugar a un nuevo programa de cartografía geológica a escala 1:50.000 denominado Plan MAGNA.

La Segunda Serie del Mapa Geológico Nacional. Los Mapas de Síntesis 1:200.000 y el Plan MAGNA

En 1969 se inició por primera vez un proyecto de cartografía sistemática a escala 1:200.000 sobre las bases topográficas del Instituto Geográfico y Catastral. Estos mapas fueron concebidos como una serie de síntesis geológica de la información existente con el fin de poner de manifiesto el grado de conocimientos que sobre geología se tenía hasta aquella fecha. Entre 1971 y 1972 se publicaron las 93 hojas a escala 1:200.000 que cubren el territorio nacional.

El formato de estas hojas es el de un mapa geológico, con una leyenda en color y esquemas en blanco y negro indicando la procedencia de la información. Los cambios en la información disponible se representaron en el mapa mediante líneas de puntos gruesos. No incluían cortes geológicos, ni columnas representativas. Estaban complementados por una breve memoria, resumen de las características estratigráficas de la cuadrícula. En el caso de la provincia de Guadalajara se realizaron todas las hojas que cubren su territorio: 38 Segovia, 39 Sigüenza (Fig. 6), 40 Daroca, 45 Madrid, 46 Cuenca-Guadalajara y 47 Teruel.

Durante los años 1970 y 1971 se elaboró en el Instituto Geológico y Minero de España un nuevo Plan de cartografía geológica sistemática cuyo objetivo era dotar al país de una infraestructura geológica de calidad uniforme, con un formato y unas normativas también homogéneas. Para este nuevo plan, denominado Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000) se estableció un plazo de 16 años para la ejecución de la totalidad de las hojas (1180) que cubren el territorio nacional, si bien tardó en realizarse 30 años.

La programación del Plan MAGNA se realizó de acuerdo con las prioridades de los sectores necesitados de esta infraestructura (minería, obras públicas, agricultura, planificación económica, etc.). Para la evaluación y valoración económica del Plan MAGNA, se tuvieron en cuenta parámetros como la dificultad geológica, tipos de roca, topografía, accesibilidad, climatología, etc. El proyecto utilizó como base de representación cartográfica el mapa topográfico nacional a la misma escala del Servicio Geográfico del Ejército. En el año 2003, después de 30 años de iniciarse el proyecto, la realización de la cartografía del Plan MAGNA finaliza, si bien a día de hoy, aún quedan hojas en proceso de edición. No obstante, en la provincia de Guadalajara se encuentran todas editadas.

La primera hoja de esta Segunda Serie (MAGNA) en la provincia fue la hoja 510 Marchamalo, que data del año 1972, siendo una de las hojas piloto anteriormente comentadas, seleccionadas para la puesta en marcha de este nuevo Plan. Esta hoja fue posteriormente reeditada en 1978 acorde con la nueva normativa desarrollada.

En 1973 se realizan las hojas 584 Mondéjar y 607 Tarancón. A partir de entonces, el IGME da un importante impulso a la cartografía de las hojas, abordándose su realización en periodos bianuales y con carácter regional, llevándose a cabo preferentemente de forma agrupada en bloques, con el fin de homogeneizar al máximo la información vertida en ellas.

Con este planteamiento, en 1978 se inicia la cartografía de un bloque que abarca parte del sector septentrional de la Cordillera Ibérica afectando a las siguientes hojas de la provincia de Guadalajara: 433 Atienza, 434 Barahona, 461 Sigüenza, 462 Maranchón y 463 Milmarcos. Entre 1979 y 1980 se realizan las hojas 460 Hiedelaencina, 488 Ablanque, 489 Molina de Aragón, 490 Odón, 513 Zaorejas, 514 Taravilla, 515 El Pobo de Dueñas y 540 Checa. De esta forma, en 10 años se realiza la cartografía de casi la mitad de la provincia, lo que significaba un importante impulso de la misma, así como un importante avance en su conocimiento geológico, en relación con otras regiones españolas.

Durante los años 80 la actividad cartográfica del IGME en la provincia de Guadalajara se realizaron catorce nuevas hojas que afectaron a todas las comarcas de la provincia: Alcarria, Campiña, La Sierra y el Señorío de Molina (Cordillera Ibérica). En la primera mitad de la década, se realizaron las hojas 458 Prádena, 464 Used, 485 Valdepeñas de la Sierra, 486 Jadraque, 511 Brihuega, 535 Algete, 536 Guadalajara, 560 Alcalá de Henares y 565 Tragacete. Durante la segunda mitad se llevaron a cabo las hojas 487

Ledanca, 512 Cifuentes, 538 Valdeolivas, 539 Peralejos de las Truchas y 564 Fuertescusa.

Finalmente, a comienzos de la década de los 90 se acometen las últimas hojas de la provincia: 537 Auñón, 561 Pastrana, 562 Sacedón y 563 Priego en la comarca de la Al-

carria; y las hojas 233 Riaza y 459 Tamajón (Fig. 7). De esta forma, en 1995, 25 años después de que se iniciaran los trabajos cartográficos de esta Segunda Serie, la cartografía geológica de la provincia de Guadalajara a escala 1:50.000 estaba finalizada.

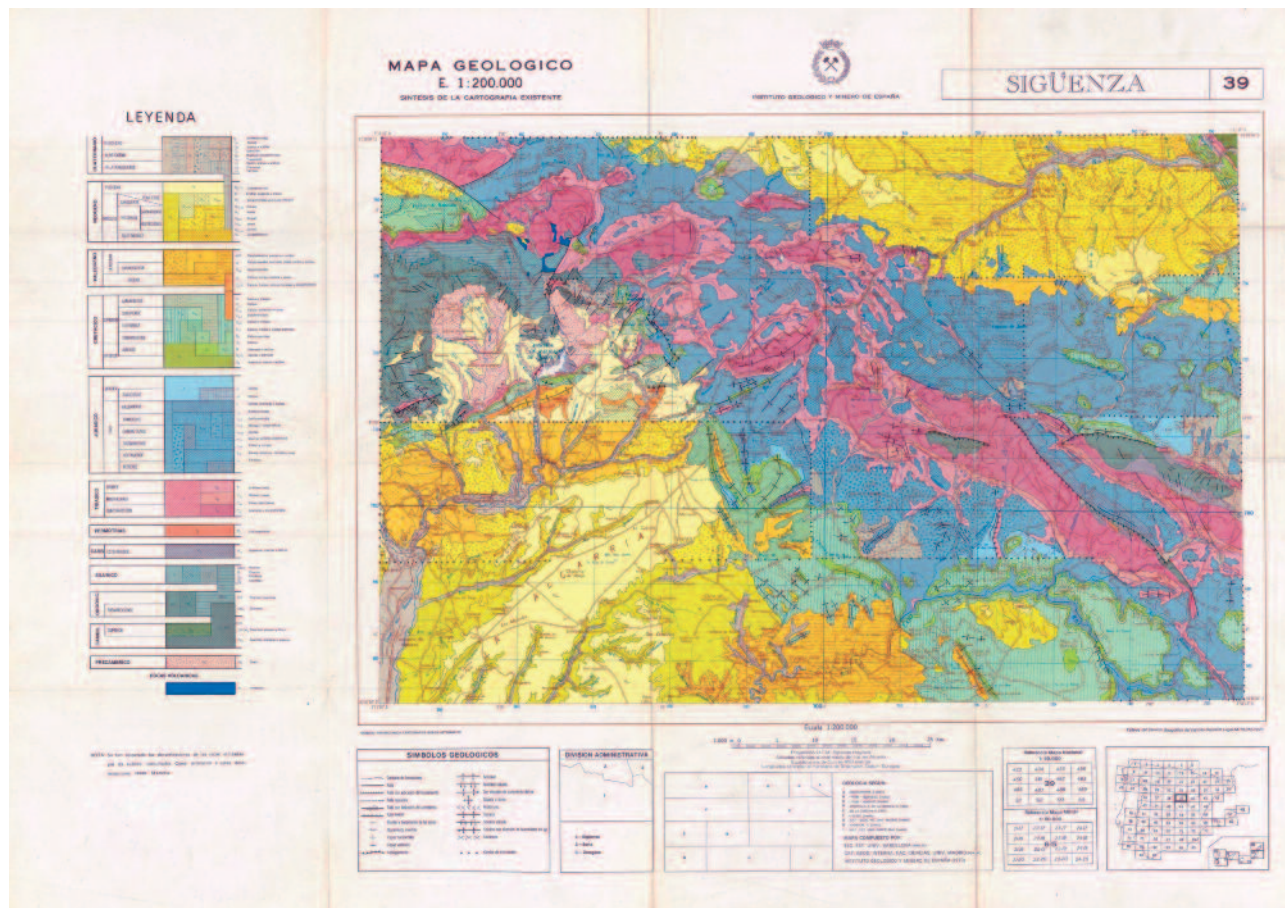


Fig. 6.- Hoja geológica nº 39 Sigüenza, correspondiente al Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Primera Serie. Fondo documental del IGME.

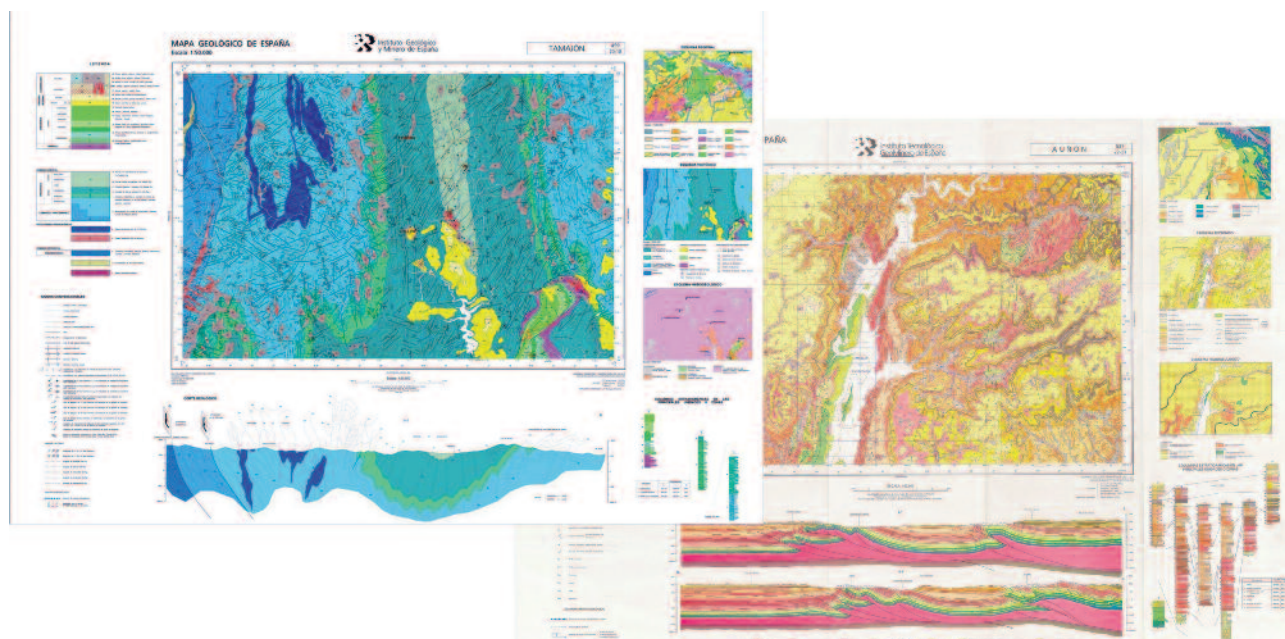


Fig. 7.- Hojas geológicas 459 Tamajón y 537 Auñón a escala 1:50.000 correspondientes a la Segunda Serie MAGNA. Fondo Documental del IGME.

En la Tabla 2 se puede observar la relación de todas las hojas geológicas de la Segunda Serie MAGNA de la provincia de Guadalajara, el año de ejecución de las mismas y sus autores. Nadie duda de la rentabilidad económica y so-

cial que este plan cartográfico ha supuesto, tal como demuestran las excelentes cifras en relación a la inversión pública que durante esos años fue destinada a la realización del Plan MAGNA (García Cortes *et al.* 2005).

HOJA	NOMBRE	REALIZADA	EDICIÓN	AUTORES
432	RIAZA	1995	2005	Hernaiz Huerta, P. P., López Olmedo, F. L y Cabra Gil, P.
433	ATIENZA	1978	1982	Bascones Alvira, L., González Lodeiro, F. y Álvarez, F. M.
434	BARAHONA	1978	1982	Tena-Dávila Ruiz, M., González Lodeiro, F. y Adell Argiles, F.
458	PRÁDENA	1987	1991	Del Olmo Sanz, A. Villar Alonso, P. Martín Parra, L. M., Pineda Velasco, A., Peinado Moreno, M. Casquet Martín, C., Navidad Fernández de la Cruz, M., Azor, A y Villaseca González, C.
459	TAMAJON	1995	2007	Hernaiz Huerta, P. P., López Olmedo, F. L. y Cabra Gil, P.
460	HIENDELAENCINA	1980	1981	Bascones Alvira, L., González Lodeiro, F. y Martínez Álvarez, F.
461	SIGÜENZA	1978	1981	Tena-Dávila Ruiz, M., González Lodeiro, F. y Adell Argiles, F.
462	MARANCHON	1978	1981	Bascones Alvira, L. Martínez Álvarez, F. y Bascones Alvira, L.
463	MILMARCOS	1978	1981	Tena-Dávila Ruiz, M., Adell Argiles, F. y Martínez Álvarez, F.
464	USED	1981	1983	Portero García, J. M. y Del Olmo Zamora, P.
485	VALDEPEÑAS DE LA SIERRA	1982	1990	Perez Gonzalez, A., Portero García, J. M. y González Lodeiro, F.
486	JADRAQUE	1983	1991	Perez Gonzalez, A., Portero García, J. M. y González Lodeiro, F. y Aznar, J. M.
487	LEDANCA	1988	2002	Ríos Aragües, L. M ^a ., Galera Fernández, J. M., Baretino Fraile, D., Racero Baena, A., Silva Barroso, P. G. y Ortiz Revuelta, I.
488	ABLANQUE	1979	1981	Bascones Alvira, L., Martín Herrero, D., Martínez Fernández, F. J. y Adell Argiles, F.
489	MOLINA DE ARAGÓN	1979	1981	Quintero Amador, I. Gómez Nogueroles, E., Martínez Díaz, C., Mansilla Izquierdo, H y Villena Morales, J.
490	ODON	1980	1983	Portero García, J. M. del Olmo Zamora, P. Pardo Tirapu, G. Villena Morales, J.
510	MARCHAMALO	1972	1978	Leyva Cabello, F y Martín García, L.
		1978	1993	Pérez Gonzalez, A. y Olive, A.
511	BRIHUEGA	1984	1991	Pérez Gonzalez, A. Portero García, J. M. y Aznar, J. M.
512	CIFUENTES	1988	2002	Quintero Amador, I. Mansilla Izquierdo, H. García Cortés, A. Fernández Giménez, E.
513	ZAOREJAS	1979	1981	Lendinez González, A. Tena-Dávila Ruiz, M. y Adell Argiles, F. Martínez Álvarez, F.
514	TARAVILLA	1980	1981	Bascones Alvira, L. Martín Herrero, D. Lendinez González, A. Tena-Dávila Ruiz, M.
515	EL POBO DE DUEÑAS	1979	1982	Bascones Alvira, L. y Martín Herrero, D.
535	ALGETE	1983	1991	Perez Gonzalez, A. y Aznar, J. M.
536	GUADALAJARA	1984	1991	Portero García, J. M., Ortega Ruiz, L. I. y Portero García, G.
537	AUÑÓN	1990	1999	Hernaiz Huerta, P. P., Portero García, J. M., del Olmo Zamora, P. Sole Pont, F. J. y Cabra Gil, P.
538	VALDEOLIVAS	1985	1989	Lendinez González, A. y de Tena-Dávila Ruiz, M.
539	PERALEJOS DE LAS TRUCHAS	1985	1989	Del Olmo Zamora, P. y Álvaro López, M.
540	CHECA	1979	1981	Bascones Alvira, L., Martín Herrero, D., Lendinez González, A. y Tena-Dávila, M.
560	ALCALÁ DE HENARES	1984	1996	Perez Gonzalez, A. y Portero García, J. M.
561	PASTRANA	1991	1999	Ferreiro Padín, E. y Albert Colomer, V.
562	SACEDÓN	1991	1999	Díaz de Neira, J. A., Portero García, J. M., del Olmo Zamora, P. y Cabra Gil, P.
563	PRIEGO	1990	1999	Torres Pérez-Hidalgo, T. J., Portero García, J. M. y del Olmo Zamora, P.
564	FUERTESCUSA	1986	1989	Lendinez González, A. y Hernández Samaniego, A.
565	TRAGACETE	1981	1983	Portero García, J. M. Meléndez Hevia, F. y Riba Arderiu, O.
584	MONDEJAR	1973	1975	San José Lancha, M. A.
585	ALMONACID DE ZORITA	1991	1999	Lendinez González, A., Muñoz del Real, J. L., Portero García, J. M. y del Olmo Zamora, P.
607	TARANCON	1973	1975	Hernández Samaniego, A. Del Olmo Zamora, P., Arandilla Mena, P. y Ferreiro Picado, E.

Tabla 2.- Relación de hojas de la Segunda Serie a escala 1:50.000 Plan MAGNA de la provincia de Guadalajara con indicación del año de realización, edición y los autores.

La Cartografía Geomorfológica a escala 1:50.000

El interés por este tipo de mapas aparece en Europa durante los años cincuenta y sesenta del siglo pasado. Son mapas sintetizados en cartografías básicas, teóricas o generales que tienen una representación variada y compleja. El desarrollo de la cartografía geomorfológica en España estuvo fuertemente influido por la escuela francesa. En 1978, el IGME decidió abordar la realización de este tipo de cartografías, complementando al Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (Plan MAGNA), con la incorporación de dos documentos cartográficos adicionales: el Mapa Geomorfológico y el Mapa de Formaciones Superficiales.

Ambos mapas, realizados sobre bases topográficas a escala 1:50.000, fueron publicados inicialmente a escala 1:100.000 en forma de esquemas monocolors sin base topográfica, e incluidos plegados en la memoria de la correspondiente hoja geológica. Con este formato fueron editadas 173 hojas del territorio peninsular.

En 1991 se produce un avance sustancial en este tipo de cartografías, con la realización y edición a todo color del mapa geomorfológico a escala 1:50.000, en el que se incluye: información morfogenética, representada por elementos individualizados (símbolos y tramas) y organizada en grupos por colores; información morfocronológica y representación individualizada de las formas del relieve y formaciones superficiales.

En 1996, el fallido “Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (PNCTA)”, determina otro avance importante en este tipo de temáticas geomorfológicas. Su consecuencia inmediata fue la profundización sustancial en aspectos metodológicos y de normativa, que ha redundado muy positivamente en su desarrollo actual (Martín-Serrano *et al.*, 2004). En el mencionado plan se llevaron a cabo dos tipos de mapas analíticos: el Mapa Geomorfológico y el Mapa de Procesos Activos; adicionalmente, pero de manera no sistemática, se propuso un método para la realización de un tercer mapa sintético, el Mapa de Unidades Geomorfológicas.

Como ya se ha comentado, la realización de la cartografía geológica a escala 1:50.000 en la provincia de Guadalajara se llevó a cabo entre los años 70 y los 90. Puesto que los primeros mapas geomorfológicos comenzaron a realizarse a partir del año 1978, se deduce que no toda la provincia tiene cartografía geomorfológica, encontrándose la existente, un total de 20 hojas (Fig. 8), parte editada a escala 1:100.000, y parte editada a 1:50.000 (Fig. 9). De acuerdo con el proceso cronológico de realización de las hojas geológicas, sólo hay información geomorfológica a escala 1:100.000 en las realizadas con posterioridad a 1978 (hojas 464, 485, 486, 487, 510, 511, 512, 535, 536, 538, 539, 560, 564 y 565); y, a escala 1:50.000 y a todo color en las realizadas con posterioridad a 1991 (hojas 432, 459, 537, 561 y 562).

El Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. 2ª Serie

A partir de 1980 se inicia una nueva serie a escala 1:200.000 (1:100.000 en Canarias, Menorca, Ibiza y For-

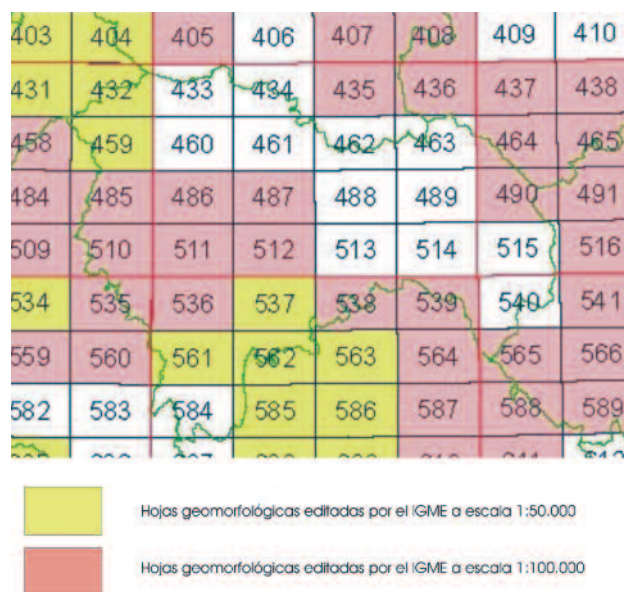


Fig. 8.- Relación de hojas geomorfológicas realizadas por el IGME durante el periodo 1978-2003.

mentera) en aquellas áreas en las que se va finalizando el Plan MAGNA. Las características metodológicas y de formato de estas hojas son muy similares a las de dicho Plan. La realización de este tipo de mapas parte de la necesidad de dotar a la comunidad geológica y a la sociedad de un documento de síntesis de carácter homogéneo, que aborde los problemas geológicos a escala regional (Rodríguez Fernández, 2000). El dilatado espacio de tiempo con el que se viene realizando esta serie, hace que en la actualidad su diseño conlleve una serie de replanteamientos.

Hasta la fecha, de un total de 83 hojas se han publicado 27, mientras que en fase de edición y/o ejecución se encuentran otras 14 hojas. De las realizadas hasta el momento y aunque algunas no se encuentren aún editadas, sólo se cubre de forma muy parcial el territorio de Guadalajara, básicamente afectando a los sectores oriental y occidental de la provincia. Estas hojas son por orden de publicación: 47 Teruel (1985), 40 Daroca (1991; Fig. 10), 38 Segovia, y 45 Madrid. Estas dos últimas hojas (Segovia y Madrid) están prácticamente finalizadas y pasarán a estar disponibles en la web del IGME en corto espacio de tiempo, antes de ser editadas.

Las cartografías temáticas y los mapas murales

En la década de los 70, el IGME también llevó a cabo una intensa actividad cartográfica paralela a la del Plan MAGNA, con la producción de diferentes mapas temáticos, que tomaban como punto de partida los Mapas Geológicos de Síntesis 1:200.000 elaborados previamente, así como algún mapa mural. Así, se realizaron diferentes series de mapas a dicha escala, entre las que destacan: Mapa Metalogenético, Mapa de Rocas Industriales y Mapa Geotécnico (Fig. 11). Esta actividad, que se inició en el año 1972 con la edición de los Mapas Geotécnicos y en 1973 con la de los Mapas Metalogenéticos, permitió cubrir tan solo en dos años todo el territorio de la provincia.



Fig. 9.- Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000. Hoja 562 Sacedón según la normativa de 1991. Fondo Documental del IGME.

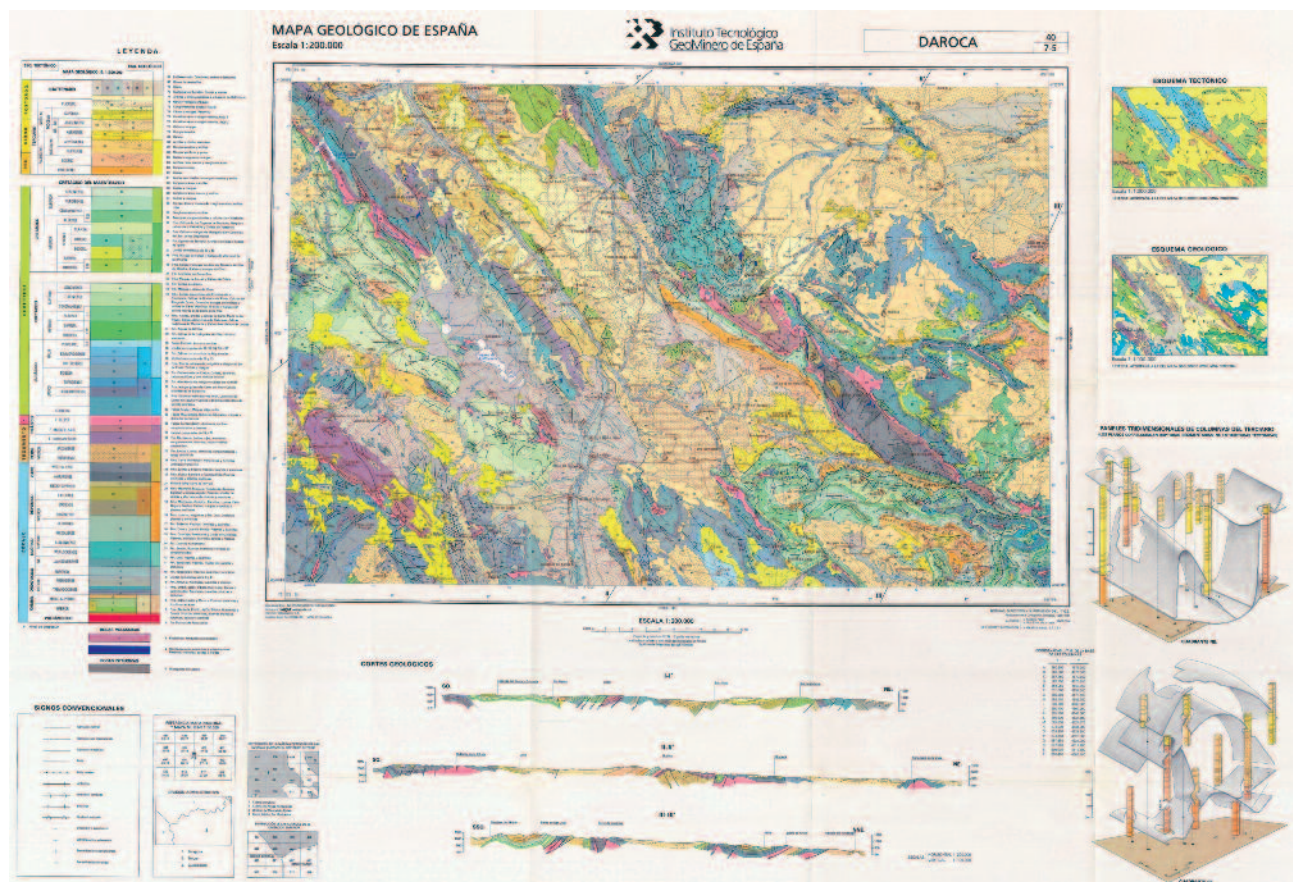


Fig. 10.- Mapa Geológico a escala 1:200.000. 2ª Serie Hoja 40 Daroca. Fondo Documental del IGME.

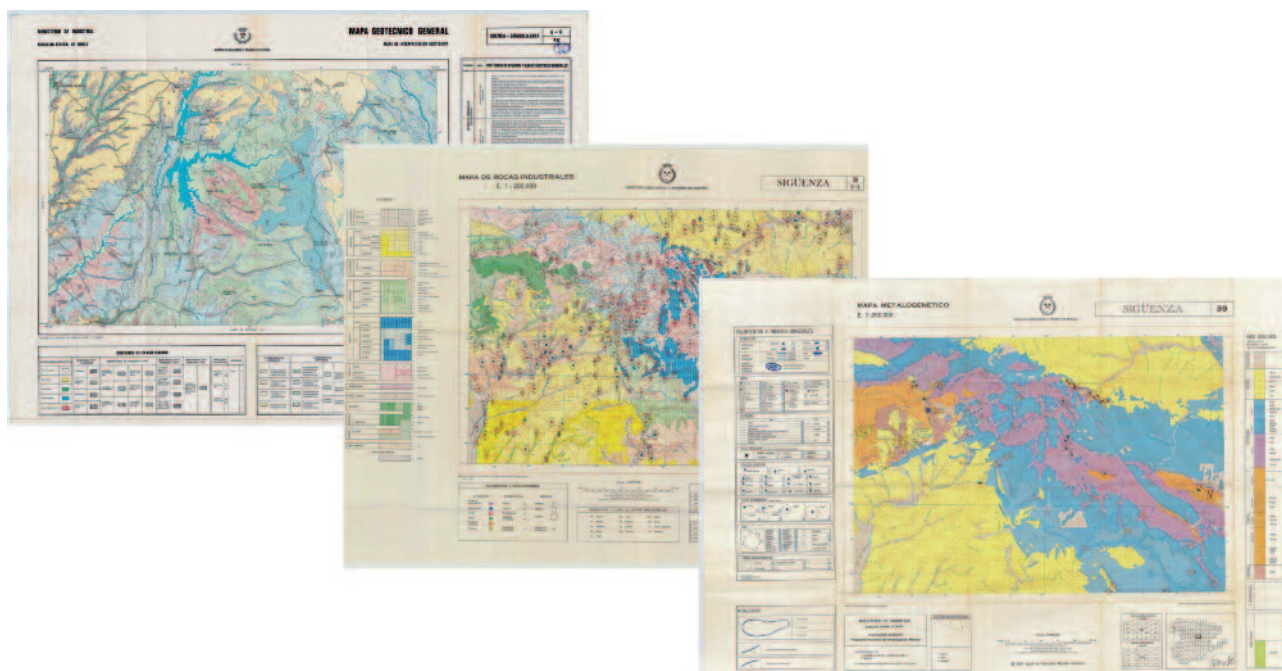


Fig. 11.- Mapas Geotécnico, de Rocas Industriales y Metalogenético a escala 1:200.000 de las Hojas 39 Sigüenza y 46 Cuenca-Guadalajara. Años 1972-1973. Fondo Documental del IGME.

Al margen de lo anterior, se llevaron a cabo otras cartografías a escala 1:1.000.000, que abarcaron todo el territorio peninsular, aportando información variada y muy sintetizada a nivel provincial, habida cuenta de la referida escala. Caben destacar: el Mapa del Cuaternario, el Mapa del Karst, el Mapa Tectónico, el Mapa Neotectónico, el Mapa de Previsión de Riesgos por Expansividad de Arcillas o el Mapa Hidrogeológico.

Finalmente, entre los años 1966 y 1992 se llevaron a cabo varias ediciones del Mapa Geológico de España a escala 1:1.000.000, incorporando cada vez más información geológica sobre los ya existentes. Este es el mapa mural tradicional por excelencia e históricamente se viene publicando de forma cíclica cada 10 ó 20 años. La última edición de este mapa data de 1994, y para su realización contó con la participación de la mayoría de los técnicos que habían participado en la cartografía del Plan MAGNA. Aparece acompañado de una leyenda construida con un criterio mixto lito y cronoestratigráfico. Actualmente está a punto de publicarse una nueva edición digital de este mapa realizado por el IGME y en colaboración con el *Instituto Geológico e Mineiro de Portugal*, que incluye como principal novedad una cartografía de la plataforma continental de la península.

La cartografía geológica en formato digital. El Plan GEODE y otras cartografías (2005-2013).

La cartografía geológica a comienzos de este siglo sufre un cambio sustancial, condicionado por el importante avance y desarrollo de los sistemas informáticos, tanto del *software* empleado para su representación, en particular los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como de las técnicas utilizadas para la representación cartográfica (GPS, tabletas y ortofotos entre otras).

Con el desarrollo informático y la utilización de programas específicos de cartografía, se obtiene de forma ágil una edición de mapas a distintas escalas. La incorporación en los últimos años de las nuevas tecnologías de sistemas de información geoespacial, permite asociar bases de datos georreferenciadas a la cartografía geocientífica y producir documentos cartográficos, tanto sistemáticos, como a petición del usuario.

El Plan GEODE

Es el último plan cartográfico que el IGME ha llevado a cabo y centra su objetivo en la obtención de una cartografía geológica continua digital a escala 1:50.000 basada en el MAGNA de toda la Península y Mallorca; y a escala 1:25.000 para el resto del territorio insular. El producto resultante es un mapa geológico continuo organizado en 20 regiones geológicas, con leyendas específicas para cada una de ellas.

La realización de este mapa geológico continuo en formato digital vino dada por la necesidad de adecuar la información del Plan MAGNA a los nuevos soportes de información digital, que permiten optimizar su aprovechamiento para su utilización en diferentes campos del saber y sectores sociales, dada la creciente demanda de cartografía geológica que existe por parte de los usuarios. El impulsor de este nuevo Plan fue Angel García Cortes, entonces Director de Geología y Geofísica del IGME.

El Plan GEODE está asistido por el Proyecto BADAFI (Base de Datos y Funcionalidades Informáticas), que tiene como misión fundamental la generación de un Sistema de Información que permita la explotación de la información generada. El sistema se plantea como un conjunto de datos y funcionalidades y está dotado de un servicio de publica-

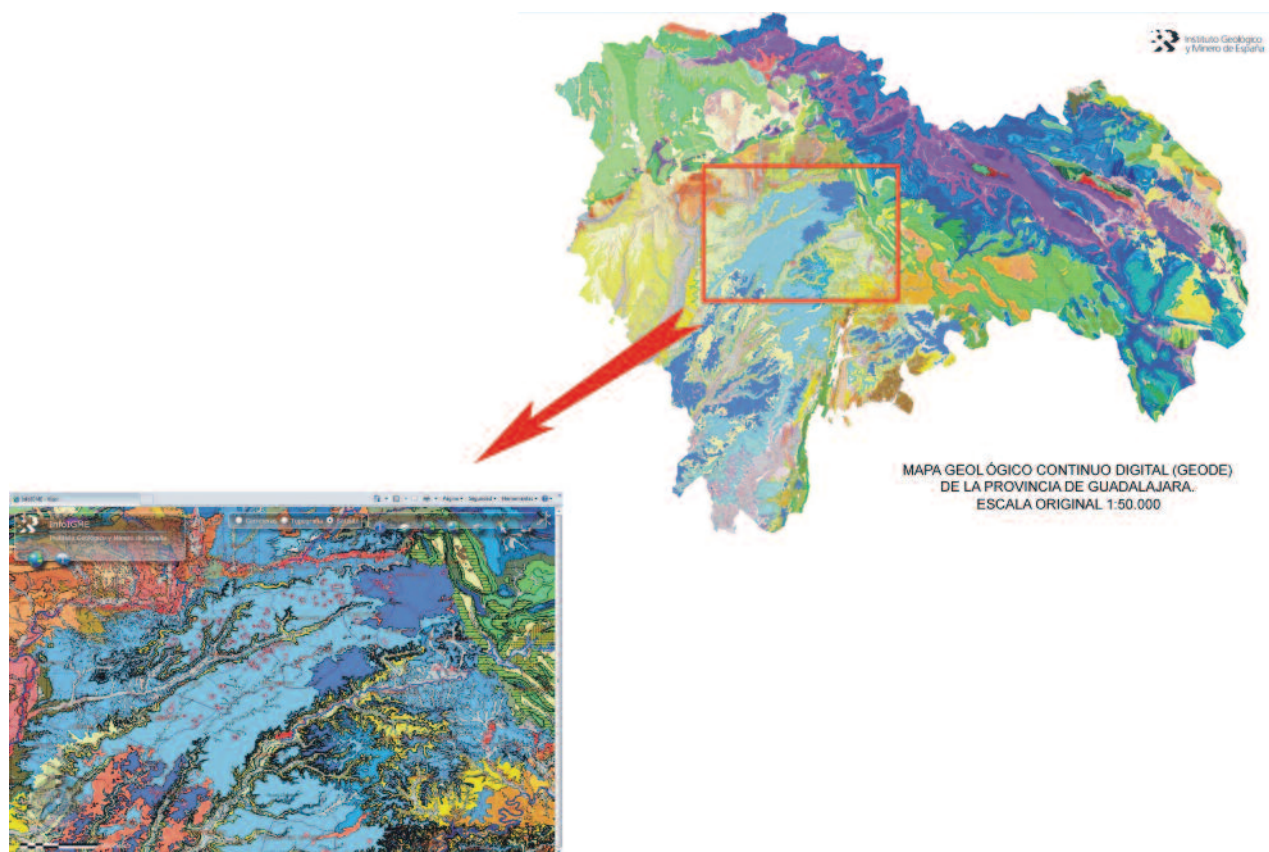


Fig. 12.- Cartografía geológica GEODE de la provincia de Guadalajara: <http://www.igme.es/infoigme/visor/>

ción de mapas accesible desde Internet y donde el usuario pueda cubrir su demanda a nivel geográfico o administrativo (Fig. 12). Debido al gran número de Proyectos Regionales involucrados y su ejecución casi simultánea, el proyecto BADAFI elaboró una normativa que permitió sistematizar la recepción de información procedente de todos los Proyectos Regionales con una cobertura geográfica de referencia, la del MTN a escala 1:25.000 del IGN.

En la actualidad, el IGME está finalizando la generación de este tipo de cartografía geológica de las distintas unidades geológicas peninsulares. En particular, la de la provincia de Guadalajara fue realizada dentro de tres proyectos concretos: Geode Ibérica, Geode Tajo y Geode Centro Ibérica, encontrándose ambos disponibles en el Navegador de Información Geocientífica <http://www.igme.es/infoigme/visor/> (Fig. 12) y también en el portal SIGECO de la misma web (www.igme.es). Este portal permite, además de acceder a la Cartografía Geológica Continua (GEODE), entrar en otros datos técnicos de cartografía geocientífica o temática. Además se pueden generar ficheros “*.kmz” para ser proyectados sobre *Google Earth*.

Ediciones digitales y otros mapas a distintas escalas

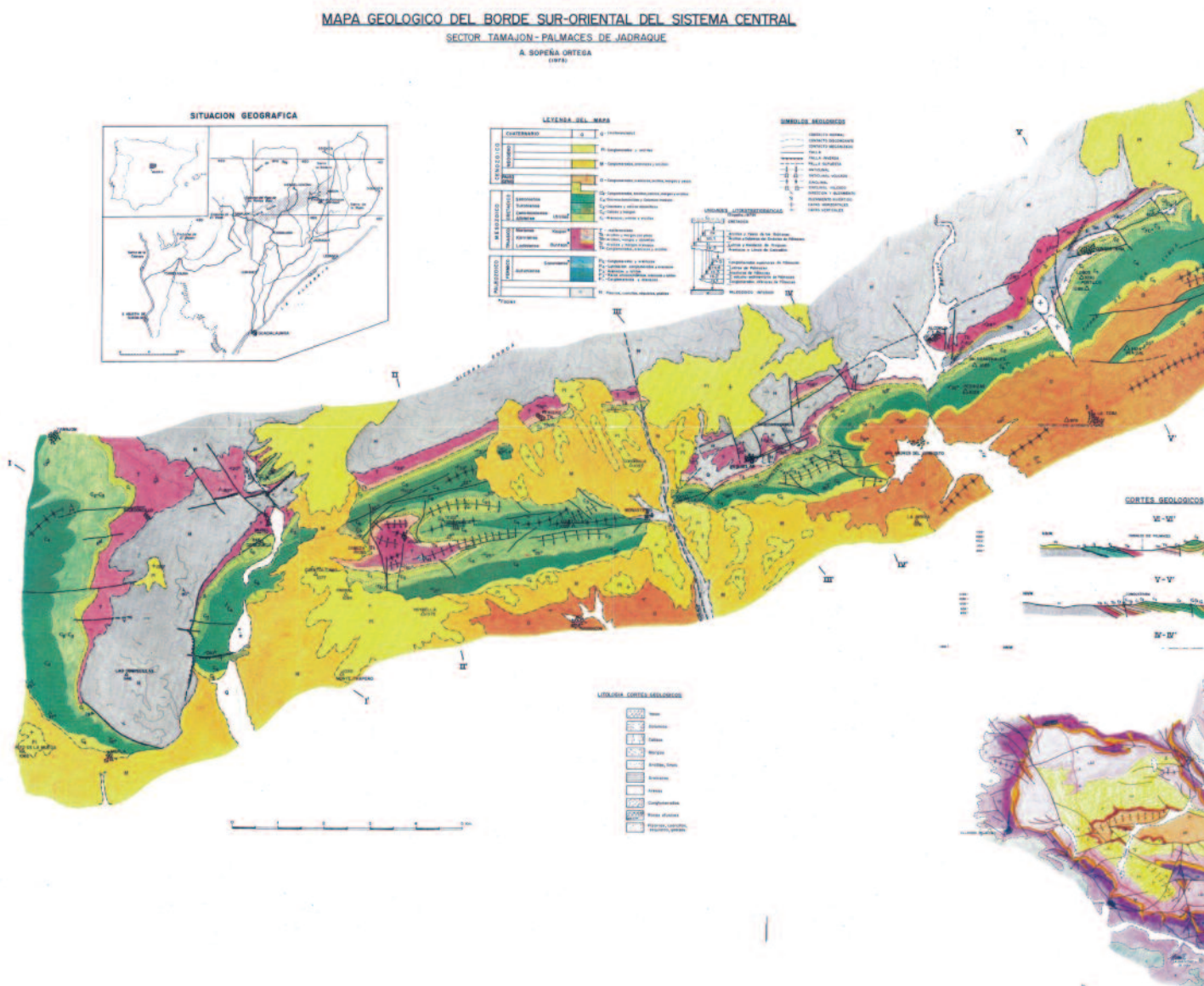
Algunas hojas se han editado en CD interactivos, en los que se incluyen los distintos mapas y la memoria de la hoja correspondiente, así como toda la información complementaria (informes varios, muestras, álbum fotográfico, etc.). Para ello se escogió entre otras, como una de las hojas

piloto para llevar a cabo este tipo de edición, la 432 Riaza, que abarca una parte del sector noroccidental de la provincia de Guadalajara (Fig. 13).



Fig. 13.- Hoja 432 Riaza editada en un CD interactivo. Fondo Documental del IGME.

Interesa destacar que en otros portales de la web del IGME (www.igme.es), como en el INGEOES, se encuentran disponibles varias cartografías digitales, entre ellas el MAGNA y por lo tanto, la de toda la provincia de Guadalajara. Se trata de una cartografía vectorizada no continua, e individualizada por hojas 1:50.000. El formato en el que se facilita esta información es “*export*”, manipulable por las aplicaciones desarrolladas por ESRI como ArcGIS, ArcView 3.2 y ArcInfo Workstation. La información vectorial que se facilita está constituida por la ventana a escala 1:50.000, la leyenda litoestratigráfica y los símbolos convencionales. No se incluyen esquemas, columnas, ni cortes. Los ficheros digitales no incluyen información topográfica.



También hay que destacar, que en esa misma página, el portal Infoigme (<http://www.igme.es/infoigme/catalogo/catalogo.aspx>) ofrece un acceso a los servicios WMS que permiten la visualización y consulta de la información cartográfica del IGME y la integración con información de otras organizaciones. También se suministran los enlaces que permiten visualizar la información cartográfica (ej. cartografía MAGNA) sobre *Google Earth* a través de ficheros “*.kmz”.

Los denominados mapas murales, realizados a pequeñas escalas abarcan todo el territorio peninsular y, por lo tanto, incluyen la provincia de Guadalajara aunque con una información muy sintetizada debido a la escala que se presentan. Así en el año 2004 y con motivo del VI Congreso de Geología de España fueron publicados por la Sociedad Geológica de España y el IGME dos mapas murales: el Mapa Geológico de España y el Mapa Tectónico de España, ambos a escala 1:2.000.000. Posteriormente, en 2007 fue

publicado por el IGME y la Editorial Everest otro Mapa Geológico de España a la misma escala con fines escolares.

Por último, cabe destacar que actualmente se está llevando a cabo una revisión de los Mapas Metalogenéticos a escala 1:200.000 de distintas unidades geológicas de la península, entre los que se encuentran los de la Cordillera Ibérica, por lo que una buena parte de la provincia de Guadalajara se ve afectada. En concreto se han actualizado los de las hojas 39 Sigüenza, 40 Daroca, 46 Cuenca-Guadalajara y 47 Teruel, estando a corto plazo disponibles en la web.

Cartografías geológicas no oficiales realizadas por otros organismos e instituciones

La provincia de Guadalajara ha resultado siempre una zona atractiva para la investigación geológica, así como para realizar trabajos de campo de cartografía, disciplina

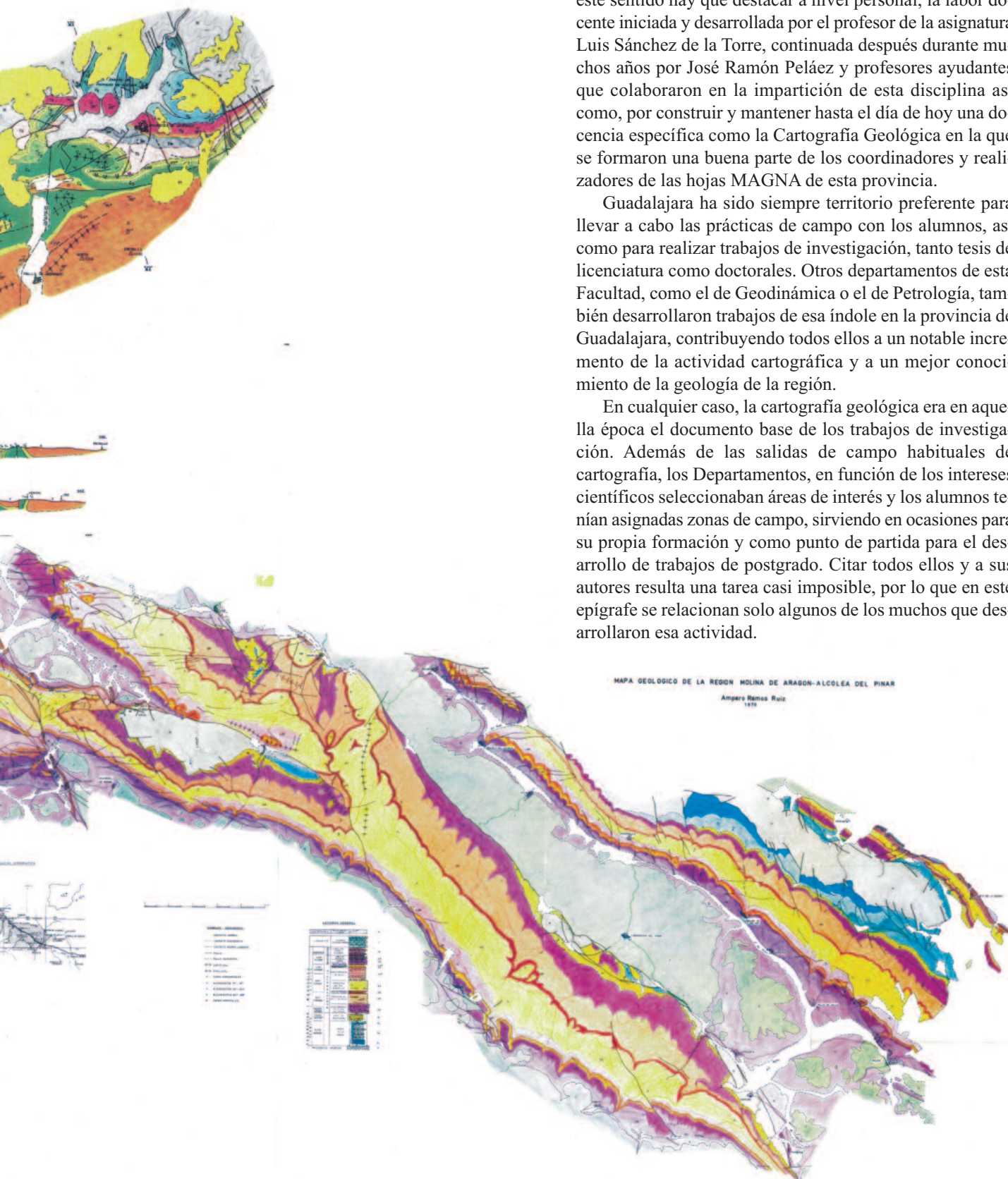


Fig. 14.- Mapas geológicos del Borde Sur del Sistema Central (Sopeña Ortega, A.) y de la región de Molina de Aragón-Alcolea del Pinar (Ramos Ruiz, A.). Publicados en Cuadernos de Geología Ibérica nº 6. (1980).

impartida como asignatura de Licenciatura desde los años 60 por el Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM. En este sentido hay que destacar a nivel personal, la labor docente iniciada y desarrollada por el profesor de la asignatura Luis Sánchez de la Torre, continuada después durante muchos años por José Ramón Peláez y profesores ayudantes que colaboraron en la impartición de esta disciplina así como, por construir y mantener hasta el día de hoy una docencia específica como la Cartografía Geológica en la que se formaron una buena parte de los coordinadores y realizadores de las hojas MAGNA de esta provincia.

Guadalajara ha sido siempre territorio preferente para llevar a cabo las prácticas de campo con los alumnos, así como para realizar trabajos de investigación, tanto tesis de licenciatura como doctorales. Otros departamentos de esta Facultad, como el de Geodinámica o el de Petrología, también desarrollaron trabajos de esa índole en la provincia de Guadalajara, contribuyendo todos ellos a un notable incremento de la actividad cartográfica y a un mejor conocimiento de la geología de la región.

En cualquier caso, la cartografía geológica era en aquella época el documento base de los trabajos de investigación. Además de las salidas de campo habituales de cartografía, los Departamentos, en función de los intereses científicos seleccionaban áreas de interés y los alumnos tenían asignadas zonas de campo, sirviendo en ocasiones para su propia formación y como punto de partida para el desarrollo de trabajos de postgrado. Citar todos ellos y a sus autores resulta una tarea casi imposible, por lo que en este epígrafe se relacionan solo algunos de los muchos que desarrollaron esa actividad.

Los primeros formatos cartográficos publicados fueron el resultado de tesinas o de trabajos llevados a cabo por el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas, algunos de ellos, con fines hidrogeológicos. Se realizaban cartografías a escala 1:25.000 con un formato cuadrado y con una leyenda a la izquierda de cajetines rectangulares en los que figuraba la edad y la litología de las unidades diferenciadas. A título de ejemplo cabe citar el “*Mapa Geológico de la región de Santamera*” de Agueda Villar (1969). Posteriormente, los trabajos de investigación tuvieron un carácter más regional y temático, por lo que el territorio abarcado era más amplio y el formato de los mapas era más irregular. Tal es el caso del “*Mapa geológico de la región de Ayllón-Atienza*” de Hernando Costa realizado en 1974 (Hernando, 1980), el “*Mapa geológico del Bordo sur-oriental del Sistema Central*”, el “*Mapa geológico del Sector de Pálmaces*”, ambos realizados en 1973 por Sopena Ortega (Sopena, 1980) y el “*Mapa geológico de la región de Molina de Aragón-Alcolea del Pinar*” realizado por Ramos Ruiz en 1979 (Ramos, 1980) (Fig. 14). La tesis doctoral de Villena-Morales (1971) aporta una cartografía que incluía, entre otros, los materiales variscos aflorantes en la zona entre Molina de Aragón y Monreal del Campo.

En las estribaciones del Sistema Central, González Lo-deiro (1980) realizó su Tesis Doctoral sobre los materiales

metamórficos de la Sierra de Ayllón-Atienza, una región entonces apenas conocida, aportando una cartografía inédita de esa zona. En la Sierra de Altomira, el Departamento de Geodinámica Interna también llevó a cabo trabajos de investigación hasta finales de los años 90, tanto Tesis de Licenciatura como Doctorales, aportando también información cartográfica de interés sobre los materiales mesozoicos y cenozoicos aflorantes.

Las universidades extranjeras también han mostrado su interés por la geología de la provincia, llevando a cabo trabajos de investigación y cartografías sobre materiales variscos en la región de Hiendelaencina (Schroeder, 1930; Scheaffer, 1969; Soers, 1972; y Bischoff *et al.*, 1973), algunas de las cuales o al menos parte de ellas, fueron recogidas de forma más o menos explícita en cartografías más recientes como las del MAGNA.

En el año 2008 y con motivo de la celebración del XV Simposio sobre la Enseñanza de la Geología, en el campus de Guadalajara de la Universidad de Alcalá, se publicó en el Libro del Simposio un “*Mapa Geológico de la provincia de Guadalajara*” a escala 1:500.000 (Fig. 15), en el que aparece sintetizada la geología de la provincia. Posteriormente, dicho mapa aparece también reproducido en un interesante “*Atlas sobre los paisajes de la provincia de Guadalajara*” (Sancho Comins, 2012), realizado por el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá.



Fig. 15.- “*Mapa Geológico de la Provincia de Guadalajara*” a escala 1:500.000, de López Olmedo, F. (2008). En Calonge y Rodríguez (eds) (2008).



Fig. 16.- "Mapa Tectonotermal del sector de Somosierra (Sistema Central Español)", de Rubio Pascual (2013).

Finalmente la Tesis Doctoral de Rubio Pascual (2013) presenta como aportación cartográfica un "Mapa tectonotermal del sector de Somosierra (Sistema Central Español)" que abarca la Sierra de Ayllón, al noroeste de la provincia, y en el aparece combinada diversa información geológica, tanto de tipo litológico y estructural como petrológica y metamórfica. (Fig. 16).

Conclusiones

La cartografía geológica en la provincia de Guadalajara se inicia a mediados del siglo XIX. Su historia evolutiva se puede dividir en varias etapas, caracterizadas cada una de ellas por la ejecución de distintos tipos de mapas. El promotor y continuador de la realización y edición de la cartografía desde sus inicios hasta el momento actual ha sido el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), si bien otros organismos e instituciones como la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM y algunas universidades extranjeras, también han contribuido con sus trabajos y publicaciones a formar parte de esta historia.

Al margen de los mapas murales, los primeros mapas geológicos que se llevaron a cabo, al igual que los del resto del territorio español, tenían un carácter provincial y están realizados a escala 1:400.000, formato que se mantuvo hasta 1929, tras el Congreso Geológico Internacional, en el que el Instituto Geológico y Minero de España puso en marcha el primer plan cartográfico bajo el nombre de "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Primera

Serie", pasándose de una cartografía de ámbito geográfico y provincial a una de tipo sistemático con un ambicioso plan para cubrir todo el territorio español. La calidad y aportación de estos mapas es un reflejo de los importantes cambios y avances que tuvieron lugar en el conocimiento geológico y en las técnicas cartográficas a lo largo de las cinco décadas que duró la ejecución de esta serie, si bien no se llegó a cubrir la totalidad del territorio.

Con la puesta marcha del "Plan MAGNA" se mantiene el carácter sistemático a escala 1:50.000. Se realiza sobre este territorio algunas de las hojas piloto antes de poner en marcha dicho plan y posteriormente entre los años 80 y 90 se cubre la cartografía de toda la provincia. Se trata de hojas geológicas con una memoria anexa y una información complementaria, en la que intervienen numerosos técnicos e investigadores y se pone claramente de manifiesto el sustancial avance en los conocimientos geológicos. Difiere de la serie anterior por su calidad, incluyendo abundante información y van acompañadas de una leyenda cronoestratigráfica, cortes en color, diversos esquemas y columnas estratigráficas de síntesis. Además algunas de las hojas incluyen cartografía geomorfológica a escala 1:100.000 ó 1:50.000.

Paralelamente al desarrollo de este plan comienzan a realizarse mapas geológicos, mapas murales y diversos mapas geotemáticos a escala 1:200.000. En relación a los geológicos a esa escala se trata de series incompletas, con intermitencias en cuanto a su realización, que no llega a cubrir la totalidad de la provincia, mientras que los geotemáticos (metalogenéticos, rocas industriales, etc.) la abarcan totalmente.

Finalizado el Plan MAGNA en el 2003 y con el desarrollo de las tecnologías informáticas se inicia el Plan GEODE, último plan cartográfico del IGME. Se trata de un mapa geológico continuo digital y nace por la necesidad de adecuar la información del Plan MAGNA y dar continuidad cartográfica a las hojas. La provincia de Guadalajara queda cubierta al completo lo que permite optimizar su aprovechamiento para la utilización en diferentes campos y sectores sociales ante la creciente demanda que existe por parte de los usuarios.

En la actualidad la provincia de Guadalajara presenta una amplia cobertura en cartografía geológica a diferentes escalas, tanto en formato papel como digital. No obstante si bien a escala 1:50.000 queda cubierto todo el territorio, apenas existen cartografías de síntesis y en el contexto político-administrativo actual parece demandarse de nuevo una cartografía provincial a escala adecuada.

Agradecimientos

Los autores agradecen a A. Martín-Serrano, P. Valverde y a J. Navas sus aportaciones al artículo, así como a E. Boixereu, A. García Quintana y L.M. Nieto Albert sus observaciones y comentarios, que sin duda han contribuido a mejorar la calidad del mismo. Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto CGL2009-12008/BTE de la Dirección General de Investigación y Gestión del Plan Nacional I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias

- Agueda Villar, J. A. (1969): Estudio geológico de la región de Santander. Cordillera Ibérica. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 1: 233-266.
- Aránzazu, J. M. de (1877): Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 4: 1-47.
- Bischoff, L., Schäfer, G., Schmidt, K. y Walker, R. (1973): Zur Geologie der mittleren Sierra de Guadarrama (Zentral spanien). *Münster. Forsch. Geol. Palaont.*, 28, 27 p.
- Botella y de Hornos, F. (1879): *Mapa geológico de España y Portugal a escala 1:2.000.000*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid.
- Calderón, S. (1874): Reseña geológica de la provincia de Guadalajara. *Revista de la Universidad*, 97, Madrid.
- Calonge A. y Rodríguez, M. (eds). (2008): Geología de Guadalajara, *Obras colectivas Ciencias 03 UAH*, Madrid, 368 p.
- Castel, C. (1880): Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 7: 331-395.
- Castel, C. (1881): Provincia de Guadalajara. Descripción Geológica. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 8: 157-264.
- Castel, C. (1882): Provincia de Guadalajara descripción agrícola y forestal. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 9: 123-214.
- Ezquerro del Bayo, J. (1845): Sobre los antiguos diques de la Cuenca terciaria del Duero, acompañado del Croquis Geognóstico de la Cuenca terciaria del Duero con los diques en que se halla encerrada. *Anales de Minas*, 3: 317-350, Lam. IV.
- Ezquerro del Bayo, J. (1850): *Geognostische Übersichts-Karte von Spanien*. Stuttgart.
- Ezquerro, J. (1850): Excursión geológica desde Hiendelaencina a Trillo y a Ablanque, en la parte de la provincia de Guadalajara conocida con el nombre de Alcarria. *Revista minera*, 1: 289-299
- Fernández de Castro, M. (1874): Notas para el estudio bibliográfico sobre los orígenes del actual y el estado actual del mapa geológico de España. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1: 17-169 y 309-320.
- Fernández de Castro, M. (1876): Noticia del estado en que se hallan los trabajos del Mapa Geológico de España. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 3.
- Fernández de Castro, M. (1889-93): *Mapa geológico de España a escala 1:1.500.000*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid.
- García Cortés, A. (2005): La cartografía geológica en España desde Guillermo Schulz hasta la actualidad. En: *Miscelánea Guillermo Schulz (1805-2005)*. (I. Rábano y J. Truyols, eds) *Cuadernos del Museo Geominero*, 5: 153-177.
- García Cortes, A., Vivancos, L. y Fernandez Gianotti, J. (2005): Evaluación económica y social del Plan MAGNA. *Boletín Geológico y Minero*, 116 (4): 291-305.
- González Lodeiro, F. (1980): Estudio geológico estructural de la terminación oriental de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). *Tesis Doctoral*, Univ. Salamanca, 334 p.
- Gutiérrez Gárate, M. y Rubio Andrés, M^a A. (2007): *Cartografía geológica española del IGME*. Madrid, 192 p.
- Hernando, S. (1980): Mapa Geológico del Pérmico y Triásico de la región Ayllón- Sigüenza. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 6: 21-54.
- Maestre, A. (1864): Bosquejo general geológico de España a escala 1:2.000.000. *Comisión del Mapa Geológico de España*, Madrid.
- Martín-Serrano, A., Salazar, A., Nozal, F. y Suarez, A. (2004): *Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración*. Serie: Otras publicaciones, IGME, Madrid, 128 p.
- Ramos, C. (1979): Mapa Geológico de la región de Alcolea del Pinar-Molina de Aragón. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 6: 55-72.
- Rodríguez Fernández, L. R. (2000): Actualidad y futuro de los Mapas Geológicos del IGME. *Tierra y Tecnología*, 20: 21-32.
- Rubio Pascual, F. (2012): Evolución tectonotermal de la región de Honrubia-El Cardoso (Sistema Central Ibérico). *Tesis Doctoral*, Univ. Complutense - Univ. Salamanca - IGME. 360 p.
- Sancho Comins, J.F. (2012): Atlas de los paisajes de la Provincia de Guadalajara - *Fundación Caja de Guadalajara*. Guadalajara, 237 p.
- Schäfer, G. (1969): Geologie und petrographic im östlichen kastilischen auptscheidgebirge (Sierra de Guadarrama, Spanien). *Münster Forsch. Geol. Paläontol.*, 10:1-207.
- Schroeder, E. (1930): *Der Grenzgebirge von Guadarrama und hesperidischen Keften*. Sond. Abth. D. Ges. Wisch 2 Gottingen Mat. Phys. 16 (3): 689-748. (1948 Trad. M. San Miguel. *Zona limítrofe del Guadarrama y las cadenas hespéricas*. Publ.Ext. Geol. España. 4:234-295).
- Schulz, G. (1834): *Descripción geognóstica del Reino de Galicia*, acompañada del *Mapa petrográfico del Reino de Galicia*. Imprenta de los Herederos de Collado, Madrid, 52 p.
- Soers, E. (1972): *Stratigraphie et Geologie structurale de la partie orientale d la Sierra de Guadarrama*. *Studia Geológica IV*, 7-94.
- Solé Sabaris, L. (1983): Los más antiguos mapas geológicos de España. *Mundo Científico*, 23: 252-262.
- Sopeña, A. (1980): Mapas geológicos del borde sureste del Sistema Central. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 6: 73-96.
- Villena-Morales, J. (1971): Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (Provincias de Guadalajara y Teruel). *Tesis Doctoral*. Univ. Granada. 229 p.

MANUSCRITO RECIBIDO EL 21/10/2013

RECIBIDA LA REVISIÓN EL 24/11/2013

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL 24/11/2013