

MANUEL FROCHOSO SÁNCHEZ Y JOSÉ SIERRA ÁLVAREZ

Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria.
Grupo de Investigación «Geografía Histórica del Paisaje»

La construcción de los mapas geológicos españoles del siglo XIX: Observación, conceptualización y representación

RESUMEN

Las más de las veces, la historia de los mapas geológicos españoles ha sido abordada como una historia de las instituciones y autores que los generaban o como una historia del conocimiento geológico del territorio español. Se propone aquí, en cambio, un acercamiento a los cambios experimentados por el proceso concreto de producción de cartografía geológica en la España del siglo XIX. Para ello, el texto se acerca al proceso de protocolización de la mirada en el trabajo de campo y al largo y enrevesado camino de normalización de la taxonomía, la nomenclatura y la semiología gráfica de los mapas geológicos españoles desde sus comienzos hasta la culminación del primer mapa seriado a escala 1:400.000.

RÉSUMÉ

La construction des cartes géologiques de l'Espagne au XIX^{ème} siècle: Observation, conceptualisation et représentation.- Trop souvent l'histoire des cartes géologiques espagnoles a été abordée ou bien en tant qu'histoire des institutions et des auteurs qui les élaboraient ou bien en tant qu'histoire des connaissances géologiques du territoire espagnol. Cette recherche propose, néanmoins, une approche à tous les changements éprouvés par le processus concret de production de la cartographie géologique espagnole tout au long du XIX^{ème} siècle. Pour cela le texte essaie d'approcher le procès de protocolisation du regard dans le travail sur le terrain et aussi le long et compliqué chemin de normalisation de la taxonomie, la nomenclature et la sémiologie gra-

phique des cartes géologiques espagnoles dès ses débuts jusqu'à l'obtention de la première carte sériée à l'échelle 1:400.000.

ABSTRACT

Geologic maps designing in Spain during 19th Century: Observation, conception and representation.- The history of the geological maps of Spain has been in most cases focused either as a history of the geological mapping institutions and authors, or as a history of the geological knowledge about the Spanish territory. We proposed here instead an approach to the changing processes in the Spanish geologic mapping of the 19th Century. For this purpose, we analyse here the processes of development of the protocols of observation in the field work during that period. Also, the long and winding way towards the normalization of taxonomy, nomenclature and graphic semiology in Spanish geologic mapping from its beginning until the completion of the first 1:400.000 scale serial map.

Palabras clave / Mots clé / Key words

Historia de la cartografía, cartografía temática, cartografía geológica, Geología, España.

Histoire de la cartographie, cartographie thématique, cartographie géologique, Géologie, Espagne.

Maps history, thematic mapping, geologic mapping, Geology, Spain.

NO DEJA de sorprender el grado de autoconciencia histórica que, desde momentos muy tempranos, ha revestido la práctica de la cartografía geológica en nuestro país. Tanto los ingenieros de minas como, en mucha

menor medida, los naturalistas geólogos sobre los que, a lo largo de los siglos XIX y XX, hubo de reposar la colosal empresa del levantamiento geológico del territorio español parecen haber mostrado, en efecto, una acusada

debilidad, hija sin duda del impregnante positivismo historicista de la época, por pararse de vez en cuando a echar una mirada hacia su propio pasado; un quehacer administrativo, científico y técnico se doblaba así en práctica reflexiva e histórica. Tal es el caso, por ejemplo, de la suerte de balance que de la labor de la Comisión para la Carta Geológica de Madrid y la General del Reino (1849-1859) habrá de llevar a cabo su último presidente, Casiano de Prado, en 1861, apoyado en sus conocimientos de primera mano y en las memorias anuales que, desde 1850 hasta al menos 1855, fueron dando a la luz Francisco de Luxán y Guillermo Schulz, sus dos primeros presidentes (PRADO, 1861). Pero es el caso también, y quizás sobre todo, de los muy eruditos trabajos del primer presidente de la ulterior Comisión del Mapa Geológico de España, Manuel Fernández de Castro, que lo fue entre 1873 y su fallecimiento en 1895¹; o de la excepcional agudeza con la que Lucas Mallada resumía en 1897 la historia de la Geología y del conocimiento geológico de España (al tiempo que, de paso, media vida de intenso trabajo personal (MALLADA, 1897)); o de los trabajos de Marià Faura acerca de la muy peculiar historia de la cartografía geológica catalana (FAURA, 1926), y de Paul Fallot acerca de cien años de geología y cartografía geológica en España, vistos con la mirada de un investigador extranjero (FALLOT, 1950).

Esa tendencia historizante, responsable entre otras cosas de la costumbre, aún viva en las memorias de los mapas seriados actuales (aunque ya casi siempre banalizada), de reconstruir, a manera de antecedentes, la historia del conocimiento geológico del territorio cubierto en cada caso², constituye a no dudarlo el soporte de las aproximaciones históricas más recientes al asunto o, si se quiere, y para decirlo a la manera de Montaigne, los

hombros de los gigantes a los que se encaraman nuestras pesquisas al respecto. Es así como, desde los acercamientos de GÓMEZ DE LLARENA (1948) hasta las escuetas y divulgadoras síntesis de AYALA CARCEDO (1999) o RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ (2000), pasando por los sustanciales trabajos de SOLÉ SABARÍS (1983), URTEAGA (1988), BLÁZQUEZ DÍAZ (1992), ARAGONESES (1992) o MURO, NADAL Y URTEAGA (1996), la historia de la cartografía geológica española nos es relativamente conocida, tanto en sus aspectos institucionales y organizativos³ como en lo que se refiere a algunos de sus protagonistas⁴, a la secuencia cronológica de los levantamientos y de las ediciones o a la conexión de todo ello con el propio desarrollo en España de las ciencias geológicas y de las técnicas mineras.

Con todo, si la historia por así decir externa de los mapas geológicos españoles se nos aparece relativamente balizada, no deja de resultar un punto sorprendente que su historia interna, es decir, la de los avatares de su concreto proceso de construcción «en tanto que documentos cartográficos» navegue hoy en mares abiertos apenas señalizados. Lo que, por cierto, constituye una

¹ Véanse FERNÁNDEZ DE CASTRO, 1874; 1876; 1883, y 1889. La modestia de los títulos de tales trabajos, especialmente del primero («Notas para un estudio bibliográfico sobre los orígenes y estado actual del Mapa Geológico de España»), no impide que se trate de auténticos monumentos de rigor y erudición, únicamente comparables en la época con los no por célebres menos modestos *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y á las ciencias auxiliares*, dados a la luz por Eugenio Maffei y Ramón Rúa Figueroa en Madrid, en la imprenta de J. M. Lapuente, en 1871. Habida cuenta de la petulante ignorancia que define a tantas de las producciones actuales, no queda sino confirmar que aquellos eran sin duda otros tiempos.

² Los artículos 7º y 8º del Decreto 28-III-1873, y los 3º y 8º de la Instrucción de la misma fecha establecían, entre otros extremos, que se reuniese centralizadamente toda la documentación disponible al respecto, y que se agrupase por unidades archivísticas de cobertura provincial (MINISTERIO DE FOMENTO, 1873). Ello debió posibilitar a Lucas Mallada, y a tantos otros después, las significativas páginas que dedica a la bibliografía entonces disponibles para Huesca (MALLADA, 1878).

³ Por más que permanezcan aún en la penumbra algunas zonas. Así, la labor que al respecto pudiera haber desarrollado el Real Gabinete de Historia Natural a caballo de los siglos XVIII y XIX, tanto de la mano de Christiano Herrgen, discípulo de Werner en Sajonia, y Guillermo Thalacker como, más adelante, desde 1818, de la de Donato García. Véanse, acerca de este último, Archivo del Museo de Ciencias Naturales, Sec. Cátedras, caja 177, exp. 15 (acerca de permisos para excursiones geológicas en el verano de 1828); *Revista Minera*; 1851, págs. 389-390 (acerca de esas mismas excursiones); y Maffei, *Apuntes...*, op. cit., I, págs. 279-280 (biografía). Asimismo, y a pesar de las pesquisas de MAFFEI (1879) y ARAGONESES (1999), la aventura cartográfica de Ángel Vallejo entre 1830 y 1834, a resultas de un encargo oficial, presenta no pocas oscuridades, especialmente por lo que se refiere a su eventual relación con el primer viaje a España de Frédéric Le Play (1833), quien debió coincidir con Vallejo en las clases de Beaumont y Duffrenoy en la parisina École des Mines en 1828-29, y a quien, con toda seguridad, el 11 de abril de 1833, Alexandre Brongniart, naturalista y entonces director de la Manufactura de Sèvres, le encargaba una serie de asuntos en España, para los que le facilitaba una serie de contactos, entre los cuales Vallejo. Véase Archive de la Manufacture Nationale de Sèvres, U15, 1 (dossier Le Play), cit. en J. Sierra Álvarez, I. Tuda Rodríguez. «Sureda y la renovación de la cerámica española durante el primer tercio del siglo XIX», en *Bartolomé Sureda (1769-1851): Arte e industria en la Ilustración tardía*. Madrid, 2000, pág. 146; y, acerca del viaje del francés a España, J. Sierra Álvarez. «Introducción» a F. Le Play. *Campesinos y pescadores del norte de España: Tres monografías de familias trabajadoras a mediados del siglo XIX*. Madrid, 1990, págs. 18-19.

⁴ Entre los muchos itinerarios personales al respecto, el de Federico de Botella y Hornos, hombre polifacético cuyas relaciones con el cuerpo de ingenieros de minas (y especialmente con las instancias oficiales encargadas en cada momento de la cartografía geológica) deben ser calificadas como poco de tormentosas, está pidiendo a gritos una monografía. Para sugerir el calado del personaje (conspicuo miembro además de la Real Sociedad Geográfica), baste reproducir aquí las palabras de Mallada al respecto: «Tenía fama europea antes de que los actuales individuos de la Comisión del Mapa comenzásemos á enterarnos de las primeras nociones» (MALLADA; 1897, pág. 27).

especial paradoja si consideramos que, en su mayor parte, la historia de la cartografía geológica española ha venido siendo realizada por sus mismos protagonistas, ingenieros de minas, geógrafos y naturalistas, que disponían virtualmente de todos los elementos para hacerlo. Todo parece ocurrir, entonces, como si, metidos por un momento a historiadores, se hubiesen quedado al tiempo demasiado cortos y demasiado largos. Demasiado cortos porque, salvo alguna excepción (por ejemplo, MURO, 1996), apenas si han sabido entroncar la historia institucional de la cartografía española en el más amplio proceso económico, político y cultural de la revolución burguesa en España, con la formidable operación de registro y movilización general de recursos que, aquí como en otros lugares, hubo de acompañarla (o, más bien, instrumentarla)⁵. Pero también demasiado largos, decíamos, por cuanto, centrados más en la historia del conocimiento geológico del territorio español que en la de la cartografía geológica española, el objeto material mismo de ésta, es decir, los mapas geológicos, apenas si han sido considerados en tanto que tales.

Precisamente esta última problemática es la que aquí pretende ser construida y, sólo hasta cierto punto, investigada para el período que va desde comienzos del siglo XIX hasta la finalización de la serie del Mapa Geológico de España en 1893. Hacerlo equivale a rastrear, a partir de unas pocas y frágiles huellas y marcas documentales⁶, los inicios de un muy largo proceso, aún no finalizado, de normalización y protocolización de la secuencia de trabajo en la producción de mapas geológicos. Normalización y protocolización de la mirada, en primer lugar, a través especialmente del trabajo de observación y análisis en el campo. Pero también, y en segundo lugar, normalización, protocolización y codificación de la nomenclatura conceptual y de la representación cartográfica propiamente dicha.

En uno y otro caso, y dadas las específicas características del desarrollo de los conocimientos geológicos en España, un ojo deberá mirar a lo que ocurre en nuestro país, mientras el otro habrá de atender, aunque sólo

sea de soslayo, a lo que en la época acontecía en el extranjero. No en vano un tan buen conocedor del asunto como Casiano de Prado, bien conectado por lo demás con los ambientes científicos europeos, escribía en 1861:

«La geología de España es la última que comenzó a estudiarse en Europa. No hace cuarenta años que era casi completamente desconocida, y por esto mismo pudo adelantarse más á prisa, aprovechándose de los progresos que había hecho la de otras regiones» (PRADO, 1861, pág. 166).

Lo que sigue es también, por ello, el estudio del proceso de difusión y recepción en España de lo que, en términos bien decimonónicos, D'Archiac llamaba, a mediados de la centuria, *Les progrès de la Géologie*.

I

EL TRABAJO DE CAMPO: OBSERVAR

1. LOS TRABAJOS PREPARATORIOS

En una de las escasísimas aproximaciones españolas al trabajo de campo para los levantamientos cartográficos, Juan de Vilanova escribía taxativamente: «El geólogo que se proponga realizar el trazado de un buen mapa geológico» deberá estar «con el mapa geográfico siempre en la mano» (VILANOVA, 1861, pág. 440⁷). Pero precisamente eso, bases topográficas adecuadas, es lo que no sobraba, como es bien sabido, en la España de buena parte del siglo XIX. De la trascendencia concreta del asunto daba buena cuenta, por ejemplo, Francisco de Luxán cuando escribía en 1852:

«Sabido es que el emprender la formación del Mapa Geológico de una región cualquiera, no contando con la base de un buen Mapa Geográfico, es esponerse a cometer graves errores, y obtener por último resultado una obra informe» (LUXÁN; 1853, pág. 16).

Y casi medio siglo más tarde, Salvador Calderón se refería a que,

«en tanto se carezca de planos exactos, nuestros trazados geológicos sólo pueden tener un valor provisional, y servir [...] de esquemas explicativos» (CALDERÓN ARANA; 1898, pág. 181).

A juicio de Fallot, esa limitación de las bases topográficas habría alcanzado incluso, en el caso de las dos primeras generaciones de geólogos, a la naturaleza misma de lo que podía ser fiablemente representado, dando

⁵ Los problemas hacendísticos del liberalismo español de la segunda mitad del siglo XIX, unidos a la propia alternancia de moderados y progresistas en el poder, permiten entender los vaivenes presupuestarios que tanto entorpecieron la labor de las diferentes comisiones encargadas del registro de los recursos. Para el caso de la historia de la cartografía forestal, véase GONZÁLEZ (1992).

⁶ Los autores desean manifestar aquí su agradecimiento al personal de la Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España por las facilidades que en todo momento les han dado para la consulta de los ingentes fondos documentales y cartográficos que tal centro atesora.

⁷ Con levisimas modificaciones, el capítulo IV de VILANOVA (1861) hubo de ser reeditado en VILANOVA (1878).

lugar a una cartografía geológica casi exclusivamente estratigráfica, en detrimento de la representación de estructuras (FALLOT; 1950, págs. 10-11). Debió ser la consciencia de todo ello lo que hubo de llevar a algunos geólogos de la primera generación, y especialmente a los autores de algunos de los hitos cartográficos de la geología del segundo tercio del siglo XIX, a cuestionar el dieciochesco atlas de Tomás López, para entonces la única serie disponible con carácter general y, por ello, ampliamente utilizada, fuese con correcciones puntuales de altitudes o, más habitualmente, con supresión de la figuración de los cordales montañosos. Es el caso, por ejemplo, del mapa de Frédéric Le Play del suroeste de la meseta, publicado en 1834 y apoyado en «el gran [mapa] de España, en cuatro hojas, publicado en Londres», una vez corregido por él mismo (LE PLAY; 1834, pág. 516⁸). Pero es el caso igualmente de los mapas geológicos de Galicia y Asturias levantados por Guillermo Schulz en 1834 y 1857, respectivamente. Para el primero, y toda vez que la excelente *Carta geométrica de Galicia* de Domingo Fontán únicamente vio la luz en 1834, una vez completado el trabajo de campo de Schulz, éste sólo pudo servirse «de los mapas defectuosos que existen en venta», corrigiéndolos y ajustándolos a sus propias necesidades, por lo que no dudaba en calificar el resultado de un simple «croquis» (SCHULZ; 1930, pág. 139⁹). Por lo demás, y a la hora de enfrentarse con la cartografía geológica de Asturias, el autor parece haber sentido «la necesidad de formar otro mapa general enteramente nuevo y de exactitud suficiente al objeto», apoyándose, ahora sí, en el de Fontán para el extremo occidental de la región, en las mediciones de altitudes efectuadas por el ramo de Marina en su extremo oriental y, por lo que hace al sector central, en los planos disponibles de carreteras y ferrocarriles, además de sobre noticias de diversas personas y, más que nada, un importante trabajo de campo llevado a cabo, entre 1834 y 1837 (y de nuevo desde 1840 en adelante), en unión de Maestre, Lasala y Buylla (SCHULZ; 1858 b, v)¹⁰.

⁸ Ignoramos a qué serie se refiere. El mapa de Le Play había sido publicado ya, ese mismo año, en *Annales des Mines*, 1834 (2). En castellano aparecerá en *Annales de Minas*, 1841.

⁹ Respecto del López de Galicia, de 1784, Schulz escribía: «El mapa de López debe de estar muy equivocado en los ríos de la Limia»; pero también: «Los nombres de los lugares no están mal situados en el mapa de López» (SCHULZ; 1832, 1, págs. 14 y 30).

¹⁰ Algo similar puede señalarse para el caso del *Mapa geológico del Señorío de Vizcaya*, publicado por Charles Collette en 1848 y realizado a partir de la base topográfica de Timoteo de Loizaga (véase COLLETTE, 1848), o para el *Geological map of the province of Santander*, dado a la luz por Sullivan y O'Reilly

Con todo, y a lo largo de la segunda mitad del siglo, será la serie de Coello la que en mayor medida habrá de servir de base a los levantamientos geológicos¹¹, también ahora corregida a partir de observaciones topográficas complementarias (propias y ajenas), y adaptada a las específicas exigencias de legibilidad de las manchas de color. Así, por ejemplo, en el caso del célebre y modélico *Mapa geológico en bosquejo de la provincia de Madrid* editado por Casiano de Prado en 1853, que se apoya en la hoja correspondiente de Coello (disponible desde 1847), completada con observaciones de la sección geográfico-meteorológica de la Comisión de la Carta Geológica (a cargo del ingeniero de caminos Subercase) y previa eliminación de los cordales figurados «por evitar confusión»¹². Modificado o no, lo cierto (y ello constituye prueba de su rigor) es que la cartografía de Coello, con todas sus limitaciones, parece haber sido excepcionalmente bien valorada por los geólogos coetáneos. Refiriéndose a ella en 1873, en lo que hubo de constituir su primer trabajo geológico de envergadura, a alguien tan exigente como José Macpherson no se le caían los anillos por agradecer expresamente su existencia ni por afirmar que

«no es necesario encarecer las dificultades con que se tropieza cuando se quiere estudiar geológicamente una comarca para la cual no esté ya preparado este trabajo» (MACPHERSON; 1873, pág. 1).

Es verdad también, sin embargo, que, a medida que otras series topográficas fueron haciendo su aparición en el último tramo de la centuria (el Mapa Militar Itinerario 1:200.000, desde 1883, o el Mapa Topográfico Nacional 1:50.000, desde 1875), la cartografía de Coello fue cediéndoles el paso¹³. Ya el propio Mapa Geológico

en 1863, que desprecian expresamente el López (e incluso el Coello, disponible para la región desde 1861) en beneficio de un viejo mapa francés, corregido por ambos mediante observaciones propias y, para el sector occidental, del topográfico asturiano de Schulz (véase SULLIVAN, 1863).

¹¹ Salvo en aquellos casos, obviamente, para los que nunca llegó a editarse la correspondiente hoja provincial, o para aquellos otros que, aun editadas, lo fueron con posterioridad a la realización de los primeros esbozos (Barcelona, Burgos, Navarra, Palencia y Valladolid). Por lo demás, la cartografía geológica de motivación minera, muy exigente en materia de escalas, parece haberse dotado de bases topográficas propias.

¹² *Revista minera*, 1854, pág. 435. Es el caso también, entre otros muchos que se podrían aducir, del mapa de Huelva de Gonzalo Tarín (1876), quien, aún valiéndose de la hoja provincial de Coello, declara haberlo hecho tan sólo como punto de partida para el trazado de otra que, «si no enteramente libre de defectos, es bastante exacta para poder dar principio con alguna seguridad a las investigaciones geológicas» (GONZALO TARÍN; 1878, pág. 1).

¹³ Ya en el siglo XX, ese proceso de sustitución no hará sino acentuarse. En 1922, por ejemplo, la *Carte géologique de la Sierra de Majorque*, levantada por Fallot a escala 1:50.000, se apoya en el 1:100.000 del Depósito de la Guerra, «la meilleure [mapa] d'Espagne à notre connaissance» (FALLOT; 1922, pág. 9).

de España 1:400.000 menciona expresamente que, aun siendo Coello su base esencial, éste aparecía complementado con otros mapas procedentes del Depósito Hidrográfico o del Instituto Geográfico y Catastral. Pero no es menos cierto que, incluso en época tan tardía como 1906, el equipo dirigido por Calderón Arana para el estudio de las comarcas volcánicas de Gerona utilizaba aún el mapa provincial de Coello, «el cual, á pesar de su reducida escala y sus errores y antigüedad (era de 1851), continúa siendo el más recomendable», incluso cuando, como era el caso para la cuenca de Fluvià, los requerimientos de escala eran mayores (CALDERÓN ARANA; 1907, pág. 162).

Con mapas topográficos mejores o peores, nuestros cartógrafos estaban en condiciones de echarse al campo. Hacerlo en la España del siglo XIX no era, sin embargo, cosa al alcance de espíritus pusilánimes. Es cierto que, a lo largo de los dos últimos tercios de la centuria, con el empujón dado a la red de carreteras desde los años cuarenta, y a la ferroviaria desde los cincuenta, el panorama de las comunicaciones iría dejando obsoletas las irónicas palabras de aquel anónimo redactor que en 1829 se refería a «una de esas terribles expediciones que en algunos países se llaman *viages*»¹⁴. Pero no es menos verdad que el gran problema pendiente desde este punto de vista, y sin duda el más relevante a los concretos efectos del trabajo de campo de los geólogos, habría de continuar siendo el de la ausencia de suficientes vías de tercer orden, aquellas que habían de reticular (y no lo hacían, a excepción de algunas regiones como las aforadas) los intersticios existentes entre las grandes radiales¹⁵. Por lo demás, a esas dificultades estructurales no dejaban de añadirse otras derivadas de determinados episodios que, por más que coyunturales, no parecen haber facilitado precisamente los desplazamientos de los estudiosos: así, por ejemplo, los bélicos y políticos o los epidémicos que, con sus cuarentenas y cinturones sanitarios, se mencionan expresamente, entre otros, como motivos del retraso en los trabajos de la Comisión de la Carta a mediados del siglo (SCHULZ, 1856; 1858 a). En ese contexto, asombra la relativa rapidez con la que, especialmente desde los años setenta del siglo XIX, los ingenieros y naturalistas españoles dieron cumplimiento al levantamiento geológico de un territorio como el español, a no ser, evidentemente, sobre la

base de un voluntarismo y un amor al saber que, por algunos indicios dispersos (especialmente los relativos a Casiano de Prado), parece haber sido la norma más que la excepción. Cómo lo hacían, cómo lo hicieron es lo que nos interesa ahora.

Pero, para ello, es muy poco de lo que disponemos, muy escasas, parcas y escuetas las rendijas para penetrar la opacidad de la caja negra del cotidiano y concreto quehacer de los geólogos en el campo. Más allá de las referencias indirectas que cabe inducir de las propias memorias (que bien merecen una explotación sistemática al respecto que aquí no se ha podido llevar a cabo más que para algunas particularmente modélicas, como las de Schulz, Prado o Mallada), tan sólo dos cortos documentos nos permiten, en efecto, acercarnos a la cuestión: el ya mencionado de Vilanova (VILANOVA; 1861, págs. 440-450) y la *Guía del geólogo y mineralogista expedicionario en España* de Calderón (CALDERÓN; 1875, págs. 5-17), a los que cabría añadir, con un valor más limitado y banal, algunas de las no infrecuentes guías, manuales o trataditos del buscador de minas (por ejemplo, VIAL, 1907). Felizmente, el primero de ellos menciona a pie de página la *Guide du géologue-voyageur* publicada por Ami Boué en 1835. Más allá de su propia y dilatada experiencia, el geólogo francés, tan erudito como intelectualmente honesto, mencionaba sus fuentes al respecto: la *Agenda du géologue-voyageur* de Saussure, incluida en sus *Voyages dans les Alpes*, y editada aparte en Ginebra en 1796¹⁶; y, como precedente más cercano, el *Hülfsbuch für reisende Gebirgsforscher*, publicado por Leonhard en Heidelberg en 1829 (BOUÉ; 1835, I, pág. v). Ambas obras, la de Leonhard y la de Boué, se encontraban, y es lo significativo aquí, en los fondos de las bibliotecas, tanto de la Escuela de Minas como de la Comisión del Mapa Geológico¹⁷. Pero lo que sin duda resulta más notable para nosotros es que el primer volumen del ejemplar del Boué en la Comisión (hoy en la biblioteca de su institución heredera, el Instituto Geológico y Minero de España), es decir, aquel con un mayor interés práctico (el segundo no es sino un compendio general de Geología), aparece reencuadrado, muy sobado, con páginas dobladas y nada infrecuentes subrayados al margen, lo que, a no dudarlo, indica un muy reiterado uso (incluso seguramente en el

¹⁴ *Gaceta de Madrid*, 29-viii-1829.

¹⁵ Véase S. Madrazo: *El sistema de transportes en España, 1750-1850*. Madrid, 1984.

¹⁶ Un extracto de la cual, especialmente referida a las montañas, ha sido introducida en Broc 1991, 276.

¹⁷ Véase J. Prats y García Olalla. *Catálogo de la Biblioteca [de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos]*. Madrid, 1912.

campo, dado su formato portátil, de 17,5 por 10 cm), coincidente, por lo demás, con la progresiva sustitución, desde los años cuarenta, de la influencia germana por la francófona entre los ingenieros de minas españoles (asunto capital que, sin embargo, no puede ser abordado aquí). ¿Resultará acaso demasiado audaz sostener que hubo de ser la guía de Boué, y quizá precisamente el ejemplar recién descrito, el que hiciese papel de «biblia práctica» de una buena parte de nuestros geólogos cartógrafos del siglo XIX?

Antes de viajar, planificar el viaje: tal parece haber sido el primer capítulo de esa biblia. A mediados del siglo, Joaquín Ezquerro del Bayo no tendrá inconveniente en escribir al respecto, antes de presentar sus descripciones e interpretaciones, algo tan concreto como lo siguiente, que vale la pena transcribir *in extenso* por lo que tiene de grieta que nos permite echar una fugaz ojeada a los aspectos logísticos, materiales y «culinarios» de su laboratorio intelectual:

«Se estrañará tal vez y se podrá considerar hasta cierto punto como una nimiedad, el haber empezado por trazar este ligero itinerario, cosa que no acostumbra á hacer ningún geólogo. Yo creo por el contrario que convendría que todos lo hiciesen [...] porque [...], como no sea dado al hombre por sábio que sea prescindir de sus necesidades materiales, sucede con bastante frecuencia que se pierde una gran parte del tiempo destinado á las escursiones y no se saca de ellas todo el fruto que debiera, por no conocer de antemano las costumbres del pais, ni saber como se hayan de compartir las jornadas, para minorar en lo posible las molestias é incomodidades adherentes á las escursiones geológicas» (EZQUERRA; 1850, págs. 290-291).

Debemos suponer, en este mismo asunto, que los expedicionarios ponían buen cuidado en dotarse previamente de pasaportes y, en la estela del *viaje ilustrado*, de cartas de presentación o similares para las autoridades y notabilidades locales (BOUÉ; 1835, I, pág. 91).

El vestido y el equipo parecen haber sido objeto de una atención muy específica. En lo que hace al primero, y además de pantalones largos (y no los embarazosos calzones), sombrero (de fieltro y alas anchas, pero nunca de paja, por volarse con facilidad), gorro de noche (para el descanso y para las cumbres venteadas), abundancia de pañuelos (para la cabeza, para el vendaje de eventuales lesiones y, en su caso, para envolver muestras) o paraguas (preferibles a los capotes encerados, para evitar o minorar el sudor), Boué (BOUÉ; 1835, I, págs. 67-75) dedicaba particular atención al calzado (de cuero de búfalo y con clavos, prolongado en polainas de paño y complementado con abundancia de calcetines, amen de, en su caso, crampones) y a las bolsas de transporte (mochilas, cargadas a la espalda o, para asemejar-

se más a un cazador que a un trabajador o un soldado, en bandolera). En lo que parece la única aportación genuinamente española al asunto, este último extremo era discutido por Calderón, en beneficio de las muy castizas alforjas:

«Las hay [bolsas] de dos formas, pero en ambas se toca el inconveniente de ser fatigoso su transporte, pues en la que está dispuesta como la mochila, es necesario descolgarla cada vez que se coge un objeto, y en la acondicionada á modo de zurrón de caza, la correa terciada de que pende oprime el pecho. [...] Unas sencillas alforjas sustituyen con ventaja á la bolsa [...] porque se prestan á trasladarse de un hombro á otro ó á los dos simultáneamente», además, claro, de dejar libre cuello y pecho, a diferencia del zurrón, y de permitir su manipulación sin necesidad de ser descolgadas, a diferencia de la mochila (CALDERÓN; 1875, pág. 12)¹⁸.

Por fin, y en lo que se refiere al color del vestido («algo nada indiferente en los viajes»¹⁹), las consideraciones térmicas deberían ceder el paso a otras de orden social y cultural:

«En cada región, y en la medida de lo posible, conviene vestirse a la moda del país o, al menos, no aparecer como extraño a los ojos de los transeúntes» (BOUÉ; 1835, I, pág. 72).

Sabe Dios cómo, con lo dicho, conseguirían hacerlo..., de no ser que siguiesen el ejemplo de Le Play, quien se retrataba a sí mismo con esta pintoresca y romántica pinta:

«Tostado por el sol de España, con un bigote que solamente tienen derecho á llevar los nobles españoles y los franceses que se lo permiten todo²⁰, con un sombrero andaluz de alas anchas, copa puntiaguda y adornado con cintas de terciopelo, envuelto en una capa parda con embozos de terciopelo encarnado, como la usan los elegantes del país»²¹.

De una guisa u otra, nuestro geólogo debía preparar igualmente su equipo científico de observación. Boué, muy prolijo al respecto, recomendaba martillo, cincel, lima, lupa, brújula, clinómetro (en el caso de que la brújula no sirviese para ello), barómetro y termómetro (BOUÉ; 1835, I, págs. 28-64), además de instrumental de dibujo. Por su parte, Calderón añadía a todo lo anterior

¹⁸ En sus correrías por Galicia, Schulz usaba alforjas (SCHULZ; 1832, I, pág. 84).

¹⁹ Las citas en idiomas extranjeros han sido traducidas por los autores hasta donde les ha sido posible.

²⁰ El asunto del bigote no escapaba a las atentas consideraciones de Boué: fuera de Rusia o Hungría, en donde podría presentar ciertas ventajas, «en el resto de Europa, los bigotes son la peor recomendación que un viajero pueda exhibir, por cuanto corre el riesgo de ser tomado por un militar, [...] confundido con un afiliado a alguna secta política o, en todos los casos, resultar risible» (BOUÉ, 1835, I, pág. 88).

²¹ De una carta de Le Play transcrita en F. Auburtin. *Federico Le Play: Vida, método, doctrina*. Madrid, 190-?, I, pág. 26.

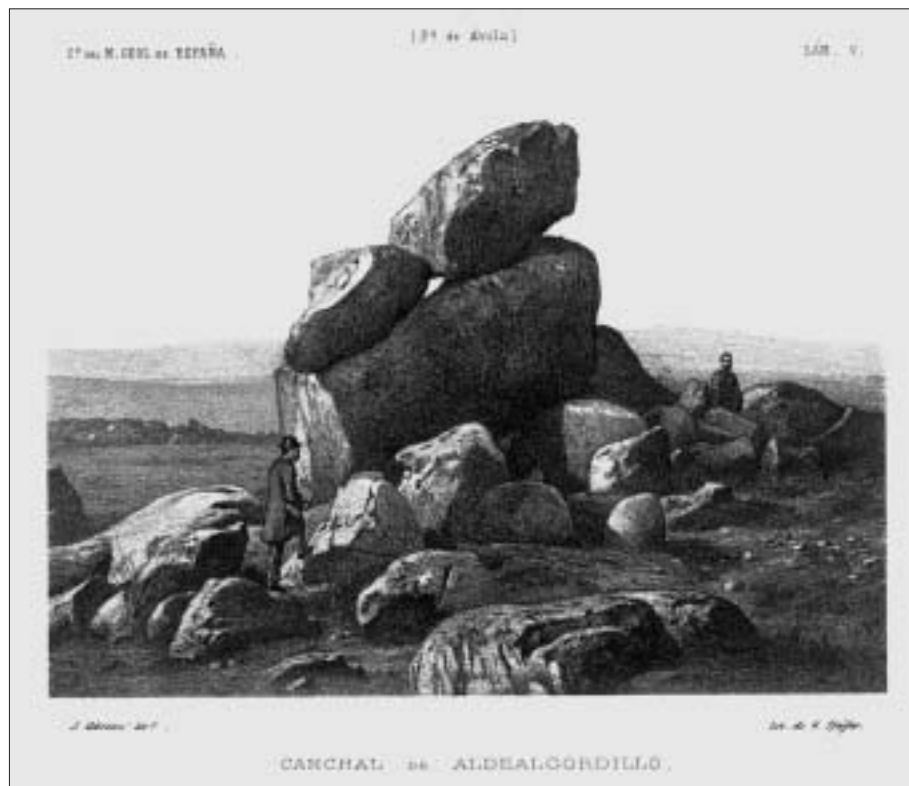


FIG. 1. J. Cebrían: «Canchal de Aldealgordillo», MARTÍN (1879).

sextante (bien expresivo de las ya mencionadas limitaciones de la cartografía topográfica disponible), antejo, cinta (de no menos de 25 m) y, de nuevo muy castizamente, azada y navaja (CALDERÓN; 1875, págs. 41-42). Y, más acá de las recomendaciones normativas, Casiano de Prado, por ejemplo, mencionaba expresamente el uso de martillo, termómetro, lente y brújula; pero debía llevar consigo igualmente cinta o cuerda, por cuanto medía potencias, y barómetro, por cuanto tomaba altitudes (PRADO, 1862, *passim*).

Así armados²², nuestros geólogos, ahora sí, se echaban al campo (Figura 1). Una vez allí, en el *terrain*, la planificación previa y general del viaje debía comple-

²² Acerca de las armas, Boué escribía: «No conozco en Europa otros países más que España, Turquía, Hungría y una parte de Rusia en donde llevar armas resulte, si no necesario, sí al menos usual» (BOUÉ; 1835, I, 87). Por los mismos años en que esto era escrito, Le Play, en sus correrías por algunas de las comarcas meridionales españolas entonces aquejadas de bandolerismo poco menos que endémico, apuntaba que «el geólogo que quiera visitar con éxito estas regiones, debe disponer constantemente de medios que le permitan prescindir de los recursos ordinarios en la civilización. [...] En una región en la que el campesino no va a sus campos si no es armado como para el combate, al geólogo [...] no le será menos útil el fusil que el martillo» (LE PLAY; 1834, págs. 193-194). No hemos encontrado, sin embargo, más referencias a las armas.

mentarse con otra específica y a mayor escala, tendente a organizar los recorridos, itinerarios y cortes, «con el mapa geográfico siempre en la mano» o, como ya nos indicase Vilanova, con «un calco» de éste (VILANOVA; 1861, págs. 440 y 445), sin duda para no inutilizar materiales que, en la España de la época, no debían ser cosa barata, a diferencia quizás de lo que ocurría en otros países, y que habría llevado a Boué a recomendar su fragmentación en trozos entelados que cupiesen en el bolsillo (BOUÉ, 1835, I, págs. 26-27). De acuerdo con lo poco que sabemos al respecto, esa labor de planificación parece haberse desplegado con arreglo a un sistema de aproximaciones sucesivas, comenzando por lo que Calderón denominaba el «exámen en globo del país» (CALDERÓN; 1875, pág. 13). «Para reconocer bien un país (nos advierte Boué), se le divide en varias partes no geométricas, sino naturales» (BOUÉ, 1835, I, pág. 152). A partir de ahí, y de acuerdo ahora con uno de los trataditos del buscador de minas mencionados más arriba, el geólogo debía ascender a algún punto elevado (cordal, campanario u otros) a fin de hacerse una idea del conjunto, para, a continuación, descender y realizar recorridos sistemáticos por cada uno de los valles y vallejos que lo articulan (VIAL; 1907, págs. 213-235), «haciendo

cortes transversales y recorridos en varios sentidos a partir de los puntos centrales»; y, añadía el cuidadoso Boué, «repitiendo luego las observaciones en sentido contrario para comprobar si se ha visto bien todo» (BOUÉ; 1835, I, pág. 152).

2. EL REGISTRO DE LAS OBSERVACIONES

Respecto de los medios de viaje empleados en el campo, tanto las magras indicaciones de las memorias de los mapas como el texto de Boué no dejan lugar a demasiadas dudas acerca de la preferencia otorgada a la andadura a pie:

«Los recorridos a pie (escribía este último) son los que permiten una mayor libertad de movimientos y, por ello, los que convienen más al geólogo» (BOUÉ; 1835, I, pág. 92).

No obstante, a pie o en caballería (casi siempre necesaria, por lo demás, para el transporte del equipo²³), el geólogo no debía olvidar que no era un montañero, lo que no haría sino cansarlo inútilmente:

«Por lo que hace a los viajes que algunos geólogos tienen a gala realizar enteramente a pie (escribe de nuevo Boué, enfatizando una tentación y una pasión aún vivas), sin considerar si la comarca es interesante o no, nunca los he comprendido».

Y añadía, no sin un cierto tono de reprobación: «A menudo los geólogos se creen montañeros» (BOUÉ; 1835, I, págs. 92 y 93).

Así, pues, observar y observar, anotar; esos, y no cualesquiera otros, eran los objetivos legítimos del geólogo cartógrafo. Pero, observar ¿dónde?, ¿cuáles eran los puntos privilegiados para ello?, ¿cuáles las mirillas para acceder a lo no evidente por sí mismo? No son muchas, lamentablemente, las que la documentación nos abre a nosotros. En lo que se refiere especialmente a rocas estratificadas cubiertas de formaciones superficiales, Boué señalaba los afloramientos en los lechos de los ríos, las gargantas, las trincheras, las cavernas y las canteras, minas y fábricas de todo tipo (BOUÉ; 1835, I, págs. 151-153). Calderón, por su parte, añadía a ellas las superficies desnudas, las quebradas, los pozos, las áreas de desprendimiento de rocas, los sedimentos fluviales y las construcciones rústicas y empedrados de los caminos (CALDERÓN; 1875, pág. 13). Y Prado enfatizaba muy especialmente las trincheras y túneles de carreteras y ferrocarriles (PRADO; 1864, *passim*), sin duda en

relación con su abundancia y carácter reciente en la España de la época, señalados igualmente, con carácter normativo y «preferente», por el *Decreto é instrucción* de 1873 (MINISTERIO DE FOMENTO; 1873, pág. 14)²⁴.

Allí, en todos y cada uno de esos puntos, que debían ser cuidadosamente marcados sobre el mapa topográfico, nuestros geólogos acostumbraban a medir potencias, identificar y medir rumbos y echados (especialmente si, como veremos, habían de dar lugar a la formación de cortes, y con independencia de que finalmente fuesen o no objeto de representación cartográfica), observar las características petrológicas de las rocas y, tal vez sobre todo, recoger muestras de éstas (para su posterior análisis mineralógico) y, en el caso de las sedimentarias, fósiles (el único medio en la época para acercarse a consideraciones cronológicas y, con ellas, estratigráficas), además de restos prehistóricos. Las muestras, una vez preparadas in situ, al menos mínimamente, y descritas someramente en papeletas independientes,

«se envuelven enseguida con papel de cualquier clase que sea, si bien es preferible el de periódicos, y entre estos —añadía Vilanova, sabrá Dios por qué— el de los ingleses por ser muy fuerte» (VILANOVA; 1861, pág. 441)²⁵.

En el caso de los fósiles particularmente frágiles, Calderón, por su parte, recomendaba guardarlos en cajas o en cucuruchos de papel «con la materia detrítica que los acompaña, que es también asunto de estudio» en gabinete (CALDERÓN; 1875, pág. 15). Muchos otros objetos de observación parecen haberse dado, aunque con carácter secundario, nuestros geólogos, desde la toponimia y las denominaciones populares de las cosas geológicas hasta la arqueología, pasando por la minería antigua y moderna y otros trabajos agrarios o artesanales²⁶.

²⁴ En A Limia, Schulz reconoció el granito «en la madre artificial del nuevo río»; «en los antiguos fosos [de las fortificaciones] de Tuy se ven al descubierto las arcillas rojas diluviales que descansan sobre el granito algo porfídeo» (SCHULZ; 1832, I, págs. 15 y 24).

²⁵ Ignoramos si Schulz empleaba papel inglés cuando en Verín, por ejemplo, «empaqueté mis piedras», o cuando en Allariz «me ocupé en empaquetar las piedras que trahía de la provincia de Orense» (SCHULZ; 1832, I, págs. 12 y 16).

²⁶ En lo que hace a la toponimia, por ejemplo, el interés de los geólogos parece haber sido muy temprano. Ya Schulz, en su trabajo sobre Galicia, se refería a la «asistencia de algunos naturales de cada jurisdicción para instruirse por éstos de los nombres y particularidades de los sitios, etc» (SCHULZ; 1930, pág. 139). La misma atención en Prado, que se refería a «voces que no trae el *Diccionario de la lengua*, acaso porque no se vieron estampadas hasta ahora» (y que, unidas a su extraordinaria prosodia, debieron conducir a la divertida y conocida confesión de plagio contenida en la sexta edición de *El Jarama*, de ese otro *maître à penser* y *maître à écrire* que es Rafael Sánchez Ferlosio), y que, en el capítulo de agradecimientos, y tras citar a nada menos que Verneuil, d'Archiac y otros, menciona «a las personas del país, particularmente de la sierra» de Madrid, que tanto le enseñaron al respecto (PRADO; 1864, págs. 49 y 207). Por no

²³ «Me quedé en Tuy para dar descanso a las caballerías» (SCHULZ; 1832, I, pág. 23).

De extraordinario interés, la genealogía de esa mirada poliédrica, seguramente apoyada en la tradición del *viaje ilustrado*, así como su herencia en la formación intersecular de los protocolos de observación y análisis de folcloristas, etnógrafos, prehistoriadores y anticuarios, no puede, sin embargo, y lamentablemente, ser abordada aquí.

Tras reconocer y observar, anotar y dibujar, que es ya una forma de analizar: el grado cero de la interpretación. Respecto de lo primero, las palabras de Boué resultan particularmente taxativas: «El diario de viaje es la parte más importante de las excursiones geológicas» (BOUÉ; 1835, I, pág. 140). ¿Por qué? En este punto, el francés, hijo de su tiempo y de los dioramas y panoramas animados, se entregaba a una bellísima metáfora epocal que todavía hoy posee, como un íncubo, a cualquier investigador en el campo:

«Un viaje es una auténtica linterna mágica, las distintas impresiones se suceden tan rápidamente que la infidelidad de la memoria deviene infinitamente más fácil» (BOUÉ; 1835, I, págs. 140-141).

En realidad, y por lo demás, bajo la denominación de diario se ocultaban dos herramientas distintas: el cuaderno de campo, elaborado en los mismos lugares y momentos de observación, y el diario de viaje propiamente dicho, redactado a partir del primero al final del día. Así lo recogía al menos, prescribiéndolo y protocolizándolo, una instrucción francesa de 1836, de la que daba cumplida cuenta, al filo de 1855, la revista oficiosa de los ingenieros de minas españoles:

«Esta costumbre de redactar un diario en los días de descanso que dejan los viajes, ha sido siempre seguida y recomendada por los geólogos considerados como los mejores observadores»²⁷.

Y así parece haberlo practicado Schulz en sus viajes por Galicia: notas en el campo, con no infrecuentes espacios en blanco, y diario, a partir de ellas, al final de la jornada o tras varios días²⁸. Cuaderno y diario eran igualmente mencionados por Vilanova en 1861 (VILANOVA; 1861, pág. 445) y, al menos el segundo, era prescrito como obligatorio, en 1873, para todos los ingenieros de los distritos que colaborasen con la Comisión del

referimos a la extraordinaria labor de restauración toponímica llevada a cabo por Mallada en Huesca, tras varias décadas de corrupción de las guías pirineístas (MALLADA, 1878). Acerca de las «règles de conduite à observer en voyage», especialmente con los naturales, y más particularmente con los guías y porteadores, véanse las muy jugosas recomendaciones de BOUÉ (1835; I, págs. 87-100).

²⁷ *Revista Minera*, 1855, pág. 149.

²⁸ Así lo deduce el editor de los cuadernos de 1832 y 1833, Juan Ramón Vidal Romaní (SCHULZ; 1832, nota 95).

Mapa Geológico (MINISTERIO DE FOMENTO; 1873, pág. 13). Más allá de esas pocas referencias, lo ignoramos casi todo acerca de los cuadernos y diarios de nuestros geólogos, el auténtico laboratorio intelectual de los constructores de mapas geológicos, el preciso e inasible punto de encuentro de la mirada y del conocimiento. ¿Qué no daríamos, entonces, por disponer de los cuadernos de un Casiano de Prado o de los diarios de un Lucas Mallada?²⁹.

Y luego están los dibujos, del croquis de campo al trazado de los límites de las formaciones, pasando por los cortes y las vistas. Es de nuevo Boué quien encarece su importancia:

«El del dibujo es un talento muy útil al geólogo-viajero, ya sea para que las observaciones se le graben mejor en el espíritu, o sea para poder transmitir las con mayor veracidad y facilidad» (BOUÉ; 1835, I, pág. 64).

Difícil se hace pensar en una formulación más económica de la doble funcionalidad de los dibujos de trabajo: instrumentos de paciente afinamiento (¿o afilamiento?) de la mirada y de análisis visual selectivo y, en un solo y mismo golpe, herramienta de comunicación de resultados o de hipótesis interpretativas. Aunque el asunto bien merecería una pesquisa específica, baste decir aquí que el dibujo (y no sólo el técnico) parece haber formado parte de las enseñanzas de la Escuela de Minas desde su origen mismo, lo que autoriza a suponer que, torpes o consumados, los geólogos españoles eran además (o por ello mismo) dibujantes³⁰.

²⁹ En el Museo del Instituto Geológico y Minero de España se conserva un manuscrito encuadernado que lleva por título *Comisión del Mapa Geológico de España 1871. Provincia de Cuenca. 2ª Sección. Itinerarios geológicos*, del que es autor Botella y Hornos, y que se corresponde con el diario de entre el 16 de mayo y el 29 de junio de 1871. Incluye croquis, dibujos, fotografías y un conjunto de apéndices sobre «Cultivo, Ganadería, Aguas y Arbolado», observaciones altimétricas y catálogo de fósiles y rocas (con la colaboración, en estos últimos, de Daniel de Cortázar). Al parecer, en el Legado Botella de la Sección de Diversos del Archivo Histórico Nacional pudieran conservarse, entre los papeles contenidos en sus 28 cajas, algunos carnets de campo de Federico de Botella y Hornos (véase G. Chastagnaret. *L'Espagne, puissance minière dans l'Europe du XIX^e siècle*. Madrid, 2000, págs. 1.058-1.059). Lamentablemente, esos papeles se encuentran aún en proceso de inventariado y catalogación.

³⁰ A diferencia, por más que resulte un tanto intempestivo decirlo (pero en algún lugar hay que hacerlo), de nuestros planes de estudio en Geografía. En lo que se refiere al lugar del dibujo en los estudios reglados de Minas, no se han podido consultar los *Programas de las materias que se exigen para el ingreso en la Escuela de Ingenieros de Minas*. Madrid, 1874; *Programas de las asignaturas de ingreso en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas*. Madrid, 1902; *Programas para el ingreso en la Escuela Oficial de Minas*. Madrid, 1913; o el *Anuario de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas*, 1878 (y único), que al parecer incluye relación retrospectiva de los programas de las asignaturas impartidas en la escuela. Algunas indicaciones de carácter reglamentario, en E. Maffei. *Centenario de la Escuela de Minas, 1777-1877*. Madrid, 1877.

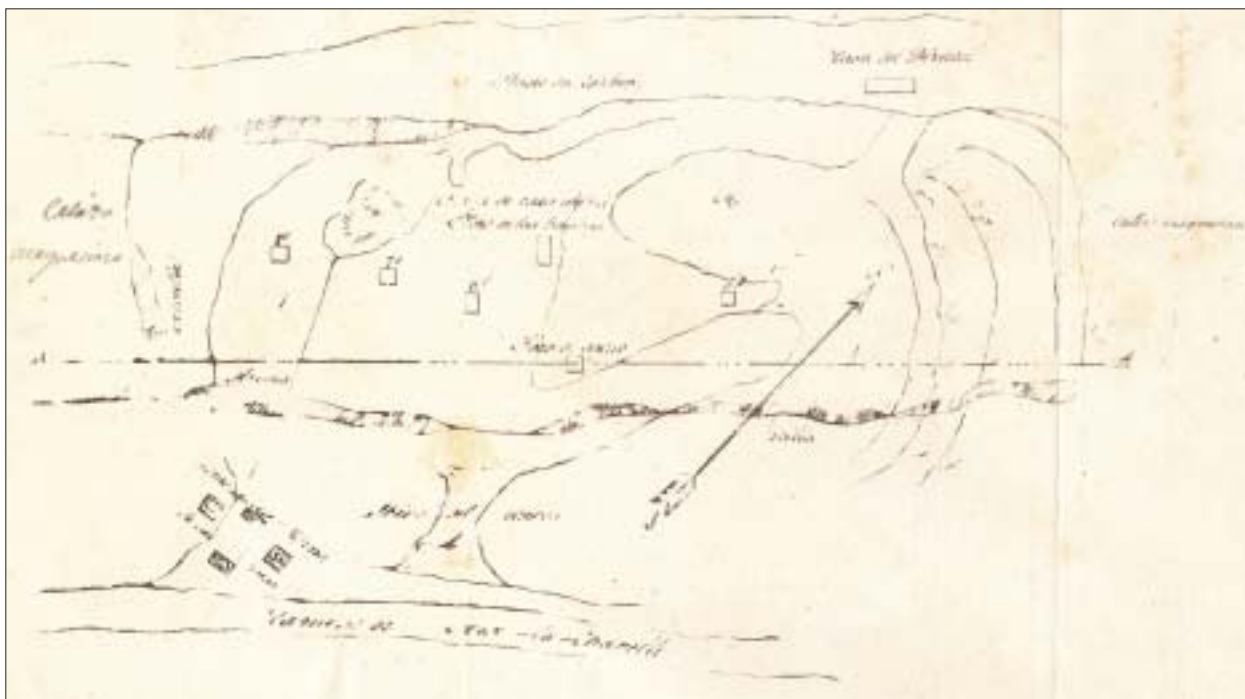


FIG. 2. F. de Luxán, Croquis de campo, en *Itinerario de un viaje facultativo verificado en el continente y descripción de las fundiciones de Duay, Strasburgo, Tolosa, La Haya, Carlsruhe, Lieja y Sayner-Butte*. Madrid, 1837.

Dibujantes de mapas, en primer lugar. El trazado de los límites de las formaciones es asunto que debía hacerse *in situ*, «durante el propio viaje» (BOUÉ; 1835, I, pág. 150), «en el punto mismo de la observación» (VILANOVA; 1861, pág. 445), fuese con manchas de color o con indicaciones de otro estilo, y fuese sobre la base topográfica o a manera de simple croquis (Figura 2), siempre retocable y mejorable en gabinete. Fuera de los mapas mismos, en sus márgenes o en las memorias explicativas correspondientes, los cortes geológicos (o «cortes naturales», para diferenciarlos de los meramente teóricos (BOUÉ; 1835, I, págs. 155-156)) parecen haber sido sus fieles acompañantes desde los orígenes mismos de la cartografía geológica española (Figura 3); no en vano se trataba de una particularmente poderosa (y, para los geólogos de la época, casi única) vía de traspasar los límites de la descripción para adentrarse en el continente de la interpretación estructural. En ellos debían hacerse particularmente acuciantes las limitaciones de los mapas topográficos disponibles: cabe suponer, en efecto, que la representación de los relieves mediante signos pictográficos o, en el mejor de los casos, mediante *hachures* debió obligar a los cartógrafos a un esfuerzo considerable de

toma de altitudes y, en general, de observaciones en cada línea representada, especialmente cuando se trataba de cortes detallados a gran escala. Y ello, además, para que los resultados finales no pasasen de ser simples aproximaciones, plenas de riesgo³¹. Hasta el punto, conviene añadir, que algún geólogo como Felipe Martín Donaire concluía en 1866 que, en ausencia de buenos mapas topográficos a gran escala, la vista panorámica, con indicación o no de los materiales, constituía una solución provisionalmente preferible (MARTÍN; 1873, pág. 6).

En un nivel más bajo de abstracción y codificación, la representación figurativa fue igualmente utilizada por nuestros geólogos, fuese en forma de croquis a mano alzada de determinadas formas características (Figura 4) o fuese en forma de vistas panorámicas propia-

³¹ Las dificultades, como es obvio, se incrementaban geoméricamente cuando «se intenta [...] añadir a los cortes el interés de una vista», en cuyo caso, que parece ser el de una suerte de precedente de los bloques-diagrama, «este tipo de perfiles resulta raramente elegante y, en general, difícil de realizar, salvo que se tenga un especial talento» (BOUÉ; 1835, I, pág. 158, que menciona algunos ejemplos al respecto).

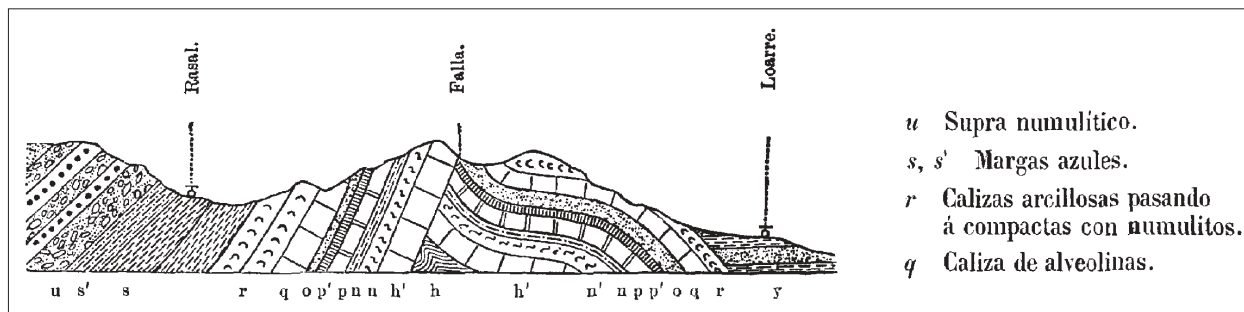


FIG. 3. Corte geológico en la sierras marginales pirenaicas, al Norte de Loarre, MALLADA (1878).

mente dichas. En ocasiones, seguramente las menos, era el propio geólogo quien, a mano alzada o con ayuda de algún artillero de tradición renacentista, como las retículas, o primiochocentista, como las cámaras claras (BOUÉ; 1835, I, págs. 64-67), levantaba el paisaje. Es el caso, por ejemplo, de Schulz, quien anotaba en su cuaderno (SCHULZ; 1832, pág. 83):

«Es muy extraño no tener de un punto tan pintoresco [una cerrada en el Ulla] descripción y cuadro alguno; tomé para mejor memoria una vista desde un punto entre medio de la barca o puente y el paso del río a la orilla oriental a tiro de pistola del río» (Figura 5).

Pero es el caso también de Ezquerro del Bayo, quien, a su condición de maestro de geólogos, añadía la circunstancia de haber sido discípulo de Vicente López en la Academia de San Fernando, lo que hacía de él un discreto paisajista³² (Figura 6). Pero no era el único: Botella y Hornos se nos muestra igualmente, en alguna de sus obras, como un consumado dibujante, tanto de vistas (Figura 7) como sobre todo de objetos arqueológicos³³. En otras ocasiones, los geólogos parecen haber recurrido al efecto a dibujantes profesionales. Es el caso de Martín Donaire, que lo hizo a los buenos oficios de J. Cebrián para las vistas que acompañan a su bosquejo geológico de Ávila de 1872 o, para las excelentes del de Zaragoza, de 1866 (Figura 8), a José Vallejo, profesor de dibujo en la Escuela de Mi-

nas a quien Maffei habría de calificar como «distinguido pintor»³⁴ y, a la vista de sus trabajos, sumamente diestro con el lápiz litográfico.

Con la difusión, a finales del siglo XIX, de cámaras fotográficas portátiles (o, cuando menos, semiportátiles), toda esa estirpe de geólogos dibujantes parece haber comenzado a declinar. Mientras las técnicas de artes gráficas no estuvieron en condiciones de reproducir las imágenes fotográficas, fuese por razón técnica o por motivo de coste, éstas parecen haber sido transferidas al acero o a la madera «a la testa» (y no ya a la piedra litográfica) antes de ser reproducidas, lo cual parece apreciarse en el encuadre y composición, ya nada *vedutista*, de los panoramas contenidos en algunas de las memorias provinciales geológicas interseculares. Pero cuando, con el nuevo siglo, aquellos obstáculos se vieron finalmente desplazados, comenzó a reinar definitivamente la fotografía, fuese de detalles característicos, fuese de vistas panorámicas o fuese, un par de décadas más adelante, bajo la forma de fotografía aérea, oblicua o vertical³⁵. En los mejores de los casos (véase OBERMAIER, 1926), sin embargo, las exigencias de selectividad analítica de la mirada del dibujante se cobraba la revancha, ante la condición polisémica de la fotografía, bajo la forma de superposición de esquemas en papel transparente.

Con saquitos y cucuruchos de muestras y fósiles, con anotaciones y rasguños en sus cuadernos y diarios, con kilómetros y kilómetros a la espalda, con infinidad de conversaciones con los naturales y, sobre todo, con mil imágenes en el fondo de sus ojos, nuestros inge-

³² Véase Maffei, *Apuntes...*, *op. cit.*, I, págs. 221-222.

³³ Las dos vistas publicadas en una de las dos láminas aparte de Botella 1854, al igual que que el resto de las imágenes, parecen ser, en efecto, de su mano, grabadas luego al acero por José Gosset. Las viñetas incluidas en el texto de Botella 1868 son, en cambio, de F. Ruiz (y grabadas en madera por Rico), a diferencia de las láminas aparte, de mano del propio autor (y grabadas por J. De Gangoiti, E. Buxó y F. Navarrete), tanto las de naturaleza técnica como las de *antigüedades* halladas en viejos escoriales, entre las que destaca un Hércules Farnesio de bronce.

³⁴ Véase Maffei, *Apuntes...*, *op. cit.*, II, pág. 223.

³⁵ Véase F. Fernández García: «Las primeras aplicaciones civiles de la fotografía aérea en España. I: El Catastro y las Confederaciones Hidrográficas». *Ería*, nº 46, 1998.



FIG. 4. «El Carro del Diablo» y cantos en Navalagamella y Collado Villalba, PRADO (1864); disposición modificada.

nieros de minas y geólogos retornaban a la ciudad. Volvían llenos de riquezas, es verdad. Y sin embargo, quizá como en todo viaje cabal, volvían también con el raer de la melancolía. Al menos, así le ocurría a Casiano de Prado:

«He salido siempre de Madrid con mi brújula y mi martillo, ufano y lleno de alegría: a la vuelta no entré nunca por sus puertas sin un vago sentimiento de tristeza» (PRADO; 1862, pág. 328).

II

EL TRABAJO DE GABINETE: NOMBRAR Y CARTOGRAFIAR

1. TAXONOMÍA Y REPRESENTACIÓN ANTES DE LYELL

Con tristeza o sin ella, comenzaba en ese punto una aventura no menos apasionante: la de clasificar, ordenar y sistematizar las observaciones y materiales acopiados en el campo para, así, darles forma cartográfica. Ello equivalía, entonces como ahora, a reconducir un material que las más de las veces debemos suponer proteico y magmático, resultado de observaciones muy diversas y a muy diversas escalas, hacia un lenguaje conceptual y gráfico comunicable, es decir, hacia una nomenclatura geológica y una notación cartográfica.

También aquí, y quizás en mayor medida aún que en lo que hace a la protocolización de la mirada en el campo, los geólogos españoles parecen haber sido muy tributarios, como no podía ser menos, de la situación en el contexto científico europeo. No estará de más, por tanto, que reconstruyamos, por más que someramente, algunos de los rasgos de ese contexto. Dejando aparte lo que algunos historiadores de la ciencia (véase, por ejemplo, ELLEMBERGER; 1989, pág. 177) consideran antecedentes cualificados en la labor de descripción secuenciada de rocas (*De re metallica*, de Bauer,

en 1556, y las obras de Steno de 1667 y 1669), lo que parece indudable es que no será hasta el siglo XVIII cuando se pongan las bases sistemáticas para una clasificación ordenada de los materiales, en relación precisamente con las *anomalías* de posición advertidas en las montañas. A mediados de la centuria, y adoptando un criterio genético básicamente químico, Torben Bergman propuso clasificar las rocas en «primarias» (masivas, sin fósiles y precipitadas a partir de una solución o suspensión muy fina), «secundarias» (formadas a partir de la erosión de los núcleos de las montañas primitivas, a cuyo flanco se disponen estratificadamente) y, finalmente, «accidentales», suerte de cajón de sastre en el que cabían las volcánicas, las aluviales y los depósitos superficiales recientes (PARRA; 1993, pág. 106). Por su parte, Lehmann, en las entradas dedicadas a las montañas en la *Encyclopédie* (1765), y partiendo de una concepción indistinta de la organización de los relieves y de la estructura geológica, oponía las «montañas primitivas», formadas a la vez que la Tierra, de estructura masiva e indiferenciada y caracterizadas por las elevadas altitudes y las fuertes pendientes, a las «montañas recientes», dispuestas en capas horizontales o subhorizontales (aunque deformadas en su contacto con las primitivas), albergadoras de fósiles y con formas redondeadas y cumbres planas (BROC, 1991, pág. 104). Pero habrá de ser Werner quien, al filo de 1787 establezca la base de mayor calado para la formación de una clasificación cronoestratigráfica general, a partir de la idea de que las capas más profundas son las más antiguas³⁶. Ese capital criterio habrá de permitirle diferenciar cinco formaciones: los «terrenos primitivos» (*Urgebirge*), correspondientes a los grani-

³⁶ La *Breve clasificación y descripción de los diferentes terrenos* de las montañas del Harz aparece descrita y comentada en VIRGILI (2003, pág. 27).



FIG. 5. Cerrada en el Ulla, SCHULZ (1832).

tos y los gneis (en coincidencia con Lehmann); los «terrenos de transición» (*Übergangsgebirge*), es decir, las pizarras, los esquistos y otras rocas que más tarde habrán de ser denominadas como metamórficas; los «terrenos estratificados» (*Flözgebirge*) o sedimentarios, los «terrenos de acarreo» (*Aufgeschwemmten Gebirge*) o formaciones sedimentarias recientes y, por último, los «terrenos volcánicos» (*Vulkanische Gebirge*)³⁷.

Una propuesta taxonómica como la werneriana se hallaba ya a un paso de las técnicas cartográficas, como si la nomenclatura conceptual pidiese a voces expresarse bajo la forma de notación de mapas. Fue Werner, en efecto, quien igualmente hubo de dar ese paso, estableciendo así los fundamentos de la cartografía geológica, por más que fuese su discípulo británico Jameson quien lo diese a conocer a la comunidad científica, con su *On colouring geognostical maps*, de 1811

³⁷ El modelo genético construido sobre esa base, es decir, el paradigma neptuniano, era el de una Tierra formada en capas sucesivas y, entre ellas, las sedimentadas por el primitivo océano universal. A medida que el agua descendía y, con ello, se producía la emergencia de las montañas, el proceso de sedimentación tendería a fragmentarse y localizarse cada vez en mayor medida.

(Figura 9). Al respecto, la propuesta de Werner (rojos para las rocas primitivas, marrones para los esquistos arcillosos y las grauvacas, amarillos para las areniscas, azules para las calizas, verdes oscuros para el trap y verdes claros para los depósitos recientes de acarreo), aquejada de una mezcla no controlada de criterios científicos y estéticos, quedó por debajo de la brillantez de su nomenclatura conceptual, hasta el punto de que no parece haber cubierto todas las muy diversas necesidades que en la materia se les planteaban a los geólogos, enfrentados a problemas muy específicamente regionales que resolvían generalmente *ad hoc*. Tanto es así que el propio Humboldt, alumno de Werner en Freiberg, parece haber clamado por un sistema universal de signos capaz de permitir a cualquier geólogo la identificación inequívoca de las formaciones y de su disposición en el territorio. Seguramente consciente de la envergadura de la cuestión (así como, de paso, de las dificultades técnicas de normalización manual de los tonos), Humboldt optó por tan sólo tres colores (rojos para las rocas primitivas, amarillos para las secundarias y verdes para el «trap»), desplazando los problemas de subdivisión hacia símbolos sobreimpuestos (PARRA; 1993, pág. 135).



FIG. 6. «Vista de Castellfollit», EZQUERRA (1850-55).

Al tiempo que en Alemania, y por encima de los debates conceptuales entre las escuelas de Freiberg y de Edimburgo, entre el neptunismo de Werner y el plutonismo de Hutton o Playfair, los geólogos británicos venían planteándose igualmente la problemática de la nomenclatura y notación cartográfica de las formaciones. Al respecto, los trabajos de William Smith, aficionado a la paleontología y formado prácticamente en el campo de la obra pública, resultan insoslayables en la configuración del contexto en el que los primeros ingenieros y geólogos españoles iniciaron sus trabajos cartográficos (WINCHESTER, 2001). Su mapa geológico de los alrededores de Bath (1799), construido a partir de

mains in the vicinity of Bath, leyenda elaborada en colaboración con Richardson y Townsend, y sobre todo su mapa geológico de Inglaterra y Gales, publicado entre 1813 y 1815 (16 hojas a escala aproximada 1:250.000), apoyado en su *Geological table of British organized fossils which identify the courses and continuity of the strata in their order of superposition; as originally discovered by W. Smith, Civil Engineer with reference to his Geological Map of England and Wales* (Figura 10), reposaban sobre el criterio pictográfico de asignar a cada unidad litológica o *stratum* un color que se asemejase al que presentaba en el campo, haciendo variar sus tonos desde el muro, más oscuros, hasta el techo, más claros. Además, el mapa introducía igualmen-



FIG. 7. «Vista de la Sierra de Orihuela y del Oriolet desde el camino de Almoradi», BOTELLA (1868).

te matices tonales en función de la posición altitudinal y el buzamiento de cada formación, adquiriendo con ello una dimensión hasta cierto punto geomorfológica, especialmente en su sector sudoccidental, allí en donde predominan los materiales del Mesozoico. De acuerdo con tales criterios, la leyenda incluye 34 *strata* numerados y coloreados estratigráficamente (desde los granitos, las sienitas y los gneis en la base hasta las arcillas de Londres en la parte superior, pasando por el Carbonífero y el Lias), con indicación de su contenido en fósiles, sus particularidades litológicas o incluso sus posibles usos, además de su posición morfológica (desde *Mountainous* en la base hasta *Plains* en la culminación, pasando por *Coal Tract*, *Marl Vales*, *Stonebrush Hills*, *Clay Vales* y *Chalk Hills*).

Y en el ámbito francés, el de Beaumont y Duffrenoy, parece haber sido Boué quien, ya a finales del primer tercio del siglo XIX, hubo de sistematizar la cuestión, a partir de la adaptación del sistema werneriano llevada a cabo por von Buch. De la importancia que atribuía a los mapas geológicos para el progreso del conocimiento geológico, no cabe la menor duda:

«Los mapas geológicos son para la geología descriptiva lo que las tablas sinópticas para las ciencias; proporcionan en un instante lo que sólo se captaría tras una lectura detallada y árida» (BOUÉ; 1835, I, pág. 142).

Y, en consecuencia, tampoco se le escapaba la trascendencia de la normalización cartográfica: «Sería una inmensa ventaja dar unas reglas fijas al coloreado, las tintas serían el alfabeto del geólogo» (BOUÉ, 1835, I, pág. 148). De ahí, sin duda, la muy específica reflexión a la que se entrega en este punto, por más que no llegase a formular una propuesta acabada y firme. En cualquier caso, y adelantándose a lo que, andando el tiempo, habrá de ser el criterio de fondo del sistema CMYK

(cyan, magenta, yellow, black) de artes gráficas, el punto de partida es la utilización de los colores puros (gomaguta o gutagamba para el amarillo, cochinilla o laca roja para el carmín y azul de Prusia para el azul), además del negro (tinta china) y del pardo (sepia o bistre). Adecuadamente combinados, se haría posible obtener siete colores (carmín, amarillo, azul, violeta, verde claro, verde oscuro y bermellón) y, por superposición de puntos o líneas (horizontales y oblicuas) en tonos algo más subidos, una leyenda lo suficientemente amplia como para dar cuenta cartográfica de la diversidad de situaciones que pudieran plantearse a los geólogos.

En las condiciones técnicas de la época, leyendas como la werneriana o, con más motivo, la smithiana no podían sino plantear gravísimos problemas de coste, de tirada y, sobre todo, de ausencia de normalización, toda vez que la ejecución de los mapas reposaba sobre trabajo de acuarela en tonos claros (para permitir la lectura de los fondos de mapa infrayacentes, resueltos a pluma o mediante estampación, calcográfica o, ya desde los primeros años del siglo XIX, litográfica) cuya homogeneidad, tal como ha sido señalado (MALTMAN; 1996, pág. 218), solía ser resuelta por el simple expediente de secar las hojas entre periódicos. Al respecto, Boué, consciente de la imposibilidad de alcanzar una plena identidad de cada color o trama, fuese por razón de ejecución o fuese por diferencias de lectura («la percepción de los colores es diferente en cada individuo»), aconsejaba, como Humboldt, «añadir cifras o, preferiblemente, letras en los límites de los depósitos» (BOUÉ; 1835, I, pág. 146).

Precisamente la representación de los límites de las formaciones litológicas, en tanto que elementos lineales de la capa de información relevante del mapa, debió plantear problemas muy específicos. A las dificultades

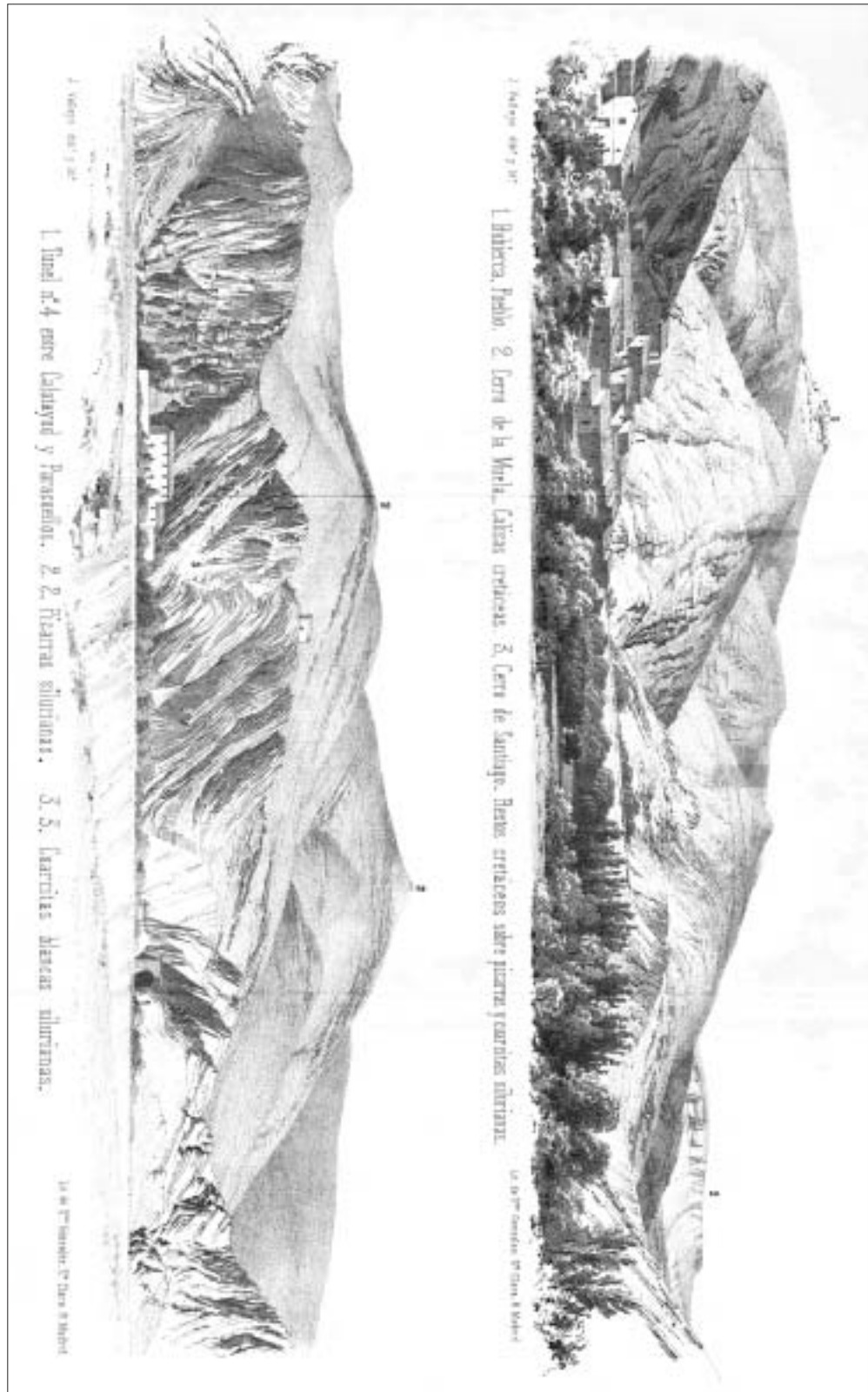


FIG. 8. J. Vallejo: Vistas de Babierra y de Calatayud, MARTÍN (1873).



FIG. 9. Propuesta de representación y leyenda geológicas, JAMESON (1811).

empíricas para identificarlos, especialmente en el caso de bordes irregulares o fosilizados por depósitos recientes, venía a añadirse la cuestión propiamente cartográfica. En algunos casos, parece haberse optado por el oscurecimiento lineal de la tinta correspondiente. Boué, en cualquier caso, se mostraba decididamente más partidario del sistema de Caumont, consistente en recubrir el borde de una formación con puntos del color correspondiente a la contigua (BOUÉ; 1835, I, pág. 150). Por lo demás, ya en la época (y obviamente sólo en aquellos casos en los que la escala lo autorizaba), al tratamiento extenso o zonal de las formaciones, vendrán a añadirse las notaciones lineales o puntuales de rumbos y buzamientos, fuese en la línea de lo propuesto por Schippan desde Freiberg o fuese de acuerdo con la leyenda de Bêche (Figura 11).

La recepción en España de los planteamientos wernerianos, previos a la revolución introducida en la geología por Lyell, nos es casi por completo desconocida, al menos en sus implicaciones cartográficas³⁸. Todo parece indicar, sin embargo, que asistimos al respecto a

una situación hasta cierto punto paradójica: si bien es cierto que las teorías geológicas y las propuestas cartográficas asociadas a ellas no eran enteramente desconocidas para los científicos españoles, no es menos cierto que, al menos en su inmensa mayoría, el tímido inicio de la cartografía geológica del territorio español es cosa de investigadores extranjeros. Buena prueba de lo primero es, a no dudarlo, la extraordinaria aventura de Carlos Gimbernát en Suiza y los Alpes, financiada en buena medida con fondos públicos españoles en la línea, muy tardoilustrada, de pensionar a españoles para estudios en el extranjero. Sus diferentes mapas y cortes evidencian, en efecto, un conocimiento muy preciso y directo de las enseñanzas de la escuela de Freiberg, de sus variantes británicas y, por lo que se refiere a su intento de identificar los vínculos entre la naturaleza de los materiales y su disposición, también de las elaboraciones de Saussure acerca de las montañas (PARRA, 1993). Pero lo cierto es que, al menos hasta donde sabemos, esa experiencia no fue volcada en la representación cartográfica del territorio español. A lo largo del primer tercio del siglo XIX, ésta, como acaba de señalarse, recaerá sobre geólogos y naturalistas extranjeros. Dejando aparte los muy tempranos trabajos de Humboldt y Bonpland a resultas de su viaje de 1798-99, de naturaleza extracartográfica (identificación de la meseta central peninsular y trazado, a partir de mediciones ba-

³⁸ Del ámbito doctrinal sabemos ciertamente algo más. Christiano Herrgen, profesor desde 1798 en el Estudio de Mineralogía del Real Gabinete de Historia Natural, colector en él y encargado de los asuntos mineralógicos en los *Anales de Historia Natural*, había sido alumno de Werner, y su traductor al castellano.



FIG. 10. W. Smith: *Geological Table of British organized fossils*, 1813.

rométricas propias, de dos grandes cortes topográficos), habrá que esperar en este punto a la publicación de algunos atlas o mapas generales de Europa que incluyan al territorio español. Lo que parece ser el primero, en 1829, es obra de Boué, sumamente elemental aún, pero que servirá de base a la interpretación de los mares terciarios que, andando el tiempo, llevará a cabo Lyell en sus *Principles* de 1830-33. Más adelante, en 1843, verá la luz el atlas de Berghaus, editado en Gotha por Justus Perthes (Figura 12). Su pequeña escala explica que únicamente aparezcan diferenciados tres terrenos: los «primitivos y de transición» (en tintas rojas), los «secundarios» (azules) y, muy escasamente representados, los «terciarios» (verdes). Por lo demás, el mapa, más allá de las limitaciones impuestas por la escala, evidencia el somero y, sobre todo, muy fragmentario conocimiento geológico del territorio peninsular, lo que explicaría la convivencia entre la sorprendente ausencia de las cuencas terciarias interiores, de un lado, y detalles como la precisa representación de la región volcánica de Olot (ya identificada para entonces, como es sabido, por Bolós y Lyell) o la indicación del límite meridional de la glaciación pleistocena en Europa.

Esos primeros mapas generales se verán complementados, ya desde España, con algunas iniciativas tendientes a estudiar y cartografiar con mayor detalle algunas regiones españolas. Pero, también aquí, la cuestión estará en manos de geólogos extranjeros. Es el caso del mapa de Extremadura y el norte de Andalucía levantado por Le Play en 1833 (LE PLAY, 1834). Pero también, y sobre todo, del *Mapa petrográfico del Reino de Galicia* publicado por Schulz en 1835, cuyas dificultades de realización y principales aportaciones han sido ya suficientemente destacadas (SCHULZ, 1835). Estrictamente werneriano en materia de nomenclatura, introducirá sin embargo algunos elementos nuevos en materia de representación. Cada formación, en efecto, aparece representada en él por un somero color plano (rosado para los «terrenos primitivos» del oeste y centro, azulado para los «terrenos de transición» del este, verdoso para el escaso «terreno secundario» y amarillento para el «terreno terciario, diluvial y de aluvión»), sobre el que se superponen unas no menos someras tramas en negro a los efectos de indicar la naturaleza de algunas rocas: así, las cruces para las rocas masivas como el granito, o los trazos paralelos según el rumbo para las que, como las

cuarcitas, las pizarras o la *losa*, afloran de acuerdo con alguna dirección dominante (lo que, por cierto, pondrá de manifiesto por primera vez la existencia de una ordenación arqueada de las estructuras del oriente gallego que hoy conocemos como rodilla astúrica). Por lo demás, el paso de unas formaciones a otras se verá resuelto por el ya mencionado sistema de puntos sobreimpuestos de Caumont. Ejemplo también de algunas aportaciones cartográficas de interés en la época, y en este caso de mano española, será la *Carta geognóstica de las cercanías de Burgos* dada a la luz por Felipe Naranjo y Garza en 1841 (NARANJO, 1841), en la que una leyenda todavía muy genérica y poco desarrollada («terrenos carboníferos», «formación de la creta» y «calizas de agua dulce») no impide la identificación del crucial contacto entre dominios litoestructurales muy diferentes (Sistema Ibérico, Montaña Cantábrica y Cuenca Sedimentaria del Duero).

2. LOS PROBLEMAS DE LA NORMALIZACIÓN

Y en esas llegó Lyell y, con sus *Principios* (1830-33) y *Elementos de Geología* (1837), una revolución disciplinar que, como es sabido, funda la geología como ciencia moderna, asentada en el actualismo (véase, por ejemplo, VIRGILI, 2003). Por lo que hace a lo que aquí nos interesa, esa revolución no pudo por menos de afectar a la cartografía geológica, especialmente en lo que atañe a la nomenclatura, mucho más rica, variada y compleja, y al orden en la concepción de las leyendas. En lo esencial, Lyell clasifica las rocas de acuerdo con su origen, diferenciando cuatro grandes clases: «acuosas», «plutónicas», «volcánicas» y «metamórficas». Introduce y define además el concepto de metamorfismo, al tiempo que precisa el origen interno del granito y establece que las rocas volcánicas, metamórficas y plutónicas pueden tener diferentes edades y, que, por tanto, el granito no puede representar ya la corteza primordial o primitiva, tal y como venía siendo defendido por los seguidores de Werner. Por otro lado, sintetiza y ordena las rocas «acuosas» en tres grupos principales, lo que dará lugar a una cronoestratigrafía bastante completa. Su trabajo en las cuencas terciarias, especialmente la de París, le permitió ordenar y caracterizar las formaciones litológicas según su contenido en fósiles y según la proporción de los mismos respecto a las especies actuales. El resultado fue la división en series («Eoceno», «Mioceño» y «Plioceno») del Grupo Terciario. Además, llevó a cabo nuevas observaciones y descripciones que le permitieron, en sucesivas ediciones de sus dos grandes obras, reordenar y completar el resto de las series geológicas.

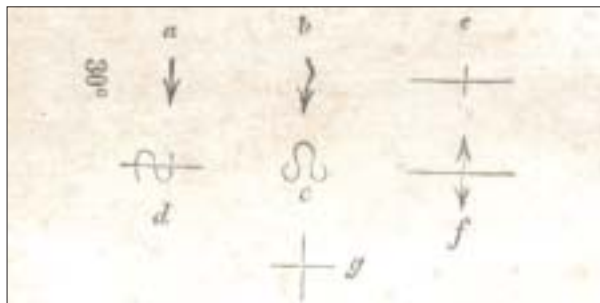


FIG. 11. Símbolos propuestos para representar la disposición de las capas, BÉCHE (1838).

gicas. Así, al Grupo Secundario se añadieron el «Cretáceo» y el «Vealdiano», la «Oolita» (que se definirá como el «Jurásico»³⁹), el «Lías», la «New Red Sandstone» (Triásico y Pérmico), incluyendo también en este grupo, tal y como había hecho Hutton, las series del Carbonífero y la «Old Red Sandstone» («Devoniano»). Por último, describe de forma más somera los terrenos «fosilíferos primarios», que se corresponden con los «terrenos de transición» de anteriores nomenclaturas, donde se encuentran las series del «Siluriano» y del «Cambriano».

La traducción al castellano de los *Elementos de Geología* de Lyell, llevada a cabo por Ezquerro del Bayo en 1847, parece haber tenido una enorme influencia en la práctica de la cartografía geológica en nuestro país. El propio Ezquerro, al presentar en la Real Academia de Ciencias su ensayo sobre la constitución geológica de España, hacía explícita su intención de usar

«la nomenclatura y clasificación adoptada por el distinguido Sir Charles Lyell, [...] que ya tengo antes de ahora transmitida al lenguaje castellano» (EZQUERRA; 1850-55, pág. 37).

El ensayo apareció acompañado de un mapa general de las rocas plutónicas y de las cristalinas en la Península Ibérica, así como de la representación de dos regiones volcánicas (Castelfollit y Campo de Calatrava), que comparten una leyenda que, un tanto paradójicamente, no presenta un orden cronoestratigráfico. También en estas mismas fechas, y siguiendo estos mismos principios, Ezquerro llevará a cabo una síntesis cartográfica de lo conocido hasta el momento, dando a la luz, en Alemania, el primer mapa geológico de la España peninsular (EZQUERRA, 1851). Se trata de un bosquejo en

³⁹ La denominación de las series como «Jurásico», «Triásico», «Pérmico» y «Carbonífero» aparecerán a partir de la tercera edición de 1851 de los *Elementos de Geología* (*A manual of Elementary Geology*).



FIG. 12. H. Berghaus: *Europa in Geologischer Beziehung*, 1843 (detalle).

el que los distintos materiales se presentan en su borde inferior por medio de una leyenda ordenada estratigráficamente en el sentido de la escritura, desde los más modernos, a la izquierda, hasta los más antiguos, en el centro y centro-derecha, y los acrónicos, en el extremo derecho. El mapa, en color e iluminado a mano (Figura 13), representa los materiales sedimentarios de acuerdo con una opción que parece haber sido personal, evidenciando con ello la ausencia en la época de casi toda normalización en la materia: Terciario en verde suave, Secundario en amarillo («Grupo de la Creta»), azul («Oolítico» y «Lías»), naranja («Bunter Sandstein»), verde oscuro («Formación del carbón») y marrón oscuro («Devónico»)⁴⁰. En cambio, y de acuerdo ahora con lo que, desde los hallazgos de la escuela werneriana, era ya poco menos que una convención aceptada, se muestran los materiales esquistosos en rosa pálido, los cristalinos y metamórficos en morado igualmente pálido, los plutónicos en rojo y los volcánicos en sepia.

Un año más tarde, Moritz Willkomm (WILLKOMM, 1852) publicaba en Leipzig un mapa completo de la Península Ibérica en el que, sobre la base de la representación geológica de los distintos terrenos, intentaba dar cuenta de las zonas de vegetación y de las estepas espa-

ñolas (Figura 14). La leyenda presentaba reunidos los materiales según su origen eruptivo (plutónicas y volcánicas) o sedimentario, diferenciando los grupos reconocidos para el Secundario antiguo (desde el Silúrico al Carbonífero), el Secundario reciente (del Triásico al Cretácico) y el Terciario, además de los correspondientes al «Diluvium» y «Alluvium». Estos grupos son similares a los que representara Ezquerria y, en algunos sectores, ambos autores debieron partir de una información común, ya que la representación final es muy parecida (por ejemplo, en lo que se refiere a los contornos de las rocas del Carbonífero asturiano y del norte de León, o a las plutónicas de Galicia). Pero ambos mapas presentan igualmente notables diferencias ya que el mapa de Willkomm identifica un área menor de «composición desconocida», además de incorporar un mayor detalle en la representación, especialmente observable en Levante, la depresión del Ebro, La Mancha y su contacto con la Ibérica, Murcia, las campiñas andaluzas y el Sistema Bético. Muchas de estas diferencias se basaban, como el propio Willkomm hacía explícito, en la no aceptación del metamorfismo planteado por Lyell y defendido por Ezquerria en su interpretación de los terrenos peninsulares, al menos más allá del generado por el contacto con masas plutónicas o volcánicas⁴¹.

⁴⁰ Muestra de esa ausencia de normalización cartográfica en las sedimentarias es el hecho de que el mapa geológico de suroeste de España presentado por Luxán en fecha similar (LUXÁN, 1850) presente una leyenda sustancialmente diferente de la del mapa de Ezquerria.

⁴¹ El mapa, que apareció acompañado de una extensa memoria, no fue publicado con ocasión de la versión parcial al castellano traducida y comentada por Álvarez de Linera en 1853.

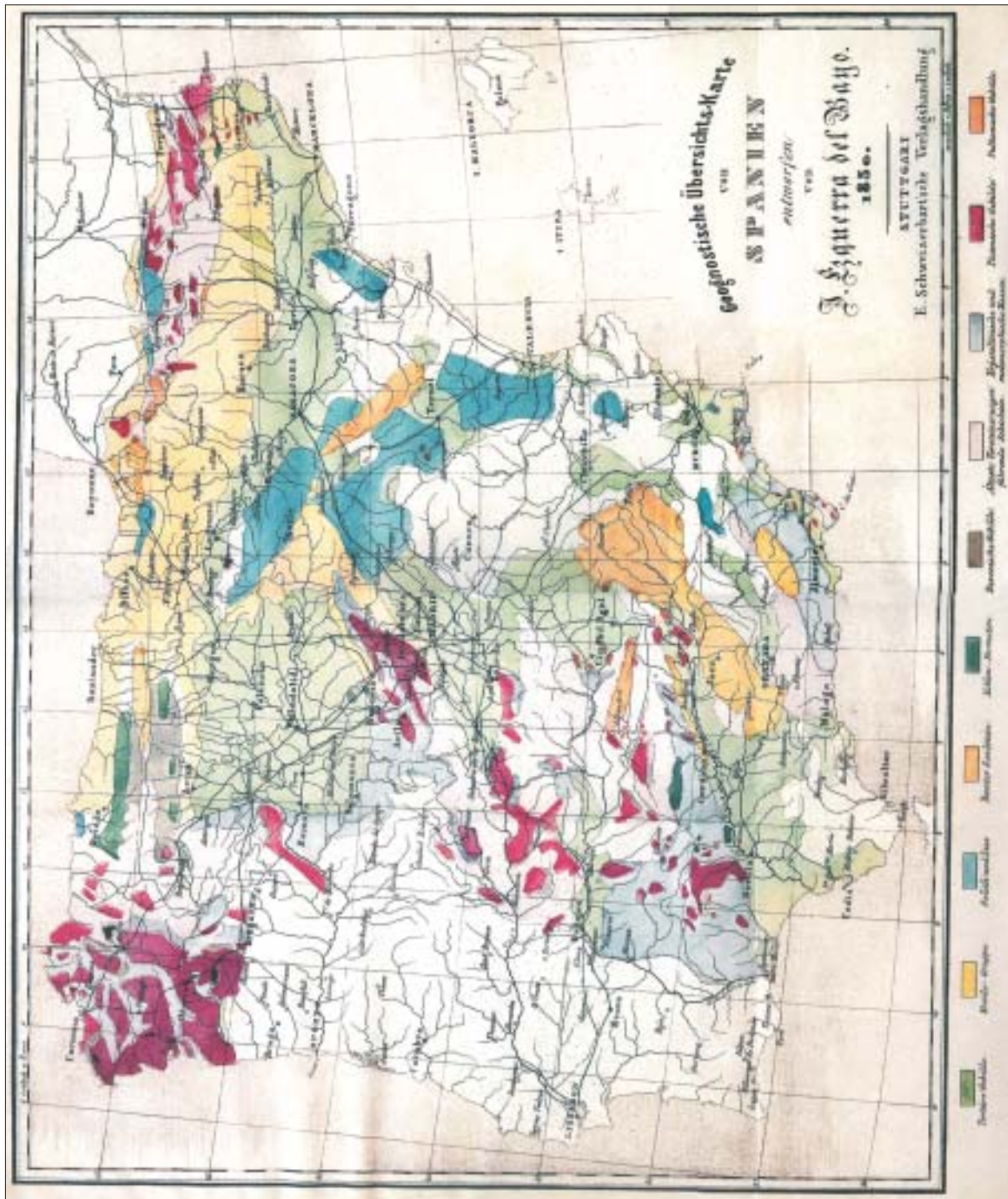


FIG. 13. Mapa geológico de España, EZQUERRA (1851).

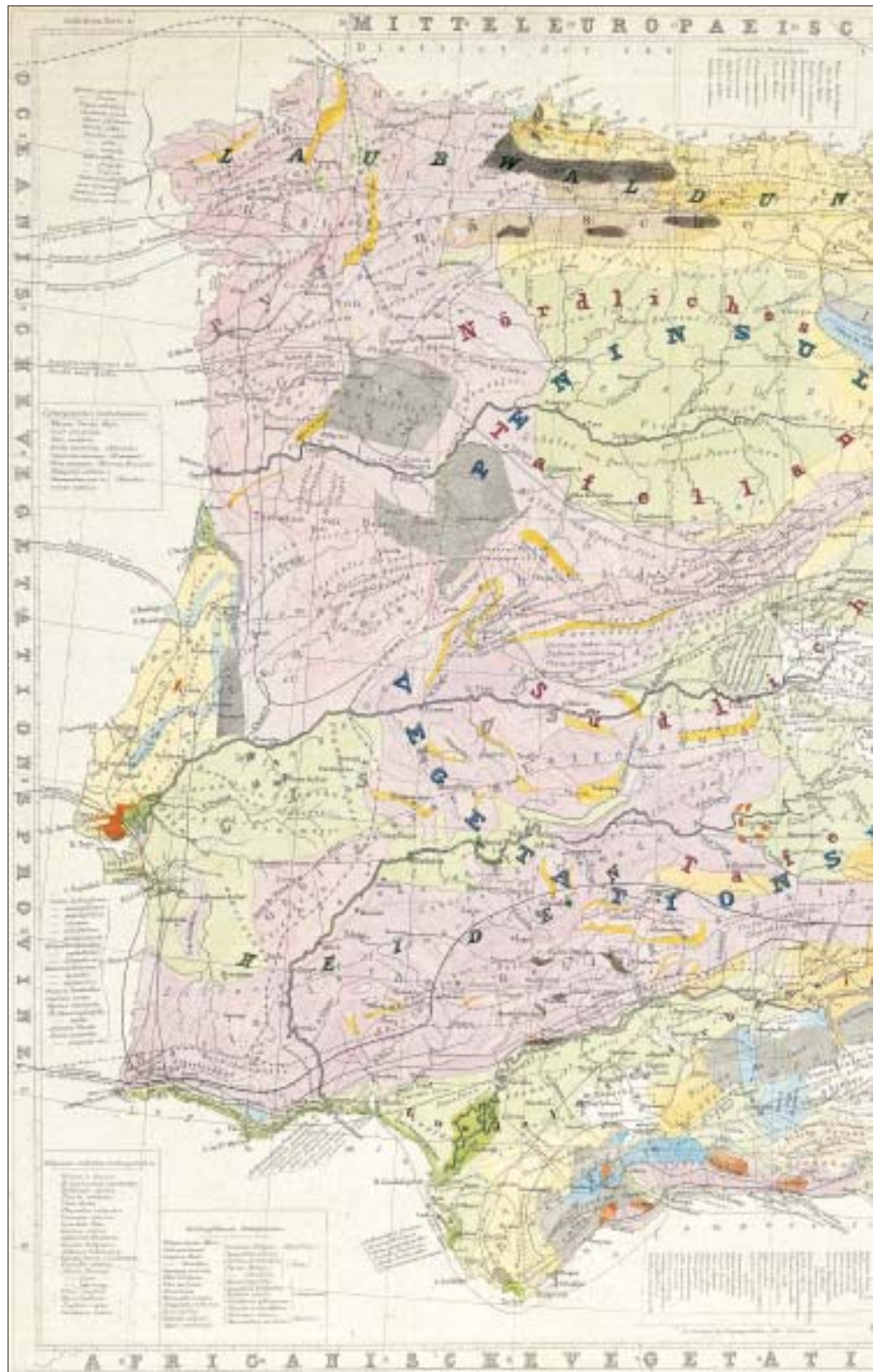
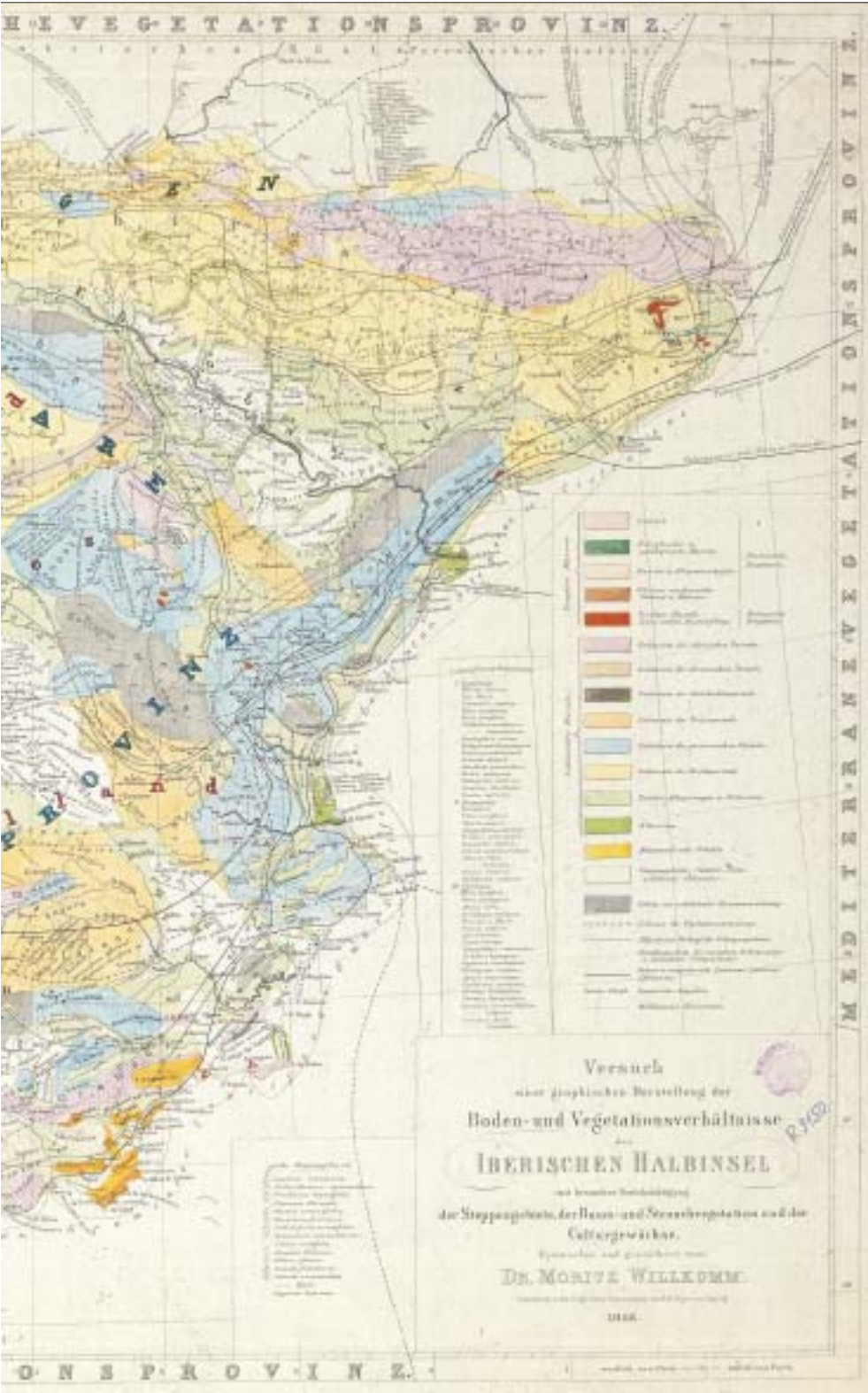


FIG. 14. Mapa geológico de la Península Ibérica, WILLKOMM (1852). Reproducido con permiso de la Biblioteca Nacional.



Cabría pensar que, con la creación de la Comisión de la Carta en 1849 y el consiguiente paso hacia levantamientos cartográficos más sistemáticos y de escalas mayores, la normalización en materia de nomenclatura y de notación hubiese dado un paso adelante. Y, sin embargo, no parece haber sido así. Los mapas efectivamente publicados hasta 1859 presentan, en efecto, una apreciable desconexión en la materia; no sólo entre los realizados por Schulz o por Prado, sino incluso entre los varios levantados por este último. El bosquejo de Madrid de 1852 (LUXÁN, 1853) y el mapa contenido en la descripción provincial de diez años más tarde (PRADO, 1864), en efecto, resultan ser diferentes por algo más que la escala, doble en el segundo que en el primero, lo que, unido a nuevos reconocimientos, parece haberle permitido al autor diferenciar entre granitos, gneis y micacitas, al tiempo que añadir un *ítem* especial para las turbas⁴². Algo similar, en suma, a lo que ocurre con su aproximación de 1852 a los bloques erráticos de granito en los valles de la montaña palentina, en la que se sorprendía de su presencia (PRADO, 1852), y su mapa de 1857 de esa misma zona (Figura 15), en donde ya identifica y sitúa correctamente los afloramientos de granitoides de Peña Prieta (PRADO, 1857). Las diferencias de notación son aún mayores entre, por ejemplo, el mapa de Madrid de Prado y el de Asturias publicado por Schulz en 1858 (SCHULZ, 1858 b). Es verdad que, dada la para entonces ya general aceptación al respecto, los granitos y granitoides son representados con tintas rojas, pero lo es también que las empleadas para el Jurásico, el Triásico o el Carbonífero son radicalmente distintas. Por lo demás, el mapa de Schulz, con unos colores bien equilibrados que le prestan una gran belleza, resuelve la identificación de series mediante el uso, entonces novedoso, de sobrecargas de trama (así, para diferenciar entre «Carbonífero pobre» y «Carbonífero rico»), al tiempo que los problemas de indiferenciación que eventualmente pudieran derivarse de la intensidad general de los colores empleados es resuelta mediante la sobreimpresión de las iniciales de los diferentes terrenos.

Similar heterogeneidad se observa en el caso de los dos mapas generales de síntesis que, a mediados de la

década de los años sesenta, vendrán a marcar un giro notable en la historia de la cartografía geológica española: la *Carte géologique de l'Espagne et du Portugal* de Verneuil y Collomb, de 1864 (Figura 16) y el *Bosquejo general geológico de la Península* publicado por Maestre el mismo año, aunque fechado en el anterior (Figura 17)⁴³. Es verdad que en ambos casos las leyendas son más completas, y los contornos mejor trazados, que los del ya para entonces viejo mapa alemán de Ezquerro del Bayo, cuya «gran barrera o muralla» plutónica y cristalina que nos separa de Portugal (EZQUERRA; 1850-55, pág. 39), por ejemplo, se ha convertido ahora en un complejo de terrenos silurianos bien definidos, al igual que los secundarios (con específica diferenciación entre Triásico, Jurásico y Cretácico) o, al menos en el caso del mapa francés, los terciarios (con clara distinción entre formaciones lacustres y marinas). Pero las diferencias son no menos notables: si el Verneuil ofrece una leyenda desjerarquizada de las diferentes formaciones, el Maestre ordena claramente las formaciones o grupos en el taxón de los terrenos, si bien con denominaciones escasamente afortunadas en el caso de estos últimos («Cenolítico», «Mesolítico», «Paleolítico» e «Hipogénico»).

La situación de falta de homogeneidad en materia de representación cartográfica era puesta de manifiesto con toda claridad por Vilanova en su *Manual* de 1861: «Lo que sería de desear es que todos los geólogos adoptaran iguales tintas para expresar los mismos terrenos» (VILANOVA, 1861, II, pág. 446). Pero es que, para entonces, la propia nomenclatura (o, más bien, su precisa formulación en castellano) no parece haberse librado de la polémica. Refiriéndose precisamente a la obra de Vilanova, Prado manifestaba su malestar por la inclusión en ella de algunas voces procedentes de una castellanización, a su juicio «mal entendida», de términos extranjeros (que, sin embargo, y pese a ese malestar, habría de tener una larga herencia). Así, por ejemplo, la utilización de «piso» por «subdivisión», de «Cenozoico» por «Cainozoico» o, con carácter general, la supresión de las terminaciones en «-ano» para denominar algunos terrenos:

«Dice el Señor Vilanova que son poco delicadas [...] ¿Se podría creer que la lengua italiana es menos delicada que la castellana y que se evite pronunciar las voces mano, italiano, siluriano? [...] En otro caso no habría quien pusiera a sus hijos los nombres de Cayetano, Cipriano, Aureliano» (PRADO; 1863, pág. 4).

⁴² A su vez, la secuencia de terrenos no es la misma tampoco si se compara el mapa con la memoria correspondiente, considerablemente más prolija. Así, en ésta el Terciario aparece desdoblado entre Eoceno y Mioceno, el Cretáceo entre un tramo inferior de areniscas y otro superior de calizas y, por su parte, los granitos entre un «granito primordial», otro «eruptivo» y otro aún que se caracterizaría por haber llegado «á la superficie en un estado medio entre los dos anteriores» (PRADO, 1864, pág. 53).

⁴³ Acerca de la *petite histoire* de la edición de ambas obras, y a pesar de algunos detalles sin resolver, véase SOLÉ SABARÍS (1983).

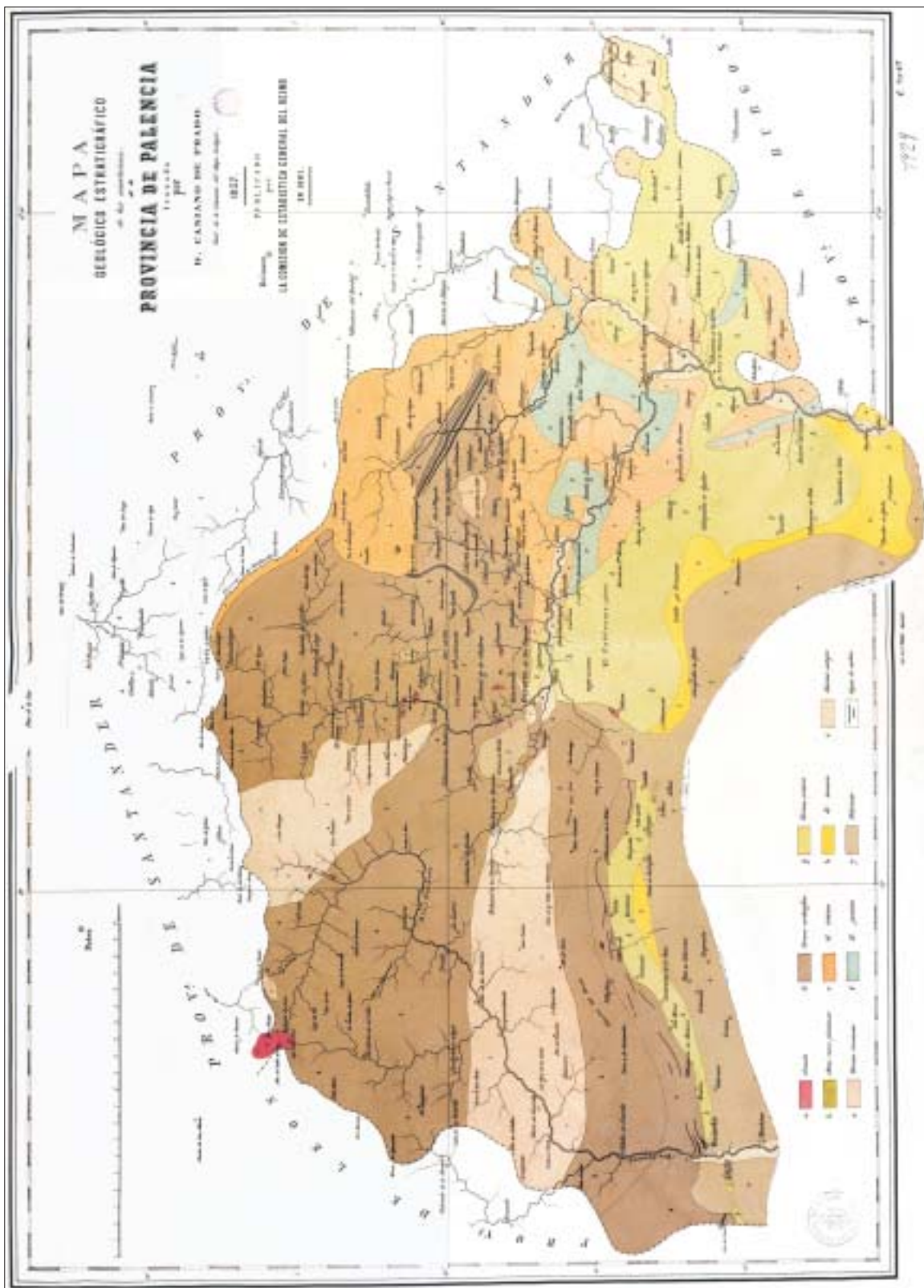


FIG. 15. Mapa geológico del norte de Palencia, PRADO (1857).

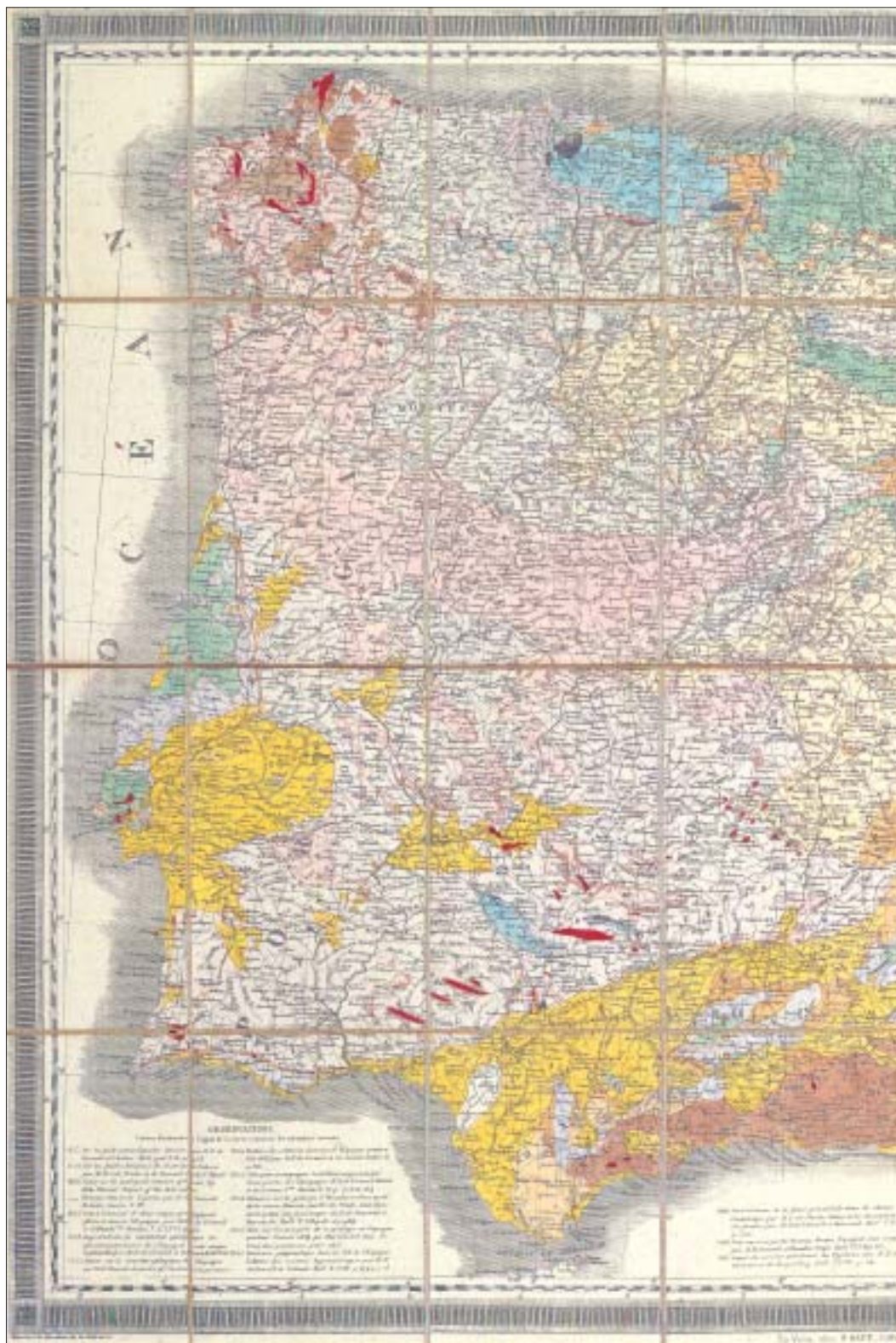


FIG. 16. Verneuil: Mapa geológico de España y Portugal, 1864. Reproducido con permiso de la Biblioteca Nacional.



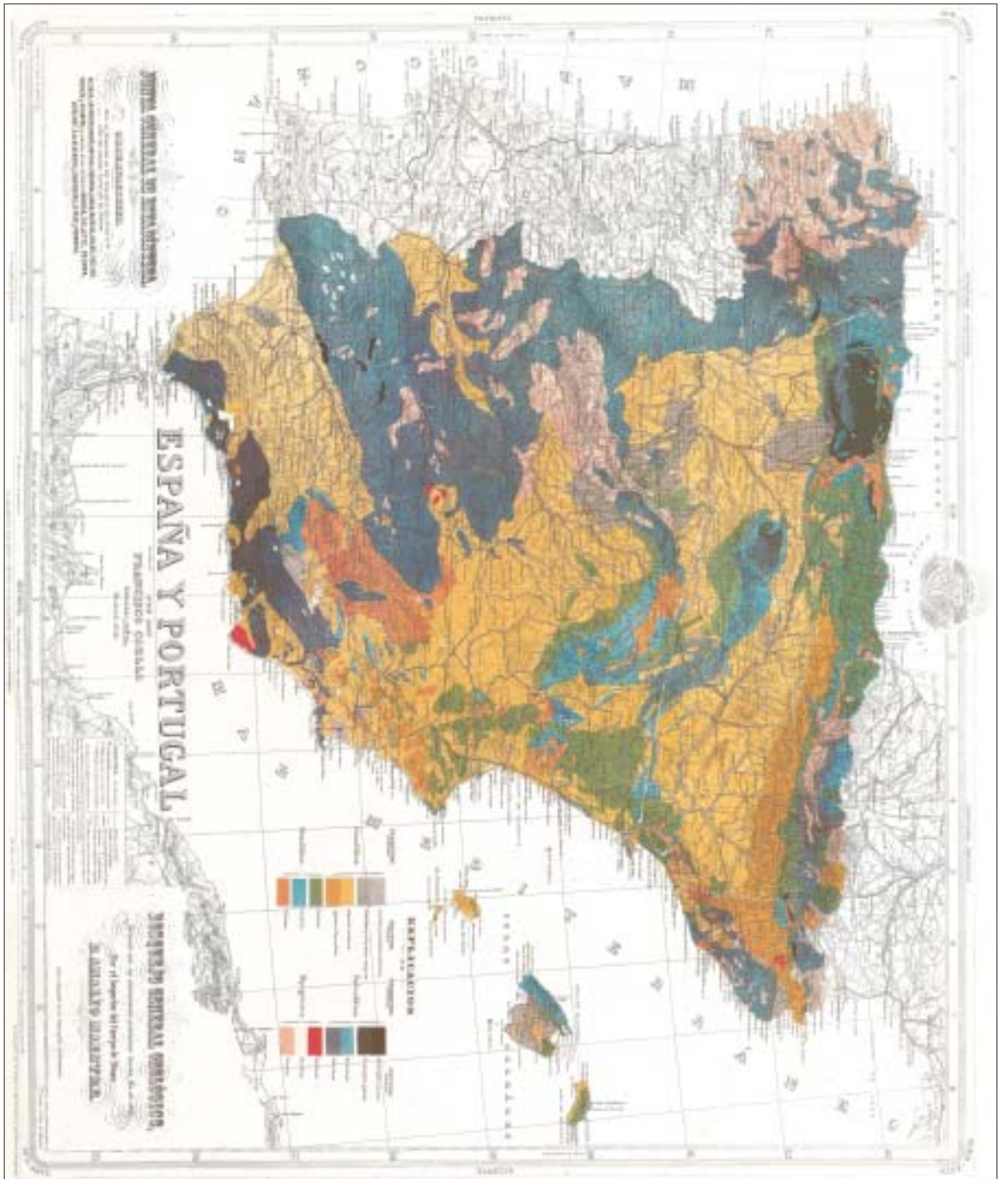


FIG. 17. A. Maestre, mapa geológico de España, de 1864.

CUADRO I. Resumen de las resoluciones de Congreso de Bolonia sobre los colores que se deben adoptar en cortes y cartas geológicas

Colores	Naturaleza y edad de las rocas
Rosa-carmín	Pizarras cristalinas no cámbricas o postcámbricas
Rosa fuerte	Rocas arcaicas
Rosa pálido	Pizarras cristalinas de edad indeterminada
Violeta	Trías
Azul	Jurásico
Verde	Cretácico
Amarillo	Distintas divisiones del Terciario

Fuente: VILANOVA 1882, 410; CALDERÓN 1882, 142; CONGRÈS 1882, 561-590.

Debió ser la consciencia de esa situación, acentuada en la década siguiente por la constitución de la Comisión del Mapa Geológico de España y, con ella, por la ya ineludible exigencia de homogeneidad en la aventura de formar el mapa general de España a partir de una serie provincial, lo que hizo a nuestros ingenieros y geólogos particularmente receptivos a los primeros intentos de normalización iniciados en el marco del Primer Congreso Geológico Internacional (PARÍS, 1878), con el nombramiento de una serie de comisiones nacionales encargadas de elaborar propuestas al respecto para el segundo, que habría de celebrarse en Bolonia en 1881⁴⁴. La tarea de este último era obviamente ingente, lo que permite entender la aparición de algunas propuestas que, a la altura de los trabajos ya realizados en los diferentes países (algunos con más de medio siglo de levantamientos cartográficos en su haber), no podían pasar de simples *desiderata* irrealizables. La comisión belga, por ejemplo, abogaba no sólo por la fijación de acuerdos en torno al colorido y a los signos convencionales lineales y puntuales, sino también por una unificación de la escala de las hojas (a 1:500.000) a los efectos de formar series colosales de conjunto. La comisión hispano-lusa, por su parte, con Vilanova al frente, planteará la cuestión básica de los criterios para una taxonomía fija de

⁴⁴ En realidad, la cosa se había iniciado con ocasión de la exposición universal de Filadelfia de 1876, en la que los geólogos norteamericanos habían pretendido, sin éxito, celebrar un congreso para «establecer una clasificación general, que en lo sucesivo sirviese de norma en estudios de tan general interés». La circular que más tarde enviaron a los diferentes países para tratar del asunto en el congreso de París establecía en su punto tercero, el referido a cartografía geológica, enumeraba la agenda siguiente: escalas, colores y símbolos, depósitos superficiales y sus problemas de representación. *Revista Minera*, 1877, págs. 18-19.

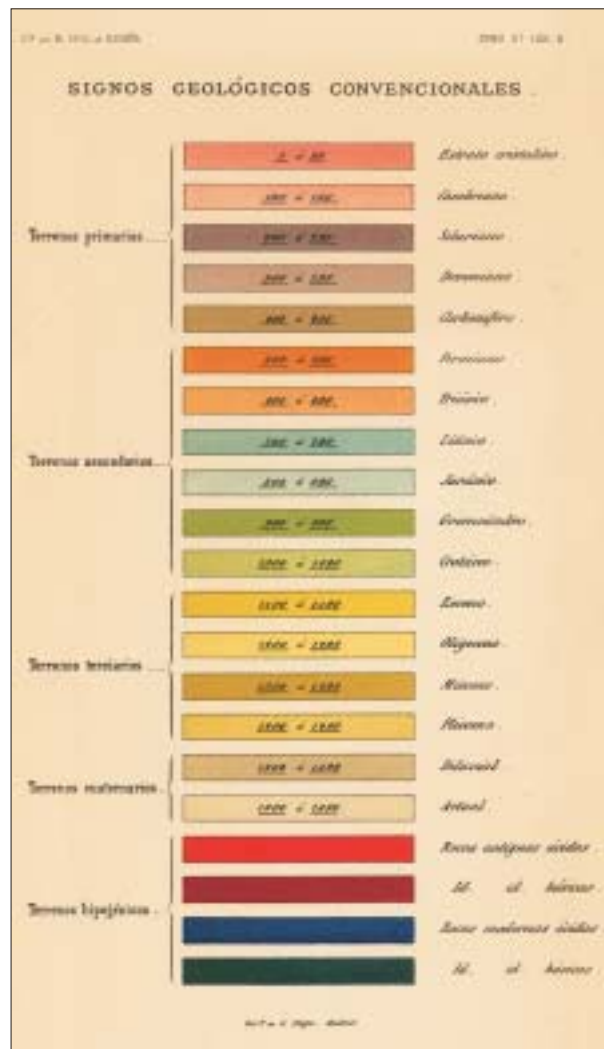


FIG. 18. «Signos geológicos convencionales», CORTÁZAR (1882).

los terrenos (CONGRÈS...; 1882, págs. 442-446). El acuerdo alcanzado al respecto reposaba en una consideración simultánea del origen de los terrenos, por un lado, y de la edad de su formación, por otro: una serie cronológica (Era, Período, Época y Edad) debía encontrar su correlato en otra estratigráfica (Grupo, Sistema, Sección —o Serie— y Piso), tal y como, en buena medida, han llegado hasta nosotros⁴⁵.

⁴⁵ Uno de los asuntos más discutidos fue la denominación de la considerada «unidad fundamental», la división estratigráfica caracterizada por una fauna particular. Para los ingleses era el «sistema» (por ejemplo, Silurian system) desde que Murchinson así la denominase en 1835. La comisión española, sin

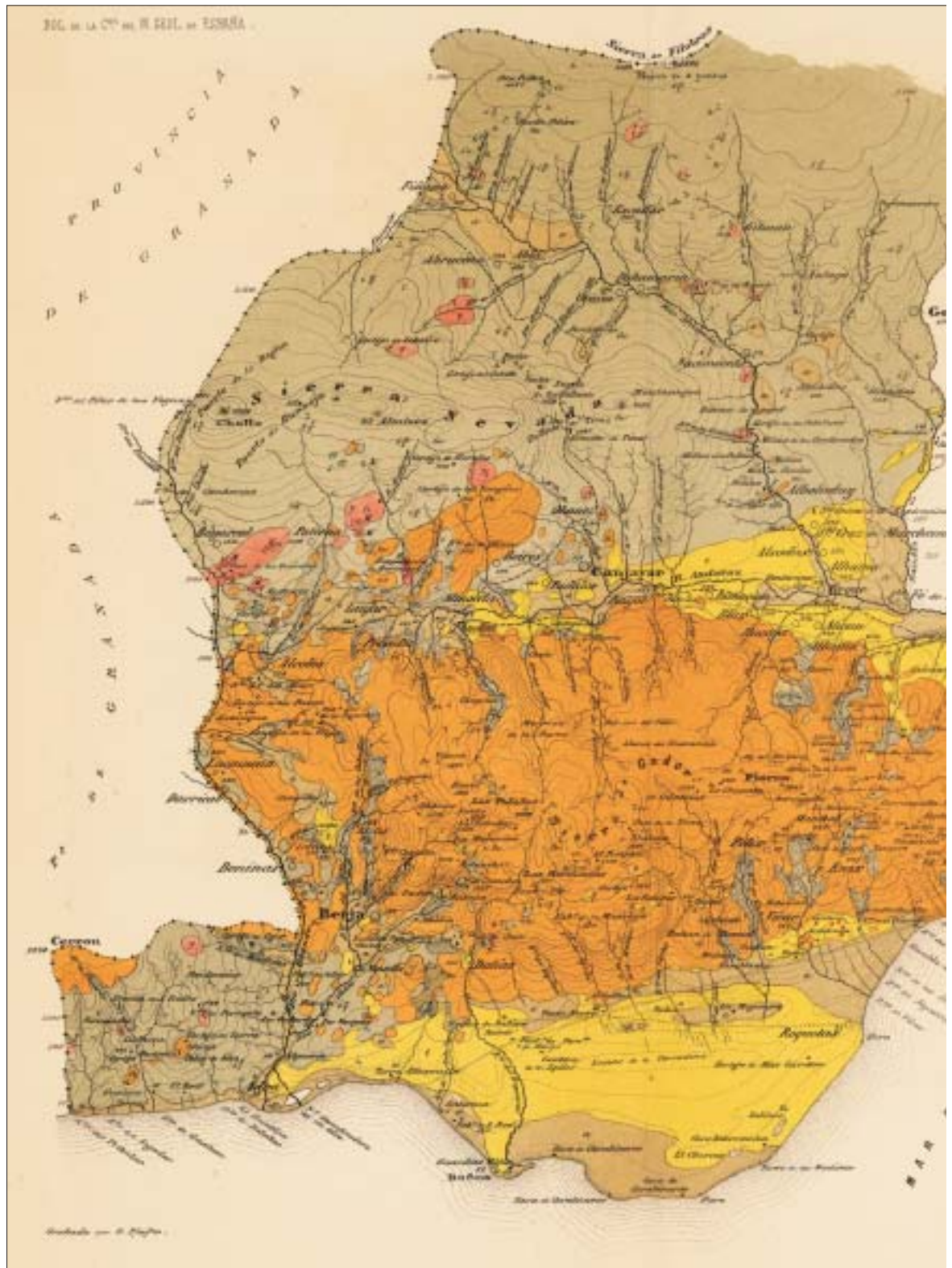
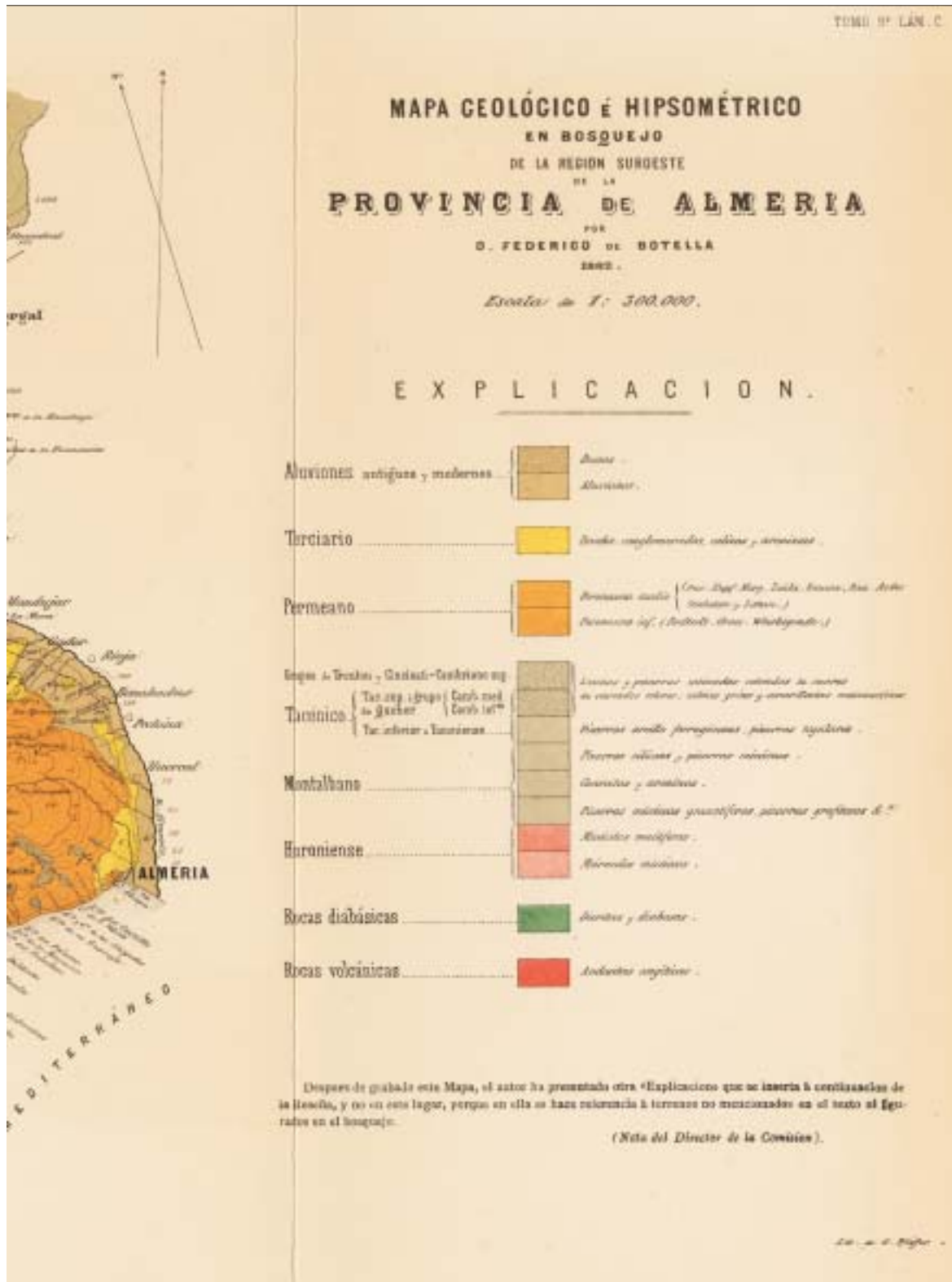


FIG. 19. Mapa geológico de una parte de Almería, BOTELLA (1882).



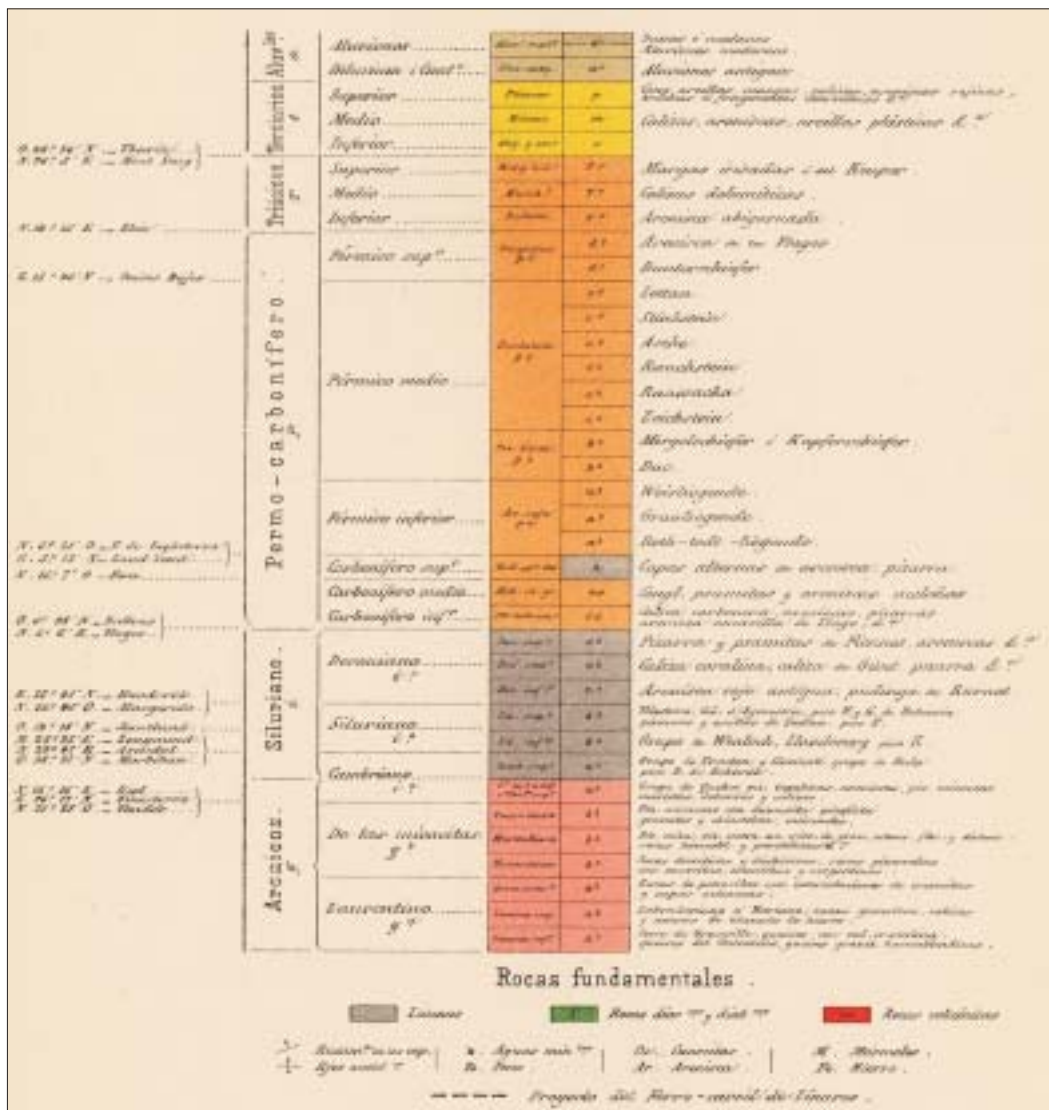


FIG. 20. Leyenda corregida del mapa geológico de Almería, BOTELLA (1882).

En lo que se refiere a los criterios de representación de los terrenos, y recogiendo casi un siglo de tanteos al respecto, todas las comisiones coincidían en la conveniencia de combinar la utilización de colores con el uso de anotaciones sobrepuestas. Por lo que hace al primer aspecto, el del colorido, el punto de partida habrían de ser los tres colores fundamentales (rojo, azul y

amarillo) que, combinados entre sí, matizados tonalmente y reforzados (mediante tramas lineales más oscuras del mismo color) o aclarados (mediante tramas lineales blancas), habrían de permitir dar respuesta ordenada y controlada a prácticamente todas las necesidades que pudiesen presentarse. Otro asunto, más allá del principio técnico señalado, era el específicamente semiológico de correspondencia entre las gamas así construidas y las series cronoestratigráficas, así como el de la concreta atribución de los colores. Al respecto, la comisión hispano-lusa propuso el empleo de tonos vivos, reforzados con barniz, para las rocas eruptivas, y el uso de tonos suaves para las sedimentarias. En el caso de estas últimas, los colores fundamentales habrían

embargo, prefería denominarla «terreno» argumentando, además de su uso tradicional, que un sistema es «una combinación de elementos coordinados que existen simultáneamente y no sucesivamente» (CONGRÉS...; 1882, pág. 444; y VILANOVA; 1882, pág. 408). A pesar de ello, finalmente se impuso la denominación anglosajona.

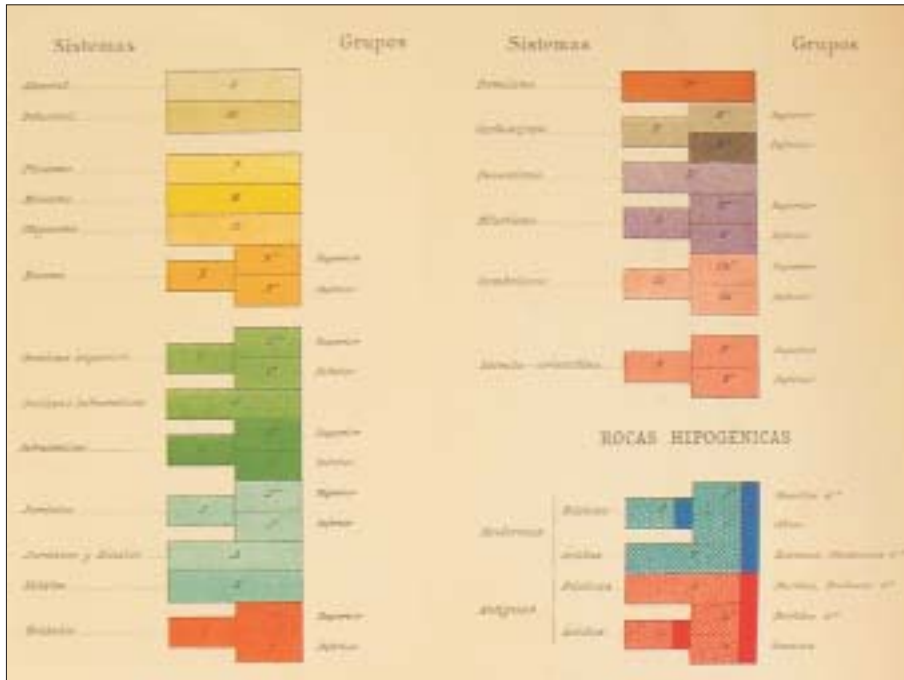


FIG. 21. *Mapa Geológico de España*, ed. 1907 (leyenda).

de corresponderse con las divisiones de primer orden (grupos: Primario, Secundario y Terciario), al tiempo que el negro (o el gris), con un criterio más pictográfico que estrictamente convencional, quedaría reservado para el Carbonífero; la combinación de los fundamentales para obtención de colores derivados sería la base para la representación del segundo orden (sistemas); la obtención de tonos dentro de cada uno de ellos permitiría la representación del tercer orden (series) y, finalmente, las sobrecargas de tramas lineales resolverían la identificación cartográfica del cuarto orden (pisos). El congreso acordó lo esencial de la propuesta de codificación hispano-lusa, aunque desglosada de acuerdo con la naturaleza y edad de las rocas (Cuadro I).

Para evitar confusiones en el uso de los colores, la comisión hispano-lusa propuso igualmente que las distintas manchas se viesan acompañadas de una doble notación sobreimpuesta: una literal, basada en las abreviaturas de los términos geológicos, y otra numérica o indiciaria para sus divisiones. El congreso, finalmente, acordó el uso del alfabeto griego para las rocas eruptivas, y del latino para las sedimentarias, utilizando la mayúscula de la inicial para los sistemas y los exponentes numéricos (o iniciales minúsculas) para las subdivisiones de éstos. Además, se recomendó el uso de símbolos que vinieran a ampliar la información sobre la disposición estructural de los materiales, sobre

fenómenos naturales como fuentes o aguas termales y sobre canteras o minas⁴⁶.

Al menos en España, el congreso de Bolonia no vino a zanjar definitivamente los problemas de ausencia de normalización. Resulta lógico que, por ejemplo, el mapa geológico de Huesca hecho por Mallada, confeccionado con anterioridad (MALLADA, 1878), aún denominase «Paleolíticas» a las formaciones de lo que luego habrá de llamarse Primario, introdujese notaciones sobreimpuestas con letras minúsculas ordenadas alfabéticamente o estructurase los elementos de la leyenda de arriba hacia abajo, es decir, de más antiguos a más modernos. Pero ya no lo era tanto que, todavía en 1882, Cortázar, conspicuo miembro de la Comisión del Mapa Geológico de España, propusiese particularmente en Bolonia una serie de muy ingeniosas indicaciones sobre la nomenclatura, la clasificación y el colorido de los mapas geológicos que no estaban en modo alguno adaptados a los acuerdos del congreso celebrado ese

⁴⁶ Los trabajos previos al congreso de Bolonia se apoyaron sobre un intercambio fluido de información y sobre numerosas reuniones de las comisiones. Además, las comunicaciones personales y las memorias presentadas a concurso, especialmente las premiadas sobre procedimientos gráficos de A. Heim, A. Karpinsky y M. Maillard (y publicadas en las actas con sus leyendas de color, trama, anotación y símbolo), sirvieron de guía de gran utilidad para la confección de mapas detallados durante este último cuarto del siglo XIX y el XX.

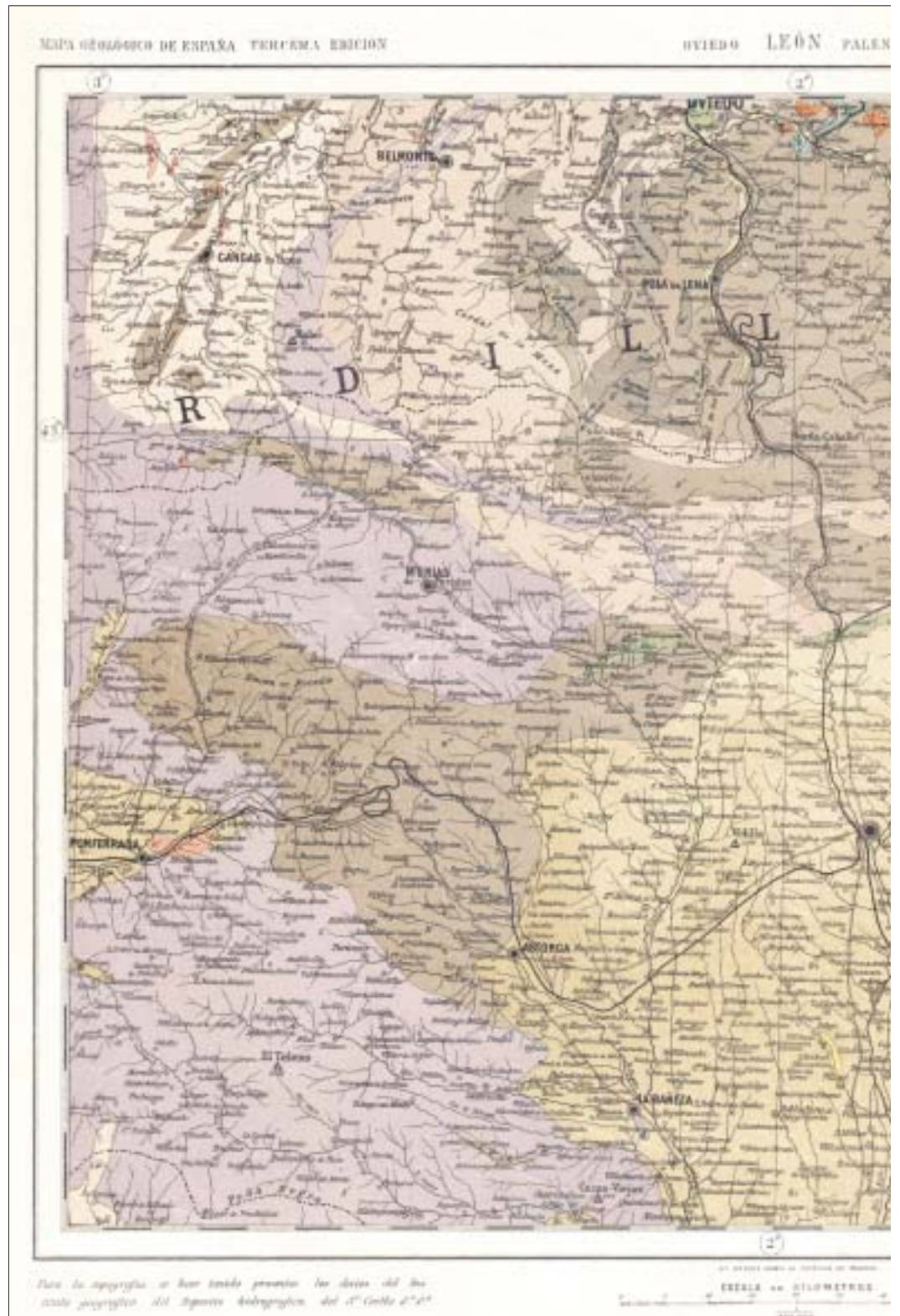
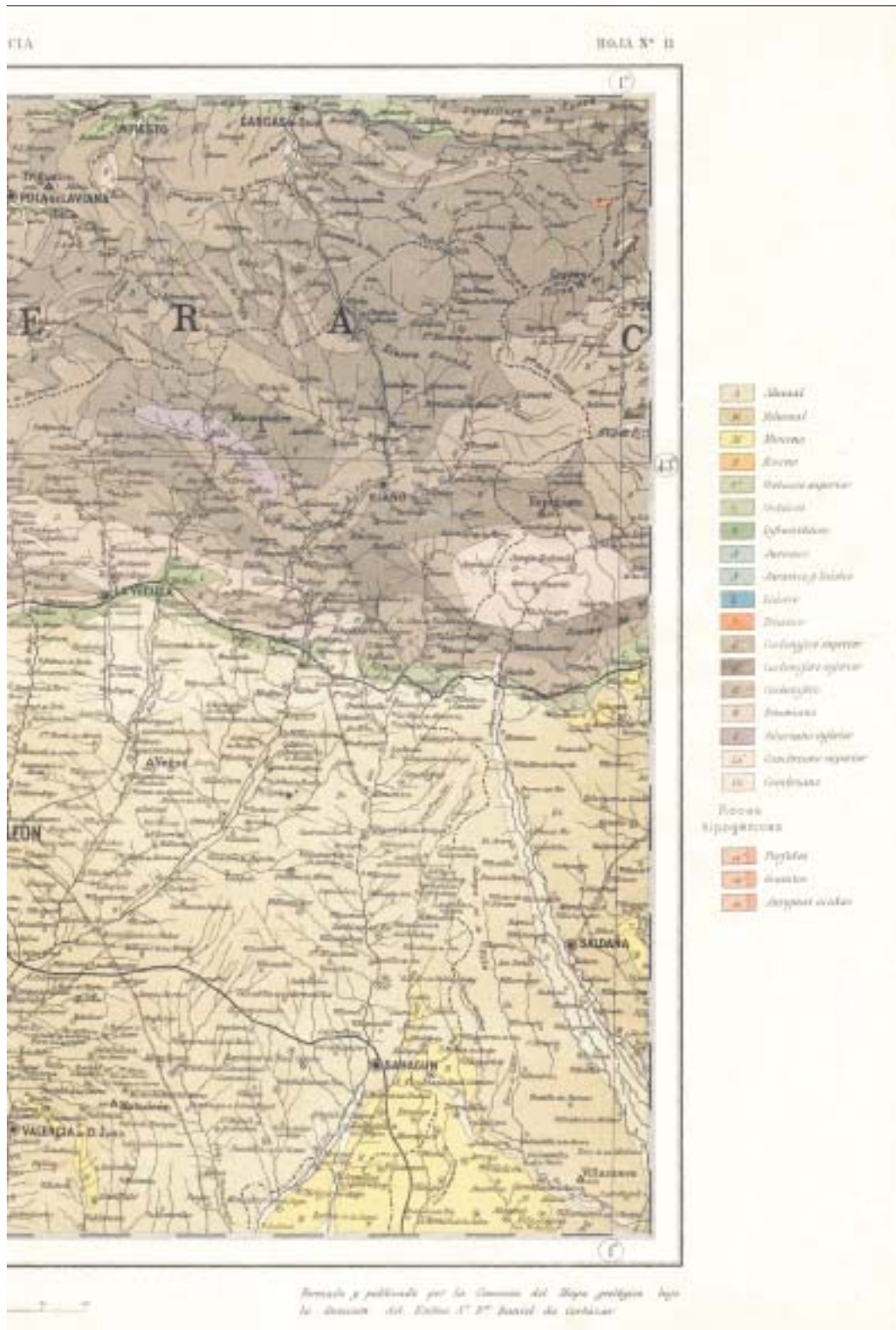


FIG. 22. Mapa Geológico de España, ed. 1907 (hoja nº 11).



mismo año (Figura 18). La presentación de una leyenda con los elementos dispuestos en sentido contrario al orden cronoestratigráfico o una compleja notación numérica (apoyada en el criterio norteamericano de numeración de las calles) viene a confirmarlo⁴⁷. Sin embargo, también es cierto que, en ese mismo año, Botella y Hornos publicaba su extraordinario mapa geológico del sudoeste de la provincia de Almería (BOTELLA, 1882), cuya leyenda, corregida poco después, se adaptaba plenamente a los criterios de Bolonia (Figuras 19 y 20), tanto en materia de nomenclatura como de colorido o anotación (incluida la simbólica estructural y minera)⁴⁸.

La situación, pues, estaba lejos de verse resuelta. Y, al respecto, no deja de sorprender un tanto que, dada la para entonces ya enquistada rivalidad entre geólogos naturalistas y geólogos ingenieros (BLÁZQUEZ; 1992, pág. 106), la Comisión del Mapa Geológico de España adoptase, para lo que habría de ser la culminación del proceso de elaboración de los mapas provinciales, es decir, el Mapa Geológico de España a escala 1:400.000 finalizado en 1893, lo esencial de los acuerdos de Bolonia (y también del congreso de Berlín de 1885, en el que se asignaba el color pardo para el Devónico y los rojos para las rocas eruptivas⁴⁹), ignoramos si con un cierto prurito de Cortázar y un seguramente notable alivio de Botella⁵⁰. Porque lo cierto es que, sobre un fondo de mapa limitado a la red hidrográfica, la red de vértices geodésicos, los núcleos de población y las vías férreas y carreteras principales, en el que las alineaciones de sierras y cordales únicamente aparecían indicadas

toponímicamente⁵¹, su leyenda (Figuras 21 y 22) sigue ya un orden cronoestratigráfico (aunque aún no jerarquizada) y los colores, matices y aclarados en blanco se ajustan en lo principal a la codificación internacional (únicamente se aleja de ella en el uso del color rojo para el Trías, recuperando así la vieja atribución colorista del «New Red Sandstone»).

Se cerraba así, con esa obra magna, lo que Daniel de Cortázar denominara «el ciclo moderno de los estudios geológicos en España» (MALLADA, 1897, pág. 82), lo que, visto desde hoy, no era otra cosa que el inicio de todo un nuevo ciclo de avances en materia de observación, de análisis, de taxonomía y de soluciones cartográficas⁵². Cortázar pronunciaba esas palabras en el acto de recepción académica de su compañero Lucas Mallada, quien, por su parte, evocaba así, a toro pasado, el frenesí de los miembros de la Comisión del Mapa Geológico, que parece haber sido el suyo propio, al tiempo que reunía indisolublemente la doble faceta, de trabajo de campo y de labor de gabinete, que hemos intentado analizar aquí:

«¡Qué movimiento, qué hervor en aquel período de vertiginosa actividad [...]! Por los mismos días en que se distribuían los volúmenes ultimados [del *Boletín* y de las *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*], y la imprenta componía los originales del tomo siguiente, unos compañeros redactaban sus memorias y sus notas y preparaban sus planos y dibujos, en tanto que recorrían otros miles de kilómetros por toda España. [...] Todas nuestras montañas, todos nuestros valles, todos nuestros ríos y arroyos, todas nuestras llanuras se cruzaban sin sosiego ni descanso» (MALLADA; 1897, pág. 22).

⁴⁷ Andando el tiempo, Cortázar afirmará que el congreso de Bolonia, en el que él mismo había presentado su propuesta, no había llegado a ningún acuerdo, por lo que, en su mapa de Teruel (1883), había decidido emplearla, toda vez que la Comisión del Mapa la habría aceptado como «la más completa y definida» (*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1885, pág. 263, nota).

⁴⁸ En rigor, Botella habría empleado ya lo esencial de esa leyenda en su mapa general de España y Portugal (BOTELLA, 1879), «adelantándose a lo acordado en el último Congreso geológico de Bolonia». *Revista Minera*, 1883, pág. 466 (con ocasión de la madrileña Exposición Nacional de Minería de 1883, en la que Botella, que presentaba *stand* propio, habría de obtener un premio, precisamente por ese mapa).

⁴⁹ Véase *Revista Minera*, 1885, págs. 375-377.

⁵⁰ Ignoramos enteramente la razón por la que la parte española de la comisión hispano-lusa estaba formada por dos geólogos naturalistas ajenos a la Comisión del Mapa Geológico de España (Vilanova y Macpherson) y por un ingeniero, Botella, cuyas relaciones con la Comisión del Mapa no parecen haber sido precisamente fluidas (véase, por ejemplo, la acerba crítica de su *Mapa geológico de España y Portugal* (BOTELLA, 1879), aparecida en *Boletín de la Comisión del*

Mapa Geológico de España, 1881, y contrapóngasele la muy encomiástica publicada por el *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 1881 (1)). Quizás viéndose excluido de ella, Cortázar habría dado a la luz su intempestiva propuesta de colorido (CORTÁZAR, 1882). En cualquier caso, el papel mediador que al respecto parece haber desempeñado Mallada, reconocido en ambos campos y, según parece, responsable de los formidables trabajos de unificación de la cartografía disponible, debió resultar crucial para la elaboración de la leyenda final del 1:400.000. Pero esto no pueden ser otra cosa que simples hipótesis.

⁵¹ El asunto de los fondos de mapa topográficos había sido tratado ya en Bolonia, en donde algunos geólogos plantearon la conveniencia de su representación en mapas de escalas medias y grandes. Así, por ejemplo, A. Heim. «Projet d'unification des procédés graphiques dans les cartes géologiques», en *CONGRÈS...* (1882, pág. 289).

⁵² Así, por ejemplo, y en lo que hace a normalización taxonómica y cartográfica, la repercusión en España de los trabajos de los congresos geológicos internacionales posteriores y, más en concreto, del Léxico Internacional de Nomenclatura Estratigráfica, surgido del congreso de Estocolmo (1910), o de la Comisión de Estratigrafía creada en el de Argel (1952).

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ DE LINERA, A. (1853): «Sobre la constitución geológica de España». *Revista Minera*, págs. 445-449, 467-478, 499-510, 543-551, 582-588.
- ARAGONÉS, E. (1992): «La cartografía geològica de Catalunya: Història i estat actual». *Revista Catalana de Geografia*, nº 19, págs 55-66.
- ARAGONÉS, E. (1999): «Noticia de D. Ángel Vallejo y Villalón, 1778-1840». *Boletín Geológico y Minero*, vol 110, nº 5, págs. 645-653.
- AYALA CARCEDO, F. J. (1999): *Historia de los mapas geológicos de España*. Consejo de Seguridad Nuclear, Madrid, 19 págs.
- BÊCHE, H. T. de la (1838): *L'art d'observer en Géologie*. F. G. Levrault, Strasbourg, 230 págs.
- BLÁZQUEZ DÍAZ, A. (1992): «La contribución geológica del naturalismo: Los trabajos del Mapa Geológico Nacional», en J. Gómez Mendoza, N. Ortega Cantero [dir.] *Naturalismo y geografía en España: Desde mediados del siglo XIX hasta la Guerra Civil*. Fundación Banco Exterior (Colección Investigaciones), Madrid, págs. 79-134.
- BOTELLA HORNOS, F. de (1854): «Ojeada sobre la geología del Reino de Valencia». *Revista Minera*, págs. 562-575.
- BOTELLA HORNOS, F. de (1868): *Descripción geológico-minera de las provincias de Murcia y Albacete*. Imp. del Colegio Nacional de Sordo-Mudos y de Ciegos, Madrid, 186 págs.
- BOTELLA HORNOS, F. de (1879): *Mapa geológico de España y Portugal*. Lit. de L. Brabo, Madrid.
- BOTELLA HORNOS, F. de (1882): «Mapa geológico é hipsométrico en bosquejo de la región sureste de la provincia de Almería». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 92 págs.
- BOUÉ, A. (1835): *Guide du géologue-voyageur*. I. F. G. Levrault, Paris, 595 págs. (el segundo volumen, de 1836, 595 págs.).
- BROC, N. (1991): *Les montagnes au Siècle des Lumières: Perception et représentation*. CTHS (Mémoires de la Section de Géographie Physique et Humaine, nº 4), París, 300 págs.
- CALDERÓN ARANA, S. (1875): «Guía del geólogo y minero expedicionario en España», en S. Calderón Arana: *Estudios geológicos de España*. Imp. de Gregorio Yuste, Madrid, 31 págs.
- CALDERÓN ARANA, S. (1882): «Trabajos de la comisión hispano-lusitana en el Congreso geológico de Bolonia». *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, pág. 142.
- CALDERÓN ARANA, S. (1898): «Existencia del infralíasico en España y geología fisiográfica de la meseta de Molina de Aragón». *Anales de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, págs. 177-206.
- CALDERÓN ARANA, S. [dir.] (1906): «Memoria sobre las formaciones volcánicas de la provincia de Gerona». *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, págs. 159-484.
- «CARTA geológica de España» (1864): *Revista Minera*, págs. 129-134.
- COLLETTE, C. (1848): *Reconocimiento geológico del Señorío de Vizcaya*. Imp. de Delmás é Hijo, Bilbao, 159 págs.
- CONGRÈS Géologique International. *Compte rendu de la 2^{ème} session* (1882). Imp. Favra et Garagnani, Bologne, 668 págs.
- CORTÁZAR, D. de (1882): «Clasificación y colorido de los mapas geológicos». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, IX, págs. 319-332.
- ELLEMBERGER, F. (1989): *Historia de la Geología*. I. Labor, Barcelona, 282 págs.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1850): «Excursión geológica desde Hiendelaencina á Trillo y á Ablanque, en la provincia de Guadalajara, conocida con el nombre de Alcarria». *Revista Minera*, págs. 289-299.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1850-1854): «Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península». *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, 1850 págs 35-65, 1851 págs. 73-107, 1854 págs. 161-184.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1851): *Geognostische Übersichtskarte von Spanien 1850*. Stuttgart.
- FALLOT, P. (1922): *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Libr. Polytechnique Ch. Beranger, Paris-Liège, 480 págs.

- FALLOT, P. (1950): *Les progrès de la Géologie en Espagne depuis cent ans*. C. Bermejo, Madrid, 43 págs.
- FAURA Y SANS, M. (1926): *La carte géologique de Catalogne*. Imp. Vaillant-Carmanne, Liège, 4 págs.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, M. (1874): «Notas para un estudio bibliográfico sobre los orígenes y estado actual del Mapa Geológico de España». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, págs. 17-152.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, M. (1876): «Noticia del estado en que se hallan los trabajos del Mapa Geológico de España en 1º de Julio de 1874». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, págs. 1-89.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, M. (1883): «Comisión del Mapa Geológico de España: Su origen, vicisitudes y circunstancias actuales». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, págs. 93-154.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, M. (1889): *Comisión del Mapa Geológico de España: Estado de los trabajos al terminar el año 1887*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, 23 págs.
- GÓMEZ DE LLARENA, J. (1948): «El Mapa Geológico de España». *Estudios Geográficos*, págs. 131-137.
- GONZÁLEZ PELLEJERO, R. (1992): «Los primeros mapas modernos de vegetación en España: Los bosquejos dasográficos de Asturias y Santander». *Ería*, nº 27, págs 5-19.
- GONZALO TARÍN, J. (1878): «Mapa geológico de la zona central minera de la Provincia de Huelva». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, págs. 1-138.
- JAMESON, R. (1811): «On colouring geognostical maps». *Memoirs of the Wernerian Natural History Society*, I, págs. 149-161.
- LE PLAY, F. (1834): *Observations sur l'histoire naturelle et sur la richesse minérale de l'Espagne*. Imp. De Fain, Paris.
- LUXÁN, F. de (1850): «Estudios y observaciones geológicas relativos a los terrenos que comprenden parte de la provincia de Badajoz y las de Sevilla, Toledo y Ciudad-Real; y cortes geológicos de estos terrenos». *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, 3ª serie, Ciencias Naturales, I (1), 71 págs.
- LUXÁN, F. de (1852 a): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1850 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Imp. de Don Eusebio Aguado, Madrid, 52 págs.
- LUXÁN, F. de (1852 b): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1851 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Imp. de Don Eusebio Aguado, Madrid, 128 págs.
- LUXÁN, F. de (1853): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1852 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Imp. de Don Eusebio Aguado, Madrid, 88 págs.
- MACPHERSON, J. (1873): *Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz*. Imp. de la Revista Médica, Cádiz, 156 págs.
- MAFFEI, E. (1879): «La primera comisión para formar el mapa geológico de España». *Revista Minera*, págs. 81-82.
- MALTMAN, A. (1996): *Geological maps: An Introduction*. John Wiley & Sons, Chichester, 260 págs.
- MALLADA PUEYO, L. (1878): *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, 439 págs.
- MALLADA PUEYO, L. (1897): «Los progresos de la Geología en España durante el siglo XIX», en *Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en la recepción pública del Sr. D. Lucas Mallada y Pueyo el día 29 de Junio de 1897*. Madrid, 89 págs.
- MARTÍN DONAIRE, F. (1873): *Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, 128 págs.
- MARTÍN DONAIRE, F. (1879): *Descripción física y geológica de la provincia de Ávila*. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, 297 págs.
- MINISTERIO DE FOMENTO (1873): *Decreto é instrucción para llevar á cabo el estudio y trazado del Mapa Geológico de España*. Tip. del Colegio Nacional de Sordo-Mudos y de Ciegos, Madrid, 21 págs.
- MURO, J. I.; NADAL, F.; URTEAGA, L. (1996): *Geografía, estadística y catastro en España, 1856-1870*. Serbal, Barcelona, 275 págs.
- NARANJO GARZA, F. (1841): «Reseña geognóstica y minera de una parte de la provincia de Burgos». *Anales de Minas*, págs. 93-115.
- OBERMAIER, H.; CARANDELL, L. (1926): *Sierra de Guadarrama*. Instituto Geológico de España, Madrid, 46 págs.

- PARRA DEL RÍO, M. D. (1993): *Los «Planos Geognósticos de los Alpes, la Suiza y el Tirol» de Carlos de Gimbernat*. Doce Calles, Aranjuez, 383 págs.
- PRADO, C. de (1852): «Notes sur les blocs erratiques de la chaîne cantabrique». *Bulletin de la Société Géologique de France*, págs. 171-175.
- PRADO, C. de (1857): *Mapa geológico estratigráfico de las montañas de la Provincia de Palencia*. Comisión de Estadística General del Reino, Madrid.
- PRADO, C. de (1861): «Mapa geológico de España». *Revista Minera*, págs. 161-169.
- PRADO, C. de (1863): «Sobre la adopción de voces nuevas en geología». *Revista Minera*, págs. 3-9.
- PRADO, C. de (1864): *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta General de Estadística, Madrid, 219 págs.
- RAPPORT de la Section espagnole de la sous-commission Lusitano-Hispanica pour le coloris des cartes géologiques* (1881). Imp. de Gregoire Juste, Madrid, 16 págs.
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L. R. (2000): «Los mapas geológicos producidos por el Instituto Técnico Geo-minero de España: Evolución, actualidad y futuro». *Boletín Geológico y Minero*, vol. 11 (nº especial), págs. 15-36.
- SCHULZ, G. (1832 [1992]): *Cuadernos de campo*. Castro, Sada (La Coruña), 189 y 210 págs.
- SCHULZ, G. (1835 [1930]): *Descripción geognóstica del Reino de Galicia, acompañada de un mapa petrográfico de este país*. 2ª ed. Gráficas Reunidas, Madrid, págs. 138-176.
- SCHULZ, G. (1855): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1853 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Aguado Imp., Madrid, 77 págs.
- SCHULZ, G. (1856): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1854 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Aguado Imp., Madrid, 39 págs.
- SCHULZ, G. (1858 a): *Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1855 por las diferentes secciones de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino*. Imp. Real, Madrid, 149 págs.
- SCHULZ, G. (1858 b): *Descripción geológica de la provincia de Oviedo*. Imp. de don José González, Madrid, 138 págs.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1983): «Los más antiguos mapas geológicos de España». *Mundo Científico*, nº 23, págs. 252-262.
- SULLIVAN, W.; O'REILLY, J. (1863): *Notes on the geology and mineralogy of the Spanish provinces of Santander and Madrid*. Williams and Norgate, London, 196 págs.
- URTEAGA, L. (1988): «Lucas Mallada y la Comisión del Mapa Geológico». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, págs. 213-231.
- VIAL DE KERDEC, A. (1907): *Guía práctica del experto minero*. Bailly-Baillière é Hijos, Madrid.
- VILANOVA PIERA, J. (1861): *Manual de geología aplicada a la agricultura y a las artes industriales*. II, tomo 2º, Imp. Nacional, Madrid, 742 págs.
- VILANOVA PIERA, J. (1878): *Tratado de geología*. Montaner y Simón, Barcelona, 227 págs.
- VILANOVA PIERA, J. (1882): «Conferencia sobre los congresos científicos en general y sobre el geográfico de Venecia y el geológico de Bolonia». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, págs. 393-412.
- VIRGILI, C. (2003): *El fin de los mitos geológicos: Lyell*. Nivola, Madrid. 318 págs.
- WILLKOMM, H. M. (1852): *Die Strand- und Sttepengebiete der Iberischen Halbinsel und deren Vegetation*. Friedrich Fleischer, Leipzig, 270 págs.
- WINCHESTER, S. (2001): *The Map that changed the World: William Smith and the Birth of Modern Geology*. Harper Collins, New York, 352 págs.