

LA EVOLUCIÓN DE LA GEOLOGÍA EN MÉXICO (~1500-1929)

Zoltan de Cserna*

RESUMEN

La evolución de la geología como una ciencia natural en México y su repercusión sobre las diferentes actividades utilitarias en el país durante casi cuatro siglos, pueden analizarse en dos períodos mayores, establecidos arbitrariamente: uno antes y el otro después de Charles Lyell.

Los datos provenientes de la época de la Conquista tienden a indicar que la población indígena no cultivaba la geología (*sensu lato*) y que los españoles recién llegados, si bien tuvieron éxito en el descubrimiento de importantes yacimientos minerales, esto lo lograron con base en la prospección empírica. Los viajeros y naturalistas europeos, mediante las observaciones y experiencias logradas en el Nuevo Mundo, describieron minerales, fósiles, temblores y volcanes e, incluso, uno de ellos adelantó la hipótesis acerca de la conexión antañona de Europa, Asia, África y América —varios siglos antes de que se hablara de Pangea, de la deriva continental y de la tectónica de placas.

Fue durante ese período anterior a Lyell cuando, con base en la correcta apreciación geomorfológica de la Cuenca de México, se logró su desagüe artificial; ésta fue la primera obra geológica aplicada a la ingeniería civil, o geotécnica, de esta naturaleza en toda América del Norte. No merece menos reconocimiento la explicación geológicamente congruente de las terrazas costeras elevadas de la península de Baja California, hecha por Miguel del Barco, más de medio siglo antes de que Charles Darwin hiciera observaciones semejantes sobre la costa meridional de Chile.

La culminación del período anterior a Lyell fue marcada con la apertura del Real Seminario de Minería y con la llegada de la influencia de Abraham Gottlob Werner a la geología de México, a través de sus distinguidos discípulos Andrés Manuel del Río y Alexander von Humboldt, aunque éste con una estancia corta. Frutos de esta influencia en la geología en México fueron la publicación del primer texto de geología en español, que posiblemente haya sido el primer texto de geología de toda América del Norte, el célebre *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle Espagne*, el primer mapa geológico de la parte central de México y los estudios de la región de Zacatecas-Guanajuato.

La transición en México de la geología werneriana a la huttoniana para llegar al período posterior a Lyell fue sumamente lenta, debido, en gran parte, a los problemas políticos, sociales y económicos que estaban sacudiendo al país, a la falta de comprensión por parte de los países capitalistas fuertes o de la iglesia —o a que la solución de los problemas de México no fuera conveniente a sus intereses. No obstante, en las investigaciones llevadas a cabo por científicos mexicanos y extranjeros, paulatinamente se empezó a identificar las unidades estratigráficas, con base en su contenido de fósiles característicos. Durante esta transición, la "nueva" estratigrafía comenzó a tambalear los cimientos wernerianos de la ciencia de los yacimientos minerales, que, a su vez, motivó a los ingenieros de minas y geólogos a buscar nuevas explicaciones para la metalogenia. En estos quehaceres, las tres personas mexicanas más destacadas fueron Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena, mientras que las contribuciones extranjeras más importantes fueron las de H. Nyst, H. G. Galeotti, A. Dollfus, E. de Montserrat, P. Pavie, J. Hall, J. P. Kimball y W. M. Gabb. La culminación de esta transición fue el establecimiento de la Comisión Geológica por el Gobierno Federal, a raíz, fundamentalmente, de la perseverancia de Antonio del Castillo, con la publicación de la primera carta geológica de México. Sin embargo, no se estableció en aquel entonces la carrera universitaria de geólogo, lo cual produjo un vacío de casi medio siglo en el país en cuanto a la geología, o bien la dependencia de las investigaciones geológicas en México por geólogos extranjeros.

El período posterior a Lyell tuvo un comienzo espectacular en México. La Comisión Geológica se transformó en el organismo geológico federal del país, el Instituto Geológico de México, integrado por ingenieros de minas mexicanos, entusiastas y con extraordinaria sensibilidad hacia la geología, y por algunos geólogos europeos de competencia científica probada. Con este equipo humano y con la infraestructura adecuada, una gran cantidad de estudios geológicos fue llevada a cabo en las diversas disciplinas de esta ciencia, abarcando áreas a lo ancho y a lo largo del país. Estos estudios, a la vez, permitieron mostrar la geología de México a los delegados de todas partes del mundo durante la 10ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en México en 1906. Cabe destacar, sin embargo, que se omitió, como una de las tareas fundamentales, el levantamiento geológico sistemático del país, cuya falta aún se siente a finales del siglo XX.

Con el creciente interés internacional por el petróleo a principios de este siglo, pese a los intentos esforzados por parte de geólogos extranjeros, se logró la localización del primer pozo petrolero de producción comercial en el país en 1904 por Ezequiel Ordóñez, entonces subdirector del Instituto Geológico de México.

Para principios de este siglo, la geología, tal y como es concebida hoy, estaba en plena marcha en México. Las numerosas publicaciones del Instituto Geológico de México, tanto en geología pura como aplicada, vinieron a mostrar los avances del conocimiento geológico del país, a pesar de las dificultades creadas por las condiciones políticas y económicas que sacudieron a México casi hasta finales de la tercera década del presente siglo.

Palabras clave: historia de la geología, México.

*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, D. F.

ABSTRACT

The evolution of the geology as a natural science in Mexico and its bearing upon the different utilitarian activities in the country during almost four centuries, may be analysed in two major arbitrarily established periods; one before and the other after Charles Lyell.

Information from the epoch of the Conquest tends to indicate that the native inhabitants did not cultivate the geology (*sensu lato*) and that the recently arrived Spaniards, although were successful in discovering important mineral deposits, they succeeded through empirical prospecting. European travelers and naturalists, on the basis of their observations and experiences in the New World, described minerals, fossils, earthquakes and volcanoes, and one of them even proposed the hypothesis regarding the former connection of Europe, Asia, Africa and America —several centuries before one would speak about Pangea, continental drift and plate tectonics.

It was during this pre-Lyellian period when, on the basis of the correct geomorphological assessment of the Basin of Mexico, its draining through an artificial outlet was achieved, which constituted the first engineering geological project of this nature in entire North America. No less acknowledgement deserves the geologically congruent explanation of the elevated coastal terraces of the Baja California Peninsula by Miguel del Barco, made a half of a century before Charles Darwin would make similar observations along the southern coast of Chile.

The climax of the pre-Lyellian period was the opening of the Real Seminario de Minería (Royal School of Mines) in Mexico City with the arrival of the influence of Abraham Gottlob Werner on the geology in Mexico through his distinguished students Andrés Manuel del Río and Alexander von Humboldt, the last one with a rather short sojourn. The products of this influence on the geology in Mexico were the publication of the first geology text in Spanish, which possibly was the first geology text in North America, of the famous *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle Espagne*, of the first geologic map of central Mexico, and of the geological studies of the Zacatecas-Guanajuato region.

The transition from the Wernerian to the Huttonian geology in Mexico to arrive to the post-Lyellian period was very slow. This slowness was due in great measure to the political, social and economic problems that affected Mexico, to the lack of understanding by the capitalist countries or by the Catholic Church —or the solution of Mexico's problems was not convenient to their interests. Notwithstanding, research carried out by Mexican and foreign scientists began to result in the identifying of stratigraphic units on the basis of their fossil content. During this transition, the "new" stratigraphy began to shake the Wernerian foundations of the science of mineral deposits, which, in turn, motivated the search for new explanations for metallogeny. In these endeavours, the three most prominent Mexicans were Antonio del Castillo, Santiago Ramírez and Mariano Bárcena, while the most important foreign contributions came from H. Nyst, H. G. Galeotti, A. Dollfus, E. de Montserat, P. Pavie, J. Hall, J. P. Kimball and W. M. Gabb. The climax of this transition was the establishing of the Comisión Geológica by the Federal Government, as a result of the steadfast pursuit of Antonio del Castillo with the publication of the first geologic map of Mexico. However, to great regret, no geology training was established at that time at university level and, as a result, a vacuum was created for about a half of a century insofar as geology is concerned, or a dependence of the geological research in Mexico by foreign geologists.

The post-Lyellian period had a spectacular start in Mexico. The Comisión Geológica was transformed into the federal geological agency of the country, the Instituto Geológico de México, staffed with enthusiastic Mexican mining engineers with an extraordinary sensibility toward geology, and with a few European experienced geologists. With this team and adequate infrastructure, a great quantity of geological studies was made in the different disciplines of this science, covering areas all over the country. These studies, in turn, allowed to show the geology of Mexico to the delegates from all over the world during the 10th Session of the International Geological Congress, held in Mexico in 1906. It should be mentioned, however, that no provisions were made for the systematic geological mapping of the country, whose lack is still apparent at the end of the 20th century.

With the growing international interest for oil at the beginning of this century, in spite of the desperate intents of foreign geologists, the first commercially productive oil well was located in Mexico in 1904 by Ezequiel Ordóñez, at that time Assistant Director of Instituto Geológico de México.

By the beginning of this century, geology as it is practiced today was in full swing in Mexico. The numerous publications of Instituto Geológico de México, both in pure and applied geology, showed the progress in the geological knowledge of the country, in spite of the difficulties that were created by political and economic conditions that affected Mexico almost until the end of the third decade of this century.

Key words: history of geology, Mexico.

INTRODUCCION

Con el presente ensayo se pretende proporcionar un panorama de la evolución de la geología en México, como una ciencia y como una profesión. Al iniciar esta discusión, es preciso recalcar al lector que el comienzo de la geología, tal como la entendemos hoy, coincide aproximadamente con la Revolución Industrial hacia mediados del siglo XIX, básicamente en Inglaterra. Al mismo tiempo, el lector también debe estar

consciente del hecho de que las partes meridionales de América del Norte fueron conquistadas por los españoles, mientras que el resto del continente principalmente por anglosajones y, sólo en menor grado, por franceses. Como resultado, existieron diferencias fundamentales entre las conquistas española y anglosajona y los periodos de colonización que siguieron. Por lo tanto, no es sorprendente que haya habido una "permeabilidad" mayor hacia la geología en América del Norte anglosa-

jona que española, a pesar de que se pueda adjudicar a exploradores y gambusinos españoles el descubrimiento de centenares de yacimientos minerales, desde Chiapas hasta Alaska, incluyendo a Colorado, Nuevo México, California y Nevada.

Mientras que en la escuela de la geología europea del siglo XVIII, encabezada por Abraham Gottlob Werner, se relacionaba la minería con el desarrollo del punto de vista geológico neptunista, no sucedió así, por alguna razón, con los españoles, quienes, no obstante, fueron grandes expertos en minería. Tampoco se percibe esa relación en la escuela inglesa, cuya atención fue básicamente enfocada a lo que podríamos llamar "geología científica". Se considera que estas diferencias básicas se pueden detectar o apreciar bastante bien al repasar la evolución de la geología en México, en donde cada paso hacia adelante ha estado ligado, de una manera u otra, con las acciones del Gobierno, directa o indirectamente relacionadas con la geología aplicada a minería, energéticos o geotecnia.

Para los propósitos de este ensayo, se consideró conveniente abordar la geología en dos períodos principales, tomando como punto divisorio o de referencia a Charles Lyell, a quien la gran mayoría de los científicos considera como el padre de la geología moderna. Las numerosas ediciones de su *Principles of Geology* (la primera en 1830), ciertamente generaron los cambios más profundos en el pensamiento geológico, en forma semejante a lo que ocurrió con el *On the origin of species...* (en 1859) de Darwin en la biología.

EL PERÍODO ANTERIOR A LYELL

A pesar de que los datos anteriores a la Conquista muestran, sin lugar a dudas, que la población indígena que habitó en México cultivaba las disciplinas científicas de la astronomía, botánica, zoología, medicina y otras más (de Gortari, 1963), actualmente no se tiene indicios de que hubiera ocurrido lo mismo en cuanto a la geología. No obstante, los registros señalan que la actividad minera sí existió en ese período, ya que los aztecas, que dominaron a otros pueblos indígenas, recibían tributos en plata y estaño (Clavijero, 1844; Ramírez, 1884). Existen datos que indican que el plomo se obtuvo de las minas de la región de Zimapán, hoy en el Estado de Hidalgo (Arsandaux y Rivet, 1921), el mercurio fue ampliamente explotado en la región de El Soyatal de la Sierra de Querétaro (Langenscheidt *et al.*, 1970; Correa-Etcheagaray *et al.*, 1973) y el cobre en Tierra Caliente de Guerrero y Michoacán (Heindrichs, 1945). Antes de que se llegase a consolidar o concluir la Conquista de Nueva España, en 1542, que incluía a Yucatán, los españoles iniciaron las actividades mineras en Taxco en 1522* (Wittich *et al.*, 1978; Enciso de la Vega, 1980), en 1528 en Pachuca (Probert, 1963) y en Mazapil en 1530 (Wittich *et al.*, 1978; Enciso de la Vega, 1980), y la explotación de las minas ricas se extendió rápidamente en todo México. Se dispone, sin embargo, sólo de pocos registros de los cuales se pudiera hacer inferencias en cuanto al contexto geológico de los yacimientos o de la región en general.

*Es difícil establecer con precisión las fechas, ya que, por ejemplo, Bargalló (1955) señaló el año de 1534 para el inicio de las actividades en Taxco, y Wittich y colaboradores (1978) y Enciso de la Vega (1980) el año de 1524 para las de Pachuca. Por otra parte, la conquista de Nueva Galicia, por Nuño de Guzmán, concluyó hasta 1531, por lo que el inicio de las actividades mineras en Mazapil en 1530 podría considerarse como fecha inexacta.

El trabajo de López de Gómara (1922-1923), quien publicó su *Historia general de las Indias* cerca de 1550, contiene descripciones de la flora, fauna y minerales del Nuevo Mundo, pero, por orden real, se retiró de la circulación, prohibiéndose su venta o reimpresión (Aguilera, 1905, p. 28-29). Otra contribución al conocimiento de minerales, minas, temblores y volcanes del Nuevo Mundo fue, en esa época, la obra de Fernández de Oviedo (1851-1855), intitulada *Historia general y natural de las Indias*, que contiene también la hipótesis acerca de la conexión antaña de Europa, Asia, África y América —varios siglos antes de que se hablara de Pangea, de la deriva continental y de la tectónica de placas.

El Valle, o más correctamente, la Cuenca de México, sufría inundaciones prácticamente cada año, durante la época de las lluvias, que a veces produjeron grandes desastres. Como resultado, el Gobierno del Virreinato se preocupó cada vez más por este problema y consultó al respecto con la Corte de España. La solución del problema fue confiada a Heinrich Martin (nombre castellanizado a Enrico Martínez), nacido en Hamburgo cerca de 1560 y educado en España, quien fue enviado por el Rey a México en 1589 como Cosmógrafo Real e Intérprete del Santo Oficio. Martínez, con base en sus conocimientos de geografía, geología e ingeniería, reconoció la naturaleza endorreica de la cuenca que ocupa el Valle de México y diseñó un tajo junto a Nochistongo para drenar las aguas de las inundaciones a la cuenca hidrográfica del río Tula, que se encuentra al norte. En la excavación del tajo de Nochistongo participaron unas 15,000 personas (De Terra, 1955, p. 161); la obra se hizo en 168 días y entró en operación el 16 de mayo de 1608 (de Gortari, 1963, p. 223), constituyendo el primer proyecto geotécnico o de geología aplicada a obras de ingeniería civil desarrollado en México y, al mismo tiempo, el más antiguo de esta naturaleza hecho en América del Norte. No obstante que el proyecto en sí fue correctamente concebido, en aquel entonces no se contaba con registros de avenidas máximas que pudieran haber permitido establecer adecuadamente las dimensiones del tajo. Como resultado, el tajo no se dio abasto para las aguas de 1629 y durante cinco años la Ciudad de México estuvo inundada. Martínez, sin embargo, prosiguió con la ampliación de su obra que vino a surtir sus efectos positivos durante más de un siglo y medio.

Al principiar el siglo XVII, Antonio de Herrera (1601-1615) dio a conocer en su *Historia general de los hechos de los castellanos en las islas y tierra firme del mar océano* la presencia de grandes huesos fósiles de elefantes y mastodontes en Tlaxcala, México y Yucatán, algunos de los cuales Cortés envió al Rey de España durante los primeros años de la Conquista. En la *Historia del Nuevo Mundo*, por otra parte, Fray Bernabé Cobo (1695) presentó sus estudios de los fenómenos geológicos del Nuevo Mundo (Aguilera, 1905, p. 39).

Durante la primera mitad del siglo XVIII, Fray Juan de Torquemada (1723) describió minas, volcanes, temblores, manantiales termales y minerales en su *Los veinte i un libros rituales i monarchia indiana*, mientras que Pedro Alarcón en sus *Efemérides*, publicadas de 1724 a 1730, abordó los fenómenos sísmicos (Aguilera, 1905, p. 40).

Merece mención especial en cuanto a ese período de la geología anterior a Lyell, el trabajo del jesuita José Torrubia. En su *Apartado para la historia natural de España*, publicado en 1754, se refiere a fósiles y minerales recolectados por él en la Península Ibérica, el Nuevo Mundo y las Filipinas, como a

restos orgánicos y no a rarezas de la naturaleza como eran considerados entonces.

Las primeras observaciones geológicas modernas hechas y descritas de México se deben al misionero jesuita Miguel del Barco, quien vivió durante 30 años en la Baja California (1738-1768) y fue expulsado de México con otros jesuitas en 1768. Después de la salida poco honrosa de México, el padre Barco pasó el resto de su vida exiliado en Bologna, Italia, donde escribió sus *Correcciones y adiciones a la Historia o Noticia de la California en su primera edición de Madrid, año de 1757*, obra que no se publicó sino hasta 1973 pero que quedó debidamente conservada en la Biblioteca Nazionale Vittorio Emmanuele II, en Roma, con el registro Mss. 1413 y 1414 del Fondo Gesuitico (León-Portilla, 1973, p. vii). En su obra, el padre del Barco (1973, p. 145-151) presentó una magnífica reseña de las antañas costas elevadas y recubiertas por coquinas de la península de Baja California, dando una lógica y coherente explicación geológica en cuanto a su origen, más de medio siglo antes de que Darwin hiciera observaciones semejantes sobre la parte meridional de Chile en 1834 (Darwin, 1899, p. 40-42). Además, el padre del Barco (1973, p. 153-166) proporcionó descripciones sobre la distribución de minerales, salinas y rocas de la península.

De 1786 a 1795, Antonio de Alcedo publicó su *Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales o América*, describiendo de México minerales y temblores, mientras que aproximadamente en ese mismo tiempo, Luis José Proust publicó en el Volumen 1 de los *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia* sus descripciones de minerales de estaño, plata y cobre, así como de ámbar, todos provenientes de México (Aguilera, 1905, p. 41).

Para España, México fue de una importancia extraordinaria por su producción de plata. Con objeto de asegurar el manejo y explotación adecuados de las minas y las exploraciones, en 1792 se estableció en la Ciudad de México, el *Real Seminario de Minería* (Bargalló, 1955, p. 320). El Rey nombró a Andrés Manuel del Río (Figura 1), oriundo de Madrid, Profesor de Mineralogía en este centro de estudios. Del Río obtuvo su formación en química en la Real Academia de Almadén en España y, posteriormente, fue becado a Freiberg, Sajonia, donde estudió en la *Königliche Bergakademie*, recibiendo el adontrinamiento neptunista del famoso Abraham Gottlob Werner, siendo sus condiscípulos hombres tan ilustres como Alexander von Humboldt y Leopold von Buch. Del Río vivió en México de 1794 a 1829, y de 1835 hasta su muerte, en 1849, habiendo obtenido la nacionalidad mexicana.

Su cátedra de Mineralogía fue inaugurada el 27 de abril de 1795 (Aguilera, 1905, p. 43) en la que se utilizó como texto la primera parte de su obra *Elementos de Orictognosia** (Figura 2), que fue publicado en México en 1795. Como maestro en México, del Río básicamente transmitió a sus alumnos la geología neptunista o werneriana, no obstante que sus intereses reales eran la mineralogía y la química mineral. En 1801, mientras analizaba muestras de mena de plomo provenientes de las minas de la región de Cardonal, Hidalgo, encontró una nueva

*"Oryktognosie", propuesta por Werner, que pudiera corresponder a "mineralogía para identificación" o "mineralogía práctica"; fue de valor especial para las personas que estaban involucradas en la minería. Orictognosia no incluía los aspectos teóricos y matemáticos de la mineralogía como se entiende en la actualidad (Adams, 1938, p. 216).



Figura 1.- Andrés Manuel del Río (1764-1849).

**ELEMENTOS
DE ORICTOGNOSIA,
Ó DEL CONOCIMIENTO DE LOS FÓSILES,
DISPUESTOS,
SEGUN LOS PRINCIPIOS DE A. G. WERNER,
PARA EL USO
DEL REAL SEMINARIO
DE MINERÍA DE MÉXICO,
POR DON ANDRÉS MANUEL DEL RÍO
Catedrático por S. M. de Mineralogía del mismo, Socio
honorario de la Sociedad económica de Leipsic y de otras
extrangeras, y Correspondiente de la Real Academia
Médica Matritense.
PRIMERA PARTE,
QUE COMPREHENDE
LAS TIERRAS, PIEDRAS Y SALES
CON SUPERIOR PERMISO.**

IMPRESOS EN MÉXICO: POR DON MARIANO JOSEPH DE ZÚ-
NIGA Y ONTIVEROS, CALLE DEL ESPÍRITU SANTO,
AÑO DE 1795.

Figura 2.- Portada del primer tomo de *Elementos de Orictognosia*, de A. M. del Río, publicado en México en 1795.

sustancia metálica que primeramente llamó *panchromio* y posteriormente *eritronio*; su descubrimiento fue publicado en los *Anales de Ciencias Naturales de Madrid* (de Gortari, 1963 p. 257). En 1830, Sefstrom, en Suecia, redescubrió lo que del Río llamó eritronio, denominándolo vanadio. Este hecho desanimó a tal grado a del Río que abandonó sus estudios relacionados con el eritronio. Lamentablemente, hechos comparables con el ocurrido a del Río suelen suceder a casi dos siglos de distancia entre los ámbitos científicos de los países industrializados y económicamente poderosos y los de los no o poco industrializados y pobres.

Al fungir de abril de 1803 hasta enero de 1804, como anfitrión en México de su discípulo de Freiberg, Alejandro de Humboldt, del Río no sólo invitó a su ilustre huésped a dictar clases en el Real Seminario de Minería, sino también a contribuir con un capítulo sobre sus puntos de vista geológicos a la segunda parte de sus *Elementos de Oricognosia* (Figura 3), la cual se publicó en 1805, también en la Ciudad de México. Este libro constituye el primer libro de texto de geología en la lengua española de las Américas (De Terra, 1955, p. 157*). Amerita, aquí, mención especial la parte que fue escrita por del Río (1805, p. 152) y que se refiere al basalto, donde su autor claramente concluye que esa roca *no es un sedimento marino*, en contradicción con el punto de vista de entonces de Humboldt, quien en 1803 presentó en París un trabajo en el que, de acuerdo con su formación neptunista, defendió la naturaleza de esa roca como un precipitado acuoso (Adams, 1938, p. 237).

Entre 1805 y 1809, del Río fue comisionado por el Gobierno del Virreinato para poner en operación la primera fundición de hierro y acería en México, ubicadas en Coalcomán, Michoacán, utilizando las menas de hierro en aquella región (Bargalló, 1955, p. 330). En 1829, cuando los españoles fueron expulsados de México, del Río partió a un exilio voluntario durante seis años en los Estados Unidos de América y vivió en Washington, Filadelfia y Boston.

Alejandro de Humboldt (1769-1859), quien también obtuvo su formación geológica en Freiberg, pasó aproximadamente un año en México (23 de marzo de 1803 - 7 de marzo de 1804). Durante este período, el gran naturalista llevó a cabo una gran cantidad de observaciones geológicas en el campo y en las minas, y sobre la geografía, arqueología, estadística, economía, etc., recopilando, además, la información existente en aquel entonces en los archivos del Gobierno del Virreinato. Mientras estuvo en la Ciudad de México, dictó clases de geología en el Real Seminario de Minería. Poco después de su retorno a Europa, en 1808, publicó en París su obra monumental intitulada *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle Espagne* (Figura 4), acompañada por mapas y secciones. Esta obra vino a proporcionar por vez primera información geológica básica sobre la Sierra Madre del Sur entre Acapulco y la Ciudad de México, sobre los distritos mineros de Taxco y Guanajuato, y sobre los volcanes del Nevado de Toluca y El Jorullo. El *Essai politique...* literalmente presentó un redescubrimiento de México, tanto para los mexicanos como para los europeos (de

*No puede establecerse con facilidad si este texto fue también el primero de geología que se publicó en América, incluyendo América del Norte anglo-sajona. Aparentemente, el primer texto de geología americano, publicado en el idioma inglés, fue el de Amos Eaton, cuya segunda edición fue publicada en 1818. El presente autor no pudo localizar dónde y cuándo fue publicada la primera edición.

**ELEMENTOS
DE ORICTOGNOSIA,
Ó DEL CONOCIMIENTO DE LOS FÓSILES,
DISPUESTOS,
SEGUN LOS PRINCIPIOS DE A. G. WÉRNER,
PARA EL USO
DEL REAL SEMINARIO
DE MINERÍA DE MÉXICO,
POR DON ANDRES MANUEL DEL RIO.
SEGUNDA PARTE,
QUE COMPREHENDE
COMBUSTIBLES, METALES Y ROCAS,
SEGUIDOS
DE LA INTRODUCCION A LA PASIGRAFÍA GEOLÓGICA
DEL SEÑOR BARON DE HUMBOLDT
INÉDITA HASTA AHORA CON TRES LÁMINAS.**

CON SUPERIOR PERMISO.

MÉXICO:

En la Imprenta de Don Mariano de Zúñiga y Ontiveros.
Año de 1805.

Figura 3.- Portada del segundo tomo de *Elementos de Oricognosia*, de A. M. del Río, publicado en México en 1805.

Gortari, 1963, p. 263) e impulsó los quehaceres científicos en México por los mexicanos y el flujo de investigadores europeos hacia México. En 1823 se publicó en París su *Essai geognostique sur le gisement des roches dans les deux hemispheres*, teniendo la intención de proporcionar un texto útil de las formaciones rocosas, de sus interrelaciones y afinidades trasatlánticas (De Terra, 1955, p. 263). No obstante que la concepción geológica de esta obra es eminentemente werneriana, ya muestra ciertas influencias huttonianas, además de los efectos de las observaciones hechas en México, en América del Sur y en el Vesuvio en cuanto a los fenómenos volcánicos. Sus observaciones geológicas hechas en México están mejor presentadas en esta obra que en su *Essai politique...* y están esclarecidas con información pertinente (Maldonado-Koerdell, 1952, p. 99-102). En su última obra, *Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, que originalmente fue publicada en cinco tomos en Stuttgart, de 1845 a 1862, y traducida a ocho idiomas, de Humboldt se refiere nuevamente a México en varias ocasiones, especialmente en el contexto de la distribución de los volcanes a través del país (*i.e.*, lo que actualmente se considera como la Zona Neovolcánica Transmexicana), atribuyéndolos a la manifestación superficial de una falla o zona de fractura mayor, con orientación E-W.

El inicio de los trabajos geológico-cartográficos en México debe atribuirse a Carlos de Berghes y Federico von Ge-

ESSAI POLITIQUE
SUR LE ROYAUME
DE
LA NOUVELLE ESPAGNE.

Ouvrage qui présente des recherches sur la géographie du Mexique, sur l'étendue de sa surface et sa division politique en intendances, sur l'aspect physique du sol, sur la population actuelle, l'état de l'agriculture, de l'industrie manufacturière et du commerce; sur les Canaux qui pourroient réunir la mer des Antilles au Grand Océan; sur les revenus de la couronne, la quantité de métaux qui a reflué du Mexique en Europe et en Asie, depuis la découverte du Nouveau Continent, et sur la défense militaire de la Nouvelle Espagne.

PAR ALEXANDRE DE HUMBOLDT.

AVEC UN ATLAS

PHYSIQUE ET GEOGRAPHIQUE, FONDÉ SUR DES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES, DES MESURES TRIGONOMETRIQUES ET DES NIVELLEMENS BAROMETRIQUES.

A PARIS,

CHEZ F. SCHOELL, LIBRAIRE, RUE DES POSSÉS - SAINT - GERMAIN - L'AUXERROIS, N^o. 29.
ET A TUBINGUE, CHEZ J. G. COTTA, LIBRAIRE.

1808.

Figura 4.- Portada de la edición original francesa del *Essai politique sobre el reino de la Nueva España*, de A. von Humboldt, publicado en París, en 1808.

rolt, quienes, siguiendo la recomendación hecha por de Humboldt, cerca de 1820 comenzaron a elaborar un mapa geológico de los principales distritos mineros del antiguo Estado de México, que hoy comprende partes de los estados de Guerrero, Hidalgo, México y Morelos (von Egloffstein, 1864, p. 4; Aguilera, 1905, p. 54). La versión original de este mapa con secciones fue publicada a colores en 1827 (de Berghes y von Gerolt, 1827), mientras que su texto explicativo, a través de de Humboldt, en los *Erdmann's Annalen der Erd Völker - und Staatenkunde*, en Berlín, en 1835 (von Egloffstein, *op. cit., loc. cit.*). Aparentemente, ninguna de estas dos publicaciones tuvo una distribución amplia en América, por lo que en 1864, von Egloffstein decidió publicarlas* en Nueva York a través de la casa editorial D. Appleton y Cía. y de esta manera ponerlas fácilmente a la disposición del público interesado en este lado del Atlántico (Figura 5).

Durante los años 1828 y 1829, uno de los mejores alumnos de del Rfo, José María Bustamante, trabajó en los distritos de Guanajuato y Zacatecas. En Guanajuato, describió la geología de este distrito con mayor detalle que de Humboldt y la de Zacatecas por primera vez. Debido a su temprana muerte, la *Descripción de la Serranía de Zacatecas* de Bustamante (1834) llegó a publicarse por el empeño de Carlos de Berghes en 1834 (Figura 6).

*En esta versión publicada, tanto el mapa geológico como las secciones, están reducidos con respecto a la escala de la publicación original.

CONTRIBUTIONS
TO THE
GEOLOGY AND THE PHYSICAL GEOGRAPHY
OF
MEXICO,
INCLUDING
A GEOLOGICAL AND TOPOGRAPHICAL MAP,
WITH PROFILES,
Of some of the principal Mining Districts;
TOGETHER WITH A GRAPHIC DESCRIPTION OF AN ASCENT
OF
THE VOLCANO POPOCATEPETL.

EDITED BY

BARON F. W. VON EGLOFFSTEIN.

NEW YORK:
D. APPLETON & COMPANY,
443 & 445 BROADWAY.
1864.

Figura 5.- Portada de la obra de F. W. von Egloffstein, que contiene los mapas topográfico y geológico del antiguo Estado de México, elaborados por C. de Berghes y F. von Gerolt cerca de 1820.

Joseph Burkart, geólogo e ingeniero de minas alemán, inspirado por la obra de de Humboldt, vino a México y pasó casi 10 años en nuestro país (1825-1834). Fue contratado por una empresa minera inglesa que tenía sus operaciones en los distritos mineros de Tlalpujahua y Zacatecas. Mientras estuvo en Guanajuato y Zacatecas, pudo utilizar libremente la información que le proporcionó Bustamante, la cual completó con sus propias observaciones. Hizo varios viajes de exploración a la parte centroseptentrional de México, incluyendo por el norte el distrito de Mazapil, por el sur la cuenca del río Balsas y por el poniente la costa del Estado de Nayarit. A su regreso a Alemania, terminó su obra *Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834* (Figura 7), publicándola en dos tomos en Stuttgart, en 1836. Esta obra contiene un mapa geológico a colores del distrito minero de Zacatecas y descripciones de la estratigrafía física (esencialmente werneriana) y la estructura de áreas mineralizadas del centro de México. Su mapa geológico del distrito de Tlalpujahua fue elaborado en 1828 y publicado en México a colores en 1866.

En parte como legado de la obra de de Humboldt, pero indudablemente como efecto de la conciencia nacional que se

DESCRIPCION
DE LA
SERRANIA de ZACATECAS
FORMADA
POR I. M. BUSTAMANTE
1828 Y 1829
Aumentada con los estudios hechos
en los años de 1829, 30,
* 31 y 32,
POR C. DE BERGHES,

Edición del Gobierno del Estado.

ZACATECAS.
Tip. Enr. Garcia, San Agustín, 21.
1905.

Figura 6.- Portada de la obra reeditada en 1905 de J. M. Bustamante sobre la Serranía de Zacatecas, originalmente publicada en 1834.

vino fortaleciendo en los diversos sectores de la sociedad mexicana, se sintió cada vez más el deseo de "hacer ciencia" en México. Una de las manifestaciones de este espíritu fue la fundación del *Instituto Nacional de Geografía y Estadística* el 18 de abril de 1833, el cual el 28 de abril de 1851 cambió su nombre por el de *Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. Esta agrupación científica mexicana constituye la sociedad geográfica más antigua de América y la tercera del mundo (Carrera-Stampa, 1956, p. 1). Su *Boletín*, que viene publicándose desde 1839, a su vez, constituye la publicación científica seriana más antigua de México y en sus páginas han aparecido publicadas importantes contribuciones a la geología mexicana, sobre todo durante el siglo XIX.

En 1835, del Río abandonó su exilio y regresó a México, reanudando sus cátedras de mineralogía y geología en el *Collegio Nacional de Minería* (en la nueva institución que vino transformándose del antaño Real Seminario de Minería, como una de las consecuencias naturales de la Guerra de Independencia). Al mismo tiempo, emprendió con Manuel Robles la elaboración del mapa geológico de la parte meridional del Istmo de Tehuantepec, como parte del primer proyecto del canal y ferrocarril interoceánicos. El mapa geológico, junto con el informe que lo acompaña, fue publicado como una memoria de *El Ateneo Mexicano* en 1844 (Trabulse, 1983, p. 192-193) y el mapa en sí parece haber sido el primer mapa geológico regional a colores que se publicó en México. En 1841, del Río publicó su *Manual de Geología* (Figura 8), el segundo texto de

geología que se publicó en México. En esta obra del Río extractó la *Lethea geognostica* de Bronn e incluyó descripciones geológicas breves de los distritos mineros principales de México que Burkart (1836) estudió.

El empeñoso minero y metalurgista francés Saint Clair Duport vivió en México desde 1826. En 1843, en París, publicó el libro intitulado *De la production des metaux precieux au Mexique, considerés en relation avec la géologie, la metallurgie et la politique economique*. Duport presenta un bosquejo bien redactado de la fisiografía y geología de México, junto con una descripción razonablemente sistemática de los distritos mineros importantes, incluyendo la parte occidental del Estado de Chihuahua. En términos generales, la información geológica presentada en esta publicación se basa en gran parte en los datos publicados por de Humboldt y Burkart; a pesar de esto, en aquel tiempo constituyó la obra de referencia básica sobre la geología y minería de México en el idioma francés (Maldonado-Koerdell, 1952, p. 106-108).

Resumiendo el curso evolutivo de la geología en México durante el período anterior a Lyell, se puede afirmar que las contribuciones fueron aisladas y provinieron de algunos misioneros u oficiales de la Corte de España con sensibilidad naturalista, quienes observaron fenómenos geológicos y los trataron de explicar lógicamente cuidando, sin embargo, las reglas impuestas por la Iglesia. Entre estas personas se destacaron López de Gómara, Fernández de Oviedo, José Torrubia y, sobre todo, Miguel del Barco. En este período se registra la aplicación del razonamiento geológico en conjunción con la ingeniería civil que se materializó en la primera obra de desagüe de la Cuenca de México, en 1608, concebida por Enrico Martínez y auspiciada por el Gobierno del Virreinato, la primera de esta envergadura en América. Al ser reconocida, cada vez más, la relación estrecha de los yacimientos minerales con la geología por la Escuela de Freiberg bajo el liderazgo de Werner, la Corte de España, consciente de su gran riqueza minera en México y preocupada por mantener su producción, se empeñó en establecer su Real Seminario de Minería en la Ciudad de México, dotándolo con el ilustre madrileño Andrés Manuel del Río como profesor de mineralogía, formado bajo la tutela de Werner en Freiberg, para que trasplantara a México los conocimientos adquiridos. Del Río logró esto respaldado por la visita de Alejandro de Humboldt y la geología comenzó a practicarse en México en relación estrecha con la minería.

LA TRANSICIÓN ANTES DE LYELL - DESPUÉS DE LYELL

La transición en México de la geología werneriana a la huttoniana para llegar al período posterior a Lyell fue sumamente lenta. Esa lentitud se debió, en gran parte, a los problemas políticos, sociales y económicos que estaban sacudiendo al país, debido a la falta de comprensión por parte de los países capitalistas fuertes o por parte de la Iglesia Católica—o a que la solución de los problemas de México no fuera conveniente a sus intereses. Como resultado, México tuvo su Guerra de Independencia (15 de septiembre de 1810 - 15 de noviembre de 1825), fue golpeado por la primera invasión francesa (diciembre de 1838 - marzo de 1839) y por la invasión estadounidense (mayo de 1846 - junio de 1849). El país tuvo que enfrentarse a la crisis económico-política creada por la administración de López de Santa Anna (1833-1835, 1839, 1841-1844, 1846-1847 y 1853-1855), la Guerra de Tres Años (1858-

Aufenthalt und Reisen

in

MEXICO

in den Jahren 1825 bis 1834.

Bemerkungen über Land, Produkte, Leben und Sitten der Einwohner und Beobachtungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Geognosie, Bergbaukunde, Meteorologie, Geographie etc.

von

Joseph Burkart,

Chef des Bergwesens, früher der Kompagnie von Tlalpujahua und später Jener von Bolanos für Veta grande, Mitglied der geologischen Gesellschaft in London und des geographisch-statistischen Instituts in Mexico.

Mit einem Vorworte

von

Dr. J. Nöggerath,

Königl. Preuss. Oberberggrath, ordentl. Professor der Mineralogie und Bergwerkwissenschaften an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.

Erster Band.

Mit Tafel I bis VI.



STUTTGART.

E. Schweizerbart's Verlagshandlung.

1836.

Aufenthalt und Reisen

in

MEXICO

in den Jahren 1825 bis 1834.

Bemerkungen über Land, Produkte, Leben und Sitten der Einwohner und Beobachtungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Geognosie, Bergbaukunde, Meteorologie, Geographie etc.

von

Joseph Burkart,

Chef des Bergwesens, früher der Kompagnie von Tlalpujahua und später Jener von Bolanos für Veta grande, Mitglied der geologischen Gesellschaft in London und des geographisch-statistischen Instituts in Mexico.

Mit einem Vorworte

von

Dr. J. Nöggerath,

Königl. Preuss. Oberberggrath, ordentl. Professor der Mineralogie und Bergwerkwissenschaften an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.

Zweiter Band.

Mit Tafel VII bis XI.



STUTTGART.

E. Schweizerbart's Verlagshandlung.

1836.

Figura 7.- Portadas de los dos tomos de la obra de J. Burkart, publicada en Stuttgart en 1836.

1861), la segunda invasión francesa (31 de octubre de 1861 - 19 de junio de 1867) y sortear el período de consolidación de la República que siguió. Si bien el conflicto de 1812 entre Estados Unidos de América e Inglaterra dejó huellas en el desarrollo científico del país vecino del norte (Hazen, 1974, p. 1832), los acontecimientos ocurridos en México definitivamente influyeron en forma adversa en las actividades geológicas, ya que éstas quedaron prácticamente confinadas al ámbito del *Colegio Nacional de Minería* y a unos cuantos exploradores extranjeros.

Durante la primera parte de la década de 1830, dos geólogos belgas, Henri Nyst y Henri G. Galeotti, recorrieron las partes centromeridional y centrooriental de México, estudiando las condiciones geológicas de algunos yacimientos minerales (Galeotti, 1838a, 1838b y 1838c), así como algunas formaciones marinas fosilíferas (Galeotti, 1839; Nyst y Galeotti, 1840). Las observaciones y publicaciones estratigráficas y paleontológicas de Galeotti y Nyst, que daban a conocer la existencia de rocas cretácicas en México, con base en su contenido fósil, marcan el inicio de la geología moderna en México (Aguilera, 1905, p. 56).

Fue Antonio del Castillo (1820-1895; Figura 9), oriundo de Huetamo, Michoacán, quien ocupó la cátedra de mineralogía y geología que del Río dejó vacante, a raíz de su muerte, en el Colegio Nacional de Minería (que posteriormente fue transformado en la *Escuela Nacional de Ingenieros*) y dirigió esta institución durante casi 15 años. A pesar de que del Castillo tenía la formación de ingeniero de minas, fue aparentemente influenciado por William Smith y Charles Lyell, especialmente años más tarde, ya que en sus enseñanzas y actividades en general puso mayor énfasis en la paleontología, estratigrafía y geología de campo que su predecesor del Río, llevando frecuentemente a sus alumnos en excursiones geológicas a diferentes partes de la República, recolectando material para la primera carta geológica de México (Carrera-Stampa, 1956).

Como resultado de la invasión estadounidense y la administración de López de Santa Anna, México perdió sus territorios septentrionales y se estableció una frontera nueva entre México y los Estados Unidos de América. El trazo de la nueva frontera internacional, conocido también como el Levantamiento Emory (1857), incluyó el estudio geológico de reconocimiento de una amplia región situada, en forma paralela, al norte y al sur de la nueva línea divisoria. Como resultado de

MANUAL DE GEOLOGIA,
EXTRACTADO
DE LA LETHAEA GEOGNÓSTICA DE BRONN,
CON LOS
ANIMALES Y VEGETALES PERDIDOS, Ó QUE YA NO EXISTEN, MAS CARACTERÍSTICOS DE CADA ROCA,
Y CON ALGUNAS APLICACIONES A LOS CRIADEROS DE ESTA REPUBLICA,
PARA USO DEL COLEGIO NACIONAL DE MINERIA,
Por el Ciudadano Andres Manuel del Río,
PROFESOR DE MINERALOGIA DEL MISMO.
Y SOCIO Y CORRESPONSAL DE ALGUNAS SOCIEDADES Y ACADEMIAS NACIONALES, Y DE VARIAS EXTRANJERAS.



MÉXICO.
IMPRESO POR IGNACIO CUMPLIDO, calle de los Rebeldes número 2.
1841.

Figura 8.- Portada del *Manual de Geología*, de A. M. del Río, publicado en México en 1841.



Figura 9.- Antonio del Castillo-Patiño (1820-1895).

este estudio, fueron hechas contribuciones importantes al conocimiento de la estratigrafía, la paleontología y la petrografía

de las partes septentrionales de México. Es la memoria (o informe) del Levantamiento Emory (*op. cit.*) que marca el inicio de los trabajos geológicos hechos en México por estadounidenses.

Durante los primeros años de la década de 1850, M. H. de Saussure (1858) visitó México y examinó las solfataras de la sierra de San Andrés en el Estado de Michoacán, mientras que durante la segunda invasión francesa, dentro de las actividades de la *Commission Scientifique au Mexique*, A. Dollfus, E. de Montserrat y P. Pavie vinieron a México para efectuar observaciones de varios volcanes y distritos mineros. A su regreso a Francia, publicaron sus informes, mapas y secciones en los *Archives* de esta Comisión en París, en 1867.

Al finalizar la década de 1860 e iniciar la de 1870, W. M. Gabb llevó a cabo estudios geológicos en la Baja California (Gabb, 1882), en el norte de Sonora y en Chihuahua, describiendo fósiles cretácicos y terciarios y presentando correlaciones estratigráficas basadas en evidencia paleontológica. En esa misma época, J. P. Kimball trabajó en la parte septentrional de Chihuahua y fue él quien clasificó correctamente las calizas que forman las sierras de esa región como cretácicas (Kimball, 1869), corrigiendo así las conclusiones de James Hall que fueron publicadas en la memoria del Levantamiento Emory (Aguilera, 1905, p. 61).

Durante ese período de transición, algunos gobiernos estatales de la República comenzaron a tener interés en la geología en relación con la producción minera. Fue así como quedó comisionado Trinidad Acuña por el gobernador de Zacatecas para estudiar el distrito minero de Mazapil, en el norte de dicho estado, quien en su informe aportó datos geológicos y mineralógicos de esa área (Acuña, 1877; Figura 10).

Entre los ingenieros mexicanos, además de Antonio del Castillo, hubo dos que se dedicaron de sobremano a la geo-

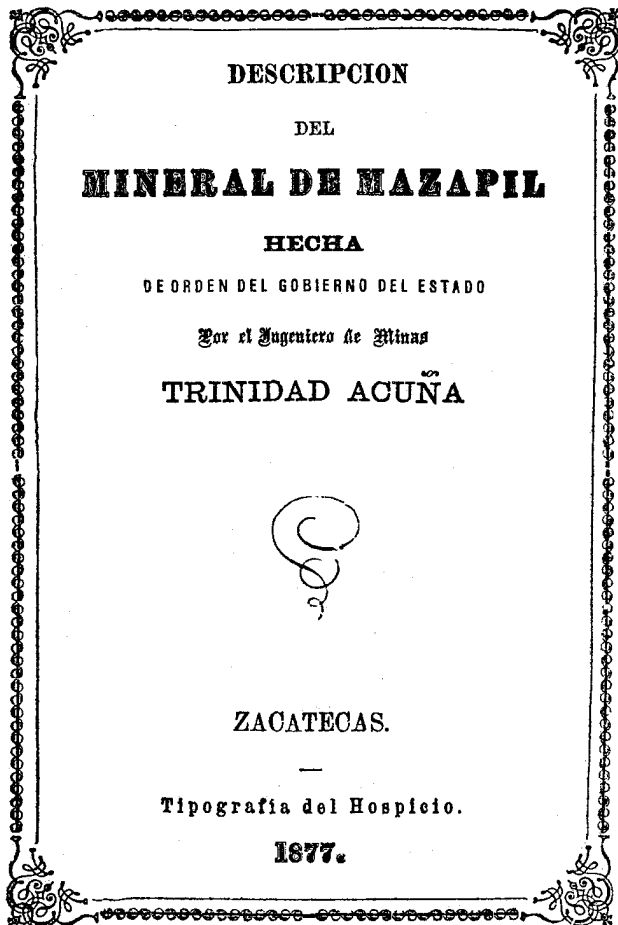


Figura 10.- Portada de la *Descripción del Mineral de Mazapil*, de T. Acuña, publicada en Zacatecas en 1877.

logía. Estos fueron Santiago Ramírez (1841-1922) y Mariano Bárcena (1842-1899). La orientación científica de Ramírez dentro de la geología fue hacia los yacimientos minerales y publicó numerosos artículos sobre la geología de éstos y su distribución, sobre yacimientos de carbón y un libro intitulado *Litología; introducción al estudio de las rocas*, que se editó en 1886. Además, Ramírez participó en la antigua *Comisión Geológica del Estado de México* (Aguilera, 1905, p. 62), la cual fue el primer servicio geológico estatal de la República. Bárcena, por otra parte, fue un naturalista y geólogo autodidacta, que publicó numerosos artículos sobre la geología de los estados de Aguascalientes, Hidalgo y su estado natal, Jalisco, incluyendo el primer mapa geológico de Guadalajara y región circundante. Sus contribuciones más importantes fueron: *Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos* (Bárcena y Castillo, 1875) y *Materiales para la formación de una obra de paleontología mexicana*, publicada en 1877, y constituyen el comienzo de investigaciones estratigráficas y paleontológicas en México hechas por mexicanos. Las publicaciones sobre temblores en Jalisco, sobre los volcanes el Ceboruco y de Colima (Figura 11) y sobre las obsidias de México, atestiguan la estatura científica polifacética de Bárce-

INFORME

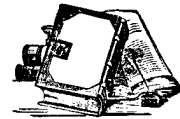
SOBRE EL

ESTADO ACTUAL DEL VOLCAN DE COLIMA

POR

MARIANO BÁRCENA,

Profesor de Geología
y Director del Observatorio Meteorológico
Central.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Calle de San Andrés núm. 15.

1887

Figura 11.- Portada de la obra de M. Bárcena sobre el Volcán de Colima, publicada en México en 1887.

na. Fue profesor de geología en la Escuela Nacional de Ingenieros, donde utilizó su libro *Tratado de Geología* como texto, que fue publicado en México, en 1886 (I.P.G.H., 1952, p. 115), y fue fundador y director del *Observatorio Meteorológico Central de México*, establecido en 1877.

Debido a que las rocas que describió Hall en el norte de México fueron reidentificadas por Kimball (1869) como cretácicas, los primeros estratos auténticamente paleozoicos de México fueron identificados en Chiapas, en 1883, por J. C. Manó, en el transcurso de un estudio geológico auspiciado por el gobierno de la República de Guatemala y que también cubrió partes limítrofes de México. Con este hallazgo, quedaron clasificadas las capas rojas sobreyacentes como "New Red Sandstone" (Aguilera, 1905, p. 66), las cuales, en la actualidad, en varios sitios del Estado de Chiapas, son consideradas como Formación Todos Santos.

Durante ese período de transición, debe mencionarse dos acontecimientos que tuvieron repercusiones positivas para la geología mexicana en los años posteriores. El primero corresponde al establecimiento de la *Comisión Geográfico-Exploradora*, en 1877, que entre sus tareas tuvo el levantamiento de la carta geográfica de la República, de la que algunas hojas topográficas fueron utilizadas en trabajos geológicos posteriores. El segundo se refiere a la fundación de la *Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, en 1884, entre cuyas disciplinas ya figuraba la geología y en cuyas *Memorias* y *Revista* aparecieron numerosos artículos geológicos, mineralógicos y geoquímicos (Figura 12).

La etapa culminante de este período de transición correspondió a los esfuerzos de Antonio del Castillo por ganar el apoyo del Gobierno Federal en favor de la geología. Siendo del Castillo miembro del Senado y amigo cercano del General Car-

Tomo 26.

Nos. 4.

MEMORIAS Y REVISTA

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

"Antonio Alzate"

publicadas bajo la dirección de

RAFAEL AGUILAR Y SANTILLÁN,

SECRETARIO GENERAL PERPETUO

SOMMAIRE.

(Mémoires, feuilles 14 à 19).

Biologie.—Sur la théorie amoebienne de la cellule, par le Prof. A. L. Herrera, p. 103-108, 2 pl. (En français). (*Prameboida teoria de Vcelo*).

Chimie agricole.—Résultats des analyses des terres arables, par le Dr. F. F. Villaseñor, p. 109-114. (*Resultatoj pri la analizoj de plugeblaj teroj*).

Géologie appliquée.—Géologie chimique des gisements de soufre de Mapimi, Etat de Durango, par M. J. D. Villavello, p. 115-145. (*Hemia Geologio de la sulfuroj de minoj de Mapimi*).

MEXICO

IMPRESA DEL GOBIERNO FEDERAL

(3ª CALLE DE REVILLAGIGEDO NÚM. 3).

Octubre 1907.

Publicación registrada como artículo de segunda clase en 12 de Febrero de 1907

Figura 12.- Portada de un número de las *Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*.

los Pacheco, Ministro de Fomento, Industria y Comercio, con gran interés en la minería, del gabinete de Porfirio Díaz, logró que este último emitiera un acuerdo, el 26 de marzo de 1886, autorizando la formación de la *Comisión Geológica*, bajo la dirección de del Castillo, cuya tarea fue la elaboración de un bosquejo geológico de México, junto con la carta geológica y minera del país (Santillán, 1940, p. 4), además de llevar a cabo investigaciones geológicas, mientras el Congreso de la Unión aprobaba el establecimiento del Instituto Geológico de México, el servicio geológico federal del país, en que esta Comisión se convertiría (Aguilera, 1905, p. 81). Lamentablemente, no se incluyó en estas tareas el levantamiento geológico sistemático del país, en el que se hubiera podido utilizar como base las hojas topográficas de la Comisión Geográfico-Exploradora, y se omitió así la creación de un soporte real para cualquier investigación geológica, carencia que aún existe en los albores del siglo XXI. La Comisión Geológica recién establecida fue una organización modesta en cuanto a su número de científicos y presupuesto. No obstante, durante dos años consecutivos logró efectuar una cantidad extraordinaria de estudios y observaciones, cuyos resultados comenzaron a aparecer publicados partir de 1889.

En resumen, el período de transición antes de Lyell - después de Lyell en México se distinguió por las investigaciones llevadas a cabo por científicos mexicanos y extranjeros, quienes paulatinamente empezaron a identificar las unidades estratigráficas con base en su contenido de fósiles característicos. Esta "nueva" estratigrafía, al mismo tiempo, comenzó a hacer tambalear los cimientos wernerianos de la ciencia de los yacimientos minerales que, a su vez, motivó a los ingenieros de minas y geólogos a buscar nuevas explicaciones para la metalogena.

EL PERÍODO POSTERIOR A LYELL

El 17 de diciembre de 1888, el Congreso de la Unión autorizó el decreto para la creación del *Instituto Geológico de México*, transformándose así la Comisión Geológica en la nueva institución, cuyo primer director, Antonio del Castillo, fungió como tal hasta su muerte, ocurrida en 1895. A raíz de la baja en el precio de la plata, el Gobierno Federal proporcionó sólo una parte de su presupuesto al Instituto y, como resultado, los primeros dos años de sus actividades estuvieron enfocados al trabajo relacionado con esa transición, a la terminación de los proyectos de investigación de la Comisión para publicación y a la planeación de las actividades futuras (Aguilera, 1905, p. 82). Aparecieron impresos varios folletos y mapas de la Comisión Geológica, tales como la primera carta geológica y minera de México, a la escala de 1:3'000,000, por del Castillo (1889a; Lámina 1), el mapa geológico del distrito de San Antonio-El Triunfo, Baja California (del Castillo, 1889b; Lámina 2) y el mapa geológico-petrográfico de la parte sudoccidental de la Cuenca de México (del Castillo y Ordóñez, 1893; Lámina 3).

El personal científico mexicano, integrado por Antonio del Castillo, José G. Aguilera, Ezequiel Ordóñez, Juan D. Villavello y Rafael F. Buelna, formó la columna vertebral del Instituto Geológico; tenían casi todos formación de ingeniero, pero fueron geólogos de devoción. Del Castillo y Aguilera sabiamente se dieron cuenta de que su equipo humano era demasiado pequeño para poder cumplir con los compromisos gubernamentales de la nueva institución, especialmente por la gran extensión territorial de la República. No obstante e infortunadamente, no se tomó providencias para implantar la educación geológica formal en México a nivel universitario y tampoco se logró comprender que la geología es una rama de las ciencias naturales y no una disciplina de la ingeniería.

A medida que los problemas presupuestales fueron disminuyendo, las actividades del Instituto Geológico fueron encaminadas en forma normal, a partir de 1891. Del Castillo, Aguilera y Ordóñez asistieron a la 5ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en Washington, llevando la representación oficial de México, y establecieron contactos personales con geólogos prominentes de todas partes del mundo.

La nueva institución, en 1895, comenzó la publicación de su serie *Boletín del Instituto Geológico de México*, de la cual 16 números quedaron impresos entre 1895 y 1903 (Figura 13). Estos primeros números del Boletín, que en términos generales, contienen estudios monográficos mayores, fueron dedicados a la descripción de la fauna del Jurásico Superior de la Sierra de Catorce, de la geografía física y la geología de Yucatán, de los datos y síntesis de la geología de México (Aguilera, 1896), del distrito argentífero de Pachuca-Real del Monte, del

BOLETIN
DE LA
COMISION GEOLÓGICA DE MÉXICO

NUM. 1

FAUNA FOSIL DE LA SIERRA DE CATORCE

SAN LUIS POTOSI

ANTONIO DEL CASTILLO

DIRECTOR DE LA COMISION

Y

JOSE G. AGUILERA

Geólogo Paleontologista



MÉXICO, D. F.

IMPRENTA DEL SAGRADO CORAZON DE JESUS
Calle de Méjeres, antigua Plaza del Volador.

1895

Figura 13.- Portada del primer número del *Boletín del Instituto Geológico de México*, publicado en 1895 como *Boletín de la Comisión Geológica de México*.

yacimiento ferrífero del Cerro del Mercado y de las rocas riolíticas de México.

Independientemente de que las investigaciones geológicas en México auspiciadas por el gobierno comenzaran hacia el final del siglo XIX, el interés de los científicos extranjeros por la geología de México continuó. Geólogos alemanes, franceses y americanos contribuyeron en forma trascendental durante ese período al adelanto de la geología mexicana.

Las contribuciones alemanas más importantes fueron las de Johannes Felix, Hans Lenk y Karl T. Sapper. Felix y Lenk pasaron casi dos años en México, de 1887 a 1888, y después de su regreso a Alemania publicaron sus *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico* en varias partes (Felix y Lenk, 1889-1899) presentando la descripción de los volcanes principales de la Zona Neovolcánica Transmexicana; de la geología, fósiles y petrografía de las rocas del Valle de México; y de la geología del Estado de Oaxaca, incluyendo el Jurásico de Tlaxiaco y el Neocomiano de las afueras de la ciudad de Oaxaca y, en detalle considerable, la petrografía del terreno cristalino precámbrico, presentando análisis químicos. Una parte de su obra monumental, elaborada por Georg Boehm, aporta una descripción excelente de rudistas cretácicos, mientras que otras versan sobre la tectónica regional, la zona de fractura mayor relacionada con los volcanes y las capas con *Nummulites* de México.

Durante esa época, Sapper estudió amplias extensiones de América Central, abarcando partes del sudoriente de México. Su obra: *La geografía física y geología de la península de Yucatán*, publicada en México (Sapper, 1896), junto con su *Ueber Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika* (Sapper, 1899) y su síntesis tectónica posterior intitulada *Grundzüge des Gebirgsbaus von Mittelamerika* (Sapper, 1905), complementaron el estudio previo de Angelo Heilprin (1891) y sentaron las bases firmes de la geología del sudoriente de México, las cuales, a su vez, fueron complementadas por el excelente estudio de Böse (1905) sobre la geología de Chiapas y Tabasco, que fue publicado en México.

Las contribuciones francesas de esa época consistieron en los estudios de G. H. Cotteau (1890) sobre equinoides cretácicos de diferentes partes de México, de Etienne A. Ritter (1895) sobre el campo volcánico de Tres Vírgenes y sobre la geología ígnea del macizo de Loreto, ambos en Baja California, y el estudio de Henri Douvillé (1900) sobre algunos rudistas de México.

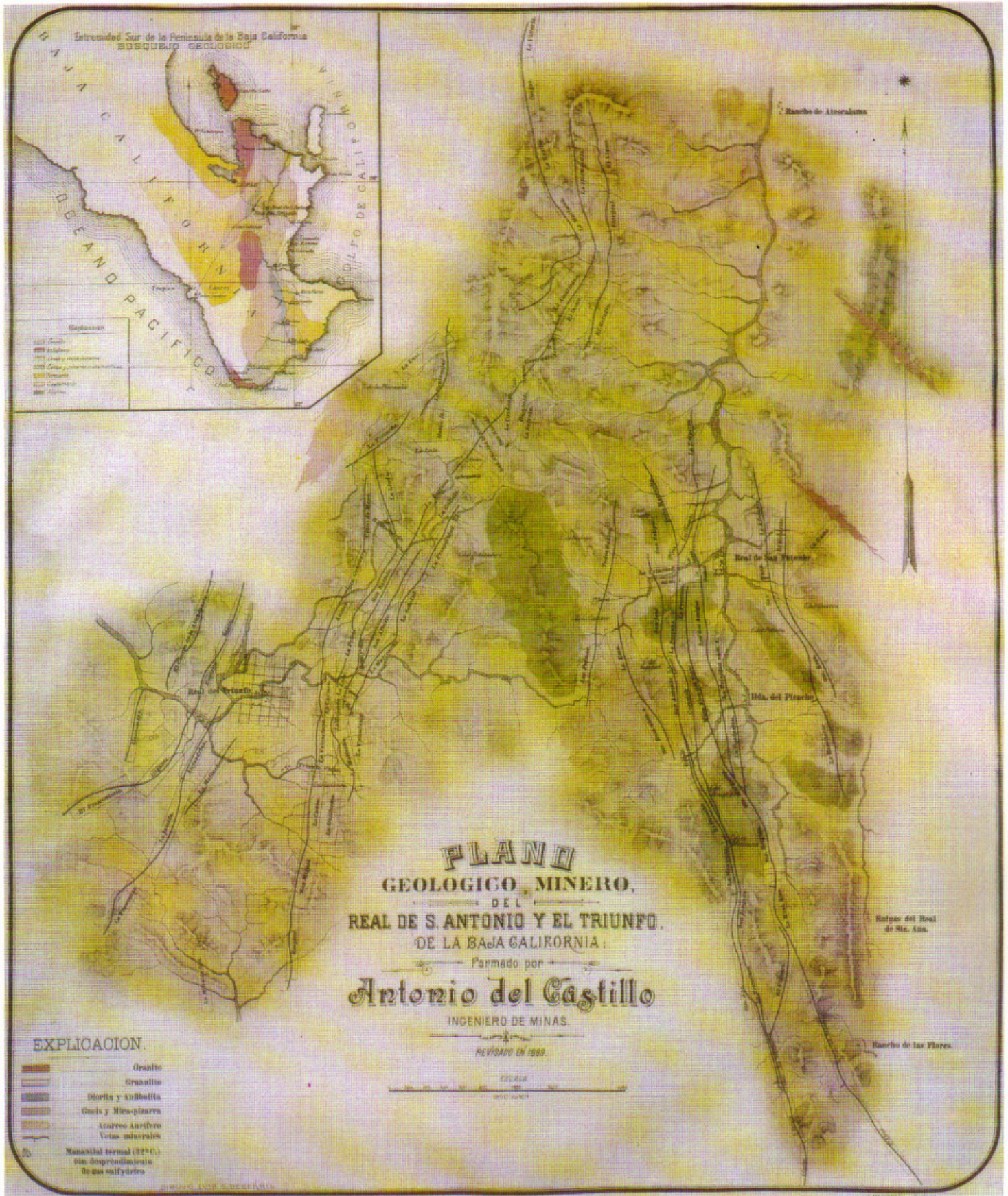
Hacia el final del siglo XIX, las contribuciones geológicas americanas se volvieron más numerosas en México, reflejando el despertar de los Estados Unidos de América hacia el potencial minero de México. Las publicaciones de Waldemar Lindgren (1888, 1890 y 1891), S.F. Emmons y G.P. Merrill (1894) y G.P. Merrill (1897) constituyen una información geológica básica de valor excepcional sobre la Baja California de ese tiempo, y actualizan el trabajo clásico de W.M. Gabb (1869). Esa información, a su vez, se complementó con los estudios de G. Eisen (1895, 1897 y 1900). En esa época, la geología ígnea del Estado de Durango fue investigada por O.C. Farrington (1904), mientras que la de las áreas mineralizadas de los estados de Chihuahua, Sinaloa y Sonora, por W.H. Weed (1902), suplementando así los estudios de E.T. Dumble (1892, 1900a y 1900b). Fue en ese tiempo cuando R.T. Hill (1893), a quien Schuchert llamó "Padre de la geología antillana", publicó su artículo clásico intitulado *The Cretaceous formations of Mexico and their relations to North American geographic development*.

Aguilera (Figura 14) y Ordóñez (Figura 15) asistieron a la 7ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en San Petersburgo en 1897, y también a la 8ª Sesión, celebrada en París en 1900. Estas reuniones internacionales fueron los lugares idóneos, no sólo para ponerse al día en cuanto a los avances científicos, sino también para establecer contactos personales. Además, estas ocasiones ofrecieron situaciones idóneas para entrevistar posibles candidatos para ocupar puestos de investigador en el Instituto Geológico de México, en aquellos campos de la geología que más se necesitaba cubrir. Estos problemas fueron tratados por Aguilera con el distinguido geólogo y paleontólogo alemán Karl von Zittel, quien recomendó ampliamente a Emil Böse (Figura 16), oriundo de Hamburgo, quien entonces era catedrático joven del Politécnico de Karlsruhe en Alemania. Böse fue inmediatamente contratado por el Instituto Geológico y vino a México en 1898 (Burckhardt y Waitz, 1928).

Durante la 9ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en Viena en 1903, la delegación oficial mexicana estuvo encabezada por Aguilera y fue él quien extendió la invitación del Gobierno de México para que se celebrara la 10ª Sesión del Congreso en México en 1906. Como resultado, se volvió aún más imperiosa la necesidad de reforzar el equipo



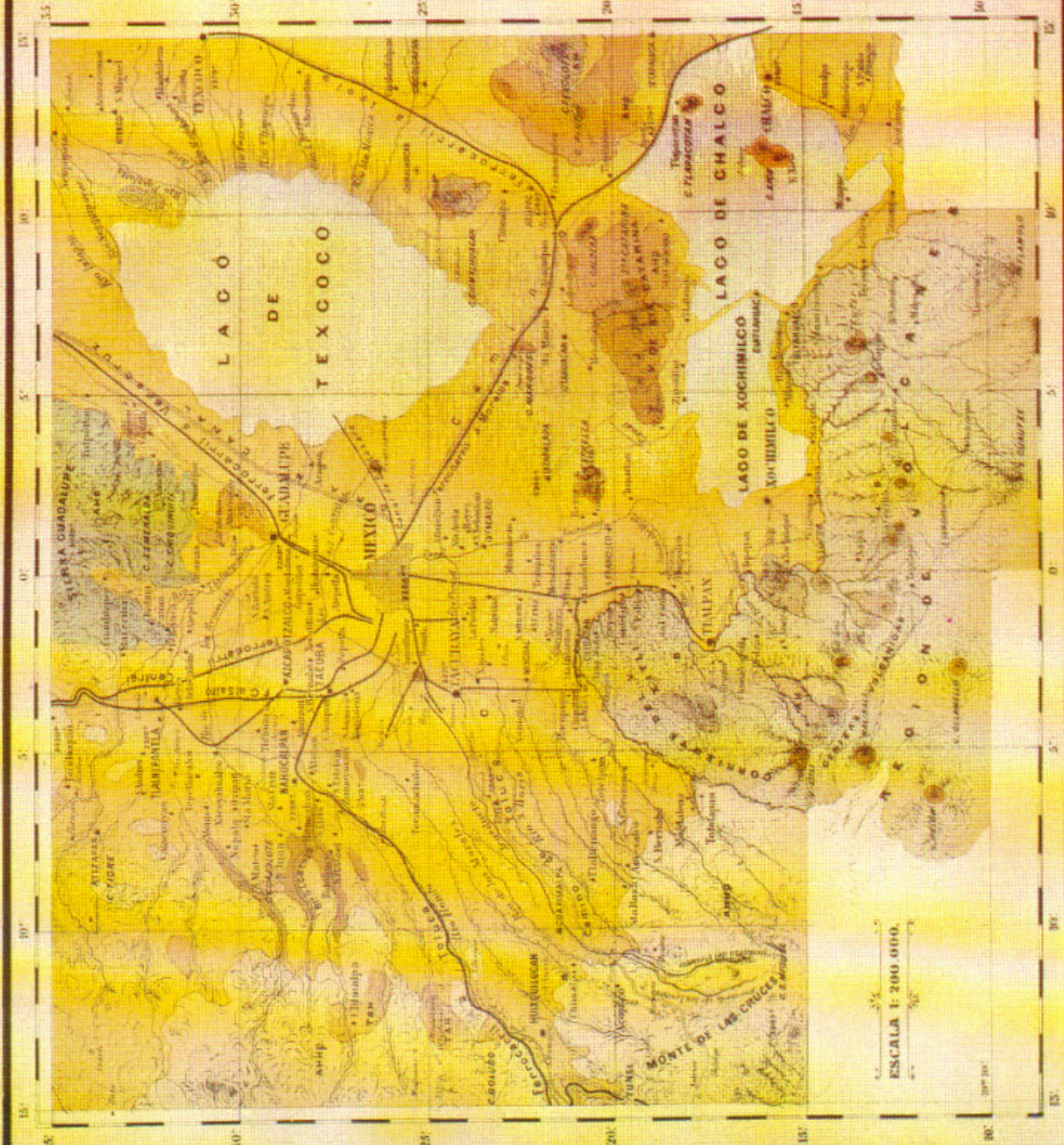
REPRODUCCIÓN DE LA PRIMERA CARTA GEOLÓGICA DE MÉXICO



REPRODUCCIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE SAN ANTONIO Y EL TRIUNFO, B. C. S.

COMISION GEOLOGICA MEXICANA

Nº 1. S.W. de la Cuenca de Mexico



- 1. Tronco de la barenca de S. Lorenzo
- 2. Toba infusibilis
- 3. Brech de pomas
- 4. Toba pomasu fina



- 1. Arenas horriblicas e hiperhlicas
- 2. Toba pomasu terciaria brecha de pomas
- 3. Toba cuaternaria con restos de Erythrae y T. pomas
- 4. Capas de la barenca de S. Lorenzo
- 5. Aluvión

PLANO GEOLOGICO
 PETROGRAFICO DE LA CUENCA DE MEXICO
 REGION S. W.
 Formado por Antonio del Castillo, Director de M.
 COMISION GEOLOGICA MEXICANA
 EZEQUEL ORDONEZ
 Colegio de la manana Comarag
 1893.



REPRODUCCIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA PARTE SUDOCCIDENTAL DE LA CUENCA DE MÉXICO



Figura 14.- José Guadalupe Aguilera-Serrano (1857-1941).



Figura 15.- Ezequiel Ordóñez-Aguilar (1867-1950).

científico del Instituto con investigadores calificados. En esa ocasión, Aguilera nuevamente pidió la colaboración de von Zittel, quien recomendó a Carl Burckhardt (Figura 17), oriundo de Basilea, Suiza, y quien obtuvo su formación académica en la Universidad de Basilea, en el Politécnico Federal de Zúrich y en la Universidad de Viena, de profesores tan distinguidos como Carl Schmidt, Albert Heim, Wilhelm Waagen y Eduard Suess. Así fue como Burckhardt quedó contratado y comenzó a trabajar en México en 1904 (Trauth, 1935). Al mismo tiempo, Aguilera y Ordóñez consultaron, también, al famoso petrógrafo Harry Rosenbusch en cuanto a un posible candidato para ocupar un puesto dedicado a la petrografía y geología ígnea en México. Rosenbusch recomendó al austríaco Paul Waitz (Figura 18), oriundo de Brixen, quien también fue

contratado por el Instituto Geológico a partir de 1904 (Arellano, 1963). Para dicho año, el Instituto Geológico de México tenía su equipo científico integrado, en orden alfabético, por las siguientes personas:

José G. Aguilera
Ernst Angermann
Emil Böse
Rafael F. Buelna
Carl Burckhardt
Teodoro Flores
Ramiro Robles
Andrés Villafaña
Juan D. Villarello
Paul Waitz
Ernst Wittich

No se ha podido establecer las circunstancias de la contratación de Angermann y Wittich, debido a que los archivos están incompletos, así como tampoco las de la del italiano Salvatore Scalia, quien colaboró durante un período corto con Burckhardt en su estudio del distrito minero de Zacatecas.

El compromiso internacional de México y, sobre todo, del Instituto Geológico, generó una actividad geológica en el país no vista antes.

Se preparó y publicó 31 libros-guía de excursión para esa ocasión (Figura 19), principalmente por personal del Instituto Geológico, tratando el Precámbrico de Oaxaca; el Triásico, Jurásico y Cretácico de diversas partes de México; la tectónica de la Sierra Madre Oriental, plegada y cabalgada; los yacimientos minerales de Guanajuato, Zacatecas, Mapimí, Parral y Concepción del Oro; los yacimientos de azufre de la Sierra de Banderas; y los depósitos de carbón del norte de Coahuila. Además, los libros-guía se refirieron también a los principales volcanes o áreas volcánicas de la Zona Neovolcánica Transmexicana, como son el Pico de Orizaba, el Nevado de Toluca, el de Colima y el Jorullo, o la región entre Pátzcuaro y Uruapan, donde 37 años después nació el volcán Parícutín. Se publicó también una serie de 10 mapas de escala 1:5'000,000, que incluyó la carta geológica de México, y mapas mostrando la distribución de diferentes tipos de minerales en el país (Ordóñez, 1946, p. 12). En esa ocasión, se distribuyó también la edición provisional de la Carta Geológica de Norte América, la llamada carta de Bailey Willis (1912), la cual resultó de la colaboración del Geological Survey of Canada, del U.S. Geological Survey y del Instituto Geológico de México. Se publicó también numerosos artículos en los *Comptes Rendus* de la sesión del Congreso sobre diferentes aspectos de la geología de México, habiendo sido de mayor relevancia la contribución de Aguilera sobre *Les volcans du Mexique dans leurs relations avec le relief et la tectonique generale du pays*.

Entre 1903 y 1906, seis números del Boletín del Instituto Geológico de México fueron publicados, que incluyeron la bibliografía geológica y minera de México y estudios monográficos sobre las faunas triásicas, jurásicas y cretácicas del país. Para facilitar la publicación de artículos más cortos, sin recurrir al *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, *La Naturaleza*, el *Boletín Minero*, o las *Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, en 1903 el Instituto Geológico comenzó a publicar su serie *Parergones*. En el año siguiente, 1904, se fundó la *Sociedad Geológica Mexicana*, cuyo *Boletín* comenzó a publicarse a partir de 1905.



Figura 16.- Emil Böse (1868-1927). Fotografía proporcionada gentilmente por el Dr. Keith Young.



Figura 17.- Carl Burckhardt (1869-1935).



Figura 18.- Paul Waitz (1876-1961).

A medida que las actividades geológicas en México tuvieron su despegue a través del Instituto Geológico de México con apoyo presupuestario favorable del gobierno a partir de 1901, y con un empuje decidido a partir de 1903 para los preparativos de la 10ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, los inversionistas ingleses y estadounidenses cada vez mostraron mayor interés en las posibilidades petrolíferas de México y comenzaron a adquirir terrenos y perforar, sin que esta actividad resultara en producción comercial. Esa actividad co-

GUIDE DES EXCURSIONS

DU

X^e CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

MEXICO

1906

(AVEC DE NOMBREUSES CARTES, PLANCHES ET GRAVURES)



MEXICO

IMPRIMERIE DU MINISTÈRE DE FOMENTO.

Betlemitas, numéro 8.

1906

Figura 19.- Portada de los libretos-guía de las excursiones de la 10ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en México en 1906.

menzó a preocupar al Gobierno Federal, por lo que deseaba contar con una visión clara en cuanto a las posibilidades petrolíferas de la Planicie Costera del Golfo, particularmente las de la región de Tampico-Tuxpan, conocida como la región de la Huasteca. Como resultado, el gobierno ordenó al Instituto Geológico investigar las condiciones geológicas de esa región y sus posibilidades petrolíferas y presentar el informe correspondiente.

En 1902, un informe fue presentado al gobierno, que consistió en tres partes. Una fue elaborada por Aguilera sobre la geología de la región de la Huasteca, la otra por Villarelo y la tercera por Ordóñez; estas dos últimas sobre las posibilidades petrolíferas. El informe de Villarelo fue poco favorable en cuanto a las posibilidades petrolíferas de esa región, mientras que el de Ordóñez decididamente favorable; de hecho, indebidamente favorable, según el juicio del gobierno, a los intereses de Edward L. Doheny (DeGoyler, 1952, p. 310). A pesar de estas diferencias en las opiniones, Doheny, quien estaba al borde de la bancarrota, llamó a Ordóñez como consultor y éste localizó el pozo Pez núm. 1 en la base de un cuello volcánico, que fue perforado y terminado el 3 de abril de 1904 con una profundidad total de 550 m y con producción inicial diaria de 1,500 barriles. Con esta fecha, este pozo vino a marcar el comienzo de la producción petrolera comercial en México, y a Ezequiel Ordóñez, entonces Subdirector del Instituto Geoló-

gico de México, se atribuye el honor de ser el descubridor de la producción comercial del petróleo en el país (DeGoyler, 1952, p. 311, fig. 8).

Ordóñez, sin lugar a dudas, fue un brillante geólogo y un auténtico caballero. A pesar de su discrepancia con su colega Villarello en el Instituto Geológico sobre las posibilidades petrolíferas de la región de la Huasteca, posición que fue apoyada por Aguilera, continuó sus labores con plena dedicación a la preparación del Congreso Geológico. Sin embargo, inmediatamente después del mismo, renunció a su puesto de subdirector y dejó el Instituto para dedicarse durante los 10 años siguientes a su profesión como geólogo consultor de la industria petrolera.

Las actividades del Instituto Geológico de México entre 1906 y 1910 se enfocaron a la terminación y publicación de proyectos de investigación que se habían iniciado antes del Congreso. Como resultado, durante el período comprendido entre 1907 y 1913, ocho números del Boletín y 23 números de Parergones fueron publicados, pese al inicio de la Revolución en 1910. Estas publicaciones incluyeron estudios monográficos sobre la flora del Jurásico Medio de Oaxaca, sobre las faunas del Jurásico Superior y del Cretácico del norte y del sur de México, sobre la geología de algunas regiones petrolíferas del país, sobre el estudio petrológico del área de Concepción del Oro, sobre la hidrogeología de las partes meridionales de la Cuenca de México y sobre el área que fue afectada por el temblor de Acambay en el Estado de México. Las contribuciones más cortas se refirieron a un espectro amplio de la geología mexicana, incluyendo mineralogía, petrología, sismicidad, yacimientos minerales, estratigrafía, geología petrolera, hidrogeología, volcanología y geología regional. De hecho, cabe destacar que una de las contribuciones más importantes que se publicó en Parergones se refiere a Baja California (Böse y Wittich, 1913), en la que se presenta, en forma contundente, la edad del emplazamiento de las rocas batolíticas de esa región como postcretácica media y precretácica tardía (santoniana), es decir, turoniana, casi medio siglo antes que esta edad fuese confirmada por métodos radiométricos. En ese trabajo, Böse y Wittich describieron también la secuencia volcanosedimentaria cretácica media, a la que más tarde se llamó conjunto (*assemblage*) eugeosinclinal o eugeoclinal.

Cabe mencionar, también, que durante ese época, se publicó siete volúmenes del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, destacando en ellos el de Burrows (1910) sobre la estratigrafía del norte de México y varios trabajos sobre diversos aspectos geológicos de la Sierra de Guanajuato y regiones colindantes. En esa misma época, motivados por intereses extranjeros, los yacimientos de hierro y carbón del sur de México fueron investigados también y, en este contexto, aportó información geológica muy valiosa la contribución de Birkinbine (1911) sobre la región de la Mixteca oaxaqueña.

Dentro del ámbito geológico, uno de los fenómenos geofísicos que se reconoció antiguamente fue la sismicidad relacionada estrechamente con el volcanismo. Tanto en México como en otras partes del mundo, los temblores han sido observados y descritos en relación con eventos volcánicos. Como consecuencia de la Segunda Conferencia Internacional sobre Sismología, celebrada en Estrasburgo en 1903, y donde Aguilera llevó la representación de México, se fundó la Asociación Internacional de Sismología, a la que México ingresó oficialmente en 1905. De acuerdo con el protocolo firmado en La

Haya en 1907, al año siguiente México estableció oficialmente su Servicio Sismológico Nacional, como parte del Instituto Geológico de México. Como resultado, el 5 de septiembre de 1910 entraron en operación la Estación Sismológica Central de Tacubaya y las estaciones de Oaxaca y Mazatlán, mientras que en febrero de 1911, la estación de Mérida; en junio de 1912, la de Guadalajara; en septiembre de 1912, la de Zacatecas; y en junio de 1913, la de Monterrey (Figuroa-Abarca, 1951). Entre 1903 y 1914, 11 estudios fueron publicados por el Instituto Geológico sobre la sismicidad en México, que incluyeron registros sísmicos y algunas interpretaciones tectónicas.

Simultáneamente al avance notable que se logró en México en el campo de la geología como ciencia durante la primera década de este siglo a través de los estudios y publicaciones del Instituto Geológico, se tuvo el desarrollo de actividades importantes, también en el país, en el campo de la geología petrolera, tanto en el Istmo de Tehuantepec como en la región de Tampico-Tuxpan. No obstante que la mayoría de los informes geológicos de esas actividades nunca se publicó de manera formal, sí aparecieron datos relevantes en el *Boletín del Petróleo* o formaron parte de informes inéditos que están enlistados en la *Bibliografía del petróleo en México*, publicada en 1927 por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México (I.P.G.H., 1953, p. 118). Durante esa época, en las partes septentrionales del Istmo de Tehuantepec trabajaron como consultores, aunque con poco éxito, A.F. Lucas (quien localizó el famoso pozo sobre el Domo de Spindletop en Texas), Sir Coverton Redwood, W.H. Dalton y L.V. Dalton. En cambio, en la región de Tampico-Tuxpan, donde los estudios geológicos fueron llevados a cabo por Ezequiel Ordóñez, E.L. DeGoyler, C.W. Hayes, C.W. Washburne, E.B. Hopkins, E.T. Dumble y W.F. Cummins, los resultados fueron de gran éxito, logrando básicamente delinear la Faja de Oro, donde las actividades durante la siguiente década consistieron esencialmente en trabajos de desarrollo (DeGoyler, 1952, p. 315).

Con la Revolución en marcha, las actividades exploratorias del Instituto Geológico de México se orientaron más hacia la geología aplicada que hacia la pura. De hecho, durante 1913, el Instituto recibió un aumento sustancial en su presupuesto para poder cumplir con su programa anual, orientado cada vez más hacia fines o metas económicas (Ordóñez, 1946, p. 15). Este hecho se refleja en sus publicaciones correspondientes a esa época.

La "época de oro" del Instituto Geológico no fue duradera. De los datos disponibles, es sumamente difícil establecer lo sucedido. Según Ordóñez (1946, p. 14-15), Aguilera, quien fungía como director del Instituto Geológico durante su segundo período, terminó sus gestiones el 28 de febrero de 1915 y el Instituto quedó clausurado durante marzo y agosto de ese mismo año. En cambio, Arellano (1963, p. P108) afirmó que el Instituto fue cerrado el 2 de febrero de 1915 por un jefe revolucionario irresponsable, mientras que Maldonado-Koerdell (1952, p.171) escribió que "Cuando Aguilera perdió su autoridad en una convulsión política, algún Director del Instituto Geológico de México manchó su gestión, tan negativa como su propia personalidad, despidiendo al grupo de alemanes que tanto habían contribuido al adelanto de aquella institución y a ponerla en la lista de centros de primera categoría en el mundo". De acuerdo con Ordóñez (1946, p. 14-15), fue Miguel Bustamante, Jr. quien fungió como director interino del Instituto Geológico desde el 3 de julio de 1915 hasta septiem-

bre de ese año, cuando Teodoro Flores (Figura 20) quedó encargado de la institución, mismo que, anteriormente, había disfrutado de una relación muy cordial con sus colegas europeos. Los datos disponibles indican que ninguno de los geólogos europeos del Instituto regresó a su país de origen, ya que Europa se encontraba en la Primera Guerra Mundial. Así, Böse emigró a los Estados Unidos de América y comenzó a prestar sus servicios en el Bureau of Economic Geology de la University of Texas en Austin (Burckhardt y Waitz, 1928), Burckhardt quedó en su casa en la Ciudad de México, trabajando como consultor de las compañías petroleras que operaban en el país (Trauth, 1935; Müllerried, 1936), mientras que Waitz se fue provisionalmente al norte de México como consultor de algunas minas y de agricultores para la localización de aguas subterráneas, pero regresó a la Ciudad de México donde en 1922 ingresó a la Dirección de Irrigación (que posteriormente se convirtió en la Secretaría de Recursos Hidráulicos) como hidrogeólogo y posteriormente como geólogo de obras civiles (Arellano, 1963).



Figura 20.- Teodoro Flores-Reyes (1873-1955).

Durante el período de 1914-1915, ningún número del Boletín del Instituto Geológico de México fue publicado y sólo cuatro números de Parergones aparecieron impresos en 1914. La Sociedad Geológica Mexicana, después de publicar el volumen 8 de su Boletín en 1912, se volvió totalmente inactiva hasta 1936. En general, las condiciones que fueron creadas por la Revolución no favorecieron las actividades geológicas en México entre 1914 y 1917.

Al Gobierno Mexicano preocupó la situación y llamó a Ordóñez para que se hiciera cargo del Instituto Geológico. Ordóñez aceptó el nombramiento por un período de dos años, después de haber localizado el pozo Cerro Azul núm. 4 en la región de Tampico, que se consideró por mucho tiempo como el pozo petrolero más prolífico del mundo (DeGoyler, 1952, p. 316). De modo que, desde el 1 de febrero de 1916 hasta principios de 1918, Ordóñez hizo honestos esfuerzos por restablecer las actividades de la institución. Sin embargo, como resultado de las reorganizaciones gubernamentales, el 1 de mayo de 1917, el Instituto Geológico de México se transformó en el *Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos* de

la recién creada Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo del Gobierno Federal, con una marcada orientación hacia la geología aplicada, principalmente hacia yacimientos minerales, petróleo y aguas subterráneas. Dentro de su marco legal y científico, el Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos continuó sus actividades hasta el 16 de noviembre de 1929, no obstante que en las publicaciones que se editó durante esa época siguió apareciendo con letras grandes "Instituto Geológico de México".

Mientras que la serie de Parergones se discontinuó en 1916, entre 1916 y principios de 1929 se editó 19 números del Boletín del Instituto Geológico de México. De éstos, cinco tratan sobre estudios geológicos de distritos mineros o regiones mineralizadas, uno sobre geología petrolera, uno sobre geología regional, uno sobre hidrogeología, dos sobre mineralogía, cuatro sobre sismicidad y cinco sobre paleontología. De estos últimos cinco números paleontológicos, cuatro fueron estudios hechos por Böse y Burckhardt, quienes los terminaron después de su separación del Instituto Geológico, mientras que el otro constituye el primer estudio paleobotánico hecho por un investigador mexicano, Enrique Díaz-Lozano. En 1917 se inició la serie *Anales del Instituto Geológico de México*, de los que se publicó dos volúmenes hasta 1927, teniendo cada uno 10 números. Los estudios que se publicó en los Anales constituyen contribuciones más breves a la geología aplicada, principalmente a hidrogeología y yacimientos minerales, aunque aparecieron, también, estudios de carácter de geología regional. En 1919, apareció otra serie, *Folletos de Divulgación*, de los cuales se editó 31 números durante los 10 años siguientes, que versan sobre temas muy similares a los que fueron publicados en los Anales. En 1923, la institución comenzó la publicación del *Catálogo de los temblores registrados en la Red Sismológica Mexicana*.

Durante este período, se hizo la publicación de varias contribuciones importantes sobre la geología de México en el extranjero. Entre éstas, cabe mencionar al estudio de Thayer (1916) sobre la fisiografía de México, el libro intitolado *Geologie von Mexiko* por Freudenberg (1921; Figura 21) y varios artículos de Heim (1916, 1921, 1922 y 1926) sobre la parte meridional de la Península de Baja California y la parte central de la Sierra Madre Oriental. Mención especial merece, sin embargo, el trabajo de Böse (1923) sobre la Sierra Madre Oriental entre Monterrey y Torreón y el reconocimiento del macizo paleozoico que, posteriormente, se vino a llamar como "Península de Coahuila".

Al otorgar el Gobierno Federal la autonomía a la Universidad, el 16 de noviembre de 1929, el Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos quedó incorporado a la Universidad Nacional Autónoma de México como *Instituto de Geología*, conservando sus actividades y aproximadamente las mismas funciones que había desempeñado con anterioridad, pero en condiciones presupuestales aún más limitadas. Además de la inexistencia de geólogos, ya que la carrera no existía en las universidades del país, esa institución universitaria de investigación científica consagrada a la geología, sólo pudo ser dotada prácticamente con personal improvisado, situación que perduró durante casi dos décadas.

RECONOCIMIENTOS

El manuscrito fue críticamente revisado por el Maestro Roberto Moreno de los Arcos y por un árbitro anónimo. In-

Geologie von Mexiko

dargestellt

nach der Literatur und nach eigenen Forschungen

von

Wilhelm Freudenberg

Mit 1 Tafel und 29 Textfiguren

Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1921

Figura 21.- Portada de *Geologie von Mexiko*, de W. Freudenberg, publicado en Berlín en 1921.

dependientemente y más allá de sus quehaceres editoriales, Magdalena Alcayde, Arturo Gómez-Caballero y Esteban Monroy-Soto brindaron su colaboración en la redacción final del manuscrito, en la elaboración de la lista de referencias citadas y de las ilustraciones. Carmen de Luna-Moreno gentilmente adecuó las fichas bibliográficas correspondientes a las obras que, originalmente, fueron elaboradas en el siglo XVIII o antes. Por la colaboración brindada, a todas estas personas el autor expresa su agradecimiento sincero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, Trinidad, 1877, Descripción del Mineral de Mazapil, hecha de orden del Gobierno del Estado de Zacatecas: Zacatecas, Zac., 41 p.
- Adams, F. D., 1938, *The birth and development of the geological sciences*: Baltimore, Williams and Wilkins, 506 p.
- Aguilera, J. G., ed., 1896, Bosquejo geológico de México: Instituto Geológico de México, Boletín 4-6, 270 p.
- 1905, Reseña del desarrollo de la geología en México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 1, p. 35-117.
- Arellano, A. R. V., 1963, Memorial to Paul Waitz (1876-1961): *Geological Society of America Bulletin*, v. 74, p. P107-P111.
- Arsandaux, H., y Rivet, P., 1921, Contribution à l'étude de la métallurgie mexicaine: *Journal de la Société des Américanistes de Paris*, n. s., v. 13, p. 261-280.
- Bárcena, Mariano, 1877, Materiales para la formación de una obra de paleontología mexicana: *Anales del Museo Nacional de México*, v. 1, p. 85-91, 195-202, 283-286.
- Bárcena, Mariano, y Castillo, J., 1875, Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, v. 2, p. 369-405.
- Barco, Miguel del, 1973, *Historia natural y crónica de la antigua California*: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 464 p.
- Bargalló, Modesto, 1955, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*: México, D. F., Fondo de Cultura Económica, 442 p.
- Berghes, Carlos de, y Gerolt, Frederick von, 1827, *Carta geognóstica de los principales distritos minerales del Estado de México*: Düsseldorf, escala 1:250,000.
- Birkinbine, J. L. W., 1911, Exploration of certain iron-ore and coal deposits in the State of Oaxaca: *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, v. 41, p. 166-188.
- Böse, Emil, 1905, Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco: *Instituto Geológico de México, Boletín* 20, 113 p.
- 1923, Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico: *American Journal of Science*, ser. 5, v. 6, p. 127-136, 196-214 y 310-337.
- Böse, Emil, y Wittich, Ernesto, 1913, Informe relativo a la exploración de la región norte de la costa occidental de la Baja California: *Instituto Geológico de México, Parergones*, v. 4, p. 307-529.
- Burckhardt, Charles, y Waitz, Paul, 1928, Dr. Emil Böse: *Centralblatt für Mineralogie etc., Abtheilung B*, p. 207-208.
- Burkart, Joseph, 1836, *Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834*: Stuttgart, Schweizerbart, t. 1, 392 p.; t. 2, 286 p.
- Burrows, R. H., 1910, *Geology of northern Mexico*: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 7, p. 85-103.
- Bustamante, J. M., 1834, Descripción de la Serranía de Zacatecas, Modificado por Carlos de Berghes: Zacatecas, Edición del Gobierno del Estado, 79 p., contiene el mapa geológico de Zacatecas publicado por Burkart en 1836. Reimpreso en 1905.
- Carrera-Stampa, Manuel, 1956, Antonio del Castillo 1820-1895: México, D. F., Congreso Geológico Internacional, 20, *Gacetas Históricas*, 4 p.
- Castillo, Antonio del, 1889a, Bosquejo de una carta geológica de la República Mexicana: México, D. F., Comisión Geológica, escala 1:3'000,000.
- 1889b, Plano geológico minero del Real de San Antonio y El Triunfo de la Baja California: México, D. F., Comisión Geológica, escala 1:20,000.
- Castillo, Antonio del, y Ordóñez, Ezequiel, 1893, Plano geológico y petrográfico de la Cuenca de México, región SW: México, D. F., Comisión Geológica, escala 1:200,000.
- Clavijero, F. J., 1844 (1945), *Historia antigua de México*: México, D. F., Porrúa, t. 1, 368 p.; t. 2, 435 p.; t. 3, 328 p.; t. 4, 416 p.
- Cobo, Bernabé, 1723 (1890-1893), *Historia del Nuevo Mundo*: Sevilla, Rasco, t. 1, 522 p.; t. 2, 456 p.; t. 3, 346 p.; t. 4, 240 p.
- Correa-Etchegaray, Leonor, Franco-González Salas, M. T., y Jiménez-Codinach, Guadalupe, 1973, Investigaciones sobre minería prehispánica en testimonios históricos: *GEOMIMET (México)*, núm. 62, marzo-abril de 1973, p. 19-38.
- Cotteau, G. H., 1890, Note sur quelques Echinides du Terrain Crétacé du Mexique: *Bulletin de la Société Géologique de France*, ser. 3, v. 8, p. 292-299.
- Darwin, Charles, 1899, *Geologische Beobachtungen über Süd-America und angestellt während der Reise des "Beagle" in den Jahren 1832-1836*: Stuttgart, Schweizerbart, 400 p.
- DeGoyler, E. L., 1952, Historia de la exploración de petróleo en México antes de la Expropiación 1938: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 4, p. 303-322.
- Dumble, E. T., 1892, Notes on the geology of the middle Rio Grande: *Geological Society of America Bulletin*, v. 3, p. 219-232.
- 1900a, Notes on the geology of Sonora, Mexico: *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, v. 29, p. 122-152.
- 1900b, Triassic coal and coke in Sonora: *Geological Society of America Bulletin*, v. 11, p. 10-14.

- Douvillé, Henri, 1900, Sur quelques rudistes américains: Bulletin de la Société Géologique de France, ser. 3, v. 28, p. 18.
- Egloffstein, F. W. von, ed., 1864, Contributions to the geology and the physical geography of Mexico, including a geological and topographical map, with profiles, of some of the principal mining districts; together with a graphic description of an ascent of the Volcano Popocatepetl: Nueva York, D. Appleton, 40 p., mapa de escala 1:760,320.
- Eisen, Gustav, 1895, Explorations in the cape region of Baja California in 1894, with reference to former expeditions of the California Academy of Science: California Academy of Science Proceedings, ser. 2, p. 733-775.
- 1897, Explorations in the cape region of Baja California: American Geographic Society Bulletin, v. 19, p. 271-280.
- 1900, Explorations in the central part of Baja California: American Geographic Society Bulletin, v. 22, p. 397-429.
- Emmons, S. F., y Merrill, G. P., 1894, Geological sketch of Lower California: Geological Society of America Bulletin, v. 5, p. 489-514.
- Emory, W. H., 1857, Report on the United States and Mexican boundary survey...: Washington, D. C., 34 Congress, 1 Session, Senate Executive Document 135, v. 1, pte. 2, 174 p.
- Enciso-de la Vega, Salvador, 1980, Algunos datos para la cronología de la minería y geología en México: GEOMIMET (México), época 3, núm. 104, marzo-abril de 1980, p. 63-72.
- Farrington, O. C., 1904, Observations on the geology and geography of western Mexico, including an account of the Cerro Mercado: Field Collection Museum, Publication Geology Series, v. 2, p. 197-228.
- Felix, Johannes, y Lenk, Hans, 1889-1899, Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico: Stuttgart, Schweizerbart, en tres partes, 444 p.
- Fernández de Oviedo y Valadés, Gonzalo, 1851-1855 (1959), Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano: Madrid, Atlas, t. 1, 316 p.; t. 2, 452 p.; t. 3, 435 p.; t. 4, 443 p.; t. 5, 493 p.
- Figueroa-Abarca, Jesús, 1951 (1953), El Servicio Sismológico de México: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Memoria Congreso Científico Mexicano, t. 4, p. 49-56.
- Freudenberg, Wilhelm, 1921, Geologie von Mexiko: Berlín, Borntraeger, 232 p.
- Gabb, W. M., 1869, Cretaceous and Tertiary fossils: California Geological Survey, Paleontology, v. 2, 299 p.
- 1882, Notes on the geology of Lower California: California Geological Survey, Geology, pte. 2, p. 137-148.
- Galeotti, H. G., 1838a, Notice sur un gîte de mercure dans le sol tertiaire récente du Gigante au Mexique: Bulletin de l'Académie royale de Belgique, v. 5, p. 196-202.
- 1838b, Notice géologique sur les environs de San José del Oro au Mexique: Bulletin de l'Académie royale de Belgique, v. 5, p. 737-751.
- 1838c, Notice géognostique sur les mines d'alun de la Barranca de Tolimán au Mexique: Bulletin de l'Académie royale de Belgique, v. 5, p. 751-755.
- 1839, Notice sur le calcaire crétacé des environs de Jalapa au Mexique: Bulletin de la Société Géologique de France, v. 10, p. 32-39.
- Gortari, Eli de, 1963, La ciencia en la historia de México: México, D. F., Fondo de Cultura Económica, 461 p.
- Hazen, R. M., 1974, The founding of geology in America—1771 to 1818: Geological Society of America Bulletin, v. 85, p. 1827-1834.
- Heilprin, Angelo, 1891, Geological researches in Yucatán: Philadelphia Academy of Science Proceedings, v. 43, p. 136-158.
- Heim, Arnold, 1916, Reisen im südlichen Teil der Halbinsel Niederkalifornien (Baja California): Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Berlin, Jahrgang, p. 1-16.
- 1921, Vulkane in der Umgebung der Oase La Purísima auf der Halbinsel Niederkalifornien: Zeitschrift für Vulkanologie, v. 6, p. 15-21.
- 1922, Notes on the Tertiary of southern Lower California: Geological Magazine, v. 59, p. 529-547.
- 1926, Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental), Mexico: Eclogae geologicae Helvetiae, v. 20, p. 84-87.
- Heindrichs, Pedro, 1945, Por tierras ignotas: México, D. F., Cultura, t. 1, 254 p.; t. 2, 265 p.
- Herrera, Antonio de, 1601-1615 (1944-1946), Historia general de los hechos de los castellanos en las islas y tierra firme del mar océano: Asunción, Paraguay, Guaranía, t. 1, 399 p.; t. 2, 390 p.; t. 3, 392 p.; t. 4, 387 p.; t. 5, 375 p.; t. 6, 409 p.; t. 7, 353 p.; t. 8, 341 p.; t. 9, 400 p.; t. 10, 357 p.
- Hill, R. T., 1893, The Cretaceous formations of Mexico and their relations to North American geographic development: American Journal of Science, ser. 3, v. 45, p. 307-324.
- Humboldt, Alexandre de, 1808, Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle Espagne: París, F. Schoell, 904 p.
- 1823, Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux continents: París, F. Schoell, 516 p.
- 1845-1861, Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung: Stuttgart, J. O. Cotta, t. 1, 349 p.; t. 2, 366 p.; t. 3, 466 p.; t. 4, 528 p.
- I.P.G.H., 1953, Los estudios sobre recursos naturales en las Américas: México, D. F., Instituto Panamericano de Geografía e Historia, t. 4, pte. 1, 505 p.
- Kimball, J. P., 1869, Notes on the geology of western Texas and of Chihuahua, Mexico: American Journal of Science, v. 48, p. 11-33.
- Langenscheidt, Adolphus *et al.*, 1970, Minería prehispánica en la Sierra de Querétaro (Las minas y la minería prehispánica): México, D. F., Secretaría del Patrimonio Nacional, 45 p.
- León-Portilla, Miguel, 1973, Estudio preliminar, in M. del Barco, Historia natural y crónica de la antigua California: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, p. vii-lxxv.
- Lindgren, Waldemar, 1888, Notes on the geology of Baja California, Mexico: California Academy of Science Proceedings, ser. 2, v. 1, p. 173-196.
- 1890, Petrographical notes from Baja California, Mexico: California Academy of Science Proceedings, ser. 2, v. 2, p. 1-17.
- 1891, Notes on the geology and petrography of Baja California, Mexico: California Academy of Science Proceedings, ser. 2, v. 3, p. 25-33.
- López de Gómara, Francisco, 1922-1923 (1941), Historia general de las Indias: Madrid, Espasa-Calpe, t. 1, 254 p.; t. 2, 259 p.
- Maldonado-Koerdell, Manuel, 1952, Naturalistas extranjeros en México: Historia Mexicana, v. 2, p. 98-109.
- 1953, La contribución de Federico K. G. Müllerried a la geología y paleontología mexicanas: Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, v. 14, p. 169-190.
- Müllerried, F. K. G., 1936, Carlos Burckhardt 1869-1936: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 9, p. 23-29.
- Merrill, G. P., 1897, Notes on the geology and natural history of the peninsula of Lower California: U. S. National Museum, Annual Report 1895, p. 971-994.
- Nyst, Henri, y Galeotti, H. G., 1840, Sur quelques fossiles du calcaire jurassique de Tehuacán au Mexique: Bulletin de l'Académie royale de Belgique, v. 7, p. 212-221.
- Ordóñez, Ezequiel, 1946, El Instituto de Geología—datos históricos: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 51 p.
- Probert, Alan, 1963, Reseña histórica del distrito minero de Pachuca-Real del Monte hasta 1906, in Geyne, A. R. *et al.*, Geología y yacimientos minerales del distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Publicación 5E, p. 93-104.
- Ramírez, Santiago, 1884, Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación: México, D. F., Secretaría de Fomento, 687 p.

- Río, A. M. del, 1795, *Elementos de Orictognosia, o del conocimiento de los fósiles, dispuestos según los principios de A. G. Werner, para el uso del Real Seminario de Minería de México*; primera parte, que comprende las tierras, piedras y sales: México, D. F., 171 p.
- 1805, *Elementos de Orictognosia, o del conocimiento de los fósiles, dispuestos según los principios de A. G. Werner, para el uso del Real Seminario de Minería en México*; segunda parte, que comprende combustibles, metales y rocas, seguidos de la introducción a la pasigrafía geológica del señor Barón de Humboldt, inédita hasta ahora con tres láminas: México, D. F., 200 p.
- 1841, *Manual de Geología*: México, D. F., 69 p., 27 láms.
- Ritter, E. A., 1895, *Étude sur quelques roches eruptives de la Basse Californie*: Musée d'histoire naturelle de Paris Bulletin, v. 1, p. 52.
- Santillán, Manuel, 1940, *El Instituto Geológico como dependencia de la Universidad Nacional de México*: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. 25 p.
- Sapper, Karl, 1896, *Sobre la geografía física y la geología de la península de Yucatán*: Instituto Geológico de México, Boletín 3, 57 p.
- 1899, *Ueber Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika*: Petermann's geographische Mitteilungen, Ergebnis 27, núm. 127, 119 p.
- 1905, *Grundzüge des Gebirgsbaus von Mittelamerika*: Washington, D.C., International Geographical Congress, 8, Report, p. 231-238.
- Saussure, M. H. de, 1858, *Description d'un volcan éteint du Mexique, reste inconnu jusqu'à ce jour*: Bulletin de la Société Géologique de France, v. 15, p. 76-87.
- Schuchert, Charles, 1935, *Historical geology of the Antillean-Caribbean region*: Nueva York, Wiley, 811 p.
- Terra, Helmut de, 1955, *Humboldt; the life and times of Alexander von Humboldt 1769-1859*: Nueva York, A. A. Knopf, 386 p.
- Thayer, W. H., 1916, *The physiography of Mexico*: Journal of Geology, v. 24, p. 61-94.
- Torquemada, Juan de, 1723 (1975), *Los veinte y un libros rituales y monarquía indiana con el origen y guerras de los indios occidentales, de sus poblaciones, descubrimiento, conquista, conversión y otras cosas maravillosas de la misma tierra*: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, t. 1, 476 p.; t. 2, 592 p.; t. 3, 450 p.; t. 4, 442 p.; t. 5, 446 p.; t. 6, 478 p.
- Trabulse, Elías, 1983, *Historia de la ciencia en México*: México, D. F., Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Fondo de Cultura Económica, 461 p.
- Trauth, Friedrich, 1935, *Carl Burckhardt: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien*, v. 28, p. 151-155.
- Weed, W. H., 1902, *Notes on certain mines in the States of Chihuahua, Sinaloa and Sonora, Mexico*: Transactions of the American Institute of Mining Engineers, v. 32, p. 396-443.
- Willis, Bailey, 1912, *Index to the stratigraphy of North America, accompanied by a geological map of North America compiled by the United States Geological Survey in cooperation with the Geological Survey of Canada and the Instituto Geológico de México under the supervision of Bailey Willis and G.W. Stose*: United States Geological Survey Professional Paper 71, 894 p., escala 1:5'000,000.
- Wittich, Ernesto, Griggs, Jorge, y Jiménez, L. G., 1978, *Cronología sobre el desarrollo de la minería en México*: GEOMIMET (México), época 3, núm. 96, noviembre-diciembre de 1978, p. 54-60.

Manuscrito presentado: 7 de abril de 1988.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 10 de septiembre de 1988.

Manuscrito aceptado: 17 de septiembre de 1988.