



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HISTÓRICAS
FACULTAD DE HISTORIA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOCTORADO EN HISTORIA



EXPLORACIONES, ESPACIOS DE CIENCIA Y ACTORES.
EL ITINERARIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO EN MÉXICO
(1841-1906)

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN HISTORIA

PRESENTA: MAESTRA LAURA VALDIVIA MORENO

ASESOR: DOCTOR EN HISTORIA GERARDO SÁNCHEZ DÍAZ

MORELIA, MICHOACÁN, FEBRERO DE 2020

Investigación realizada gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



DEDICATORIA

A mi madre, quien me acompaña en este camino

A mi padre, quien ya descansa, por mostrarme el mundo de las letras

A Luis y Luz María, mis maestros de vida

A Rafael y Ana Laura, mi universo

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no habría sido posible sin el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) ni del Instituto de Investigaciones Históricas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Agradezco la paciencia, los comentarios, la información y los materiales proporcionados por el doctor Gerardo Sánchez Díaz, con quien estaré en deuda por siempre; también, el apoyo de los doctores José Alfredo Uribe Salas, Francisco Javier Dosil Mancilla, Lourdes de Ita Rubio, José Napoleón Guzmán Ávila, Moisés Guzmán Trejo, Dení Barajas Tello, Eduardo Nomelí Mijangos Díaz y el conjunto del personal académico y administrativo del Instituto mencionado.

De igual forma, agradezco a profesores externos por ampliar mi formación, entre ellos los doctores Ana Zavala, de la Universidad Centro Latinoamericano de Economía Humana; Lourdes Roca, del Departamento Audiovisual de Investigación Social del Instituto Mora; Gerardo Alberto Hernández Cendejas, de la ENES-UNAM, campus Morelia; Pedro Corona Chávez, del Departamento de Geología y Mineralogía de la Universidad Michoacana, y Patricio Herrera González, de la DEI Universidad de Valparaíso.

Agradezco a los doctores Lucero Morelos Rodríguez, del Archivo Histórico del Instituto de Geología, y a Francisco Omar Escamilla González, del Archivo Histórico del Palacio de Minería, quienes además de asesorarme sobre los acervos bajo su cuidado, de manera desinteresada y amistosa enriquecieron mi conocimiento a través de sus comentarios.

Agradezco el apoyo de numerosas personas, entre ellos mi familia, que ha tenido la paciencia de postergar momentos de socialización, a Silvia Elizabeth Contreras Carranza y a Ernesto Guillén Calderón. Por el aprendizaje recibido, doy gracias también a mis compañeras y compañeros, en especial a Hugo Humberto Salas y aquellos con quienes compartí un espacio en el aula.

CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	13
Antecedentes	14
Propósito de la investigación y temporalidad	17
Objetivos secundarios	18
Problema de estudio y planteamiento de la hipótesis de investigación	19
Metodología	21
Estado de la cuestión	24
Conceptualización	31
Fuentes y archivos	33
Capitulado	35
CAPÍTULO I. FÓSIL, UN NUEVO ACTOR EN EL TEATRO DE LA CIENCIA	37
Introducción	37
De seres mitológicos a evidencia sobre la evolución de las especies	39
La mitología como Historia Natural	39
Las petrificaciones en el inventario de la naturaleza	43
Las petrificaciones en la sistematización de la Geología	52
Las petrificaciones como evidencia de la evolución de las especies	58

<i>El megaterio y Cuvier confirman la extinción de especies</i>	60
<i>Charles Darwin: las pruebas de la evolución</i>	63
El estudio de los fósiles en México: primeros trabajos	66
Galeotti: una exploración de cinco años	66
Las petrificaciones en la enseñanza: México	71
Paleontología en México	92
Conclusiones del Capítulo I	97
CAPÍTULO II. LAS EXPLORACIONES CIENTÍFICAS DEL MINISTERIO DE FOMENTO: LA CIRCULACIÓN DEL REFERENTE	99
Introducción	99
Los Anales del Ministerio de Fomento, primera época	103
La Paleontología en la segunda época de los Anales	106
Osamentas de animales antediluvianos en el Cerro de Mercado	111
Micropaleontología en el volcán del Ceboruco y en el mineral de Guadalcázar	116
“No encontramos fósiles en estos terrenos”	118
Minería en Baja California	121
Santiago Ramírez y los fósiles de plantas durante la búsqueda de carbón	126
Paleontología en Coalcomán	130
La movilización de ejemplares hacia el Ministerio de Fomento	140
Conclusiones del capítulo II	151

CAPÍTULO III. EL ESPACIO GEOGRÁFICO EN LOS ESTUDIOS PALEONTOLÓGICOS: EL VALLE DE MÉXICO	153
Introducción	153
Territorio, región y espacios de ciencia en el Valle de México	155
El tajo de Tequixquiac: un espacio para la ciencia paleontológica	159
El canal de Huehuetoca y el tajo de Nochistongo	159
El túnel y tajo de Tequixquiac	163
Principales hallazgos	170
Antonio del Castillo, Richard Owen y la Sociedad Geológica Alemana	177
Especies fósiles enunciadas por el ingeniero Luis G. Lobato en 1876	182
Fósiles de moluscos en el Valle de México	184
Descripción de uno de los grandes mamíferos: el glyptodon	186
Manuel Orozco y Berra: un cruce entre Geología, Paleontología, Arqueología y Antropología	187
Edward D. Cope visita el Museo Nacional	190
El hombre primitivo en el Valle de México: inicios de la Práctica paleoantropológica	198
Conclusiones del Capítulo III	204
CAPÍTULO IV. EL X CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL COMO RESULTADO DE LAS REDES SOCIO-TÉCNICAS	207
Introducción	207
Nuevos nodos para una red en crecimiento	209
El Instituto Geológico Nacional	213
X Congreso Geológico Internacional, una síntesis del territorio	220
Primeros congresos geológicos internacionales	220
El Congreso <i>mexicano</i> de Geología	225

Integración del territorio a través de los libros-guía	234
Paleontología en los contenidos del Congreso	241
<i>Carta geológica de América del Norte</i>	241
<i>Memorias científicas contenidas en el Compte rendu</i>	243
Conclusiones del capítulo IV	246
CONCLUSIONES GENERALES	249
Exploraciones	253
Documentos utilizados	255
Espacios geográficos-espacios de ciencia	257
Consideraciones finales	259
FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA	261
Fuentes de la época	261
Bibliografía general	272

RESUMEN

La presente investigación plantea un estudio de caso sobre historia de la Ciencia, centrado en la práctica geológica y paleontológica de los mexicanos durante el siglo XIX, a partir del seguimiento de tres elementos: exploraciones científicas, espacios geográficos estudiados y actores que se sumaron para construir redes. El objetivo es explicar la construcción del concepto fósil y su integración en el discurso científico y la cultura mexicana durante el periodo de estudio, que abarca de 1841 a 1906. Consideramos que los elementos mencionados permiten visualizar el itinerario del concepto y de los saberes desde que se comenzaron a estudiar sus referentes en forma científica y se contrastaron en campo, se reunieron en colecciones y se publicaron en libros, hasta convertirse en patrimonio de la Geología y la Paleontología mexicanas. Adicionalmente, los espacios geográficos objeto de exploración se estudian como laboratorios *in situ* donde suceden transformaciones que afectan a la sociedad mientras ellos mismos sufren modificaciones.

Palabras clave: México, exploraciones científicas, espacios de ciencia, fósil, Geología, Paleontología, siglo XIX.

ABSTRACT

This research proposes a case study on the history of science, focusing on the geological and paleontological practice of Mexicans during the 19th century, based on the monitoring of three elements: scientific explorations, studied geographical spaces and actors who joined to build networks. The objective is to explain the construction of the fossil concept and its integration into the scientific discourse and Mexican culture during the period of

study, which covers from 1841 to 1906. We consider that the mentioned elements allow us to visualize the itinerary of the concept and the knowledge since its references began to be studied in a scientific way and were contrasted in the field, gathered in collections and published in books, until becoming a heritage of the Mexican Geology and Paleontology. In addition, the geographical space object of exploration is studied as *in situ* laboratory where transformations that affect the society take place, while they themselves are modified.

Keywords: México, scientific explorations, geographical spaces, fossil, Geology, Paleontology, century XIX.

INTRODUCCIÓN

Incertidumbre, gente trabajando, decisiones, competencia, controversias son lo que se encuentra cuando se realiza un *flashback* desde unas cajas negras concretas, frías y no problemáticas, a su pasado reciente. Si se toman dos fotografías, una de las cajas negras y otras de las controversias abiertas, son tan distintas como los dos lados, uno vital, el otro severo, de un Jano de dos caras. “Ciencia en proceso de elaboración” en el derecho, “ciencia acabada” o “ciencia elaborada” en el otro; así es nuestro Jano *bifronte*...

Bruno Latour, *Ciencia en acción*, p. 3.

En historia de la ciencia, seguir el itinerario de una especialidad desde sus inicios hasta que llega a conformarse en saberes dotados de un cuerpo de conocimientos (o patrimonio) es un ejercicio que puede realizarse de distintas formas; una de ellas es dar seguimiento a la práctica que le otorga significación, realizada por aquellos quienes participaron en la red que la sostiene y por los elementos que se sumaron a través del tiempo, como documentos y cartografía, así como el espacio geográfico recorrido.

Para enriquecer este proceso, se parte de no considerar la disciplina objeto de interés como un *producto terminado*, sino observar cómo fue que los actores participaron en su conformación, a qué problemas se enfrentaron, qué decisiones tomaron con el material que tenían disponible y de qué modo, a pesar de todos los avatares, lograron configurar un cuerpo de conocimientos consistente. Esto, para Bruno Latour, es *abrir* la caja negra y asomarse al interior de la práctica científica.¹

En dicha línea, la presente tesis plantea un estudio de caso sobre historia de la Ciencia, centrado en la práctica geológica y paleontológica de los mexicanos durante el siglo XIX, a

¹ De hecho, abrir esta caja negra es el primer paso del método que Latour propone dentro de la teoría del actor-red para el estudio de la práctica científica. Véase LATOUR, Bruno, *Ciencia en acción, cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Editorial Labor, 1992, pp. 3, 127.

partir del seguimiento de tres elementos: exploraciones, espacios geográficos estudiados y actores que se sumaron para construir redes. Los actores incluyen entidades no humanas, así que el estudio aborda la perspectiva del actor-red con elementos de historia cultural.

Sobre el objeto de estudio, las exploraciones organizadas por el gobierno son vistas como la forma de integrar al sujeto principal de análisis de la Paleontología –el fósil– en el discurso científico y la cultura mexicana; los espacios geográficos objeto de exploración se estudian como laboratorios *in situ* donde suceden transformaciones que afectan a la sociedad mientras ellos mismos sufren modificaciones; y los actores o actantes incluyen distintas representaciones del referente, es decir del fósil, y el esfuerzo conjunto de humanos y no humanos por integrar una red para su estudio.

En resumen, la investigación utiliza una perspectiva que comprende el estudio de actores humanos y no humanos –a los que se suma el espacio geográfico– como elementos fundamentales en la conformación de ambas disciplinas durante el siglo XIX; se ha puesto el foco en exploraciones concretas, las redes que se crearon, el material producido y, a partir de ello, la significación del concepto “fósil”. En este sentido se busca reflexionar acerca del laboratorio paleontológico en México y la práctica científica.

Antecedentes

Cuando la Nueva España logró su independencia en 1821, la nueva nación tuvo la tarea de crear una identidad nacional. Como un elemento fundamental de la misma es el territorio, se procuró su conocimiento mediante exploraciones. Aunque la apropiación de lo que ahora llamamos México comenzó desde la Conquista² y con su viaje de 1803 Alexander von Humboldt sistematizó la información disponible de las instituciones novohispanas, su amplitud geográfica hizo que estos esfuerzos fueran apenas el comienzo.

La de Humboldt fue una obra importante para la construcción del discurso hegemónico sobre la riqueza de la Nueva España. A partir de la sistematización del territorio que realizó

² Recordemos que desde Bernal Díaz del Castillo se había comenzado a describir el territorio, si bien fue con exploraciones como las de Juan Hernández –médico del rey–, Martín Sessé y José Mariano Mociño cuando se logró mejor conocimiento, si bien éste resultaba insuficiente por tratarse de un territorio extenso.

y la difusión tanto en el Virreinato como en el extranjero, se pudo configurar una idea global de lo que éste contenía en cuanto a riquezas naturales³ y extensión geográfica, así como en lo tocante a población, organización política, etcétera.

El Real Seminario de Minería, fundado en 1792 para dotar al Virreinato de cuerpos técnicos especializados en esa actividad económica, tras la Independencia cambió su nombre a Colegio Nacional de Minería. Aunque con varias transformaciones durante el siglo XIX e inicios del XX, continuó su labor de enseñar y emplear las ciencias prácticas en la industria y la minería, mientras incorporaba nuevos contenidos a sus planes de estudio de acuerdo con decisiones científicas, pero también políticas y económicas.

Después de la guerra de Independencia y la correspondiente fuga de capitales, el Estado no disponía de recursos económicos suficientes para echar a andar un proyecto de nación. Tuvo interés en promover el territorio para que atrajera inversión nacional y extranjera, pero para eso requería ejercer dominio sobre el mismo. Fungió entonces como promotor de instituciones y sociedades científicas que se encargaran del asunto, gracias a lo cual comenzó la creación de un “nacionalismo científico”.⁴

Por esa conexión entre gobierno y ciencia fue fundado el Instituto Mexicano de Geografía y Estadística (1833) –que con el tiempo cambiaría a Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE)– y el Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio (1853); este último tendría como funciones “promover el establecimiento y la protección de nuevas industrias e impulsar la tecnología en la agricultura y la minería”.⁵

La relación entre ciencia y política sería más fuerte en la segunda mitad del siglo XIX, con el establecimiento de los gobiernos de Benito Juárez, Maximiliano de Habsburgo, Sebastián Lerdo de Tejada y Porfirio Díaz, así como por la introducción del positivismo como instrumento de Estado. Se tenía interés en mostrar una cara *civilizada* del Estado-nación

³ HUMBOLDT, Alexander von, *Ensayo político sobre el reino de la Un eva España*, México, Porrúa, 698 p.

⁴ SALDAÑA, Juan José, “Ciencia y libertad, la ciencia y la tecnología como política de los nuevos estados americanos”, en: Juan José Saldaña (coord.), *Historia social de las ciencias en América Latina*, México, Coordinación de Humanidades y Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, 1996, pp. 283-284.

⁵ MARTÍNEZ Blanco, Mireya y José Omar Moncada Maya, “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”, *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 74, 2011, pp. 74-91.

mexicano y su capacidad para conocer y dominar el territorio; en otras palabras, se pretendía dejar en claro que se tenía soberanía sobre él.

Nacieron por lo tanto nuevos espacios de enseñanza, como la Escuela Nacional Preparatoria (1867), y de divulgación científica, como la Sociedad Mexicana de Historia Natural (1868);⁶ se realizaron viajes científicos de carácter internacional, como el que se hizo a Japón con fines astronómicos (1874)⁷ y las participaciones en exposiciones internacionales tanto en Europa como en los Estados Unidos. Se vivía un ambiente de agitación científica, si bien ésta quedaba circunscrita a la élite que sabía leer y escribir.

El desarrollo científico era importante en tanto se pudiera ver y tocar como componente del progreso, así que se trató de visibilizarlo a través de la creación de instituciones y la edificación de obras públicas como la introducción del ferrocarril y del telégrafo, la construcción de caminos y los trabajos para el desagüe del Valle de México; obras que tuvieron la función ideológica de apoyar un sistema de dominación y control político sobre la sociedad mexicana⁸ y que por lo tanto también fueron difundidas a través de los órganos de difusión del gobierno, entre ellos la publicación periódica *Anales del Ministerio de Fomento*, que daría cuenta de estos trabajos.

Esta creación de instituciones y comisiones, sin embargo, no estuvo exenta de problemas debido a que en ellas se reflejó la situación económica y política del país durante el siglo XIX; el escaso presupuesto para la ciencia provocó que algunas exploraciones programadas se suspendieran o quedaran inconclusas. Las palabras del ingeniero Mariano Bárcena reflejan las dificultades que para 1877 se tenían para el estudio paleontológico:

...siendo una de las principales, [dificultades] la circunstancia de encontrarse diseminadas en diversas obras, las descripciones de algunos fósiles, recogidos en nuestro territorio por varios viajeros ilustrados ó remitidos á Europa por los colectores científicos que lo han recorrido en diversas direcciones. Hállanse también publicadas en México algunas descripciones, pero se encuentran en el caso anterior,

⁶ SMHN, *La Naturaleza*, Tomo I, correspondiente a los años de 1869 y 1870, impreso en 1870.

⁷ Véase MORENO Corral, Marco Antonio, *Odissea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*, SEP/FCE/Conacyt, Tercera edición, 2001, 144 p.

⁸ Para el gobierno de Porfirio Díaz, véase PERLÓ Cohen, Manuel, *El paradigma porfiriano: historia del desagüe del Valle de México*, Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM/Miguel Ángel Porrúa, librero-editor, 1999, 314 p.

pues hasta ahora nada se ha reunido para formar un solo libro que pudiera servir de consulta; y al examinar un resto fósil no es posible resolver con seguridad si está o no determinado.

Muchos de los fósiles que se encuentran en el territorio mexicano, deben hallarse en las faunas paleontológicas de otros países, y es también muy difícil tener todas sus descripciones á la vista, tanto más, cuanto que en nuestras Bibliotecas son poco comunes las obras de Paleontología.⁹

Sus palabras denotan, además de la situación económica y política que prevalecía, los problemas que se tenían para ejercer la práctica hacia el último tercio del siglo XIX, como el conocimiento disperso y los espacios geográficos de difícil acceso con el equipo que se tenía disponible. Situación que podemos ampliar como indicador del estado de la ciencia en el país para inicios del Porfiriato, etapa en la cual la pacificación alcanzada permitió concentrar mayores esfuerzos en esta actividad.

Propósito de la investigación y temporalidad

El objetivo de esta tesis es explicar el itinerario seguido por los conocimientos geológicos y paleontológicos en México desde 1841 hasta 1906, a partir de la revisión de los informes de las exploraciones científicas realizadas en los espacios geográficos, vistos estos últimos como laboratorios, y de las acciones de los actores que configuraron las redes para el estudio del fósil, término que fue modificando su referente y ampliando su campo semántico hasta integrarse en la cultura mexicana.

Cubrir este objetivo implica: ampliar el conocimiento de la historia de dichas ciencias en México con un enfoque en el ejercicio práctico; considerar los espacios geográficos como actores en la conformación de los saberes, al igual que los documentos y la cartografía generados; observar la configuración del cuerpo de conocimientos paleontológicos; mapear las exploraciones como una forma de visibilizar el espacio que pudo ser representado mediante sus fósiles característicos; y a partir de lo anterior, proporcionar elementos para la reflexión acerca de la historicidad de los conceptos y su integración en la práctica científica y en la cultura de determinado país.

⁹ BÁRCENA, Mariano, “Materiales para la formación de una obra de Paleontología mexicana, por...”, en: *Anales del Museo Nacional*, Tomo I, 1877, pp. 85-86.

Al describir a los actores y las redes que se establecieron, y plasmar sus resultados en cuadros y en mapas, podemos visualizar el itinerario del concepto y de los saberes desde que se estudiaron en forma científica los primeros vestigios y se contrastaron en campo, se publicaron en libros y se reunieron en colecciones, hasta que llegaron a convertirse en patrimonio de la Geología y la Paleontología en México y en el mundo, y pasaron a integrarse en la cultura.

La periodicidad de la tesis abarca desde el año 1841, cuando las petrificaciones ingresaron formalmente en la enseñanza a través de su participación en el primer manual de Geología publicado en México, hasta 1906, fecha en que se organizó el X Congreso Internacional de Geología con sede en México. Esta temporalidad muestra los inicios en la conformación de la red socio-técnica que sustenta los estudios geológicos modernos, en los cuales se alojaron los paleontológicos, hasta que los mexicanos se agregaron a comisiones internacionales relacionadas con el estudio paleontológico.

Objetivos secundarios

Para lograr lo anterior se contemplaron objetivos secundarios como guía para estructurar esta tesis, mismos que se detallan a continuación:

- a) Plantear el itinerario epistemológico mediante el cual las osamentas y los restos fosilizados de seres de otras eras llegaron a ser considerados por el *homo sapiens* como herramientas para el estudio de la Tierra y de los seres vivos, y como objetos de estudio científico en sí mismos.
- b) Identificar a los actores que se fueron sumando a la red de estudios geológicos, mediante la descripción de hallazgos paleontológicos en las exploraciones organizadas por el gobierno mexicano en la segunda mitad del siglo XIX, focalizando en aquellos no humanos que permitieron ampliar el campo semántico del concepto fósil y sus representaciones.

- c) Valorar el espacio geográfico como otro laboratorio de la práctica paleontológica y, junto con sus representaciones, como actantes en el desarrollo de este conocimiento, a través del caso específico del Valle de México.
- d) Proyectar el X Congreso Geológico Internacional, con sede en México, como resultado de la articulación de los actores humanos y no humanos en las redes socio-técnicas creadas a lo largo del siglo XIX, y a la vez como nuevo nodo para la investigación científica de México con miras al nuevo siglo.
- e) Con los elementos anteriores, integrar una síntesis descriptiva y visual del trabajo geológico y paleontológico realizado en el periodo, que aportará elementos para la reflexión acerca de la práctica científica de los mexicanos y de la forma como construyeron el conocimiento de sus fósiles, que se integró a su cultura y a una realidad más amplia: la mundialización del conocimiento geológico.

Problema de estudio y planteamiento de la hipótesis de investigación

En el siglo XIX se dio una transición en México hacia el estudio sistemático de las osamentas y petrificaciones, que se constituyeron como objeto de estudio para la ciencia geológica antes de que se reunieran las condiciones necesarias para el establecimiento de una disciplina autónoma, dedicada específicamente a ellas. Pero cabe la pregunta siguiente: si para esa temporalidad todavía no se contaba con la Paleontología como tal en este país, ¿por qué plantear una investigación sobre su práctica científica en México en ese periodo?

Las Ciencias de la tierra se estaban configurando en los siglos XVIII y XIX, así que el cuerpo de conocimientos que se integró a cada especialidad no estaba aún bien definido en el siglo decimonónico, y partía sobre todo de la Historia Natural y de la Geografía, aspecto a considerar cuando se realiza un estudio histórico de estas disciplinas.¹⁰ Esto significa que los estudios de la ciencia del periodo no son tajantes en esta división y que en la construcción del conocimiento sobre alguna demarcación específica requiere una mirada

¹⁰ AZUELA Bernal, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería/UNAM, 2005, p. 30.

que abarque investigaciones sobre otras temáticas estrechamente relacionadas y en las cuales se refleja esta complejidad.

Por otra parte, la revisión de la literatura utilizada como fuente nos permite seguir el proceso histórico mediante el cual las entonces petrificaciones pasaron de ser vistas como curiosidades de la naturaleza, a constituir objetos de estudio llamados fósiles, enlazados con la riqueza del subsuelo. Este paso correspondió con un cambio conceptual en el que nos pareció interesante detenernos, dado que faltaba virar la cabeza hacia los elementos no humanos que desde el inicio han participado en la Historia.

Al hacerlo, sorprende la cantidad de entidades que pueden ser sumadas a un estudio histórico por el papel que cumplen al vincularse entre sí y posibilitar el desarrollo científico. Un ejemplo de lo que puede resultar cuando se incorporan los elementos no humanos en un trabajo de historia de la ciencia son los libros de Yuval Noah Harari, *De animales a dioses* y *Homo deus*. Esta tesis no tiene objetivos tan ambiciosos como los de este autor, pero sí busca contribuir a la reflexión sobre la historia de la ciencia mexicana mediante la integración de nuevos elementos para su estudio.

La primera entidad que contemplamos incluir fue el espacio geográfico, visto tradicionalmente como parte del contexto pese a que “en cada momento hay una relación entre el valor de la acción y el valor del lugar donde se realiza”.¹¹ También comprendimos que, si lo agregábamos, no debíamos dejar de lado sus representaciones.

Sucedió lo mismo con los vestigios del pasado que llamamos fósiles. Al tener a la vista el conjunto de sus múltiples representaciones y la consecuente polisemia del concepto, creció el interés por indagar la forma como los mexicanos fueron llenando de significado esta palabra, descartando su uso para ciertas entidades y aplicándolo para cubrir la cada vez mayor cantidad de referentes que se fueron sumando. Visualizamos que este proceso se aplicó durante la práctica de campo en Europa y México, así que los vestigios de seres vivos del pasado nos han ayudado a reflexionar sobre la dinámica científica.

Al incorporar nuevos actores dentro del estudio de la práctica geológica, se suman también sus bagajes epistémicos. El espacio geográfico arriba como sitio de convergencia de las

¹¹ SANTOS, Milton, *La naturaleza del espacio*, España, Ariel, 2000, p. 74.

redes humanas y no humanas, y como laboratorio donde suceden cambios que provocan movilizaciones, traducciones y representaciones que posteriormente se incorporan a la sociedad como parte de su cultura. Por su parte, el fósil asiste con la historicidad propia de los conceptos y un campo semántico en crecimiento exponencial.

Siguiendo este razonamiento nos preguntamos lo siguiente: si consideramos los espacios geográficos explorados por las comisiones científicas como laboratorios o *espacios de ciencia*, ¿qué elementos diferenciadores e integradores del mismo relacionan las exploraciones realizadas por distintas comisiones?, ¿cómo construyeron los mexicanos estos laboratorios para estandarizar los resultados obtenidos en ellos?, ¿es posible observar la serie de transformaciones en el campo semántico de los actantes mediante la práctica en dichos laboratorios?

Como respuesta a las interrogantes, a lo largo de la tesis tratamos de exponer que, para este estudio de caso, los espacios geográficos solamente pueden ser considerados como laboratorios cuando se articulan con las exploraciones científicas mediante un sistema de estandarización que contiene instrucciones para abordarlo, y además de las descripciones se incluyen representaciones que permiten observar las variaciones semánticas y compararlas con otras.

Por otro lado, los elementos propios del territorio pueden ser tanto diferenciadores como integradores, de acuerdo con la forma como se establezca la articulación. Por ejemplo, corresponden al grado de pericia de los exploradores, las diferencias entre los territorios, la duración y los alcances de las comisiones, entre otras.

Metodología

La propuesta metodológica de esta investigación parte de la teoría del actor-red, complementada con la historia cultural, y está enmarcada en la historia de la ciencia. Gracias al trabajo de filósofos, sociólogos, antropólogos e historiadores de la ciencia, desde la segunda mitad del siglo XX existen enfoques que incluyen la participación de no humanos en los colectivos. En el caso de México y para esta investigación, entre éstos se

consideran los resultados de exploraciones organizadas por el gobierno, como descripciones, mapas, croquis, colecciones e ilustraciones, traducidos en informes, en manuales de enseñanza y en textos de divulgación y difusión científica,¹² para discutir con pares e integrarlos en la colectividad como parte de su cultura.

Si bien sabemos que el término “red” no era utilizado en el periodo de estudio, con él nos referimos a la vinculación entre los actores que participaron en el proceso que nos atañe en esta tesis. Para el caso de los exploradores, esta vinculación tiene sus raíces en el instituto donde se formaron profesionalmente, pues todos egresaron del Colegio de Minería como ingenieros, ya fuera de minas, ensayadores o topógrafos;¹³ en su práctica profesional coincidieron también al dirigir exploraciones encargadas por el Estado a través del Ministerio de Fomento.

Además de estas actividades, sus trayectorias se enlazaron más al participar en las sociedades científicas de su tiempo, como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE), la Sociedad Mexicana de Historia Natural (SMHN) y La Sociedad Científica “Antonio Alzate” (SCAA), entre las principales, que junto con el propio Ministerio de Fomento difundieron los trabajos de los ingenieros mencionados. Con lo anterior, justificamos el empleo del término “redes” para referirnos a esta vinculación, y el de “nodos” para englobar los espacios señalados, donde los actores construyeron el conocimiento paleontológico.

Parte de los nuevos actores son representaciones del objeto de estudio principal, es decir de las osamentas y petrificaciones que ahora colocamos en el campo semántico de la palabra *fósil*, término polisémico cuyo referente ha sufrido modificaciones como parte de su proceso histórico. Para la revisión de estas variaciones usamos herramientas de historia cultural como la Lingüística, de donde tomamos términos como referente, significado y

¹² La diferencia entre un artículo de divulgación científica y otro de difusión científica estriba en que mientras el primero está dirigido al público en general y se trata más de una difusión cultural, el segundo está enfocado en la discusión con pares. Véase LÓPEZ Leyva, Santos, Aída Alvarado Borrego y Ana Bárbara Mungaray Moctezuma, *La comunicación de la ciencia a través de artículos científicos*, México, Universidad de Occidente/San Pablos Editor, 2011, pp. 33-36.

¹³ Antonio del Castillo y Santiago Ramírez fueron ingenieros de minas, Mariano Bárcena fue ingeniero ensayador y apartador de metales, mientras que Manuel Urquiza era ingeniero topógrafo e ingeniero de minas, por citar algunos de los más destacados.

significación para observar la historicidad del concepto principal de estudio en el discurso paleontológico.

Con las mismas implicaciones incorporamos el espacio geográfico y algunas de sus representaciones como actores en la red. Esto lo sitúa fuera del contexto, en tanto entidad con capacidad de articularse con otras y, por ende, de participar en la circulación de los hechos científicos. Sin embargo, como los mapas, croquis y planos no son signos lingüísticos, para su estudio retomamos algunos conceptos de Semiología, gracias a los cuales los consideramos sistemas de signos convencionalizados que, ahora sí, pueden ser estudiados mediante los mismos conceptos de significación, de tropos como la metonimia¹⁴ e incluso considerarlos *símbolos* del espacio geográfico.¹⁵

La metodología planteada contempla aspectos cuantitativos y cualitativos, que integra cuadros sobre los productos paleontológicos y relacionados con la antigüedad del hombre; los fósiles encontrados y sus características y los espacios geográficos donde se realizaron los descubrimientos, mismos que presentamos en mapas y croquis históricos en los casos posibles. A partir de esta información, procedimos con la descripción de las redes que se formaron para ver *lo que circulaba en ellas*, es decir la información y el itinerario al formar parte de documentos, colecciones y mapas que pasaron a formar parte del patrimonio de la Geología y la Paleontología.

Por ello, los principales productos tangibles son mapas de los lugares donde se descubrieron los fósiles a los cuales se dio seguimiento; los cuadros mencionados en el párrafo anterior, que posibilitan la visualización y comparación entre ellos y su nomenclatura, pues esto también nos proporcionará una idea más precisa acerca de la manera como se movió esta información y las traducciones que se hicieron. En términos cualitativos, seguimos el proceso sincrónico de significación del fósil deteniéndonos en ciertos puntos diacrónicos que precisaron o ampliaron su campo semántico, y nos

¹⁴ La metonimia es un tropo literario que se refiere a una sustitución de términos para efectuar una traslación o desplazamiento del significado de un término, dentro del mismo campo semántico (causa-efecto, obra-autor). No debe confundirse con la metáfora, cuyo desplazamiento se produce entre términos que pertenecen a campos distintos (río-vida, dientes-perlas).

¹⁵ En Semiología, un signo puede definirse como “la marca de una intención de comunicar un sentido”. Para esta investigación consideramos que el símbolo, de acuerdo con Lalande, “representa una cosa en virtud de una correspondencia analógica”. GIRAUD, *La semiología*, México, Siglo XXI Editores, 1986, p. 34.

apoyamos parcialmente en el sistema de circulación de la ciencia propuesto por Latour, que sirvió para caracterizar los actores o actantes y observar su funcionamiento en la red, principalmente el espacio geográfico y los fósiles.

Estado de la cuestión

En historia de la ciencia se identifica una diversidad de temas en los cuales el quehacer científico y los descubrimientos forman parte de su contenido. Sobre el devenir de la Geología en México, durante los últimos veinte años, aproximadamente, ha aumentado la cantidad de estudios en publicaciones independientes, trabajos colectivos y tesis.¹⁶ Pueden seguirse distintas líneas, enfocadas ya sea en la institucionalización, en la enseñanza, en la creación de redes y de sociedades científicas, en su aspecto social, entre otras.¹⁷

Cabe destacar que desde el siglo XIX se ha trabajado en historiar esta disciplina en México, cuando los propios geólogos¹⁸ hicieron un recuento de sus actividades en un contexto que parecía reunir las condiciones para dar seguimiento a esta labor, gracias a la creación de un Instituto Geológico Nacional a finales del siglo y de un boletín como medio de difusión. Entre ellos destacan José Guadalupe Aguilera¹⁹ y Rafael Aguilar y Santillán²⁰, quienes presentan información que posibilita el seguimiento de lo producido y explorado en el siglo XIX, con la perspectiva de quienes vivieron en esa época y participaron en el proceso.

¹⁶ Una ojeada a la base de datos de la UNAM permite apreciar cómo han ido en aumento los estudios sobre el devenir de la Geología y la Paleontología en México, al igual que en la Universidad Autónoma Metropolitana y la Escuela Nacional de Antropología e Historia.

¹⁷ Véase MORALES Moreno, Humberto y Alberto Soberanis Carrillo, “El nuevo impulso a la Historia de la Ciencia y de la Tecnología en los desequilibrios actuales”, *Graffylia, Revista de la Facultad de Filosofía y Letras*, núm. 5, 2005, pp. 43-51.

¹⁸ Pese a que todavía no existía la carrera de Geología en el país, en esta investigación se considera como tales a quienes ejercían este oficio. Por lo general eran ingenieros de minas, geógrafos o ensayadores, egresados del Colegio de Minería o de la Escuela Nacional de Ingenieros. Al respecto, véanse las obras citadas de Luz Fernanda Azuela Bernal y José Alfredo Uribe Salas.

¹⁹ AGUILERA, José Guadalupe, “Reseña del desarrollo de la Geología en México”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 1, núm. 1, julio-diciembre de 1904, México, Sociedad geológica Mexicana, 1905, pp. 35-117; “The Instituto Geológico de México”, en: *The Engineering and Mining Journal*, vol. LXXXVIII, no. 18, New York, October, 30, 1909, pp. 857-859.

²⁰ AGUILAR y Santillán, Rafael, *Bibliografía geológica y minera de la República Mexicana completada hasta el año de 1904*, México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, 1908, 330 p.

Este aspecto se complementa con las biografías escritas por el ingeniero Santiago Ramírez sobre personajes ilustres de su tiempo, como Andrés Manuel del Río, Juan N. Cuapátaro,²¹ Miguel Velázquez de León,²² Francisco Díaz Covarrubias,²³ Mariano de la Bárcena,²⁴ entre otros que trabajaron en pro del desarrollo científico de México. Pese a tratarse de obras con objeto de enaltecer al biografiado, el trabajo de Ramírez da luz sobre personas cuya labor en la Historia Natural y particularmente la Geología y la Antropología fue importante en la conformación de estas disciplinas,²⁵ de tal modo que “hace justicia” a quienes de otra forma hubiesen quedado en el olvido.²⁶

De estos trabajos iniciales que hacían una narración de *hechos heroicos* y biografías, en el siglo XX se comenzó a dar paso a una diversidad de enfoques acerca de los aspectos sociales, económicos, institucionales y científicos de la forma como los mexicanos comenzaron a apropiarse de este cuerpo de conocimiento, de gran importancia por nuestra tradición minera desde tiempos virreinales. Los métodos utilizados también se han diversificado.

A finales del siglo XX se hizo un nuevo balance historiográfico de la Geología, pero ya desde una perspectiva kuhniana, es decir, desde la óptica de los paradigmas, las revoluciones y la ciencia normal. De esta manera, Zoltán de Cserna periodizó en México la

²¹ LA REDACCIÓN, “El Sr. D. Juan N. Cuatáparo”, en: *El Minero Mexicano*, vol. IX, núm. 2, México, 9 de marzo de 1882, pp. 13-15.

²² RAMÍREZ, Santiago, *Estudio biográfico del Señor Don Miguel Velázquez de León*, México, Imprenta de Ignacio Escalante, 1902, 112 p.

²³ Véase RAMÍREZ, Santiago, *Discursos pronunciados en la velada fúnebre que para honrar la memoria del distinguido Ingeniero Geógrafo D. Francisco Díaz Covarrubias se verificó la noche del 8 de Julio de 1899, en el Salón de Actos de la Escuela Nacional de Ingenieros*, México, Imprenta de la Secretaría de Fomento, 1889, 42 p.

²⁴ RAMÍREZ, Santiago, *Elogio fúnebre del profesor Don Mariano de la Bárcena. Secretario perpetuo de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1901, 27 p.

²⁵ Para ahondar en este tema, véase MORELOS Rodríguez, Lucero, *La geología mexicana en el siglo XIX, una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, Morelia, Secretaría de Cultura de Michoacán/Plaza y Valdés, 2012, 356 p.; de la misma autora, “El elogio de los hombres ilustres en la obra de Santiago Ramírez”, en: Lucero Morelos Rodríguez y Rodrigo Vega y Ortega (coords.), *Estudios Históricos sobre la cultura mexicana (siglos XIX y XX)*, México, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C., 2014, pp. 45-70.

²⁶ Sobre la importancia de las biografías en los estudios históricos actuales, véase DOSSE, Francois, *El arte de la biografía, entre historia y ficción*, México, Universidad Iberoamericana, 2011, p. 49.

geología premoderna y moderna, es decir, antes de “Lyell y después de Lyell”.²⁷ De Cserna considera que en el país se dio una transición lenta desde los principios wernerianos hasta los uniformistas de sir Charles Lyell, que por lo general son considerados como el parte-aguas que modernizó la disciplina.

La historia de la Geología en México se enriqueció con el estudio de caso realizado por Azuela Bernal sobre la práctica científica. Con una mirada que abarcó tres centurias, dio cuenta del paso del estudio del subsuelo mexicano desde las minas hasta la institucionalización de la actividad geológica en la Escuela Nacional de Ingenieros y la fundación del Instituto Geológico. Su investigación sigue a Bruno Latour en el sentido de analizar “el ciclo entero de acumulación” desde el territorio virgen al centro de acopio, y lo acompaña durante el proceso de validación hasta que los hechos son integrados a la especialidad como patrimonio científico. En esta investigación particularizamos en los resultados de la práctica en campo para visibilizar el ciclo de acumulación que ella plantea, enfocados en el ámbito de la Geología y la Paleontología.

Por otra parte, Uribe Salas propone otra periodización desde un punto de vista distinto, que tiene cruces y coincidencias con el enfoque de Azuela Bernal, y también enriquece la historiografía geológica. Emplea una metodología basada en el prisma de saber y verdad de Michel Foucault mediante la cual analiza la transición del estudio geológico del suelo mexicano al de sus fósiles como objeto de estudio en sí mismos y no ya solamente como soporte de la Geología, en la segunda mitad del siglo XIX.

Relaciona cada generación de geólogos y paleontólogos con los tres umbrales analíticos de Michel Foucault: en el arqueológico para la Paleontología mexicana destaca la primera generación, integrada casi exclusivamente por extranjeros: Andrés del Río, Alejandro de Humboldt, Joseph Burkart, Hermann von Meyer y Johannes Burkart, así como Pierre-Henri Nyst y Henri G. Galeotti, Hugo Falconer y William More Gabb.²⁸

²⁷ Para esta separación el autor partió de considerar un corte “antes de Lyell” y “después de Lyell”, en el cual encaja los trabajos de Andrés del Río y Alexander von Humboldt en la primera categoría, y en la segunda a los realizados a partir de los años setenta del siglo XIX. CSERNA, Zoltán de, “La evolución de la Geología en México (1500-1929)”, *Revista del Instituto de Geología de la UNAM*, vol. 9, núm. 1, 1990, pp. 1-20.

²⁸ URIBE Salas, José Alfredo, *Los albores de la geología en México, mineros y hombres de ciencia*, UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C., 2015, pp. 56-57.

El umbral de positividad está conformado por la segunda generación, integrada por mayor número de mexicanos: Richard Owen, Antonio del Castillo, José Ramírez, Alfredo A. Dugés, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena, entre otros. Ya eran poseedores de un saber especializado con un objeto distinto y específico. En cuanto a la tercera generación, destacan Manuel M. Villada, José Guadalupe Aguilera, Ezequiel Ordóñez, Alfonso Luis Herrera López, Emilio Böse y Carl Burckhardt, quienes para Uribe Salas constituyeron el saber paleontológico organizado en un discurso estructurado y sistemático, capaz de ejercer una función dominante con reglas de verificación o parámetros de crítica. Por tanto, para el autor le corresponde “el umbral epistemológico del conocimiento”.²⁹

Otra investigadora que aborda la institucionalización de la disciplina es Lucero Morelos Rodríguez. Si Luz Fernanda Azuela se esfuerza por rescatar a quienes contribuyeron a conformar el patrimonio de la Geología y que se han perdido en el ciclo de acumulación, Lucero Morelos lo hace al revés, es decir utiliza como hilo conductor las biografías de los tres principales ingenieros de minas que contribuyeron a dotar de institucionalidad este saber: Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena. Al utilizarlos como indicadores entre el desarrollo científico en México y su relación con la administración porfiriana, la investigadora penetra en la comunidad científica que se configuraba en la segunda mitad del siglo XIX y que daría lugar a importantes aportaciones en las ciencias de la Tierra,³⁰ para mostrar los vínculos entre ciencia y poder político.

Entre las coincidencias entre Azuela Bernal, Uribe Salas y Morelos Rodríguez destaca que señalan como principal artífice de la institucionalización de la Geología en México a Antonio del Castillo, y el Instituto de Geología como el lugar donde ésta se llevó a cabo. Sin embargo, Uribe Salas plantea, sin desestimar su importancia, que Del Castillo en realidad seguía el programa establecido por su mentor, el sabio Andrés del Río, quien en su

²⁹ URIBE Salas, José Alfredo, *Los albores*, p. 57.

³⁰ Biografías recientes son las realizadas por Raúl Rubínovich Kogan, María Lozano, Rafael Guevara Fefer, con aportes acerca de la vida de ingenieros y sabios que fueron parte importante en la conformación de estas disciplinas científicas en el país. Se puede complementar con estudios de prosopografía, como el realizado sobre los ingenieros de minas en la Intervención Francesa: LARA Mimbrela, Iván Rubén, *Reacciones, colaboraciones y proyectos científicos. Los ingenieros de minería durante la Intervención Francesa y el Segundo Imperio en México (1862-1867)*, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, 2006.

obra dibujó un itinerario a seguir para la conformación de este cuerpo de conocimiento, que sus discípulos seguirían en los próximos cien años.³¹

Hay otros consensos en las obras mencionadas que se retoman en esta investigación, como considerar en la segunda mitad del siglo XIX como *geólogos* a los ingenieros que fungían como tales en la práctica y en la enseñanza,³² pese a que la carrera de Geología como tal inició en el país hasta el año 1935.³³ Además, los investigadores concuerdan con que el arribo de esta disciplina en el país se dio en el seno del Real Seminario de Minería y en la práctica en campo, pero hasta finales del siglo XIX se autonomizó.

En cuanto a las instituciones que organizaron las comisiones de exploración, el Ministerio de Fomento fue el articulador de buena parte de las mismas, pues además de las que organizaba para cubrir sus propios objetivos, de su presupuesto dependían otros organismos que también las ejecutaban, como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la Comisión Geográfico-Exploradora, la Comisión Geológica y más tarde el Instituto Geológico Nacional. Mireya Blanco Martínez y José Omar Moncada Maya reflexionan sobre su papel, pero se enfocan en el aporte sobre el desarrollo cartográfico del territorio. Su mirada es una breve pero detallada aproximación al Ministerio como sujeto de estudio, y también una invitación a realizar su historia institucional.³⁴

Lucero Morelos Rodríguez, al investigar la institucionalización de la Geología en México, incluyó en su estudio al Ministerio de Fomento, a la Comisión Geológica y al Instituto Geológico Nacional.³⁵ Su trabajo minucioso representa un insumo y apoyo importante para la investigación porque aporta en cuanto a la organización de los saberes, la consecución de fondos, el establecimiento de metas e incluso las dificultades que se tuvieron, pero enmarcadas en el ámbito institucional o *desde arriba*, como ya se ha señalado.

³¹ URIBE Salas, José Alfredo, *Los albores*, p. 54.

³² MORELOS Rodríguez, Lucero, *Ciencia, Estado y científicos. El desarrollo de la geología mexicana a través del estudio de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843-1902)*, Tesis de Maestría, México, UNAM, 2010, pp. 13-14, 51.

³³ MOLES Batllellé, Alberto *et al.*, *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*, Sociedad de Ex alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, México, 1991, p. 560.

³⁴ BLANCO Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya, "El Ministerio de Fomento", pp. 74-91.

³⁵ MORELOS Rodríguez, Lucero, *Historia de las ciencias geológicas en México. De entidad gubernamental a instituto universitario (1886-1929)*, Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2014, 331 p.

Entre los estudios que no se acotan propiamente a la disciplina geológica destaca el de Rafael Guevara Fefer, quien tiende un puente para explicar el tránsito de la Historia Natural hasta la conformación de la Biología, a través del estudio biográfico de tres hombres fundamentales: el naturalista Alfonso Herrera, el médico Manuel María Villada y el ingeniero Mariano Bárcena.³⁶ El autor utiliza sus biografías para explicar la forma como los contenidos y los objetos de estudio fueron cambiando conforme las preguntas de los mexicanos también cambiaban, en sincronía con las nuevas posturas en cuanto a los sistemas de clasificación y la difusión de las teorías uniformista y darwiniana.

El conjunto de estas investigaciones hace notar que hacia la segunda mitad del siglo XIX los mexicanos ya estaban recogiendo fósiles de flora y fauna para describir su anatomía, sugerir el modo de vida y el ambiente en que se desarrollaron, además por supuesto de los estudios de rigor como la edad del estrato en que se habían encontrado, y más particularmente hacia el último tercio del siglo.

Francisco Pelayo³⁷ en España, ha partido en sus estudios sobre la historia de la Geología, del debate entre catastrofistas y uniformistas cuando apenas se dibujaba la Geología como ciencia, pero poco a poco se ha ido centrando en la Paleontología y su importancia para la configuración de las Ciencias de la tierra. La Paleoantropología también ha sido objeto de su interés en años recientes. Como síntesis de sus trabajos, puede decirse que enriquece la bibliografía en español sobre el tema.

Los trabajos actuales –o relativamente actuales– sobre la Paleontología de México, si bien no pueden ser considerados históricos, proporcionan datos para discutir la validez del conocimiento generado en el siglo XIX acerca de los fósiles, dado que se ocupan de

³⁶ GUEVARA Fefer, Rafael, *Los últimos años de la Historia Natural y los primeros días de la Biología en México: la práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*, México, UNAM, 2002.

³⁷ De la extensa producción de PELAYO, Francisco sobre el tema, pueden consultarse: “Catastrofismo y actualismo en España”, *Llull*, vol. 7, 1984, España, pp. 47-68; *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*, Ediciones Akal, Madrid, 1991; “Teorías de la Tierra y sistemas geológicos: un largo debate en la historia de la Geología”, *Asclepio*, 1996, vol. 48, núm. 2, pp. 21-52; *Del diluvio al megaterio. Los orígenes de la paleontología en España*, Madrid, CSIC, Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia no. 16, 1996, 310 p.; en colaboración con Leandro Sequeiros, “Introducción y notas”, en: Joseph Torrubia, *Aparato para la Historia Natural española de...*, edición facsímil, Granada, Editorial Universidad de Granada, 2007, entre otros.

observar los descubrimientos con los ojos de hoy, para reclasificar aquellas especies que en su tiempo no fueron colocadas en el estanco correspondiente.

Alfonso Ramírez Galicia parte del presente para construir una historia de la prehistoria, con base en la historia intelectual,³⁸ dado que para él se vive un *impasse* o estancamiento epistemológico en esta disciplina. Aunque su trabajo está más centrado en las ideas sobre el hombre prehistórico en México y en los debates intelectuales sobre el tema, realiza una descripción de la vida intelectual y del medio social durante el periodo de estudio.

Otros estudios que nutren las investigaciones en el ámbito de la Geología y la Paleontología toman como objeto de estudio las exploraciones científicas. Hay temas o personajes que han sido estudiados con mayor amplitud, como Alejandro von Humboldt,³⁹ Martín de Sessé y José Mariano Mociño,⁴⁰ en el periodo del Virreinato. Incluyen datos sobre el desarrollo de la ciencia en esta parte del mundo.

Francisco Javier Serrano Bosquet prueba la teoría del actor-red para analizar de otra manera temas que ya han sido estudiados, como las expediciones del siglo XVIII. El acento de su investigación está en observar a los actores que participaron y los intereses subyacentes, y observa que detrás de estas exploraciones había motivos políticos, económicos, comerciales, militares, religiosos, además de los epistemológicos.⁴¹

³⁸ Aunque su trabajo se enfoca más en el aspecto del ser humano y en la discusión de las ideas sobre su origen en América, presenta las primeras discusiones sobre el origen del hombre en América. RAMÍREZ Galicia, Alfonso, *Historia de la construcción del campo epistémico de la prehistoria en México (Elementos teóricos e históricos preliminares)*, Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, 2014.

³⁹ Véase por ejemplo el estudio introductorio de Sandra REBOK a la edición de Alexander von Humboldt, *Cosmos, ensayo de una descripción física del mundo*, Madrid, Editorial La Catarata, 2011, 1000 p.

⁴⁰ VILCHIS Reyes, Jaime y Graciela Zamudio Varela, “José Mariano Mociño y la tradición de la monarquía universal hispánica”, en Rosaura Ruiz, Arturo Argueta y Graciela Zamudio (coords.), *Otras armas para la Independencia y la Revolución, Ciencias y humanidades en México*, México, UNAM, UAS, UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C., Fondo de Cultura Económica, 2010, pp. 24-29.

⁴¹ SERRANO Bosquet, Francisco Javier, “Actores e intereses encontrados en las rutas expedicionarias del siglo XVIII. Ensayo de una nueva perspectiva de análisis”, en: Francisco Javier Dosil Mancilla y Gerardo Sánchez Díaz (coords.), *Continuidades y rupturas, una historia tensa de la ciencia en México*, Morelia, UMSNH, UNAM, 2010, pp. 97-114.

Conceptualización

Exploración científica

Las exploraciones científicas constituyen el vehículo para profundizar en la comprensión del espacio geográfico, en tanto que se forman como un núcleo de generación y sociabilización del conocimiento en el que participan actores humanos y no humanos. Para esta investigación tomamos además el significado que les proporciona Bruno Latour, como “el modo de movilización del mundo”.⁴²

Actores o actantes

En la Teoría del Actor-Red, y como su nombre lo indica, la característica principal del actante es *actuar*. Al hacerlo, establece redes de intercambio con otros actantes en las que ambos se modifican, así que se impone la necesidad de estudiarlos en su conjunto.⁴³ En esta investigación se usan como sinónimos los términos actor y actante. Además de los seres humanos que intervienen en los procesos, también son documentos, mapas, colecciones de fósiles y espacios geográficos objeto de exploración. Describir su actividad permite observarlos en los entramados socio-técnicos y la circulación del conocimiento.

Los jefes de comisión se constituyen en actantes de este proceso en tanto que formaron parte de las exploraciones, las dirigieron y redactaron los informes; elaboraron mapas y colecciones. Son egresados del Colegio de Minería o de la Escuela Nacional de Ingenieros; representan un número escaso de técnicos que fueron importantes para alcanzar los intereses del Estado, ya sea en la planeación de carreteras, la construcción de vías férreas y la exploración del territorio. Si bien parten de una formación como ingenieros, más enfocada a la aplicación científica o técnica que a la producción de ciencia,⁴⁴ eran los mejor preparados y tenían a su cargo explicar y dominar científicamente el territorio.

A lo largo de estas páginas se ha hecho énfasis en el papel de los “no humanos” en los colectivos. Como producto de las exploraciones se obtuvieron colecciones, mapas,

⁴² LATOUR, Bruno, *La esperanza*, p. 122.

⁴³ LATOUR, Bruno, *Reensamblar lo social, una introducción a la teoría del actor-red*, Buenos Aires, Manantial, 2005, pp. 82-94.

⁴⁴ BERNAL, John D., *La ciencia en la historia*, México, UNAM/Dirección General de Publicaciones, p. 473.

instrumentos, apuntes de campo y resultados, en informes para los superiores y en artículos de divulgación y difusión científica, estos últimos para discutir con los pares y articular a la colectividad.

Documentos y colecciones producto de exploraciones son actantes que adquieren vida propia gracias a su circulación en la red.⁴⁵ Se construyen como “híbridos entre la manera como se perciben y la forma como son narrados”, y se enriquecen conforme circulan, con la ventaja de que, cuando lo han hecho lo suficiente, “adopta la apariencia de un hecho contrastado, un universal autónomo respecto al nodo local donde fue producido”.⁴⁶

Espacios de ciencia

Existen varios conceptos que se pueden aplicar en una investigación que involucra el estudio de un territorio determinado, como región, paisaje, lugar, espacio. En este caso, se requiere uno que integre en sí la convergencia de las redes socio-técnicas, de modo que para esta investigación se sigue el utilizado por Milton Santos, que considera el espacio geográfico como “el resultado de la conjugación entre sistemas de objetos y sistemas de acciones, permite transitar del pasado al futuro, mediante la consideración del presente”.⁴⁷

El espacio no es solamente un receptor pasivo de los acontecimientos, un espacio-receptáculo. Se trata de otro actante que interviene en la práctica científica porque hay una circulación de conocimiento entre él y los otros que le irrumpen. Para Santos, “en cada momento hay una relación entre el valor de la acción y el valor del lugar donde se realiza; sin esto, todos los lugares poseerían el mismo valor de uso y el mismo valor de cambio, valores que no serían afectados por el movimiento de la historia”.⁴⁸

⁴⁵ QUETZAL Argueta, Jorge, *La Revista Ciencia, 1940-1975, contribuciones a la ciencia mexicana del siglo XX*, Morelia, UMSNH, Academia Mexicana de Ciencias, 2010, pp. 26-27.

⁴⁶ LAFUENTE, Antonio y Nuria Valverde, *Los mundos de la ciencia en la Ilustración española*, Madrid, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2003, p. 109.

⁴⁷ SANTOS, Milton, *La naturaleza del espacio*, p. 84.

⁴⁸ SANTOS, Milton, *La naturaleza del espacio*, p. 74.

Para que un sitio se pueda considerar espacio, por lo tanto y siguiendo esta lógica, debe tener un contenido, debe ser forma-contenido,⁴⁹ de modo que cuando una comisión científica llega a explorarlo, no lo hace solamente sobre su forma física, sino que parte de un valor que ya le adjudica y que busca modificar. Puede por lo tanto hablarse de un espacio de ciencia cuando se le ha adjudicado la cualidad de ser medido, explorado e inventariado con fines de conocimiento y bajo una técnica determinada.

Fuentes y archivos

Al plantear la investigación nos preguntamos qué tipo de fuentes permiten dar seguimiento al itinerario del conocimiento geológico y paleontológico construido en México a través de la práctica científica; entonces nos enfocamos en la revisión de los documentos generados por los geólogos del periodo, que consideramos pueden ser caracterizados en tres formas: *a)* informes generados en el ejercicio de su actividad, a petición de su contratante, que en todos los casos es el gobierno, principalmente a través del Ministerio de Fomento; *b)* traducciones o reproducciones de obras extranjeras sobre el tema; *c)* obras propias, elaboradas por inquietud del autor para aportar información correspondiente a su especialidad, como una forma de sistematizar los conocimientos adquiridos acerca del territorio mexicano, para su enseñanza y difusión.

Decidimos centrarnos en los resultados de las exploraciones, dado que nos interesa analizar la práctica de los geólogos del siglo XIX. De esta forma, las fuentes primarias para la investigación son principalmente documentales y consisten en libros, revistas y opúsculos de la época, mismos que encontramos en diferentes bibliotecas y hemerotecas de instituciones educativas como la Universidad Nacional Autónoma de México,⁵⁰ el Archivo General de la Nación y la Hemeroteca Pública Universitaria Mariano de Jesús Torres, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, entre otras. En la biblioteca privada

⁴⁹ SANTOS, Milton, *La naturaleza del espacio*, p. 91.

⁵⁰ En la UNAM consultamos estas fuentes en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra (BCCT-UNAM), la Biblioteca Ingeniero Antonio M. Anza del Palacio de Minería y la Hemeroteca Nacional Digital.

del Dr. Gerardo Sánchez –a quien le agradecemos su préstamo– consultamos también informes de la época, indispensables para esta tesis.

En estas obras encontramos descripciones de las comisiones encomendadas por el gobierno, escritas por los ingenieros que las dirigieron, cuyo aporte para esta investigación consiste en que nos permiten *escuchar* de voz de los actantes la descripción de su práctica científica, parte medular de esta investigación porque deseamos conocer la forma como trabajaron y su percepción acerca de los hallazgos paleontológicos que iban realizando sobre la marcha para identificar los cambios en la significación y el ensanchamiento del campo semántico del término fósil, así como su propia percepción acerca de los descubrimientos realizados. Por esta razón son el sustento principal de los capítulos segundo y tercero. Estos informes están contenidos en publicaciones periódicas, principalmente en los *Anales del Ministerio de Fomento*, pero también en el *Periódico La Naturaleza*, el *Boletín del Instituto Geológico Nacional* y la prensa general.

Para el capítulo cuarto necesitábamos fuentes que nos acercaran a los preparativos y la puesta en marcha del X Congreso Geológico Internacional, así que las fuentes que nos procuramos correspondieron a los informes (*compte rendu*) de los congresos geológicos internacionales y a la Guía de Excursiones del mismo, así como a las noticias publicadas en la prensa de la época.

Adicionalmente, consultamos repositorios archivísticos relacionados con las Ciencias de la Tierra, como son el Archivo Histórico del Palacio de Minería (AHPM), el Archivo General de la Nación (AGN) y el Archivo Histórico del Instituto de Geología (AHIG), en busca de datos que dieran soporte a los informes señalados o que explicaran vacíos de información no cubiertos por otras fuentes.

Por otra parte, en la Mapoteca Orozco y Berra y la Mediateca del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) encontramos cartografía indispensable para la tesis, que nos ayudó a situar espacialmente las exploraciones estudiadas, lo cual es también indispensable para esta tesis, debido al interés que se ha puesto en el estudio de los espacios geográficos estudiados como laboratorios o como otros actantes en el proceso de generación de conocimiento paleontológico.

Utilizamos como guía para la investigación literatura actual acerca de la historia de las Ciencias de la Tierra, entre la que destacamos las ya mencionadas obras de Zoltán de Cserna, Luz Fernanda Azuela, Alfredo Uribe y Lucero Morelos, entre las principales que fueron de consulta obligada en el transcurso de los capítulos redactados: entre ellas, “La evolución de la Geología en México”, *De las minas al laboratorio, la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, *Los albores de la Geología en México* y *La Geología mexicana en el siglo XIX*, respectivamente.

En bibliotecas encontramos obras que pertenecen a la literatura clásica sobre historia de la ciencia, y en específico sobre Geología y Paleontología, como las ya mencionadas, producidas por Santiago Ramírez, José Guadalupe Aguilera, Rafael Aguilar y Santillán, que aportaron una visión de estas disciplinas en la época de estudio.

Capitulado

Bajo este esquema metodológico, la investigación se enmarca en una historia de la ciencia en la cual las exploraciones son el hilo conductor para describir las redes formadas por los ingenieros, los documentos, las osamentas y petrificaciones encontradas, así como los espacios geográficos estudiados, aspectos de estudio que se reflejan en la estructura de la tesis, que consta de cuatro capítulos y una conclusión.

En el primer capítulo se proporciona un cuadro general del conocimiento de los fósiles desde la antigüedad y sus primeras interpretaciones hasta que llegaron a constituirse en artefactos para estudiar e historiar la Tierra. Esta revisión incluye también el problema de las clasificaciones de minerales y el lugar que ocuparon los fósiles en los estudios mineralógicos, para entender la forma como fueron percibidos en el México independiente.

En el segundo capítulo se describe la práctica científica en las exploraciones enfocada a la Paleontología, a partir de los documentos generados. Se estudia la circulación del referente –los fósiles– para observar las preguntas planteadas por los mexicanos durante la práctica de su investigación en campo y la forma como respondieron. El tercero está dedicado al espacio geográfico como actante en los estudios sobre la ciencia, a partir de los trabajos realizados en el Valle de México para su desagüe.

El cuarto estudia las redes conformadas en este proceso que convergieron en el X Congreso Geológico Internacional. Finalmente, se plantea una conclusión que valide o deseche la hipótesis y permita comprender la influencia del espacio geográfico y de los actores considerados en la tesis, en relación con la construcción de un saber propio, mexicano, que pasó a formar parte del saber universal.

CAPÍTULO I

FÓSIL, UN NUEVO ACTOR EN EL TEATRO DE LA CIENCIA

Introducción

A lo largo de la historia han surgido nuevas ciencias producto de las necesidades y de la acumulación de saberes específicos que deben ser acomodados en una nueva especialidad porque ya no caben en las existentes. La historiografía señala que la Paleontología comenzó como ciencia moderna a inicios del siglo XIX, derivada de los trabajos de Georges Cuvier con gran cantidad de seres vivos y petrificaciones, muchos de ellos acumulados en el Museo de París como producto de exploraciones en territorio francés y en otras regiones.

El objeto de estudio de esta nueva disciplina científica fueron los esqueletos y las petrificaciones de seres vivos vegetales y animales de otros tiempos. Ahora se conocen bajo el nombre de fósil, pero en el siglo XVIII el concepto, que proviene del latín *fossilis* y significa excavado, hacía referencia a todo tipo de mineral extraído del subsuelo, entre el cual se contaban las entonces llamadas petrificaciones.

Con el transcurso del siglo, la creación de museos y colecciones de objetos provenientes de la naturaleza propició un cambio en la clasificación de los mismos, que ponderó las semejanzas biológicas; también comenzó a generalizarse el uso del término fósil para hacer referencia exclusiva a los restos orgánicos del pasado,⁵¹ en un lento cambio de significación que concluyó en el siglo XIX.⁵²

⁵¹ CAPEL, Horacio, *La física sagrada. Creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la Geomorfología española*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 1985, 223 p.

⁵² Todavía a finales del siglo XVIII, el término fósil se definía en diccionarios especializados como: “Término de física: llámase así todo metal, o materia que se halla en la tierra, cavando hasta alguna profundidad. Conchas fósiles, se llaman las que se hallan en la tierra petrificadas”. TERREROS y Pando, Estevan,

Parte de la comunidad científica que participó en este reacomodo epistémico consideró las petrificaciones como una herramienta para datar científicamente la estructura de la superficie y el subsuelo terrestres mediante la Geología histórica. Para mediados del siglo, los vestigios de seres de otras eras se habían convertido también en actores importantes para las teorías sobre los estudios de la vida, que más adelante darían paso a la creación de otra nueva ciencia: la Biología.

El fósil devino material objeto de estudio cuyo campo semántico se fue ampliando cada vez más, al abarcar mayor cantidad de especies que se descubrían y acomodaban en taxones; en Geología apoyó la clasificación de los estratos terrestres conforme el tipo de capa donde eran encontrados, y en Anatomía comparada ayudó a conocer la constitución general de un cuerpo a partir de un pequeño fragmento, además de ser elemento clave en el desarrollo de las teorías sobre la evolución de la vida.

Lo anterior recalca la historicidad del término fósil, que a nivel referencial ha pasado de designar *cualquier cosa enterrada en el subsuelo* a nombrar *los restos de animales o vegetales de épocas anteriores*;⁵³ a nivel simbólico, sintetiza ciertas características del espacio geográfico donde fue encontrado. Históricamente puede seguirse este cambio a través de la circulación entre referente y sociedad,⁵⁴ que eliminó unos significados y sumó otros, en un movimiento que se prolonga hasta nuestros días.

Este capítulo se divide en dos apartados, en el primero se describe el itinerario de estos vestigios desde los conocimientos mitológicos hasta su significado moderno; en el segundo, se siguen sus primeros pasos en el Real Seminario de Minería en México. Si bien existen obras completas acerca de la historia de la Geología y la Paleontología, este capítulo sobre las inicialmente llamadas *petrificaciones* pretende reseñar la forma como adquirieron significado en la práctica científica y en relación con la economía.

Diccionario Castellano con las voces de ciencias y artes y sus correspondientes de las tres lenguas francesa, latina e italiana: su autor..., Tomo II, Madrid, Imprenta de la viuda de Ibarra, hijos y compañía, 1787, p. 181.

⁵³ Al expresar el término “nivel referencial” aludimos a dicha función de la comunicación propuesta por Roman Jakobson, que predomina en la ciencia tradicional porque consiste en transmitir información objetiva, observable y verificable. Véase: GIRAUD, Pierre, *La semiología*, México, Siglo XXI Editores, 1986, p. 12.

⁵⁴ Véase LATOUR, Bruno, *La esperanza de Pandora, ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, Gedisa, 2001, p. 78.

De seres mitológicos a evidencia sobre la evolución de las especies

La mitología como Historia Natural

Una de las características atribuidas a los homínidos para reconocerlos como *homo sapiens* o al menos como seres pensantes es el uso de herramientas y de arte, que forma parte de su dimensión *simbólica*.⁵⁵ Francisco Sour Tovar y Sara A. Quiroz Barroso encuentran este uso simbólico en una colección de restos de gasterópodos y corales fósiles que al parecer formó un grupo de neandertales en la cueva de Arcy-sur-Cure en Borgoña, hace más de 80 mil años. Se trata de “la evidencia más antigua del contacto del hombre con los fósiles”.⁵⁶

Aunque se desconoce el motivo por el cual se creó esta colección en específico, se presume que los hombres de la prehistoria utilizaban esos vestigios para construir objetos de ornato en sus sepulturas; uso que muestra, para Sour Tovar y Quiroz Barroso, “el carácter sobrenatural que se le ha otorgado a los fósiles desde las primeras culturas humanas”.⁵⁷ Esto es, que desde tiempos remotos el ser humano se ha preocupado por tratar de entender la significación de los fenómenos de la naturaleza.

Entre estos fenómenos se incluyen los huesos de gran tamaño y las conchas marinas halladas en lo alto de montañas, cuya existencia fue interpretada por los primeros pobladores a través de mitos sobre seres fantásticos. Los filósofos clásicos no proporcionaron información sobre las osamentas encontradas cerca del mar Mediterráneo salvo en casos aislados, como la mención de gigantes por parte de Platón, pues el mito de que Empédocles había visto esqueletos de elefantes en cavernas de Sicilia,⁵⁸ resultó falso.

Adrienne Mayor⁵⁹ es una de los investigadores que exponen el conocimiento que los pueblos de la antigüedad tenían sobre varios tipos de petrificaciones y el paralelismo entre la Historia Natural y los relatos mitológicos de poetas como Hesíodo y Homero. Usó como

⁵⁵ ACZEL, Amir D., *Por qué la ciencia no refuta a Dios*, España, Taurus, 2014, p. 208.

⁵⁶ SOUR Tovar, Francisco y Sara A. Quiroz Barroso, “Mitos y leyendas sobre los fósiles”, en: *Ciencia*, revista de la Academia Mexicana de Ciencias, enero-marzo de 2004, vol. 55, núm. 1, p. 9.

⁵⁷ SOUR Tovar y Quiroz Barroso, “Mitos y leyendas”, p. 9.

⁵⁸ Mayor, Adrienne, *The first fossil hunters, paleontology in Greek and Roman times*, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 2000, pp. 6-8.

⁵⁹ Véase el primer capítulo de MAYOR, Adrienne, *The first fossil...*, pp. 15-53.

fuentes para su estudio objetos como vasijas y frisos,⁶⁰ cuyos dibujos comparó con hallazgos paleontológicos y arqueológicos en la zona, gracias a lo cual ha podido relacionar varios mitos con la Historia Natural de Grecia y sus alrededores.

Los mitos sobre gigantes ocultos en cuevas están respaldados por hallazgos de huesos antiguos en las profundidades de la tierra; también destaca el caso del grifo (del latín tardío *gryphs*, y éste del griego *grýps*, animal fabuloso), bestia descrita como mitad león y mitad águila, asociada a la protección del oro. Los nómadas escitas que hallaron osamentas de *protoceratops* en el desierto cerca de yacimientos del metal amarillo, creyeron que eran grifos u otras bestias que habían sido muertas por sus antepasados para robarles el oro.⁶¹

Incluso, para Mayor los artistas que representaron estas figuras a partir de esqueletos tenían una idea más clara de la anatomía del *protoceratop* que varios naturalistas del siglo XIX, lo cual parece explicarse por las diferencias en el sistema taxonómico utilizado, dado que el de Linneo es más cerrado y resulta difícil concebir una mezcla entre mamífero y ave, algo válido en las clasificaciones del periodo clásico. La imagen siguiente hace una comparación entre el esqueleto de un *protoceratop* y una imagen de grifo, en posición similar.



Comparación entre la imagen de un grifo de los nómadas escitas, reconstruida, y el esqueleto de un *protoceratops*. Ed Heck (modificada del original). En Adrienne Mayor, *The first fossil...*, p. 44.

⁶⁰ MAYOR, Adrienne, *The first fossil...*, pp. 40-44.

⁶¹ MAYOR, Adrienne, *The first fossil...*, p. 44.

Para los antiguos, las osamentas eran prueba de la existencia de seres eliminados por el hombre o por dioses más humanizados,⁶² aunque también consideraban que podrían vivir en otras regiones. Este saber plasmado en mitos ha sido estudiado por antropólogos como Claude Lévi-Strauss, para quien la oposición mito-historia “no se encuentra bien definida” y tiene un nivel intermedio,⁶³ pues las comunidades primitivas trataban de dar una explicación global a los fenómenos captados sensorialmente para entender el universo.

Estas ideas siguieron desarrollándose durante el imperio romano y más tarde se asociaron con la tradición judeo-cristiana, la cual afirmaba que antes del Diluvio Universal habían habitado en la Tierra gigantes y ángeles. Se veía la naturaleza y a los seres vivos como entidades fijas, producto de una única creación, como establecía el *Génesis*, pero tendientes a perfeccionarse mediante la *cadena del ser* o *escala natural*.

Posteriormente, durante la conquista de América, los exploradores escucharon también relatos de gigantes; uno de los más conocidos es el de Pedro de Cieza en su *Crónica del Perú*: los nativos le contaron la historia de estos seres en la punta de Santa Elena, quienes se habían apoderado del lugar y excavado pozos “hondísimos” pero los ángeles los echaron y mataron debido a que eran sodomitas. El fuego los consumió y quedaron sólo huesos y calaveras. Él mismo corrobora la existencia de huesos de gran tamaño en ese sitio.⁶⁴

En el caso de las conchas y los restos de animales marinos en lo alto de las montañas, había diversas explicaciones sobre qué eran y cómo habían llegado hasta allá: una de ellas lo atribuía al movimiento de las aguas, que los había colocado en esos lugares; para otros, eran restos de seres vivos petrificados o quizá una especie de “juegos de la naturaleza”, que imitaba a los seres vivos. También se desarrolló una creencia sobre el desarrollo de estos objetos a partir de semillas o gérmenes, que persistió hasta el siglo XVII.⁶⁵

⁶² MAYOR, Adrienne, en el libro citado, presenta estas relaciones entre ciencia y mitología, sobre todo en su primer capítulo. *The first fossil...*, pp. 15-53.

⁶³ LÉVI-Strauss, Claude, *Mito y significado*, México, Editorial Alianza, 2002, pp. 73-75.

⁶⁴ CIEZA de León, Pedro de, *Crónica del Perú. El señorío de los incas*, Franklin Pease G. (selección, prólogo, notas, modernización del texto, cronología y bibliografía), Caracas, Biblioteca Ayacucho, 2005, pp. 150-152.

⁶⁵ Pelayo, Francisco, “Las teorías geológicas y paleoantropológicas durante el siglo XIX”, *Akal, Historia de la Ciencia y de la Técnica*, 40, Coruña, Universidade da Coruña, p. 8.

Las petrificaciones se confundían con piedras, así que pasaron a integrar los lapidarios de la antigüedad clásica; estos pueden ser vistos como un compendio del conocimiento sobre las rocas asociado con los astros, la magia y la cura de enfermedades. Se adjudica a Aristóteles uno que describe 700 piedras en términos de color, características y lugar donde las había encontrado, pero el referente para la Historia Natural hasta entrado el siglo XVII fue el de Plinio *el Viejo* (23-79), como se verá más adelante.

Entre los vestigios que ingresaban a estos lapidarios destacan los moluscos, que fueron muy abundantes por más de 300 millones de años, en especial la subclase *ammonites*, de la cual se calcula que 10 mil especies distintas pudieron haber existido, en tamaños desde media fracción de pulgada hasta poco más de medio metro de diámetro. Tal cantidad dejó tras de sí gran número de petrificaciones, que eran utilizadas en la Europa medieval contra venenos y mordeduras de serpiente, pues se creía que poseían propiedades curativas.⁶⁶

Se tiene registro de que en América del norte, estos mismos moluscos eran empleados por los indios *sioux* y otras tribus como *piedras* “para sanar heridas y traer buena fortuna en el matrimonio, la caza, los viajes y la guerra”.⁶⁷ Por otra parte, en el territorio de la Nueva España, Francisco Hernández reportó el hallazgo de enormes huesos en Toluca, los cuales solían triturar los indios hasta hacerlos polvo para disolverlos en agua templada, como remedio para las fiebres.⁶⁸

Con estos ejemplos observamos que las culturas antiguas encontraron explicaciones a la existencia de huesos de grandes proporciones, conchas en las montañas y petrificaciones, que permanecieron *ocultas* en los relatos mitológicos pero que reflejan un conocimiento del mundo natural que actualmente se está comprendiendo a través de herramientas de orden cultural asociadas con la Literatura, el Arte, el Psicoanálisis, la Arqueología y la Paleontología. Explicaciones que son similares a lo descubierto por la Geología histórica.

En resumen, se desconocía que los tres artefactos mencionados hasta ahora eran vestigios de seres vivos extintos. Los huesos de gran tamaño se tomaban por restos de gigantes o

⁶⁶ AMNH, “Amonitas asombrosas”, Noticias y blogs, *American Museum of Natural History*, en www.amnh.org/explore/news-blogs/on-exhibits-posts/amazing-ammonites (consultado el 01 de octubre de 2015).

⁶⁷ AMHN, “Amonitas asombrosas”.

⁶⁸ TORRUBIA, *Aparato para la historia*, pp. 75-76.

animales que tal vez aún existían en otros lugares; las conchas en la cima de montañas habían sido llevadas hasta allá por medio de inundaciones o a través de *semillas*; y las petrificaciones eran imitaciones de la naturaleza. Por otra parte, mediante el pensamiento mágico atribuyeron propiedades medicinales, mágicas o de protección a varias especies.

Los saberes de los pueblos antiguos sobre Historia Natural que estaban plasmados en estos mitos no se supieron interpretar de manera racional cuando la Revolución científica irrumpió en la civilización occidental, así que la ciencia moderna no los tomó en cuenta y permanecieron en el imaginario solamente como mitología, que más tarde fue asociada con la correspondiente a la religión dominante en Europa: el cristianismo. Como expresa John D. Bernal:

Tomándolos con las debidas reservas –y considerando las enormes dificultades que había para formular teorías científicas generales antes de que existiera un lenguaje científico– podemos reconocer en muchos mitos los prototipos de las teorías científicas, en los mitos, las fuerzas de la naturaleza son personificadas...⁶⁹

Las petrificaciones en el inventario de la naturaleza

Con el desarrollo de la filosofía en la Grecia antigua hubo una transición de la mitología al pensamiento racional, reflejada en la forma de aproximación a la naturaleza: desde Tales de Mileto (624-546 a. de C.) se comenzaron a plantear hipótesis que debían ser confirmadas o refutadas mediante recursos epistemológicos como el análisis, los métodos inductivo y deductivo y las analogías; de igual forma, los argumentos se defendían a través de la retórica. Surgió de esta manera el primer esbozo de “la tradición del pensamiento crítico”.⁷⁰

Se reconoce a Platón (427-347 a. de C.) y a Aristóteles (384-322 a. de C.) como los primeros en realizar el esfuerzo de clasificar la naturaleza. El primer paso fue la división de los objetos naturales en tres reinos: animal, vegetal y mineral, aunque en ocasiones esta frontera no quedaba clara. Platón partía de reconocer a los seres vivos en la cadena del ser,

⁶⁹ BERNAL, John D., *La ciencia en la historia*, México, UNAM, 1959 (primera edición en español), p. 127.

⁷⁰ BARRERO, Álvaro, “El aporte de Aristóteles a la meteorología”, *Meteorología Colombiana*, No. 8, Bogotá, 2004, p. 108.

que iba de los más simples a los más complejos, de modo que su clasificación, basada en la esencia de los seres, establecía una relación jerárquica entre ellos.

En la obra conocida de Aristóteles se cuenta con al menos tres tratados sobre Zoología, donde el filósofo realizó una primera clasificación de animales, si bien mediante criterios distintos a los utilizados por la ciencia moderna. El *Estagirita* solamente incluyó lo que percibía a través de sus sentidos, método constante en sus obras y que se aprecia también en sus tratados, como *De las partes de los animales*.⁷¹

En su *Historia de los animales*, Aristóteles continuó con la idea de Platón y realizó agrupaciones desde los seres inanimados o más sencillos hasta el más complejo (el ser humano). Los dividió en dos categorías: “con sangre” y “sin sangre” (de sangre caliente y sangre fría). En cuanto a su clasificación mineralógica, retomó la teoría de los cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra) para explicar la composición del mundo, pero agregó el éter como quinto elemento.⁷²

Aunque no se cuenta con su opinión acerca de las grandes osamentas, en su obra *De la respiración* Aristóteles sí mencionó la existencia de restos de peces en tierra firme, lo que le indujo a proponer que algunos podían vivir enterrados, aunque sin moverse, donde tras morir y con el paso del tiempo, se petrificaban. Cabe recordar que para ese tiempo se desconocía que el agua contiene oxígeno, y que este filósofo consideraba que los peces no respiraban.⁷³

Su sucesor en el Liceo fue Teofrasto (368-284 a. de C.), quien además de clasificar las plantas en *De historia plantarum* y abordar su producción en *De causis plantarum*, escribió un tratado sobre Mineralogía: *De lapidibus*,⁷⁴ donde retomó ideas de Platón y Aristóteles,

⁷¹ ARISTÓTELES, *Obra biológica. De Partibus Animalium, Motu Animalium, De Incessu Animalium* (trad. del griego, Rosana Bartolomé, introducción y notas, Alfredo Marcos), Madrid, Luarna, 2010.

⁷² Se puede encontrar el desarrollo de esta idea en las primeras páginas del Libro I, Apartados 2 y 3, así como en el Libro IV, donde trata sobre los cuatro elementos. ARISTÓTELES, *Meteorológicos*, obtenido en: https://thevirtuallibrary.org/index.php/en/?option=com_djclassifieds&format=raw&view=download&task=download&fid=3149 (consultado el 15 de junio de 2017), s.p.

⁷³ ARISTÓTELES, “De la respiración”, en Aristóteles, *Acerca de la generación y la corrupción-Tratados breves de Historia Natural*, Madrid, Editorial Gredos, 1987, p. 345.

⁷⁴ Principal discípulo de Aristóteles y sucesor en el Liceo, Theophrastus es considerado el padre de la botánica gracias a dos obras suyas de gran trascendencia. Escribió sobre otros temas, su obra abarca títulos como *Problemas en la Filosofía Natural*, *Historia de la astronomía*, *Amor*, *Agua*, *Fuego*, entre otras. Sin embargo,

como la relativa al origen de algunas “sustancias”: formadas en el agua, como plata y oro, o en la tierra, para el caso de las piedras, incluso las preciosas.⁷⁵ También describió algunas características físicas bajo las cuales trató de agruparlas, como su resistencia al calor.

Durante el primer siglo de la era actual, Cayo Plinio Segundo (23-79 d. de C.), o Plinio *el Viejo*, compiló el conocimiento del mundo natural desde los griegos y de todo el imperio romano, y lo presentó al emperador Vespasiano en los 37 tomos de su *Historia Natural*, obra que gozó de reconocimiento durante la Edad Media y fue retomada en el Renacimiento gracias a la imprenta, así que fue aún más difundida y sirvió de base para la descripción de nuevas especies por parte de naturalistas y exploradores.⁷⁶

Aunque no podemos juzgar el estado del conocimiento de aquel periodo con los ojos de este tiempo, podemos anotar que su clasificación muestra la dificultad de seleccionar taxones adecuados para las petrificaciones usando sólo la observación, pues incluyó algunos gasterópodos petrificados, como las trochitas (*trochita trochiformis*), o equinodermos como los crinoideos (crinoidea), en la categoría de piedras semipreciosas.⁷⁷ Su sistema ocupa un lugar destacado en la historia de la taxonomía, puesto que respondía a las necesidades de su tiempo, así que se mantuvo vigente durante el imperio romano, la Edad Media, el Renacimiento y parte de la Revolución científica.

Estas primeras clasificaciones pueden considerarse más como inventarios descriptivos de los objetos que consideraban las características observables, los usos que se les podía dar, sus propiedades y todo aquello que pudiera asociarse con ellos, en una época en la cual no había instrumentos para analizarlos de manera más profunda. Por esta razón estaban más enfocadas en identificar que en clasificar, algo que comenzó a cambiar hasta la Revolución científica de los siglos XVII y XVIII.

aunque su fecha de nacimiento es generalmente aceptada, no se tiene la certeza que sea exacta. CALEY, Earle R. and John F. C. Richards, “Introduction, Greek text, English translation, and commentary”, in Theophrastus, *On Stones*, Columbus, The Ohio State University, 1956, p. 3, nota al pie 2.

⁷⁵ THEOPHRASTUS, *On Stones*..., p. 45.

⁷⁶ RAMOS Maldonado, Sandra I., “La Naturalis Historia de Plinio el Viejo: lectura en clave humanística de un clásico”, en *Ágora, Estudios Clásicos em Debate*, No. 15, 2003, pp. 54-55.

⁷⁷ “Notas”, en: AGRICOLA, Georgius, *De Re Metallica, Translated from the first Latin Edition of 1556, with Biographical Introduction, Annotations and Appendices upon the Development of Mining Methods, Metallurgical Processes, Geology, Mineralogy & Mining Law from the earliest Times of the 16th Century*, by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, New York, Dover Publications, 1950, p. 256.

El que la obra de Plinio hubiera permanecido vigente hasta el siglo XVIII se explica porque el ser humano tanto de Oriente como de Occidente no necesitó cambiar su modo de pensar durante la Edad Media, dado que se contaba con la explicación de un orden superior que satisfizo y organizó a la sociedad de forma jerárquica.⁷⁸ Empero, el trabajo técnico continuó desarrollándose, con el Renacimiento un nuevo sistema comenzó a aflorar y se observó con mayor detalle la naturaleza, acto que se expresó en el arte. Como afirma Bernal:

Durante la Edad Media, las formas tomadas de la naturaleza –sobre todo el follaje y los animales– habían empezado a infiltrarse por los costados de las pinturas. El Renacimiento introdujo ese mismo realismo para las figuras humanas centrales. Esto exigió una observación muy detallada de la naturaleza –montañas, rocas, árboles, flores, bestias y aves–, estableciéndose así los cimientos de la geología y de la historia natural, sin derivarlas ahora de los libros y de las reglas lógicas.⁷⁹

Lo expresado por Bernal muestra un viraje tras el cual hubo una transformación donde el referente volvió a ser la naturaleza, y para conocerla se recurrió a la experiencia empírica: observar, palpar, oler y probar arenas, tierras, piedras y fósiles. Los eruditos renacentistas coleccionaban las petrificaciones, las describían y dibujaban. Se retomó la discusión sobre su origen y naturaleza, “que se prolongó durante los siglos XVI y XVII”. José Pedro Calvo Sorando la resume de la siguiente forma:

En el centro de dicha discusión se dirimía el conflicto entre una visión cosmogónica de la Tierra y otra que abría horizontes más rigurosos y racionalistas. Según la primera, los fósiles eran objetos que se formaban por sí mismos, al igual que los cristales, condicionados y de algún modo reproducidos sobre las rocas a partir de la naturaleza viva actual [...] Una variante un tanto pintoresca, pero en cualquier caso interesada, de esta postura, es que los restos orgánicos fósiles fueron infiltrados en la roca sólida debido a la acción de inundaciones de gran magnitud y, en particular, al Diluvio Universal. En contraste con ello, la visión rigurosa y progresista abogaba por el tratamiento de los fósiles como restos animales y vegetales petrificados incluidos en las rocas durante la formación de éstas.⁸⁰

⁷⁸ BERNAL, John D., *La ciencia en...*, p. 38.

⁷⁹ BERNAL, *La ciencia en...*, p. 338.

⁸⁰ CALVO Sorando, José Pedro “Introducción”, en Charles Lyell, *Elementos de Geología* (edición de José Pedro Calvo Sorando), Colección Clásicos de la Ciencia y la Tecnología, Barcelona, Crítica, 2011, pp. XII-XIII.

En la segunda visión ya se plantea una explicación con bases empíricas, en la cual la religión y la magia quedaban excluidas. Así como se trataba de encontrar el origen de las petrificaciones semejantes a los seres vivos, se hacía lo propio con la historia de la Tierra. Esta nueva mirada hacia la naturaleza, sumada a las nuevas necesidades de extracción minera de hierro y otros elementos para la fabricación de armas, puso el foco de atención en la composición de la corteza terrestre y en cómo encontrar estos minerales.

Se considera a Georgius Agrícola (1494-1555) como el padre de la mineralogía moderna porque antes de sus obras prácticamente no había trabajos sobre explotación de minerales⁸¹ –el más reciente sobre el tema era el de Plinio–. En *De re metallica* y *De natura fossilium* dejó de lado lapidarios y catálogos medievales para usar su propia clasificación, con la cual identificó aproximadamente 600 minerales simples (químicamente homogéneos) que para 1546 clasificó en cuatro clases: tierras, piedras, jugos congelados y metales.⁸²

A su vez, dividió las piedras en cuatro tipos: a) piedras comunes, en las cuales incluía la piedra imán y el jaspe; b) gemas abrazadas; c) piedras decorativas; y d) rocas, como arenisca y piedra caliza, división en la que se basaron las clasificaciones de los siguientes tres siglos, hasta que fue posible observar otras propiedades. Basó en la obra de Plinio parte de su nomenclatura y retomó otras de sus ideas, como considerar algunas petrificaciones en la categoría de piedras semipreciosas,⁸³ producto de la confusión entre fósiles y rocas.



“Georgius Agrícola”, Image, *Enciclopaedia Britannica*, disponible en: <https://www.britannica.com/biography/Georgius-Agricola#/media/1/9518/155546> (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2019).

⁸¹ En la Introducción de *De re metallica* asegura que solamente conoce unos cuantos escritos de alquimistas, pero que no consideraba serios.

⁸² Tabla 1. *The Evolution of Mineral Systems from Agricola to the Early Nineteenth Century*, p. 23.

⁸³ AGRÍCOLA, Georgius, *De natura fossilium (Textbook of mineralogy)*, translated from the first Latin Edition of 1546 by Mark Chance Bandy and Jean A. Bandy, New York, Dover Publications, 2004, p. 98.

Uno de los grandes problemas de ese tiempo fue la clasificación de los minerales. Las diferencias con los otros dos reinos eran obvias, en tanto que los elementos de aquéllos tenían la propiedad de la vida y órganos funcionales. La falta de conocimientos químicos y cristalográficos, además por supuesto de instrumentos como el microscopio, limitaron las categorías a características físicas: color, sabor, olor, forma y dureza. Algunas petrificaciones eran reconocidas como tales, pero otras pasaban por piedras.

Empero, para entonces el estudio de la naturaleza comenzó a dar grandes pasos gracias al descubrimiento del Nuevo Mundo y las exploraciones en Asia y África, dado que los sabios se enfocaron en identificar plantas, animales y minerales, en un ejercicio de investigación empírica que pronto mostró que para generar conocimiento había que ordenar de alguna manera el aluvión de información recabada. Francis Bacon (1561-1626),

...realizó una sistematización de las distintas ramas del conocimiento a partir de las facultades humanas primarias de la memoria, la imaginación y la razón. Desde esta nueva organización de las ciencias, Francis Bacon definió la historia natural como aquella disciplina dedicada a la investigación de la historia de las criaturas, la historia de las maravillas y otras artes [...] en esta obra puso de manifiesto la necesidad de llevar a cabo la generación de colecciones en forma sistemática e inductiva a partir de las observaciones empíricas, con el fin de proveer la base sobre la cual luego trabajaría la filosofía natural en busca de las explicaciones causales.⁸⁴

Prevalecía una visión esencialista y fijista, heredada en parte de Platón y Aristóteles pero conjugada con el catolicismo, de modo que se tendía hacia un pensamiento de carácter deductivo más que inductivo al partir de categorías ya preconcebidas para el estudio de los objetos de la naturaleza. Este sistema de pensamiento se ve limitado porque en vez de indagar sobre el fenómeno en sí para conocer sus propiedades, parte de una definición que cierra el camino a otras interpretaciones.

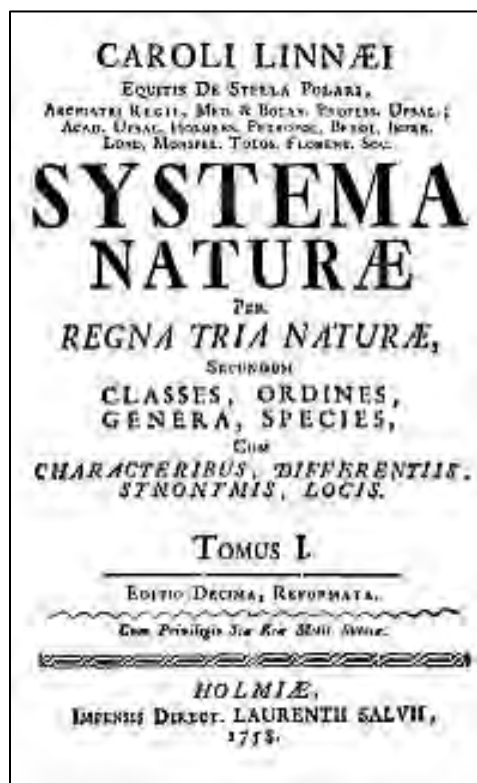
Hasta mediados del siglo XVIII la intención fue identificar a los miembros de los tres reinos de la naturaleza (animal, vegetal y mineral), más que clasificarlos. Como explica Susana Pinar, “la identificación como tal, no implicaba la expresión de ningún orden, de

⁸⁴ SERRANO Bosquet, Francisco Javier, “Actores e intereses encontrados en las rutas expedicionarias del siglo XVIII. Ensayo de una nueva perspectiva de análisis”, en: Francisco Javier Dosil Mancilla y Gerardo Sánchez Díaz (coords.), *Continuidades y rupturas, una historia tensa de la ciencia en México*, Morelia, UMSNH/UNAM, pp. 102-103 (nota al pie 9).

ningún sistema de relaciones, que era el verdadero objetivo de una clasificación, sino únicamente la correspondencia de una clase de objetos con un nombre”.⁸⁵ Es decir, osamentas y petrificaciones todavía no se articulaban entre sí mediante relaciones paradigmáticas.⁸⁶

Había diferencias entre las clasificaciones de cada naturalista, pues cada autor seguía sus propios criterios. Para llegar a un consenso se requería un sistema fácil de utilizar que a la vez tuviera correspondencia con el cambio en el pensamiento ya expresado, en cuanto a dejar las explicaciones esencialistas de lado al ordenar en taxones la diversidad que se extendía y que era necesario organizar. Correspondió a Carlos Linneo (1707-1778) comenzar a desarrollar esta tarea.

En 1735 publicó *Sistema Naturae*, donde presentó una clasificación artificial⁸⁷ –es decir arbitraria– para los tres reinos pero con énfasis en el vegetal. En ediciones posteriores, además de incrementar el número de especies clasificadas fue variando su taxonomía hasta llegar a la décima edición en 1758 (cuya portada del Tomo I se muestra al costado) que, con su obra *Species plantarum* (1753), es considerada introductoria de la taxonomía moderna.



Portada del primer tomo de la décima edición del *Sistema natural* de Linneo. En: *Internet Archive*, Disponible en: https://archive.org/details/cbarchive_53979_linnaeus1758systemanaturae1758/page/n2 (fecha de consulta: 28 de marzo de 2017).

Linneo organizó los seres en siete grupos: reino, phylum, clase, orden, familia, género y especie, mediante criterios que tuvieron como base el número de estambres, para el caso de

⁸⁵ PINAR, Susana, “El peso del carácter. Algunas consideraciones sobre la historia de la botánica española en el tránsito de sistemas”, en *Asclepio*, Vol. XLVIII, Núm. 2, 1996, p. 9. En: <http://asclepio.revistas.csic.es>

⁸⁶ En sentido lingüístico.

⁸⁷ Es decir, arbitrarios. PINAR, Susana, “El peso del...”, p. 7.

las plantas. Utilizó una nomenclatura binomial que todavía se emplea. Si bien continuaba siendo esencialista, su sistema es considerado el primero con tratamiento científico.⁸⁸

Su clasificación de los reinos animal y vegetal tuvo buena acogida, que derivó en otras taxonomías, a tal grado que se impuso sobre las anteriores y continúa vigente en varios aspectos hasta la actualidad. Sin embargo, aunque su propuesta se tomó inicialmente como base para el reino mineral, fue en parte abandonada en este tema porque no era posible utilizar los mismos criterios clasificatorios para ordenar a los seres vivos que a los no vivos, por lo ya mencionado y como se verá más adelante.

Abraham Gottlob Werner (1749-1817), catedrático de Mineralogía en la Academia de Minas de Freiberg, en Sajonia, escribió *Sobre los caracteres exteriores de los fósiles* en 1774 como material para su plan de estudios, en el que explicaba “los conceptos básicos de la descripción de los minerales por sus caracteres externos”.⁸⁹ En este libro, a partir de sus observaciones sobre las deficiencias de la taxonomía linneana para el tercer reino de la naturaleza,

...distinguió claramente los reinos de los vivos y los que no viven; los métodos desarrollados para el primero, en su opinión, no podrían aplicarse legítimamente a este último. Al contrario de la corriente principal del pensamiento del siglo dieciocho, Werner negó que hubiera una graduación continua entre los tres reinos de la naturaleza. Hizo hincapié en las diferencias, en lugar de las analogías, entre los reinos vegetal y animal, por un lado, y el reino mineral, por el otro. Los mineralogistas, pensó, habían quedado excesivamente impresionados por la taxonomía botánica y zoológica y demasiado acríticos para extenderse al reino mineral.⁹⁰

Para la nomenclatura del tercer reino, la diferencia entre los objetos vivos y los no vivos radicaba en su constitución. Las plantas y los animales individuales eran colecciones de partes distintas cuya relación había proporcionado a los naturalistas la base de su clasificación. En cambio, los minerales individuales no eran colecciones de partes distintas,

⁸⁸ MALDONADO-Koerdell, Manuel, “Linnaeus, Darwin y Wallace en la bibliografía mexicana de Ciencias Naturales, I. Primeras referencias a sus ideas en México”, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. 19, p. 1.

⁸⁹ ESCAMILLA González, Francisco Omar y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas...*, p. 46.

⁹⁰ LAUDAN, Rachel, *From Mineralogy to Geology: The Foundations of a Science 1650-1830*, Chicago, University of Chicago Press, 1987, p. 80 (traducción propia).

como había manifestado Georgius Agrícola en su tiempo, así que no era posible utilizar estos criterios.

Para Werner, la clasificación de un mineral en un sistema y su identificación son dos problemas distintos, así que era necesario emplear como criterios la composición química y los caracteres externos, de acuerdo con Wellerius. Se basó en el sueco Torbern Olof Bergman para crear su sistema, en el cual expuso la relación entre las formas geométricas de los cristales con la naturaleza de cada sustancia. Incluyó aspectos ya aceptados desde Agrícola, como la división de los minerales en cuatro tipos: metales, tierras y piedras, sales y sulfuros, ordenados en masas extendidas como rocas, venas y estratos.⁹¹

Se desarrollaron más sistemas clasificatorios y se fueron perfeccionando los existentes, pero ya sobre la base linneana. Se vio la necesidad de que los sistemas incluyeran las relaciones entre los seres vivos y reflejaran parte de su historia, pero fue hasta el libro de Charles Darwin (1809-1882), *Origen de las especies por medio de la selección natural*, publicado en 1859, cuando se alcanzó este objetivo, al establecer la ascendencia común como el criterio para el ordenamiento de las especies.⁹²



“Abraham Gottlob Werner” [fotografía]. Sala Medina, Fotografías. Disponible en Biblioteca Nacional Digital de Chile <http://www.bibliotecanacionaldigital.gov.cl/bnd/632/w3-article-314039.html> (fecha de consulta: 24 de octubre de 2019).

⁹¹ LAUDAN, Rachel, *From Mineralogy to...*, p. 22.

⁹² DARWIN, Charles, *El origen de las especies por medio de la selección natural*, México, Editorial Diana, 1953; CAPONI, Gustavo, “Los taxones como tipos: Buffon, Cuvier y Lamarck”, en *Historia, Ciencias, Saúde*, Río de Janeiro, Vol. 18, Núm. 1 (jan-mar.2011), p. 17.

Las petrificaciones en la sistematización de la Geología

A los problemas que preocupaban a los naturalistas de Europa durante la Revolución científica de los siglos XVII y XVIII, como los no resueltos sobre la existencia de gigantes y por qué había conchas en lo alto de las montañas, se sumaron otros como la formación de las montañas y las piedras y cómo había sucedido el Diluvio Universal. Pero hubo un cambio en la forma de encararlos, que consistió en la observación cuidadosa de la naturaleza y la sistematización propuesta por el método baconiano.

Con la publicación del *Aparato para la Historia Natural Española*, de Joseph Torrubia (1698-1761),⁹³ se usó un método de observación un poco más sistemático que los contemporáneos. Esta obra, considerada la primera sobre Paleontología en España, resume el debate sobre las cuestiones mencionadas, al discutir con otros autores –sobre todo con Benito Feijóo (1676-1764)– sobre gigantes, formación de montañas, Diluvio Universal y petrificaciones, desde un punto de vista progresista con respecto a sus contemporáneos, pese a que su autor era hombre de iglesia.⁹⁴

Torrubia reunió pruebas para demostrar la existencia de gigantes en el Nuevo Mundo, tanto a través de la observación directa –pues conoció Filipinas, Nueva España y Cuba– como por medio de la lectura de otros exploradores y naturalistas anteriores y de su tiempo, como Pedro Cieza de León (1518-1560), Francisco Hernández (c. 1475-1526), José de Acosta (1540-1600) y Fray Juan de Torquemada (1562-1624), entre otros.⁹⁵ Sequeiros y Pelayo ponderan su método de apoyar sus ideas en evidencia empírica.

Los hallazgos de fósiles le hicieron creer en el carácter orgánico de las petrificaciones, sobre las que discutió y defendió su origen. Asimismo, estuvo en desacuerdo con algunas

⁹³ Fray José Torrubia nació en Granada en 1698 y falleció en Roma en 1761. Es uno de los autores de mayor influencia en España en relación con la existencia y el significado de los restos del Diluvio Universal. Vivió en Filipinas entre 1721 y 1733 como predicador y comisionado visitador, y también tuvo la oportunidad de recorrer algunos lugares de la Nueva España y viajar a Cuba. Para su libro utilizó muestras que obtuvo en sus viajes y testimonios de otros religiosos, como el jesuita Pedro Murillo Velarde. Véase SEQUEIROS, Leandro y Francisco Pelayo, “Introducción”, en Joseph Torrubia, *Aparato para la Historia Natural Española*, de..., España, Universidad de Granada/SCIC, 2007, pp. XII-XVI.

⁹⁴ SEQUEIROS y Pelayo, “Introducción”, p. XXIX.

⁹⁵ SEQUEIROS y Pelayo, “Introducción”, p. XXIX. Por ejemplo, Juan de Torquemada, en su *Monarquía Indiana*, menciona que los indios se referían a los gigantes con el término “quinametin”, lo cual para Torrubia mostraba la existencia de los gigantes, pues de otro modo los indios no tendrían una palabra para nombrarlos.

teorías diluvistas provenientes sobre todo de los británicos Thomas Burnet (1635-1715), John Woodward (1665-1728) y William Whiston (1667-1752),⁹⁶ lo cual le atrajo críticas a su *Aparato*, publicadas en algunas revistas científicas de la época.⁹⁷

Como puede observarse, hasta el siglo XVI los autores que habían abogado por la existencia de gigantes lo hacían apoyados en autores clásicos y en la Biblia, pero a partir del siglo XVII se recurrió a otras explicaciones basadas en los hallazgos de las exploraciones en América, Asia y África, a través de otros autores contemporáneos e incluso por medio de la experimentación.

Nicolás Steno (1638-1686) es considerado el padre de la estratigrafía. Realizó observaciones sobre la superficie terrestre y estudió la diferencia entre las capas de la tierra para llegar a la conclusión de que era posible explicar el orden de los estratos, los cuales definió como “el resultado de la acumulación de sedimento a lo largo de cierto tiempo”, limitados, a su vez, por otros estratos horizontales colocados arriba o debajo.⁹⁸ Explicó su disposición o acomodo: los más antiguos abajo y los más nuevos arriba, lo cual proporcionó una unidad para medir el tiempo geológico. Incluso dio una explicación para los casos en que no se conservaba el ordenamiento. Por otro lado, también fue capaz de explicar que las *glossopetme* o glosapetras eran dientes de tiburón, y describió el mecanismo mediante el cual quedaban atrapadas dentro de las rocas. Por estas razones, autores como Pedro Calvo afirman que, cronológicamente, es el padre de la Geología.⁹⁹

Para inicios del siglo XIX la ciencia ya era una actividad de prestigio tanto en Reino Unido como en Francia. Los naturalistas experimentaban y medían para comprobar hipótesis y

⁹⁶ El inglés Thomas Burnet fue autor de *Sacred Theory of the Earth*, en 1681, y de *The Ancient Doctrine Concerning the Origin of Things*, en 1692. Véase: *Dictionary of National Biography*, Vol. I, edited by Leslie Stephen, Vol. VII, London, Smith, Elder & Co., 1885. John Woodward, naturalista inglés conocido por practicar la hidroponía y por su teoría diluvista, autor de *Essay Toward the Natural History of the Earth* en 1692 y *Fossils of all Kinds Digested Into a Method*, en 1728, entre otros. El también inglés William Whiston fue un teólogo anglicano y matemático, profesor y amigo de Newton que intentó conciliar la religión con la ciencia. Escribió *A New Theory of the Earth*. Véase *ENCICLOPAEDIA Britannica*, disponible en: <http://global.britannica.com> (fecha de consulta: 3 de agosto de 2013).

⁹⁷ SEQUEIROS y Pelayo, “Introducción”, p. XIII; AGUILERA, “José Guadalupe, Reseña del desarrollo de la Geología en México”, en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo I, 1905, p. 40.

⁹⁸ STENONIS, Nicolai, *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Ad Serenissimum Ferdinandum II. Magnum Etr vriae ducem*, Florentie, Ex Typographia Fub figno Stellae, MDCLXIX, Superiorum Permissv, paginis 28-29.

⁹⁹ CALVO Sorando, José Pedro “Introducción”, p. XIII.

resolver problemas; también tenían necesidad de un espacio donde compartir los resultados que no seguían los cánones eclesiásticos. Se organizaron así las sociedades científicas, como nuevos nodos de una red que se estaba conformando para socializar el conocimiento, entre ellas la *Académie Royal des Sciences*¹⁰⁰ en Francia.

Para Buffon, así como la historia civil, la natural también podía ser leída en los vestigios escondidos dentro de la Tierra, pues indicaban todos los cambios físicos que podían “hacernos remontar a las diferentes edades de la naturaleza”.¹⁰¹ Afirmación que, unida a la observación de que para formar cada estrato se requerían largos periodos de tiempo, entraría en controversia con el cálculo sobre la edad de la Tierra, que a mediados del siglo XVIII era de unos seis mil años, a partir de interpretaciones del Génesis.¹⁰²

Para este tiempo se creaban las academias de minas en Europa, de las cuales destaca la de Freiberg, donde Abraham Gottlob Werner definía que una formación era una colección de rocas creada durante un cierto periodo, y la consideraba como la unidad básica de la estratigrafía, intermedia en escala entre los estratos y los sistemas,¹⁰³ misma que a la fecha sigue considerándose como tal en Geología. Enseñó a sus discípulos el neptunismo, teoría que considera el origen marino de todas las rocas, formadas por precipitación y sedimentación en una época en que la Tierra debía haber estado cubierta por agua. Para el siglo XVIII, el neptunismo explicaba mejor las características de la superficie y el subsuelo del planeta, su estructura y composición.¹⁰⁴ Para historiadores como Francisco Pelayo, el año en que fue nombrado profesor de Mineralogía (1775) es el punto de partida para la organización de las ciencias geológicas.¹⁰⁵

¹⁰⁰ BERNAL, John D., *La ciencia en la historia*, UNAM, p. 430.

¹⁰¹ BUFFON, Le Comte de, *Les époques de la Nature*, por Monsieur..., Intendant du Jardin & du Cabinet du Roi, de l'Académie Française, de celle de Sciences, Eç. Tome Premier, a Paris, de l'Imprimerie Royale, MDCCLXXX, pp. 1-2.

¹⁰² El conde de Buffon también buscó una explicación al origen de la Tierra que se alejaba de las fuentes bíblicas. En 1778 calculó el tiempo de enfriamiento de una esfera metálica y lo proyectó a las proporciones del planeta, con lo que propuso una edad de 75 mil años para la Tierra, tiempo que debía haber transcurrido desde que era una masa incandescente hasta alcanzar la temperatura que tenía en ese momento. HUBP, José Lugo, *La superficie de la Tierra, II. Procesos catastróficos, mapas, el relieve mexicano*, Colección La Ciencia para Todos, Núm. 101, Fondo de Cultura Económica, 3ª edición, 2002, p. 30; NAVA Pichardo, Alejandro, *La inquieta superficie terrestre*, Fondo de Cultura Económica, México, 2009, pp. 14-15.

¹⁰³ LAUDAN, Rachel, *From Mineralogy...*, p. 6.

¹⁰⁴ Pedro Blasco de Negrillo, en España, fue uno de ellos.

¹⁰⁵ PELAYO, Francisco, *Las teorías geológicas...*, p. 10.



“James Hutton, detail of an oil painting by Sir Henry Raeburn, in the collection of Lord Bruntisfield”. Imagen obtenida en: *Enciclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/biography/James-Hutton#/media/1/277702/11919> (fecha de consulta: 18 de octubre de 2013).

Poco después el escocés James Hutton (1726-1797) propuso el plutonismo, teoría que explicaba aspectos no considerados por Werner como el origen de las rocas basálticas como producto de la lava.¹⁰⁶ Tras numerosas exploraciones en campo concluyó que no había indicios del principio ni del fin de la existencia del planeta; en 1785¹⁰⁷ postuló el *modelo del ciclo geológico*, que “inicia con la erosión y sedimentación por acción de los agentes geológicos externos y se completa con la consolidación de las rocas y el plegamiento y formación de las cordilleras por acción de las energías internas”.¹⁰⁸

Jean Andre de Luc (1727-1817) fue de los primeros en comprender y demostrar que cada capa de terreno difería de las otras, tanto en su composición litológica como por los restos de seres vivos encontrados en ella,

lo cual propició el surgimiento de la Paleontología estratigráfica, que consiste en datar los sedimentos a través de la observación de los restos orgánicos depositados en ellos.¹⁰⁹

Jean-Baptiste de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829),¹¹⁰ por su parte, postuló que los organismos se transformaban con el tiempo debido a la influencia de las circunstancias y la tendencia de la naturaleza hacia la perfección. Además de oponerse al fijismo, percibió que para su teoría de los seres vivos tendientes a la perfección y los cambios fisiológicos tanto

¹⁰⁶ Véase PELAYO, Francisco, *Las teorías geológicas...*, pp. 11-14.

¹⁰⁷ NAVA Pichardo, *La inquieta...*, p. 16.

¹⁰⁸ PELAYO, Francisco, *Las teorías geológicas...*, p. 14.

¹⁰⁹ LUC, J. A. de, F. R. S., *An Elementary Treatise on Geology: Determining fundamental points in that Science, and containing an examination of some Modern Geological Systems, and particularly of the Huttonian Theory of the Earth, by...*, translated from the French manuscript by the Rev. Henry de la Fite, M. A. of Trinity College, Oxford, London, printed for F. C. and J. Rivington, 1809; PELAYO, “Las teorías geológicas y paleontológicas”, p. 14.

¹¹⁰ Jean Baptiste de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829), naturalista francés pionero en los estudios biológicos, conocido por su teoría transformista. *ENCICLOPAEDIA Britannica...*, fecha de consulta: 28 de julio de 2013.

en los grupos más generales como en especies, se requería de un mayor tiempo de existencia del planeta.¹¹¹

Para ese año en Europa se dio otro debate entre catastrofistas y uniformistas. Los primeros postulaban que las alteraciones en la corteza terrestre eran producto de violentos y repentinos cataclismos que terminaban con la vida tanto del mar como de la Tierra y daban paso a creaciones sucesivas, en tanto que para los segundos, el mundo cambiaba muy lentamente, mediante ciclos que se repetían de igual manera y con la misma intensidad, así que *los cambios del presente eran la llave para comprender los sucedidos en el pasado*.

El francés Georges Cuvier (1769-1832), considerado padre de la Paleontología, era catastrofista y, como tal, no estaba de acuerdo con los tiempos tan largos –millones de años– que necesitaban los uniformistas para que sucediesen los fenómenos de la forma como proponían. Para él, la razón por la cual las especies *perdidas* habían desaparecido de la faz de la Tierra tenía que ver con “revoluciones” sucedidas en el globo terrestre, las cuales acababan con la vida en el lugar donde se producían.

Las ideas de Cuvier estaban sustentadas en sus observaciones de la naturaleza, como los cambios en el nivel de las aguas. Es decir, tenían base empírica. Un hecho fundamental fue descubrir que las especies representadas por petrificaciones fósiles (enterradas) ya se habían extinguido, Pese a ello, su obra fue asociada con explicaciones teológicas¹¹² que relacionaban las grandes revoluciones con eventos narrados en la Biblia.

El británico Charles Lyell (1797-1875) fue el exponente más destacado del uniformismo o uniformitarismo y se le considera creador de la Geología moderna.¹¹³ Su obra *Principios de Geología*, publicada entre 1830 y 1833, sistematizó el estudio geológico mediante el principio de la invariabilidad de las leyes naturales, a partir del cual clasificó y estudió estratos y especies extintas de Europa y América.¹¹⁴ No obstante su distinto punto de vista

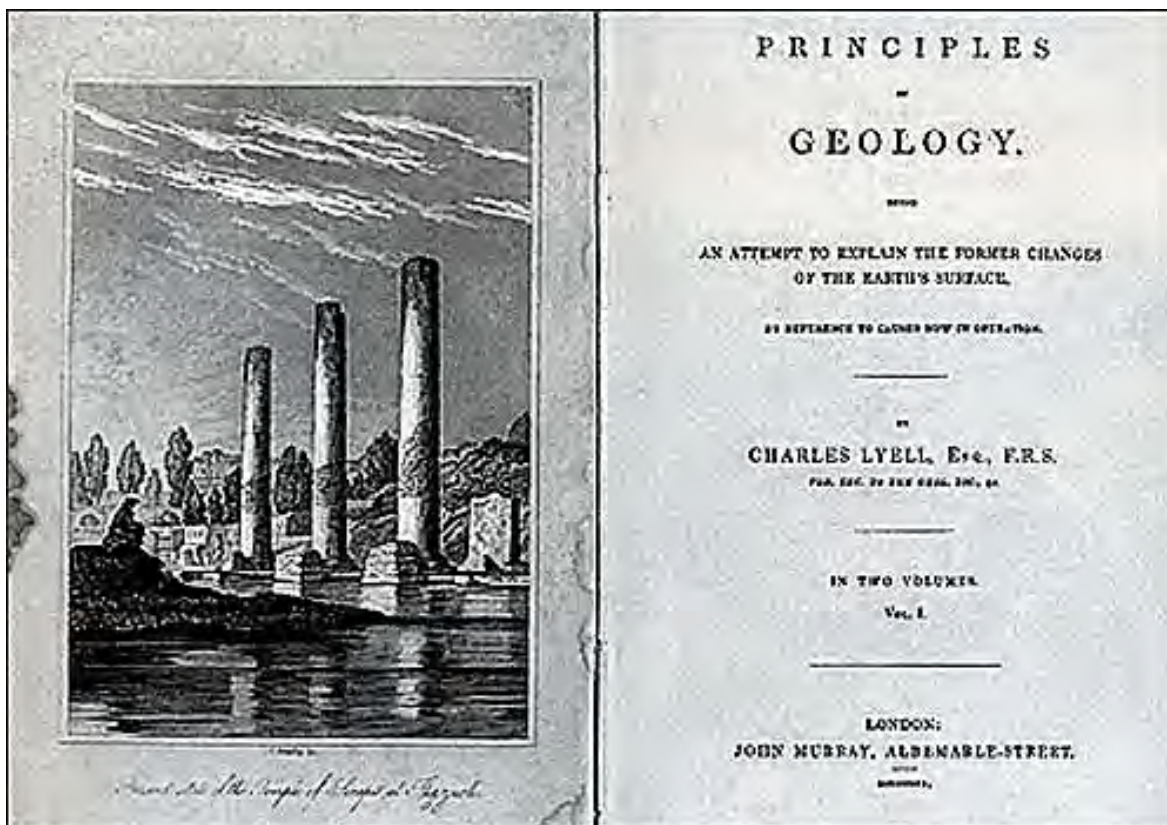
¹¹¹ LAMARCK, caballero de (Jean-Baptiste Monet), *Filosofía zoológica*, Editorial Alta Fulla “Mundo científico”, Barcelona, 1986, pp. 62-63.

¹¹² PELAYO, Francisco, “Las ciencias geológicas y paleontológicas”, p. 14.

¹¹³ MOULTON, Forest Ray y Justus J. Schifferes, *Autobiografía de la ciencia*, versión española de Francisco A. Delpiane, 1ª edición en español, Fondo de Cultura Económica, México, 1947, pp. 320-326; KUHN, Thomas S., *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 2007, p. 70.

¹¹⁴ MORENO, Pedro, *El explorador del tiempo: Charles Lyell*, México, Pangea Editores, 1988, pp. 17-20.

con Cuvier respecto de las catástrofes, empleó su método para el estudio de estratos y petrificaciones, ya plenamente aceptado.¹¹⁵



Portada interna del volumen I de *Principles of Geology*, de Charles Lyell. Del lado izquierdo se observa la imagen de las columnas del templo de Serapis, que el británico usó como una de las pruebas de la variación en el nivel del mar con el paso del tiempo (p. 335). Imagen disponible en: “Charles Lyell, Principles of Geology”, *PBS Learning Media*, <https://www.pbslearningmedia.org/resource/arct15-sci-lyell/charles-lyell-principles-of-geology/> (fecha de consulta: 13 de febrero de 2015).

Lyell explica que la combinación de Anatomía comparada y Geología en el estudio de osamentas y conchas enriquece la información y es “indispensable” para la investigación geológica; la primera permite su estudio y comparación con otras semejantes, mientras que la segunda brinda datos sobre la era en que existió, sus plantas y animales contemporáneos,

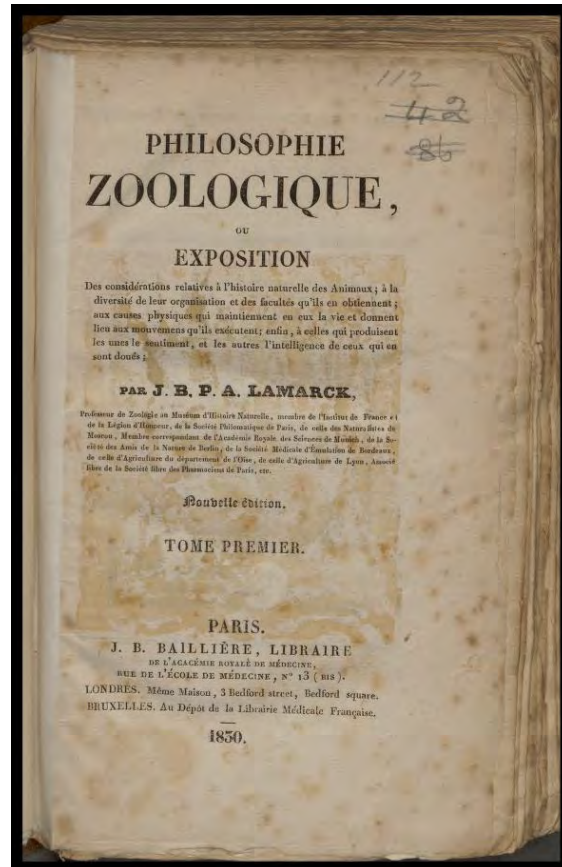
¹¹⁵ Aunque aquí cabe hacer mención de que casi al tiempo que Cuvier, el británico William Smith llegaba a conclusiones semejantes mientras trabajaba en la construcción de canales en Inglaterra y Gales. Véase CALVO Sorando, Pedro, “Introducción”, pp. XXXIII-XXXIV.

latitud donde vivió y otros detalles *históricos*.¹¹⁶ Aunque en estas palabras el británico no emplea aún el término fósil como exclusivo para las “reliquias”, pondera sus referentes como parte indispensable del estudio geológico, que se siguió ampliando con el descubrimiento de especies grandes y minúsculas.

Las petrificaciones como evidencia de la evolución de las especies

Mientras se indagaba la historia de la Tierra, en sus entrañas se encontraban cada vez más petrificaciones; cuando se aceptó que se trataba de seres de otros tiempos surgieron preguntas que, a partir de los siglos XVII y XVIII, algunos naturalistas trataron de responder con base en métodos empíricos. Uno de ellos fue el ya mencionado Lamarck.

La observación y comparación entre las petrificaciones y los animales vivos sustentó su idea acerca del cambio en las especies con base en la escala del ser hacia la perfección: “aquellos que han observado mucho y que han podido convencerse de que a medida que las circunstancias de alojamiento, exposición, clima, alimentación, hábitos de vida, etc., se vuelven más exigentes; las características de tamaño, forma, proporción entre las piezas, color, consistencia, agilidad e industria para los animales, cambian proporcionalmente”.¹¹⁷



La edición utilizada para este estudio fue la novena, correspondiente a 1830, mismo año en que se publicó la primera edición de *Principles de Geology*, de Charles Lyell.

¹¹⁶ LYELL, Charles, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes on the Earth's surface, by reference to causes now in operation, by...*, Vol. I, London, John Murray, 1830, p. 3.

¹¹⁷ LAMARCK, *Philosophie zoologique*, Tome premier, Paris, Librairie F. Savy, p. 225.

Su premisa principal sobre la transformación es la herencia de características adquiridas de generación en generación por el uso o desuso de ciertas partes del cuerpo en respuesta a las circunstancias del medio ambiente,¹¹⁸ que propiciaría modificaciones en tamaño y complejidad. Es muy conocido su ejemplo del estiramiento del cuello de las jirafas como resultado de su esfuerzo al alimentarse de las ramas más altas de los árboles, pero en su argumento Lamarck también menciona características distintivas de plantas, aves, peces y rumiantes, entre otros.¹¹⁹



Georges Cuvier. Imagen tomada de “Les immortels”, en Académie Française, <http://www.academie-francaise.fr/les-immortels/georges-cuvier> (fecha de consulta: 19 de octubre de 2019).

Por su parte, Georges Cuvier se dedicó a estudios anatómicos y de fósiles. En 1796 trabajaba en el Museo de Historia Natural como suplente de la cátedra de Anatomía comparada, de la cual fue titular en 1802. En ese tiempo, Francia poseía colecciones importantes de animales de distintas partes del mundo, que incluían petrificaciones y osamentas ya consideradas de naturaleza orgánica. Georges Cuvier desarrolló un método cuyo principio fundamental fue la correlación de sus formas:

Todo ser organizado forma un conjunto, un sistema único y cerrado, cuyas partes se corresponden mutuamente y concurren en la misma acción definitiva por una reacción recíproca. Ninguna de estas partes puede cambiar sin que las otras cambien también y en consecuencia, cada una de ellas, tomada por separado, indica y proporciona todas las demás.¹²⁰

Pudo estudiar algunas osamentas que creaban controversia, como el famoso caso del *hombre testigo del diluvio*,¹²¹ que resultó ser una salamandra gigante. Describió y nombró

¹¹⁸ LAMARCK, *Philosophie zoologique*, Tome premier, Paris, Librairie F. Savy, p. 225.

¹¹⁹ Para ampliar el conocimiento sobre este tema, véase el capítulo VII, Sobre la influencia de las circunstancias sobre las acciones y los hábitos de estos cuerpos vivientes, como causa que modifican su organización y sus partes. Lamarck, *Philosophie*, pp. 218-257.

¹²⁰ BUFFETAUT, Eric, “Cuvier y la Historia Natural”, *Centre National de la Recherche Scientifique*, París, p. 2.

¹²¹ RÍO, Andrés del, *Manual de Geología con 27 estampas litográficas de los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, más característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de la*

también al pterodáctilo y lagartos de gran tamaño. Encontró que el misterioso *animal de Ohio* era en realidad un pariente de los elefantes, y examinó un esqueleto de cuadrúpedo de gran tamaño encontrado cerca de Buenos Aires, del cual concluyó que se trataba de un perezoso gigante, que bautizó como megaterio.¹²² Profundicemos en este caso para ejemplificar la forma como petrificaciones y naturalistas se articularon en el avance de la Historia Natural del siglo XIX.

- El megaterio y Cuvier confirman la extinción de especies

Hasta esta página solamente se ha atisbado el papel de los fósiles (petrificaciones, osamentas, esqueletos, conchas) en el desarrollo de la Historia Natural como prueba de la existencia de seres del pasado, de las diferentes eras por las que ha atravesado la Tierra, de modificaciones en las especies, así como en el avance de la Anatomía comparada y de la Geología histórica. Sin embargo, si queremos destacar su participación como actores o actantes –que hacen, que ejecutan– en movimiento y no solamente como recipientes de las actividades de otros –usualmente naturalistas y geólogos–, hay que observar más de cerca puntos diacrónicos que nos muestren su articulación.

Para ello podemos emular a Bruno Latour y considerar a Cuvier y al megaterio como proposiciones, es decir “*ocasiones* que las distintas entidades tienen para establecer contacto”¹²³ o articularse; en este caso destacamos la participación de ambos para descartar la idea de que los ejemplares fosilizados podían encontrarse en otras partes del mundo y la construcción, en su lugar, del principio de la extinción de las especies en determinados periodos geológicos, que reforzó la teoría catastrofista.

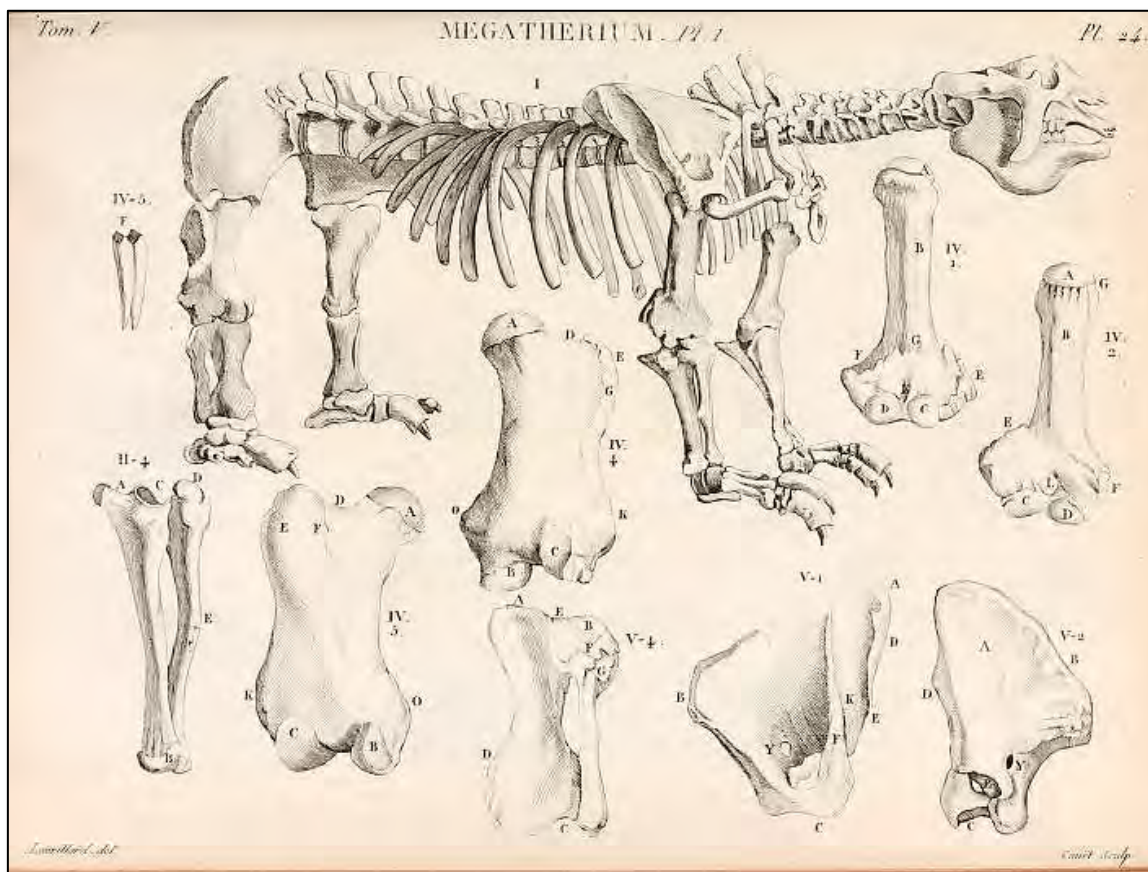
El megaterio o perezoso gigante es uno de los fósiles más conocidos en la historia de la Paleontología, debido a su relación con Cuvier. La historia de la articulación entre ambos

República Mexicana, por..., profesor de mineralogía, México, impreso por Ignacio Cumplido, 1841, p. 32, nota al pie.

¹²² LÓPEZ Piñero, José María y Thomas F. Glick, *El megaterio de Bru y el presidente Jefferson, una relación insospechada en los albores de la Paleontología*, Valencia, Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia, Universitat de Valencia, 1993, p. 66.

¹²³ LATOUR, *La esperanza*, p. 168.

tiene mayor trasfondo¹²⁴ pero podemos comenzar con el hallazgo de un esqueleto completo en 1787 cerca de Buenos Aires, virreinato del Río de la Plata. Después de dibujar el sitio de su descubrimiento y la posición de los huesos, fue enviado al Real Gabinete de Historia Natural de Madrid, donde Juan Bautista Bru volvió a ensamblarlo y dibujarlo, para posteriormente redactar una descripción “muy detallada” de acuerdo con Cuvier.¹²⁵



Primera de las dos placas que Georges Cuvier anexó a su informe sobre el megaterio de 1804. CUVIER, “Sur le megatherium”, entre pp. 376 y 377.

¹²⁴ La articulación involucra ampliar el sistema de circulación de la ciencia a todos los actantes en la red, entre ellos los trabajos previos sobre osamentas; la conformación del Real Gabinete de Historia Natural en Madrid; las instrucciones de Pedro Franco Dávila para el envío de objetos naturales a dicho establecimiento, que el visitador Joseph de Gálvez hizo llegar a las posesiones españolas en América; las exploraciones de esa parte del continente americano, entre otras. Sobre la participación de Dávila y de Gálvez véase PELAYO, Francisco, *Del diluvio al megaterio*, pp. 292-293; también LÓPEZ Piñero, José María y Thomas F. Glick, *El megaterio de Bru*, pp. 39-43. Para profundizar en la teoría del actor-red, LATOUR, Bruno, *La esperanza*, pp. 168-193.

¹²⁵ Hizo 22 dibujos que fueron grabados en dos planchas. Pelayo, Francisco, *Del diluvio al megaterio*, p. 295. Sobre el comentario de Cuvier, véase CUVIER, Georges, “Sur le megatherium”, *Annales du Muséum National d’Histoire Naturelle*, Paris, 1804, p. 377.

El naturalista francés recibió la noticia de su hallazgo y las placas de Bru por parte de M. Roume, representante del gobierno en Santo Domingo y corresponsal del Instituto Nacional, quien no anexó descripción alguna. Cuvier realizó un informe detallado de las ilustraciones para su clase de Ciencias, del cual se hizo un extracto para la *Magasin Encyclopédique*. Su descripción acarrió comentarios positivos y negativos que le motivaron a publicar *Sur le megatherium* en 1804, donde incluyó dos planchas con ilustraciones y la descripción de Bru; también narró cómo había llegado a conocer la osamenta y cómo a partir de las planchas había hecho la descripción anterior.¹²⁶

En la articulación Cuvier-megaterio este último fue representado por los dibujos de las planchas. El esqueleto, que permanecía en España, pudo ser estudiado en París gracias a que sus características físicas se habían trasladado al papel en una metonimia donde las ilustraciones devinieron referente y, por lo tanto, pasaron a constituir otro actor dentro de la red en expansión para el estudio paleontológico, de la cual podemos contar entre sus nodos al gobierno del virreinato del Río de la Plata, al Real Gabinete de Historia Natural español y al Instituto Nacional francés, entre otros.

Por su parte, además de “solicitar” un nuevo estanco en la clasificación de las especies y de aportar una prueba de que los gigantes del Nuevo Mundo sólo eran animales de gran tamaño, el megaterio hizo que el francés se preguntara por qué nadie había visto ejemplares vivos en otra parte del planeta: “Sería, pues, muy difícil encontrar en su organización incluso las causas de su destrucción; pero si todavía existiese, ¿dónde estaría? ¿Dónde podría haber escapado a todas las búsquedas de los cazadores y de los naturalistas?”¹²⁷

Gracias al estudio del megaterio (asumimos la metonimia), Cuvier pudo dejar en claro que no había gigantes y que los animales de gran tamaño cuyas osamentas habían estado enterradas no tenían correspondencia con los seres que habitaban actualmente la Tierra (*Les espèces perdues ne sont pas des variétés des espèces vivantes*). Al integrar el análisis de

¹²⁶ CUVIER, Georges, “Sur le megatherium”, p. 386.

¹²⁷ CUVIER, Georges, “Sur le megatherium”, p. 386.

otros animales –vivos y muertos– en la formulación de este principio, concluyó que las especies *perdidas* no eran tales, habían sido *destruidas* por cataclismos naturales.¹²⁸

Hacia 1830 realizó un nuevo acomodo de los organismos fósiles en los estratos terrestres, que lo llevó al concepto de “fósiles característicos” de cada formación, lo cual permitió establecer una correlación entre distintas áreas geográficas.¹²⁹ A decir del paleontólogo Eric Buffetaut:

Después de las formaciones geológicas que no contienen sino restos de peces vienen capas donde se encuentran algunos restos de reptiles. Luego llega el periodo en que «la clase de los reptiles alcanza su pleno desarrollo y se despliega en formas variadas y tamaños gigantescos»; al pterodáctilo y al mosasaurio se añaden los ictiosaurios y plesiosaurios (e incluso los grandes dinosaurios, que aún no se llaman así), descritos por los discípulos ingleses de Cuvier. Sólo después de esta edad de los reptiles se desarrollan los mamíferos, como los del yeso de Montmartre, a los que suceden los mamuts, mastodontes y megaterios, antes de que aparezca la especie humana.¹³⁰

Con avances de este tipo en Paleontología, el término fósil fue eliminando significados ajenos a los restos de seres vivos animales y vegetales. Las exploraciones se habían ampliado porque los países imperialistas deseaban abarcar los rincones más recónditos del planeta en la búsqueda de materias primas y de nuevos mercados para comerciar sus productos industrializados, en el marco del desarrollo capitalista. Una de las exploraciones de mayor trascendencia es la del navío británico “H. M. S. Beagley”, donde un joven Charles Darwin fue aceptado como naturalista.

- Charles Darwin: las pruebas de la evolución

Cuando Charles Darwin embarcó, llevó consigo un ejemplar de los *Principios de Geología*. Como él mismo expresó y como apuntan sus estudiosos, la idea de una evolución terrestre mediante un proceso largo en el tiempo le proporcionó la base para desarrollar su teoría de evolución de la vida mediante el proceso de selección natural, sustentado también en la

¹²⁸ CUVIER, Georges, *Discours sur les les Révolutions de la surface du globe, et sur les changemens qu’elles ont produits dans le règne animal, par...*, Paris, Chez G. Dufour et Ed. D’Ocagne, 1826, p. 56.

¹²⁹ CALVO Sorando, José Pedro, “Introducción”, pp. XXXII y XXXIII.

¹³⁰ BUFFETAUT, Eric, “Cuvier y la Historia Natural”, París, *Centre National de la Recherche Scientifique*, p. 6.

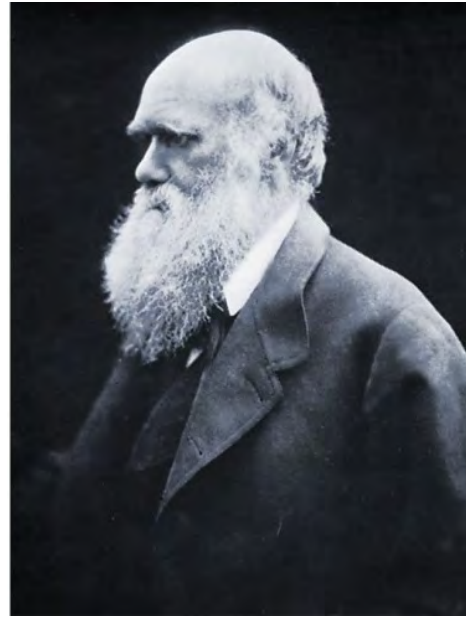
observación y comparación de especímenes colectados en espacios geográficos específicos durante su viaje.¹³¹

Las proposiciones darwinistas acerca del origen de las especies y en específico del hombre resultaron bastante polémicas para su tiempo, así que desataron un debate entre los principales naturalistas de ese tiempo; hubo quienes intentaron demostrar que no había tal evolución y que las osamentas encontradas correspondían a seres vivos actuales, sólo que se veían diferentes por el paso del tiempo.

Otros naturalistas, paleontólogos y geólogos continuaron en la línea de Charles Darwin y profundizaron en sus postulados. Entre ellos destaca Ernst Haeckel (1834-1919), quien a través de sus estudios de fauna marina como radiolarios, medusas y esponjas, trató de llenar huecos de la teoría de Darwin, como el origen de todos los organismos. Ellos buscaban apoyo en evidencia empírica, de modo que profundizaron en el estudio de los especímenes tanto vivos como fosilizados.¹³²

Como era de esperarse por sus amplios periodos de existencia, la mayor parte de los fósiles eran invertebrados, como los moluscos. El concepto fósil sirvió para designar por lo tanto un campo semántico que cada vez era más amplio, puesto que no bastaba con explicar que se aplicaba a invertebrados y mamíferos, había más vida oculta de la que se esperaba.

Ya Cuvier había descrito algunos “lagartos gigantes” y aves voladoras como los pterodáctilos, así como mamíferos de gran tamaño como el megaterio. Otros seres vivos entraron a escena y tuvieron que ser descritos y clasificados en nuevos taxones, discutidos



“Charles Darwin, carbon-print photograph by Julia Margaret Cameron, 1868”. Image in: *Enciclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/biography/Charles-Darwin#/media/1/151902/1314> (fecha de consulta: 19 de octubre de 2019).

¹³¹ DARWIN, Charles, *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*, London, Nora Barlow, 1958, p. 77.

¹³² Sobre Ernst Haeckel puede leerse SARMIENTO Pérez, Marcos, “La experiencia española de Haeckel antes de su recepción en España”, en Miguel Ángel Puig-Samper *et al.*, “Yammerschuner”, pp. 174-199.

en las sociedades científicas y mostrados en las páginas de boletines y tratados sobre el tema, como la *Geología* de Francois Sulpice Beudant (1787-1850), entre otros.

Con la publicación en 1871 de *El origen del hombre*, también de Darwin, fueron abiertas nuevas líneas de estudio sobre la evolución aplicada a los primates y al hombre, “a partir de la identidad de la estructura corporal y la reproducción de la especie con respecto al resto de los mamíferos”. Ideas que –Carmen Ortiz nos participa– retomó John Lubbock (1834-1913) para incorporarlas a la naciente Arqueología prehistórica y proponer una línea de evolución cultural, perfeccionada por el prehistoriador Gabriel de Mortillet (1821-1898).¹³³

Entre los fósiles encontrados pronto destacaron osamentas humanas, y de entre ellas los cráneos recibieron la mayor atención, debido a que podrían explicar el origen de las razas y su antigüedad en la Tierra, de acuerdo con las capas de terreno en que se encontraban. Surgió así una nueva especialidad, la Paleoantropología, o Paleontología humana, que unida a la también reciente Arqueología, buscaba vestigios acerca de la actividad humana, y al famoso “eslabón perdido” que separaba al ser humano del resto de los primates.

Las evidencias obtenidas en la naturaleza instaban a los naturalistas a hacerse preguntas que inquietaban e invitaban a la discusión: ¿qué tan antiguo es el ser humano?, ¿existe un origen común o las diferentes razas tienen distintos orígenes?, ¿cuándo apareció el hombre y dónde lo hizo? Cuestiones antropológicas comenzaban a derivarse de estos temas: ¿las distintas razas tenían también diferente origen?, y más, ¿había razas superiores e inferiores?

Se trataba de conocer la antigüedad del hombre y su presencia en cada continente. Se llegó a la certeza de que los primeros homínidos provenían de África y habían existido a partir del periodo Cuaternario, pero en el último tercio del siglo se discutía en Europa si había ancestros desde el periodo Terciario, debido a ciertas piezas de sílex aparentemente talladas por la mano humana, que fueron denominadas “‘eolitos’ (utensilios de piedra de la ‘aurora

¹³³ ORTIZ, Carmen, “Darwin en Canarias. Controversias antropológicas sobre el origen de los antiguos habitantes de las Islas Canarias en el final del siglo XIX”, en Miguel Ángel Puig-Samper *et al.* (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Ediciones Doce Calles, UNAM, Dirección de Archivos, Bibliotecas y Museos (Chile), Universidad Michoacana, Universidad Austral, 2015, p. 163.

de la humanidad’).¹³⁴ También se contaba con algunos cráneos que por su ubicación estratigráfica parecían del Terciario, como el famoso “cráneo de California”, el cual se comprobó después que había sido colocado y correspondía a un hombre contemporáneo.

Exploradores de países imperialistas, auspiciados por sus gobiernos y por sociedades científicas, se diseminaron por el mundo, en algunos casos junto con fuerzas militares. Un ejemplo para esta investigación que, además de situarnos en el espacio geográfico de estudio muestra esta articulación de intereses y la construcción de los primeros nodos de una red entre un imperio europeo y una nación americana recién independizada, es la exploración belga de Henri G. Galeotti en México durante un periodo de cinco años. En conjunto con Pierre-Henri Nyst, publicó los primeros estudios geológicos “serios” sobre este espacio geográfico, de acuerdo con la historiografía convencional.

El estudio de los fósiles en México: primeros trabajos

Galeotti: una exploración de cinco años

Cuando la Corona española perdió la mayor parte de sus posesiones americanas, otros imperios europeos se interesaron por establecer relaciones comerciales con las antiguas colonias. Gracias al viaje de Alexander von Humboldt (1769-1859), llevado a cabo en 1803, y a la posterior publicación de sus trabajos científicos como su *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, este virreinato fue considerado como un espacio contenedor de grandes riquezas que esperaban ser explotadas.

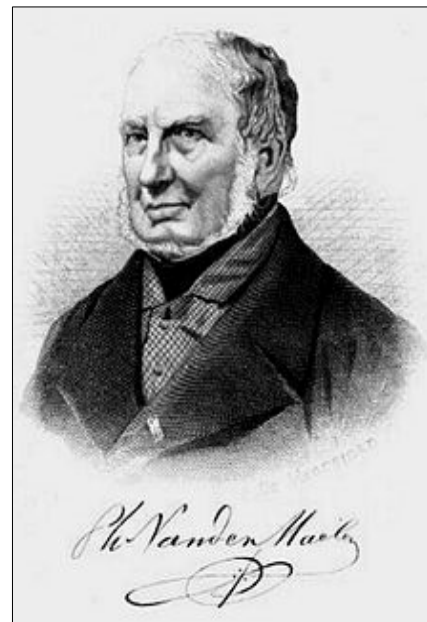


Imagen: “Figure 1. Philippe Vander Maelen, print based on a photograph, 1873” (KBR, Cabinet des Estampes S II 119639), en Marguerite Silvestre, “Philippe Vandermaelen, the Mercator of young Belgium”, *Brussels Studies*, Num. 106, November 14th 2016, <http://journals.Openedition.org/brussels/ocannexe/image/1438/img-1.png> (fecha de consulta: 2 de septiembre de 2019).

¹³⁴ OBERMAIER, Hugo, *El hombre prehistórico y los orígenes de la humanidad* (estudio preliminar de Carlos Cañete y Francisco Pelayo), Navarra, Ugoiti Editores, 2014, pp. 11-14.

Inglaterra fue el primer imperio en aceptar las independencias de las nuevas naciones y firmar acuerdos comerciales, entre ellas con la antigua Nueva España. Las incipientes economías capitalistas buscaban nuevos mercados donde colocar los productos provenientes de su industria, a la par que requerían insumos para su producción. Es por ello que los gobiernos establecían emisarios comerciales y políticos que fungirían como nodos en una red que también abarcó intercambios científicos.

En 1836 Bélgica era una pequeña monarquía interesada en el desarrollo científico y comercial, y en expandir su área mundial de influencia y colonización; dicho año reconoció la independencia de México, lo cual abrió las puertas a la autorización de un tratado comercial, la instalación de un ministro plenipotenciario y la apertura de una línea marítima comercial para el intercambio de mercancías.¹³⁵

La ciencia belga se institucionalizaba mediante sociedades científicas que buscaban ampliar su conocimiento del mundo natural y los recursos de las tierras americanas. Philippe Vander Maelen (1795-1869) creó en 1830 *L'Établissement géographique de Bruxelles* con el objetivo de tener un “centro científico y didáctico que centralizaría los datos geográficos de todo el mundo”. Éste apoyó al naturalista Henri Galeotti (1814-1858) para que explorara México, empresa que le llevó al parisino de 1835 a 1840.¹³⁶

En ese periodo Galeotti recorrió la parte central de México de costa a costa, desde Veracruz a San Blas, visitando Puebla, Aguascalientes, San Luis Potosí, Michoacán, Oaxaca, entre otros sitios. Exploró los principales volcanes (Popocatepetl, Pico de Orizaba, Nevado de Toluca) y las minas, donde observó “los procedimientos metalúrgicos para extraer plata”. Colectó animales como aves y peces; semillas y plantas como cactáceas, helechos y orquídeas; hongos; y conchas y fósiles, mismos que envió constantemente a Bruselas.¹³⁷

No se limitó a enviar los fósiles que encontró y pudo extraer sin que se pulverizaran; desde México publicó algunas “noticias” en el *Bulletin de l'Académie Royale des Sciences et*

¹³⁵ POSSEMIERS, Jan, “Las relations Belgique-Mexique (1830-1864)”, en Florence Loriaux (colaborador), *Les Belges et le Mexique: dix contributions à l'histoire des relations Belgique-Mexique*, vol. III de Avisos de Flandes, Europalia, 93. México, Leuven, Leuven University Press, 1993, p. 11.

¹³⁶ Henri Galeotti fue un geólogo italiano nacido en París, Francia, pero vivió desde niño en Bélgica; en 1843 adoptó la nacionalidad belga. POSSEMIERS, Jan, “Naturalistes belges au Mexique (1830-1840)”, en: *Les Belges et le Mexique...*, p. 31.

¹³⁷ POSSEMIERS, Jan, “Naturalistes belges...”, p. 32.

Belles-Lettres de Bruxelles, con descripciones de algunos ejemplares y la narración de su hallazgo: por ejemplo, en “Coup d’oeil sur la Laguna de Chapala au Mexique, avec notes géognostiques, par M. Henri G. Galeotti” (“Una mirada a la laguna de Chapala en México, con notas geognósticas, por M. Henri G. Galeotti”),¹³⁸ menciona que no encontraron restos de cuerpos fósiles en la piedra caliza, pero sí vieron “rastros incompletos de políperos” y amonitas “aún más mutilados” que, junto con la estratificación, le comprometió a clasificar la formación como Oolítica (Jurásica).¹³⁹

Más adelante manifiesta haber visto, en un depósito aluvial de la laguna, huesos fósiles de un mastodonte que los habitantes atribuían a “las antiguas razas de gigantes” y que no le fue posible especificar debido a que al desenterrarlos se hicieron polvo. Explica que estaban en tres estados diferentes: “(1) como calcinado y cayendo en polvo blanco como la leche, como la harina; (2) sufrieron el inicio de la silicificación, que dividió y fracturó los huesos [...], (3) en este estado, el menos común, están intactos, solo se doraron, son más livianos que los huesos silicificados, brillantes y sólidos; Los molares están bien conservados. Los huesos que se encuentran comúnmente son fragmentos de fémur, tibia, costillas, radio, peroné y restos de escápula”.¹⁴⁰

Asociados con estos huesos encontró troncos dicotiledóneos silicificados o al comienzo de la silicificación. También vio fósiles de moluscos, de corales (políperos), de mamíferos y de vegetales, que describe de forma más o menos general. Comenta Jan Possemiers que de vuelta a Bélgica, con ayuda de especialistas, inventarió y describió las colecciones. Para conchas y fósiles contactó con Pierre-Henri Nyst (1813-1880),¹⁴¹ quien publicó con el nombre de ambos, *Description de quelques fossiles du calcaire jurassique du Tehuacan au*

¹³⁸ GALEOTTI, Henri G., “Coup d’oeil sur la Laguna de Chapala au Mexique, avec notes géognostiques, par...”, *Bulletin de l’Académie* 1839. Todas las referencias a esta obra son traducción propia.

¹³⁹ GALEOTTI, Henri G., “Coup d’oeil...”, p. 25.

¹⁴⁰ GALEOTTI, Henri G., “Coup d’oeil...”, p. 26.

¹⁴¹ Nyst no viajó a México ni fue menos famoso que Galeotti. A este paleontólogo experto en moluscos se debe el primer trabajo sobre conchas y polímeros fósiles terciarios de Bélgica, publicado en 1843. Ocupó cargos en el gobierno y fue miembro corresponsal de academias, museos y sociedades científicas belgas y francesas. Ambas suposiciones se deben al juicio de atribución posterior y a que su preeminencia es mayor en Europa que en los Estados Unidos de América, aunque en este último país se publicó la reimpresión de una obra acerca de su vida y obra. Véanse NYST, Pierre-Henri, *Description des coquilles et des polypiers fossiles des terrains tertiaires de la Belgique*, Bruxelles, 1843, M. Hayez, imprimeur de l’Académie Royale de Belgique, 698 p.; y DUPONT, E., *Notice sur la vie et les Travaux de Pierre-Henri Nyst*, 2016, United States, Wentworth Press, 32 p. La obra original fue publicada en 1882 en Bruselas.

Mexique, par MM. H. Nyst et H. Galeotti, in 8°, 2 planches, de 1840; “Description des Mollusques et Rayonnés Fossiles. Tehuacán au Mexique”, láms. 1-2”, y Notice sur deux coquilles mexicaines, appartenant aux genres Pupa et Helix, in-8°, 1 planche, en 1844.

Como puede leerse en el encabezado del artículo sobre Tehuacán, Puebla, Nyst habla de “algunos fósiles”, no de moluscos fósiles o conchas fósiles. Aunque fuera por economía de palabras, ejemplos como éste exponen el desplazamiento en la transformación del concepto, que en los contenidos va tomando distancia de referentes que no corresponden con vestigios de seres vivos.

En cambio, su campo semántico se amplió con el ingreso de nuevas especies; los ejemplares de Tehuacán fueron ubicados por Nyst en el periodo Jurásico, y consistían en moluscos extintos como gasterópodos (género *pterotrignia*) y bivalvos (géneros *exogyra*, *cerithium*, *casiope*, *turritela*)¹⁴², algunos ya reconocidos y nombrados, otros que describió por primera vez. La página siguiente presenta un cuadro con una selección; para armarlo nos apoyamos en el Portal de Datos Abiertos UNAM, de donde tomamos las imágenes.

Estas líneas muestran los primeros nodos sobre estudios paleontológicos que concatenaron a México con instituciones belgas y con Europa; en esta red los fósiles participaron como *emisarios*¹⁴³ al viajar físicamente como parte de una colección y en traducciones al papel, ya sea en forma de palabras (descripciones) o en imágenes. Otros naturalistas discutieron su descripción y clasificación, entre ellos Charles Marie d’Orbigny (1806-1876), quien en 1850 los atribuyó al periodo Senoniano, y Henri Coquand (1813-1881), quien en 1869 los asignó correctamente al periodo Urgo-Aptiano.¹⁴⁴ Como afirma Luz Fernanda Azuela, Galeotti tuvo “el mérito de incorporar a México en el proyecto internacional de geología histórica, y de trasladar su naturaleza a los centros de acopio metropolitanos en donde se integraron al patrimonio ‘universal’ de la geología”.¹⁴⁵

¹⁴² La diferencia entre bivalvos y gasterópodos consiste en el tipo de concha que poseen: en los primeros consta de dos piezas (valvas) que pueden abrirse y cerrarse, como las ostras, mientras que en los segundos se trata de una sola pieza, como los caracoles.



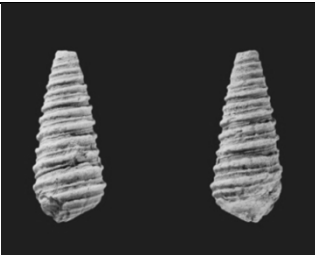
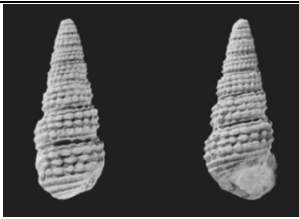
¹⁴³ POSSEMIERS, Jan, “Naturalistes belges...”, p. 32.

¹⁴⁴ GONZÁLEZ-Arreola, Celestina, “Phylloceras del Cretácico inferior de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla. Méx.”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, XXXV, 1974, pp. 29-37.

¹⁴⁵ AZUELA Bernal, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería/UNAM, 2005, p.

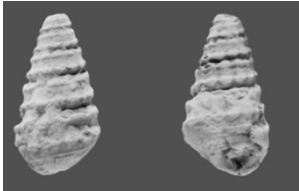
Para José Guadalupe Aguilera estos trabajos marcan el inicio de la Geología histórica en México porque se trató de correlacionar las formaciones sedimentarias mexicanas con las correspondientes al “viejo mundo”, con base en la determinación estratigráfica de los ejemplares proporcionados por Galeotti.¹⁴⁶

Moluscos encontrados en el estado de Puebla por Galeotti

Nombre	Imagen	Referencia
<i>Exogyra acuticosta</i> , Nyst y Galeotti		Departamento de Paleontología, Instituto de Geología (IGL), <i>Exogyra acuticosta</i> Nyst y Galeotti, ejemplar de: Colección Nacional de Paleontología (IGM), Tipos. En <i>Portal de Datos Abiertos UNAM</i> (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IGL:IGM:529 (Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2019).
<i>Pterotrigonia plicatocostata</i> Nyst y Galeotti,		Departamento de Paleontología, Instituto de Geología (IGL), <i>Pterotrigonia plicatocostata</i> Nyst y Galeotti, ejemplar de: Colección Nacional de Paleontología (IGM), Tipos. En: <i>Portal de Datos Abiertos UNAM</i> (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IGL:IGM:532 (Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2019)
<i>Turritella minuta</i> Nyst y Galeotti		Departamento de Paleontología, Instituto de Geología (IGL), <i>Turritella minuta</i> Nyst y Galeotti, ejemplar de: Colección Nacional de Paleontología (IGM), Tipos. En <i>Portal de Datos Abiertos UNAM</i> (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IGL:IGM:582 Fecha de actualización: 25/08/2015, 7:34:00 p.m. Fecha de consulta: 27/12/2019, 12:41:27 a.m.
<i>Cerithium bustamantii</i> Nyst y Galeotti		Departamento de Paleontología, Instituto de Geología (IGL), <i>Cerithium bustamantii</i> Nyst y Galeotti, ejemplar de: Colección Nacional de Paleontología (IGM), Tipos. En: <i>Portal de Datos Abiertos UNAM</i> (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IGL:IGM:555 Fecha de consulta: 27/12/2019, 12:35:37 a.m. Departamento de Paleontología, Instituto de Geología

93. Agregamos a Nyst porque, si bien de acuerdo con esta investigadora su nombre se ha perdido en los juicios de atribución, en su momento los describió y discutió con los pares europeos.

¹⁴⁶ AGUILERA, José G., “Reseña del desarrollo de la Geología en México”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo I, p. 55.

Nombre	Imagen	Referencia
<p><i>Cassiope suturosa</i> Nyst y Galeott</p>		<p>Departamento de Paleontología, Instituto de Geología (IGL), <i>Cassiope suturosa</i> Nyst y Galeotti, ejemplar de: Colección Nacional de Paleontología (IGM), Tipos. En <i>Portal de Datos Abiertos UNAM</i> (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IGL:IGM:562 Fecha de actualización: 25/08/2015, 7:34:00 p.m. Fecha de consulta: 27/12/2019, 12:37:26 a.m.</p>

Fuente: Elaboración propia con los datos señalados.

Como es costumbre en la Historia Natural, los belgas bautizaron dos especies nuevas con el nombre de dos científicos mexicanos: Andrés del Río y Manuel Bustamante (véase penúltima celda del cuadro anterior). Esta tradición es un reconocimiento tanto para ambos científicos mexicanos como para el país que acogió a Galeotti durante un lustro.

Las petrificaciones en la enseñanza: México

La nueva configuración científica no pasó desapercibida para la Corona española que, sin embargo, se quedaba rezagada. En el siglo XVIII la casa Borbón emprendió acciones para revertir la situación, como la apertura de la *Real Academia de Minas de Almadén* en 1777 y el envío de jóvenes a estudiar en las escuelas de minas más prestigiosas para hacer frente a las labores mineras, de industrialización y de enseñanza. Mientras, contrató catedráticos de origen extranjero que también contribuyeron con el desarrollo de la minería en España.¹⁴⁷

En el caso de la Nueva España, que desde el virreinato tenía una base económica sostenida en la minería, en 1792 inició la enseñanza de contenidos geognósticos a través del Real Seminario de Minería; su director, Fausto Delhuyar, siguió el modelo de la Academia de Minas de Freiberg –donde había estudiado–, el cual como se recordará había sido diseñado por Abraham G. Werner.¹⁴⁸ Además, el madrileño Andrés Manuel del Río Fernández (1765-1849) fue nombrado catedrático de Mineralogía, e inició su enseñanza en 1795.

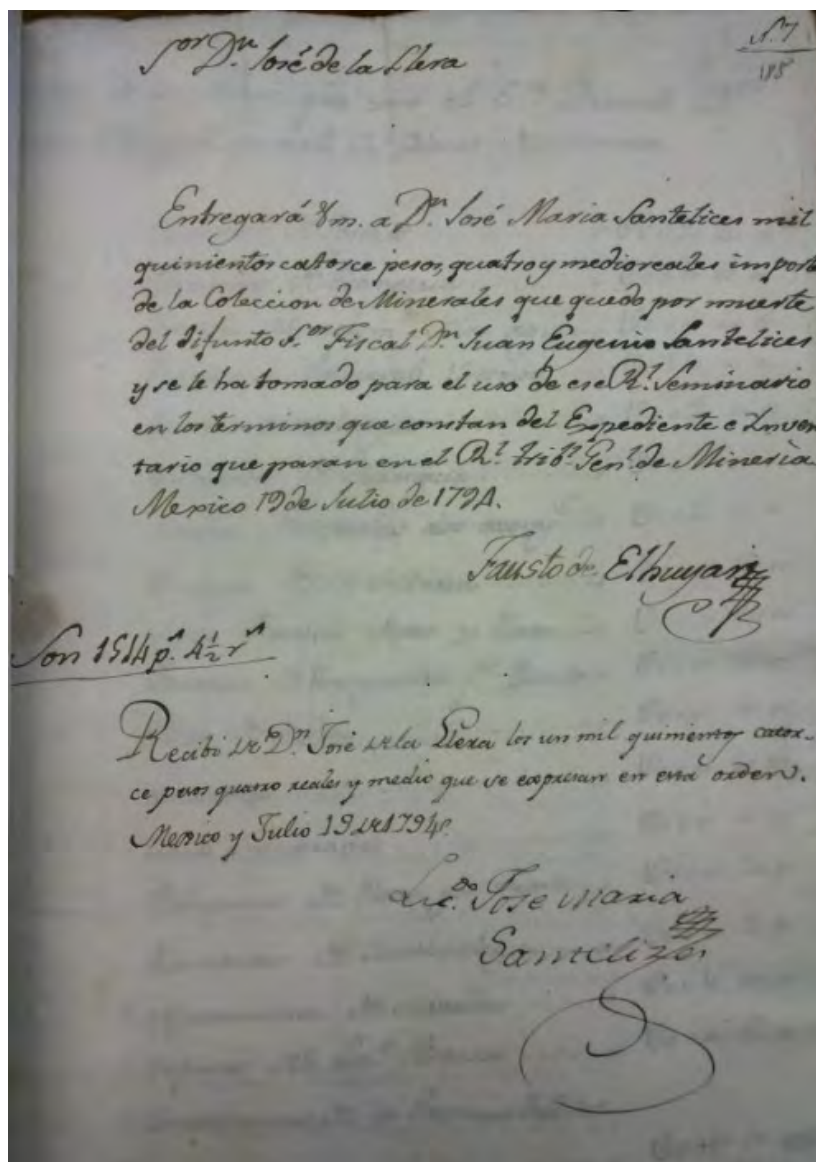
¹⁴⁷ URIBE Salas, José Alfredo, *Albores de la geología en México*, Morelia, UMSNH, 2017, pp. 15-16.

¹⁴⁸ ESCAMILLA González, Francisco Omar y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas, 225 años del Real Seminario de Minería*, México, UNAM, 2017, p. 37.

Se trató de dotar al Seminario de Minería con lo necesario en ese tiempo. Se seguía la línea marcada por Bacon hacía ya tres siglos, en cuanto a sistematizar la información y reunir colecciones. En cuanto a este último aspecto, se tiene la constancia de que se comenzaron a adquirir libros y colecciones mineralógicas desde 1793, como consta en el documento de compra-venta efectuada por el director Fausto Delhuyar en 1793 y que se muestra en la imagen de la página siguiente.



“Andrés Manuel del Río”. Cuadro al óleo de Odilón Ríos, 1987, Instituto de Investigaciones Históricas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Archivo Histórico del Palacio de Minería (AHPM en adelante). Recibos y comprobantes Exp. Núm. 14, Año 1794-VI.

La colección había pertenecido al recién fallecido don Juan Eugenio Santelices, exfiscal del Tribunal de Minería y amigo de Fausto Delhuyar, quien compró la biblioteca y la colección a la viuda.¹⁴⁹ Cuando Andrés del Río arribó al Seminario, se dedicó a clasificarla.

¹⁴⁹ Don Juan Eugenio de Santelices Pablo, fiscal del Real Tribunal de Minería, poseyó una biblioteca completa para esos años, su amigo Fausto Delhuyar le había recomendado la compra de varios ejemplares. Refiere Trabulsee, por ejemplo, que fue el primero en poseer el *Tratado elemental de química* de Lavoisier. Véase TRABULSE, Elías, *Historia de la ciencia en México* (versión abreviada), México, Fondo de Cultura Económica, 2017 (primera edición electrónica), s.p.

Asimismo, conformó el contenido de su materia, de acuerdo con las pautas de su también antiguo maestro Werner, para quien esta cátedra era de suma importancia; Omar Escamilla y Lucero Morelos explican que la concebía

...como una gran ciencia matriz que englobaba a la Oritognosia, la Química Mineralógica, la Geognosia, la Geografía Mineralógica y a la Mineralogía Económica. De éstas, su cátedra contenía principalmente a la Oritognosia: «ciencia del conocimiento de los fósiles que nos describe a los fósiles con denominaciones adecuadas y bien definidas a través de características particulares suficientes y reconocidas en un orden natural» y la Geognosia: «ciencia de las montañas que nos enseña en general sobre los cuerpos sólidos de la Tierra a través de las distintas capas [yacimientos] de fósiles de los que está hecha y mediante la producción y comportamiento de los fósiles en la misma». Se complementaba con el Arte de Minas, considerada la «parte fundamental» [*Wesentliche Theil*] de las ciencias mineras y definida como la ciencia o doctrina del trabajo en las minas o técnica minera...¹⁵⁰

“En la cátedra de Andrés del Río reside el germen de la geología y paleontología en la Nueva España”¹⁵¹ por los primeros estudios al respecto, que en México estuvieron asociados al trabajo de los ingenieros de minas del Colegio metálico. Para impartir su clase, Del Río preparó el primer libro publicado en América sobre mineralogía: *Elementos de Oritognosia*, cuya primera parte enfocada al estudio de tierras, piedras y sales se imprimió en 1795 y la segunda, correspondiente a combustibles, metales y rocas, en 1805.

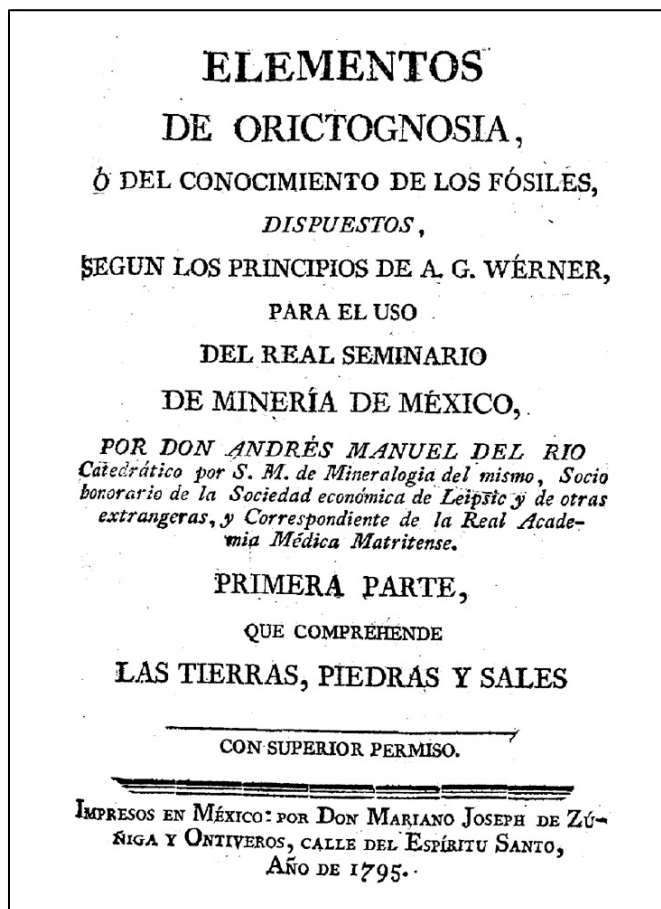
En cuanto a la segunda parte de los *Elementos*, cabe mencionar que había sido revisada por el barón Alexander von Humboldt durante los días que estuvo en México en 1803; Andrés de Río incluyó la pasigrafía que el prusiano acababa de desarrollar y mediante la cual comparó las formaciones de distintos continentes. La historiografía ya ha revisado el encuentro y las obras mencionadas, a través de investigadores como José Joaquín Izquierdo, José Luis Amorós y Raúl Rubínovich,¹⁵² así que en estas páginas sólo se hace referencia a lo concerniente a las petrificaciones.

¹⁵⁰ ESCAMILLA, Omar y Lucero Morelos, *Escuelas de Minas...*, p. 45.

¹⁵¹ URIBE Salas, José Alfredo, *Los albores...*, p. 38.

¹⁵² IZQUIERDO, José Joaquín *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958; AMORÓS Portolés, José Luis, “Andrés del Río y su obra, introducción a la edición facsimilar”, en *Andrés Manuel del Río, 1795-1805, Elementos de Oritognosia*, Madrid, Universidad Complutense, 1985.

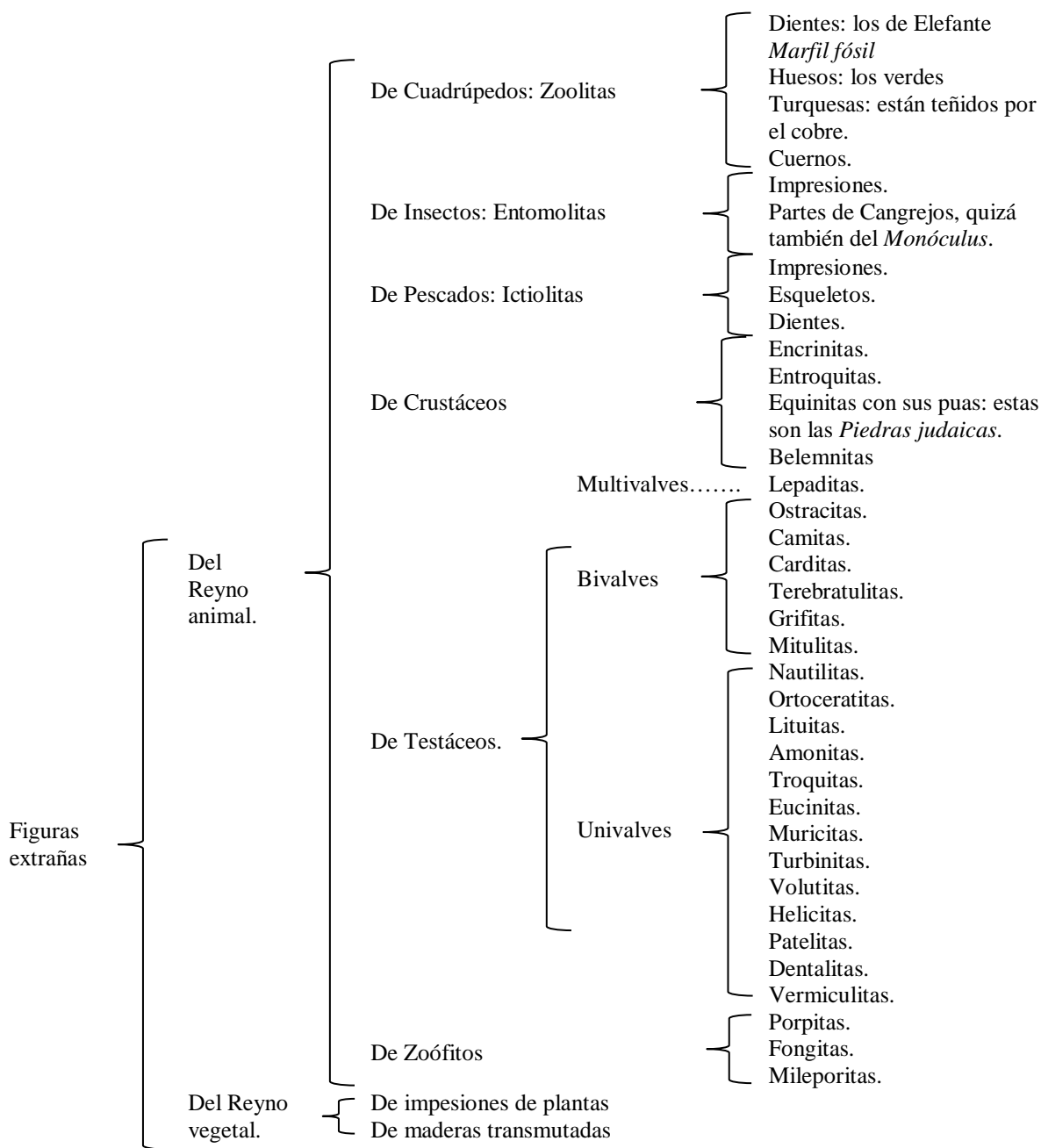
En la primera parte, impresa en 1795, incluyó una tabla con los caracteres a considerar para identificar las petrificaciones de los reinos animal y vegetal, misma que se reproduce en la página siguiente. Se trata del primer acercamiento al estudio de los vestigios de seres del pasado en un libro de texto y en una cátedra en la Nueva España. Se recordará que para este tiempo todavía se consideraba que el referente de fósil eran todas las sustancias útiles extraídas de la tierra por excavaciones directas.



Portada de la primera parte de los *Elementos de Orictognosia* de 1795

Tabla Quinta

Continuación de la figura



Reproducción de la Tabla Quinta (continuación de la figura) que presenta los caracteres para identificar las petrificaciones. En el libro se presentan en dos páginas que aquí se pegaron para mejor lectura. En Andrés del Río, *Elementos de Orictognosia...*, s.p.

Esta tabla fue una de las primeras herramientas con que contaron los ingenieros de minas que realizaron exploraciones de reconocimiento a pedido del gobierno y con diversos fines durante el siglo XIX, para clasificar sus hallazgos. Si bien todavía se plantea una descripción general, ya incluye 17 géneros de testáceos, como un antecedente para la diversidad de especies que se descubrirían más adelante. En el mismo *Manual*, el autor hace referencia a la localización de las petrificaciones en las “montañas secundarias”.¹⁵³ Resalta el que denomine los vestigios bajo la categoría de “figuras extrañas”.

En 1804, publicó una traducción con notas de la tercera edición de las *Tablas mineralógicas* de Karsten,¹⁵⁴ dado que desde 1795 se habían “descubierto y analizado muchos fósiles nuevos, y se han repetido y corregido las [sic] análisis de los antiguos”.¹⁵⁵ Con esta edición, adicionada con varias notas y algunas sustituciones de contenido, esperaba actualizar la primera parte de su mineralogía para que no perdiera vigencia en momentos en que la Química y la Geología sufrían avances significativos.¹⁵⁶

Como Del Río ya había publicado en sus *Elementos* las tablas sobre los caracteres exteriores de los fósiles –que comprendían la primera de tres partes en que se dividen las de Karsten–, no las incluyó en su traducción y sólo hizo observaciones en una nota. Entre esas tablas no publicadas estaba la correspondiente a las petrificaciones, con algunas diferencias respecto de la suya, que comentó en una nota, después de expresar que la tabla de Karsten estaba “aumentada y correcta, como que en ella ha seguido á Blumenbach”.

Las diferencias entre ambas tablas consistían básicamente en que Karsten había agregado mayor cantidad de vestigios para la identificación, y mayor número de géneros; entre ellos cuadrúpedos como esqueletos de mamut, rinoceronte, elefante, nuevos órdenes para pájaros, ictiolitas, entomolitas y helmintolitas. Para las plantas, agregó “impresiones o

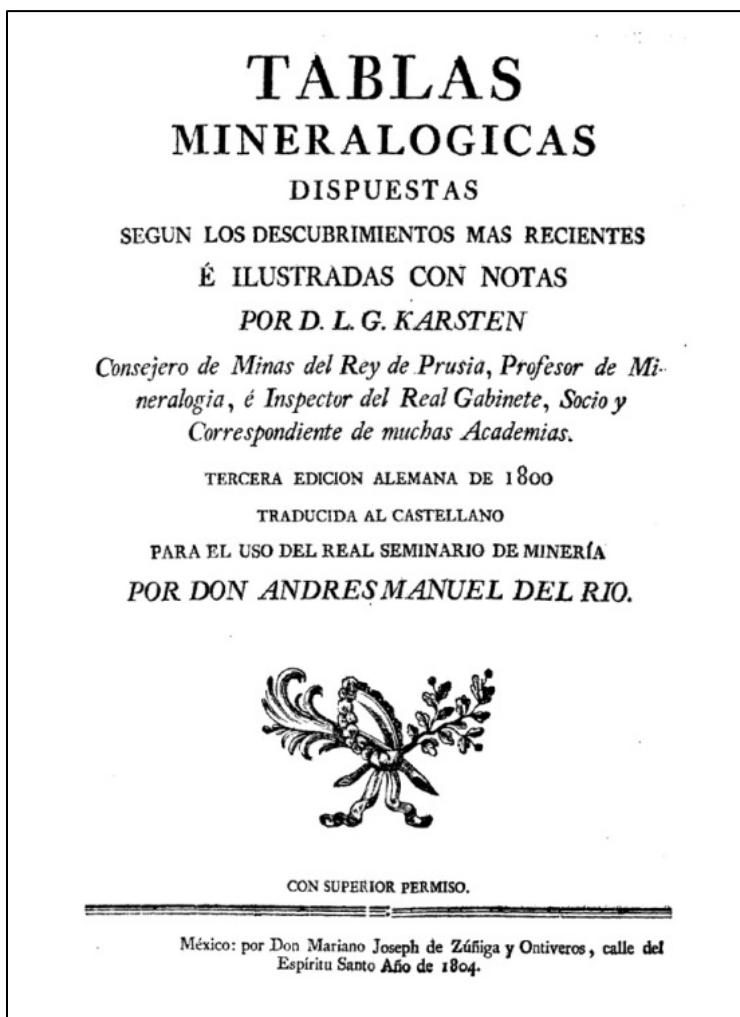
¹⁵³ Clasificación que hace de las montañas de acuerdo con su formación; los otros tipos son primitivas y de acarreo. RÍO, Andrés del, *Elementos de orictognosia...*, p. III.

¹⁵⁴ RÍO, Andrés del, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes é ilustradas con notas por D. L. G. Karsten, consejero de minas del rey de Prusia, profesor de mineralogía é inspector del Real Gabinete, socio y correspondiente de muchas academias, para el uso del Real Seminario de Minería por...*, México, Imprenta de don Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1804.

¹⁵⁵ RÍO, Andrés del, “Introducción”, en *Tablas mineralógicas...*, p. A.

¹⁵⁶ Sustituciones de contenido porque, como el sabio madrileño aclara en su Introducción, reemplazó la quinta columna de las tablas, en la que Karsten cita a los autores de las descripciones, por algunos criaderos de América. Asimismo, en las tablas de las rocas que siguen las de los fósiles incluyó algunas “mudanzas” realizadas por Humboldt en “letra bastardilla” (cursiva o itálica). Andrés del Río, “Introducción...”, p. A.

fitotipos de flores, de hojas ó *bibliolitas*, y de semillas ó *spermolitas*, y las petrificaciones de frutos ó *carpolitas*, y de maderas ó *xilolitas*".¹⁵⁷



Portada de las *Tablas mineralógicas de Karsten*, traducidas y editada por Andrés del Río.

Consciente de que se encontraba en un territorio prácticamente inexplorado, Andrés del Río incorporaba en sus obras la información local que poseía, misma que servía de ejemplo y posibilitaba la comparación con las características del Viejo Mundo. Por ello, en las notas con comentarios que agregó a las *Tablas*, menciona las petrificaciones de las que había

¹⁵⁷ Río, Andrés del, Karsten, *Tablas mineralógicas*..., nota en la p. A 2.

visto o de las que había tenido noticia fidedigna en esos primeros años de vivir en la Nueva España, mismas que se muestran en el Cuadro siguiente.

Petrificaciones en México mencionadas en la traducción
de las *Tablas de mineralógicas de Karsten*

	Nombre/Descripción	Lugar donde se encontró	Obra donde la menciona
1	Cabeza aparentemente de mono debido a la posición del agujero occipital, transmutada en piedra córnea y calcedonia	Aguascalientes	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>
2	Huesos de elefante africano	Desagüe (seguramente en la zona del Valle de México)	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>
3	Muela de carnívoro	Zamora	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>

Fuente: RÍO, Andrés del, “Notas”, en *Tablas mineralógicas de Karsten...*, p. A 2.

En sus *Elementos* de 1805 menciona que publicaría un *Manual de Geognosia*, pero hasta 1841 pudo imprimir uno ya sobre Geología, que él denominaba “la física de la Geognosia”. Entre los motivos del atraso destaca la instalación de una ferrería en Coalcomán por instrucción del gobierno,¹⁵⁸ además de la serie de acontecimientos que sucedieron en la Nueva España desde el estallido de la guerra de Independencia en 1810, la lucha que finalizó en 1821 y que mantuvo a Del Río ocupado en las Cortes de Cádiz, donde abogó por la independencia de su adoptivo territorio.

Además de estos trabajos que le distrajeron, él mismo se exilió de su nueva patria en 1829, cuando se decretó la expulsión de españoles; pese a que era una de las excepciones, partió a Filadelfia en solidaridad con sus antiguos compatriotas. En esa ciudad participó de la vida

¹⁵⁸ El mismo año en que se imprimió la segunda parte de sus *Elementos*, Andrés del Río fue comisionado por el Real Tribunal de Minería para establecer una ferrería en Coalcomán, Michoacán, que le ocupó hasta 1809, cuando por motivos de salud regresó a la Ciudad de México. Véase SÁNCHEZ Díaz, Gerardo, “Historia de la industria siderúrgica mexicana. Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX”, en *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos* [en línea], UMSNH, 2009 (julio-diciembre), pp. 13, 26 (consultado el 21 de enero de 2018).

intelectual al pertenecer a sociedades científicas como la Sociedad Geológica de Pennsylvania desde su fundación, de la cual además fue primer presidente en 1834. En cuanto a la publicación de sus obras, prefirió trabajar en una nueva edición de sus *Elementos de orictognosia*, que dividió en parte práctica y parte preparatoria, aunque sólo imprimió la primera.¹⁵⁹

En 1833 regresó a México y a su cátedra de Mineralogía. Para ese tiempo en el país habían tenido lugar varios sucesos. La educación ilustrada de finales del virreinato y los primeros diez años de vida independiente había tenido una ruptura, si bien no completa sí “fragmentaria y dirigida”, en la cual el Colegio Nacional de Minería había pasado durante un año a ser el Tercer Establecimiento de Ciencias Físico-Matemáticas.¹⁶⁰

Lucas Alamán (1792-1853), desde su cargo de Ministro de Relaciones, ya había propuesto pocos años antes una reestructura similar de la enseñanza superior, que incluía la supresión de las cátedras universitarias para cubrir los gastos de las nuevas, ya reorganizadas. Es decir, las políticas se enfocaron a la incorporación de las nuevas Ciencias Sociales y Naturales a la enseñanza, y al desplazamiento y aun eliminación de saberes obsoletos. La idea central era conformar una base poblacional cultivada para la administración pública.

El proyecto no había prosperado en ese momento pero fue retomado en 1833, ahora por parte del gobierno liberal encabezado por el vicepresidente Valentín Gómez Farías. Sin embargo, causó tal revuelo que al año siguiente el presidente Antonio López de Santa Anna retomó al poder y regresó la educación a su antiguo estado.

Por otra parte, la Geografía seguía desarrollándose debido a la apremiante necesidad práctica de deslindar territorios. Desde 1822 se había iniciado la tarea de definir los estados y territorios que conformaban la nueva nación. Para Guadalupe Victoria (1786-1843), primer presidente de México, era de importancia capital contar con un atlas de la República, tanto de tierra firme como de los límites marítimos de los litorales; si bien este último se realizó y publicó en 1825, el primero quedó en proyecto.

¹⁵⁹ ESCAMILLA, Omar y Lucero Morelos, *Escuelas de minas...*, pp. 122-123.

¹⁶⁰ RAMOS Lara, María de la Paz, “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, en David Piñera Ramírez (coord.), *La educación superior en el proceso histórico de México*, tomo II, Siglo XIX/XX, SEP/UABC/ANUIES, pp. 191-192.

También se trató de integrar un atlas geográfico y minero, que en 1831 formó parte de las políticas nacionales. Para alcanzar estos objetivos se requería personal capacitado así que se volteó hacia el Colegio de Minería en busca de cuadros profesionales. Por otra parte, en 1833 se fundó el Instituto Mexicano de Geografía y Estadística, que más tarde cambió a Comisión de Estadística Militar y posteriormente a Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE), primera en su tipo en América y que aglutinó a representantes de la comunidad científica y del gobierno, como un lugar de sociabilidad del conocimiento alejado del ámbito de la enseñanza.

En el aspecto tecnológico se había introducido la amalgamación en barriles denominada alemana, técnica que disminuía considerablemente la cantidad de mercurio utilizada y mejoraba la capacidad de extracción de plata. Tanto la preparación de ingenieros como sus esfuerzos prácticos y de los propietarios de minas se enfocaron en estas tareas.

Con estos cambios y los sucedidos en los estudios sobre los minerales y la superficie terrestre, correspondió a Andrés del Río definir lo que se debía modificar en los contenidos de su materia para estar actualizado. Por eso, cuando finalmente publicó el manual mencionado, reemplazó la palabra *Geognosia* por *Geología* en el título, y omitió el concepto *fósil* para no caer en contradicciones, ya que los principales geólogos comenzaban a emplearla exclusivamente para definir los restos de seres vivos de otros tiempos,¹⁶¹ decisión que él no compartía.

Fiel a su pensamiento, en sus obras y discursos defendió su punto de vista y validó para su nuevo país el conocimiento que consideraba adecuado. Además, fungió como experto sobre las ciencias de la Tierra y organizó con sus alumnos una comunidad científica en torno a ellas. La obra se tituló *Manual de Geología con 27 estampas litográficas de los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, más característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de la República Mexicana*, y fue publicada en 1841.

¹⁶¹ Véase RÍO, Andrés de, *Manual de Geología con 27 estampas de los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, más característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de la República mexicana, por...*, profesor de Mineralogía, México, Impreso por Ignacio Cumplido, 1841. No utiliza la palabra “fósil” en el título pero en el interior puede verse su aplicación hacia los restos de seres vivos, como en la página 18, cuando habla de los “primeros tiburones fósiles”.

Portada del *Manual de Geología* de Andrés del Río

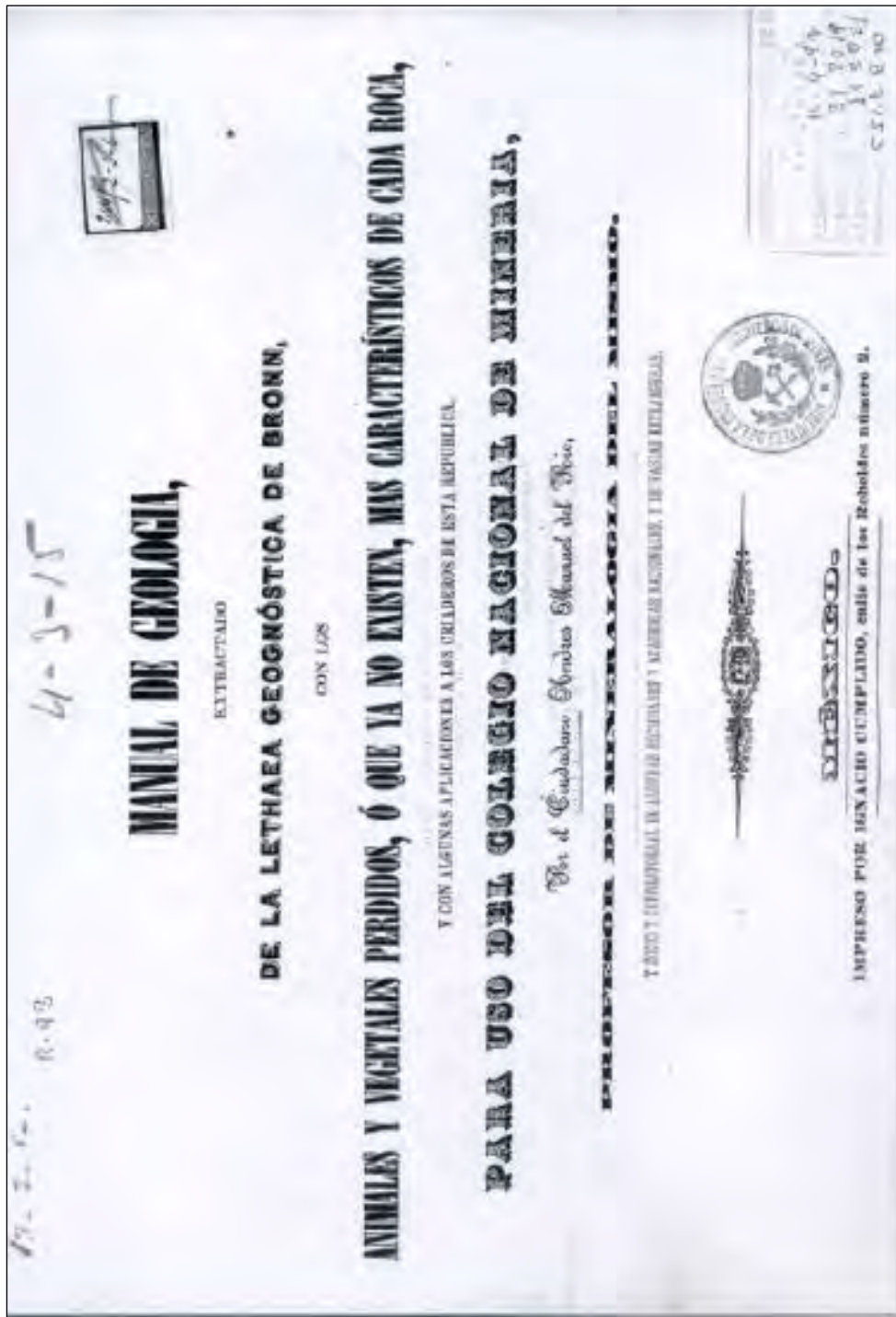


Imagen: "Tratado de Geología" de 1841. De la Biblioteca de la ETSIME". Tomado de Andrés Manuel del Río Fernández (1764-1849), página web Amigos del Museo Histórico Minero Don Felipe de Borbón y Grecia. Disponible en: <https://www.amuminas.com/andres-manuel-del-rio/> (fecha de consulta: 20 de enero de 2019).

Andrés del Río plasmó en este libro el conocimiento práctico sobre la materia en ese tiempo. Tras una Introducción extractada de un discurso de Fuchs, procede a definir la Geología y la acomoda epistemológicamente donde a su juicio corresponde: dentro de la Geognosia, al decir que es “la física de la Geognosia”. Esta última, a su vez, formaba parte del estudio de la Mineralogía de acuerdo con el esquema de la Academia de Freiberg, como ya se mencionó. También define las rocas y su división en estratificadas y no estratificadas, añadiendo que es en las primeras donde se encuentran las petrificaciones.

Los apartados de su libro se refieren a los principales aspectos de estudio de la superficie terrestre, como su composición, las formaciones conocidas y clasificadas –hasta ese momento– que comprendían la columna geológica, con mediciones aproximadas del grueso de las capas y lajas; las rocas, estratificadas, no estratificadas y de transición; rocas secundarias y los cinco periodos de formación –grupo del carbón, grupo de la sal, grupo de la caliza del jurásico o formación oolítica, de la creta y el periodo supracretáceo.

También desarrolla los temas de temblores de tierra, valles de despojo o deslavados, ríos de lodo –en el cual explica la erupción del Jorullo–, volcanes, islas de coral, géiseres, formación de montañas, restos de infusorios y sobre la electricidad de las vetas. Incluye un resumen de los principales distritos de minas, extraído de *Aufenthalt und Reisen in Mexico (Viajes y mansión en México)*, de Joseph Burkart: Tlalpujahuá, Pachuca, Real del Monte y del Chico, Zimapan, Ramos, Catorce, Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo y Bolaños.

En cada tema presenta datos actualizados para ese tiempo, extraídos de obras clásicas como la de Plinio –cuando menciona el volcán Vesubio– y Georges Cuvier (ya fallecido), y de quienes llevaban la discusión en ese momento, de acuerdo con la temática: Charles Lyell, Louis Agassiz, Heinrich Georg Bronn, Nicolas Desmarest, Alexander von Humboldt, Elie de Beaumont, entre otros. Sobre las exploraciones en México cita a Sonneschmidt y a Burkart, y narra escasos pasajes de su propia experiencia. Fiel a su estilo, no solo agrega la información de los naturalistas citados sino que la compara entre sí y la discute.

Finalmente, presenta 27 láminas de “los animales y vegetales perdidos o que ya no existen” característicos de cada roca, así como esquemas que traducen en el texto lo que se ha observado en la naturaleza, si bien él mismo aclara que las imágenes fueron tomadas de

varias obras. Mariano Ximeno fue el dibujante de estas láminas, que fueron litografiadas en el taller de Ximeno, Rocha y Fournier. Suman 352 figuras y fueron ordenadas y agrupadas por el autor de acuerdo con “los cinco periodos de tiempo estudiados en diversas regiones del mundo”.¹⁶²

En total, contiene 403 descripciones de petrificaciones. Una revisión muestra que Del Río incluye un total de 22 órdenes de *amonitas*; si se recuerda lo mencionado en el primer apartado de este capítulo acerca del amplio periodo en que vivieron estos seres y el extenso territorio que habitaron en el mundo, se comprende su importancia para la datación de estratos, pero también el problema que se debió presentar para identificarlas en campo durante las exploraciones científicas. En las imágenes 3 y 4 se muestran dos representaciones de este género, extraídas del *Manual*.



Ammonites Walcotii. En Andrés del Río, *Manual de Geología...*, Figura 98, lámina s.p.



Ammonites Bucklandi. En Andrés del Río, *Manual de Geología...*, Figura 99, lámina s.p.

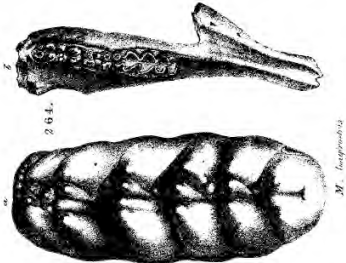
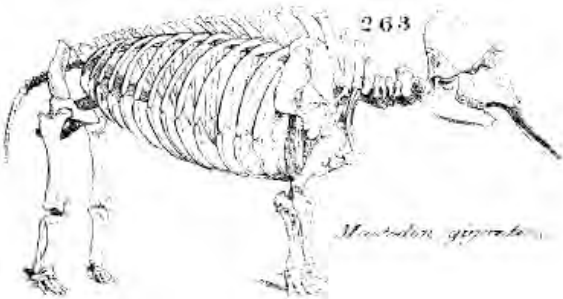

El vasto territorio mexicano estaba prácticamente inexplorado en su aspecto geológico para 1841, aunque mineros, exploradores extranjeros como Galeotti y algunos empresarios locales habían hecho algunos reconocimientos. Muestra de lo anterior es que, de las 403 petrificaciones relacionadas en esta obra, Del Río solamente reporta el hallazgo de diez de ellas en México: dos especies de *mastodon*, una de elefante, *amonitas* y otras especies que

¹⁶² TRABULSE, Elías, *Arte y ciencia en la historia de México*, México, Fomento Cultural Banamex, p. 145.




incluimos en el *Cuadro Petrificaciones ubicadas en territorio mexicano por Andrés del Río* junto con sus imágenes correspondientes del *Manual*.

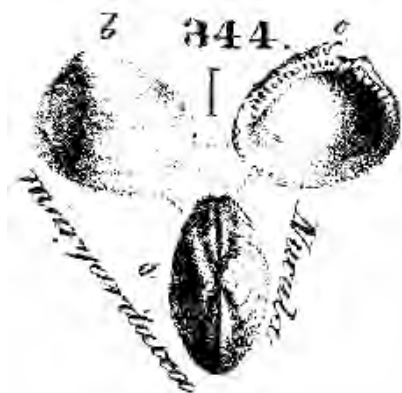
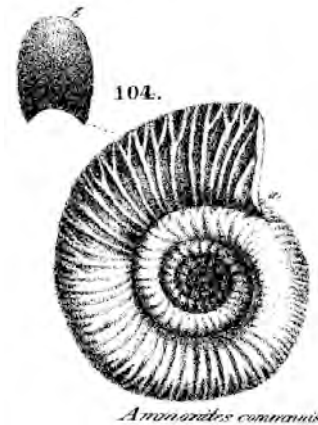
Andrés del Río había realizado algunos reconocimientos en territorio mexicano, en Zacatecas, Fresnillo y Coalcomán. En éstas, reunió ejemplares para las colecciones del Colegio de Minería e hizo observaciones orictognósicas. Hombres como Sonneschmidt y Burkart le entregaron muestras de distintos lugares de la República, que el sabio utilizó en sus libros, en un ejercicio de traducción del referente –las petrificaciones–, que fueron recolectadas, estudiadas y clasificadas al ser comparadas con imágenes y descripciones de otras partes del mundo. La científicidad de sus textos estaba expresada, como sostiene Bruno Latour, en el hecho de que dentro de ellos mismos estaba contenido el referente, en este caso traducido al papel por medio de dibujos y descripciones.

Petrificaciones ubicadas en territorio mexicano por Andrés del Río

	Nombre/Descripción	Lugar donde se encontró	Obra donde la menciona	Dibujo
1	Mastodon longirostris (muela)	Guadalajara/ Tejupilco	<i>Manual de Geología</i> , p. 38	
2	Mastodon giganteus	Tejupilco	<i>Manual de geología</i> , p. 38	
3	Elefante (al parecer muelas pero no especifica bien)	Desagüe de Huehuetoca/ Tezcuco	<i>Manual de Geología</i> , p. 38	

Continúa

	Nombre/Descripción	Lugar donde se encontró	Obra donde la menciona	Dibujo
4	Encrinitas	Debajo del paso de las Maromas en el puente sobre el río de Moctezuma	<i>Manual de Geología</i> , p. 17, nota al pie	
5	Impresiones	Mineral del Doctor, Zimapan	<i>Manual de Geología</i> , p. 26, nota al pie	
6	Turritelas	Catorce, San Luis Potosí	<i>Manual de Geología</i> , p. 57	

	Nombre/Descripción	Lugar donde se encontró	Obra donde la menciona	Dibujo
7	Nuculas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57	
8	Modiolas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57	Sin imagen
9	Amonitas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57	
10	Delthyris	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57	--

Fuente: RÍO, Andrés del, nota en la traducción de Karsten, *Tablas mineralógicas*; del mismo autor, *Manual de Geología*, páginas señaladas.

Si bien en la *Traducción de la Mineralogía de Karsten* ya había realizado un par de anotaciones sobre petrificaciones en México, este cuadro puede considerarse el primer esfuerzo por sistematizarlas en el país, al reunir de distintas fuentes que él validó en esa obra, la información que consideró fidedigna.

En resumen, el examen de las obras de Andrés del Río expone que él validaba el conocimiento de exploradores, alumnos y mineros de su tiempo; constituía la autoridad que tenía trato con los pares extranjeros de Europa y los Estados Unidos, después de su viaje a Philadelphia. Como tal, mostraba su acuerdo o desacuerdo con sus planteamientos, como la teoría de la formación de las montañas de Charles Lyell, el sistema de clasificación del norteamericano James Dana o, incluso, sobre el cambio en la significación del término fósil.

Esto lleva a una pregunta: ¿por qué Andrés del Río se mostró reacio a cambiar el significado de la palabra fósil para que su referente fuera cualquier vestigio de vida de otras épocas? Puede aventurarse una explicación a partir de su punto de mira, en este caso como antiguo estudiante de Werner en la Academia de Freiberg, es decir de uno de los más connotados maestros en su tiempo, quien a su vez había sistematizado *los estudios sobre los fósiles*, que ahora se insistía en llamar *estudios mineralógicos*.¹⁶³

La clave puede estar en esa palabra, Mineralogía. En la definición de Werner se especificaban los campos de estudio que el alumno debía comprender para alcanzar el conocimiento adecuado para su futura labor; a su vez, esta definición partía de la clasificación que éste había desarrollado, en la cual si se recuerda la categoría principal que engloba todas las demás es el término *fósil*, referido por supuesto a todo material bajo tierra objeto de estudio orictognóstico. Por tanto, al cambiar el *predicado* de este referente se cambia también la *clasificación*, y con ella toda la estructura de este saber.

Por otra parte, criticó en discursos y en sus obras la adopción de nueva terminología, tal vez como reminiscencia de sus años como auxiliar de Antoine Lavoisier (1743-1794), quien

¹⁶³ Para comprender las ideas de un discurso es necesario observar el lugar desde donde se escribe. Aunque aplicado a la historia, el siguiente texto explica este punto con claridad: CERTEAU, Michel de, “Capítulo II. La operación historiográfica”, en Certeau, *La escritura de la historia*, México, Universidad Iberoamericana, 2006, pp. 69-81.

había sido muy cuidadoso al nombrar nuevos elementos.¹⁶⁴ Por ello es quizá que Andrés del Río restringió en su *Manual* el uso del término fósil a su uso como adjetivo –elefante fósil, por ejemplo–, en un intento por permanecer neutro mientras se dirimía el asunto. Pero en 1846, una nota a pie de página en el Prólogo de una nueva edición de sus *Elementos de orictognosia*, la definió como:

...cuerpos naturales sin órganos y sin vida, de una sencillez mecánica, permanentes que habitan en la superficie y en lo interior del globo. Hoy quieren que sean metales, pues no se pueden llamar así los gases atmosféricos, ni tampoco minerales, y aquí llamamos de este modo a los distritos de minas, y tenemos además la voz petrificaciones, que son los que llaman generalmente fósiles.¹⁶⁵

Es comprensible la posición del catedrático en la primera mitad del siglo XIX, cuando hacía diez años se había publicado el primer tomo de los *Principles of Geology* de sir Charles Lyell,¹⁶⁶ y los avances en la identificación de las petrificaciones añadían nuevas especies para clasificar.

Andrés del Río fue reacio en adoptar los términos modernos, pero no cabe duda de la importancia de sus aportes en la parcela del conocimiento que ahora denominamos Paleontología, pese a que siguió viéndola bajo el ojo del mineralogista, como muestra el que no aceptase el cambio conceptual. Para finalizar este apartado se presenta el Cuadro *Resumen de petrificaciones ubicadas en territorio mexicano por Andrés del Río*, que engloba sus aportaciones sobre la identificación de petrificaciones en el territorio mexicano, ya mencionadas en los cuadros anteriores.

¹⁶⁴ Para conocer la relación entre Andrés del Río y Antoine Lavoisier puede consultarse alguna de sus biografías, como el estudio introductorio de Raúl Rubinovich Kogan en RÍO, Andrés del, *Elementos de orictognosia*. Con respecto del cuidado que Lavoisier aplicó en su nomenclatura química, véase ASIMOV, Isaac, *Breve historia de la Química*, introducción a las ideas y conceptos de la Química, Madrid, Alianza Editorial, 2003, pp. 39-40.

¹⁶⁵ RÍO, Andrés del, *Elementos de Orictognosia ó sea Mineralogía ó del conocimiento de los fósiles, según el sistema del barón Berzelio, y según los principios de Abraham Gottlob Werner, para uso del Seminario Nacional de Minería. Por el c...*, Parte preparatoria, segunda edición, México, Imprenta de r. Rafael, 1846, Prólogo, p. s. n.

¹⁶⁶ De hecho, sir Charles Lyell ya utiliza en su libro la palabra fósil para los restos de seres vivos de otros tiempos. Como ejemplo, véanse las páginas 8 o 23 del primer tomo de *Principles of Geology*.

Resumen de petrificaciones ubicadas en territorio mexicano por Andrés del Río

	Nombre/Descripción	Lugar donde se encontró	Obra donde la menciona
1	Cabeza aparentemente de mono debido a la posición del agujero occipital, transmutada en piedra córnea y calcedonia	Aguascalientes	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>
2	Huesos de elefante africano	Desagüe (seguramente en la zona del Valle de México)	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>
3	Muela de carnívoro	Zamora	Nota de Andrés del Río en la página A 2 de las <i>Tablas de Karsten</i>
4	Mastodon longirostris	Guadalajara/ Tejupilco	<i>Manual de Geología</i> , p. 38
5	Mastodon giganteus	Tejupilco	<i>Manual de geología</i> , p. 38
6	Elefante (al parecer muelas pero no especifica bien)	Desagüe de Huehuetoca/ Tezcuco	<i>Manual de Geología</i> , p. 38 (probablemente es el mismo que se reporta en la fila 2)
7	Encrinitas	Debajo del paso de las Maromas en el puente sobre el río de Moctezuma	<i>Manual de Geología</i> , p. 17, nota al pie
8	Impresiones	Mineral del Doctor, Zimapan	<i>Manual de Geología</i> , p. 26, nota al pie
8	Turritelas	Catorce, San Luis Potosí	<i>Manual de Geología</i> , p. 57
9	Niculas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57
10	Modiolas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57
11	Amonitas	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57
12	Delthyris	Catorce, SLP	<i>Manual de Geología</i> , p. 57

Fuente: Elaboración propia con base en Río, Andrés del, nota en la traducción de Karsten, *Tablas mineralógicas*; del mismo autor, *Manual de Geología*, páginas señaladas.

Paleontología en México

La historiografía considera como sucesor de Andrés del Río en los estudios geológicos a su alumno Antonio del Castillo (1820-1895), quien se hizo cargo de la cátedra de Mineralogía desde el 23 de abril de 1846,¹⁶⁷ primero como sustituto y después ya como titular. Aunque concordamos con esta afirmación, en esta investigación consideramos que ha faltado ponderar lo realizado por el coronel e ingeniero Joaquín Velázquez de León (1803-1882).

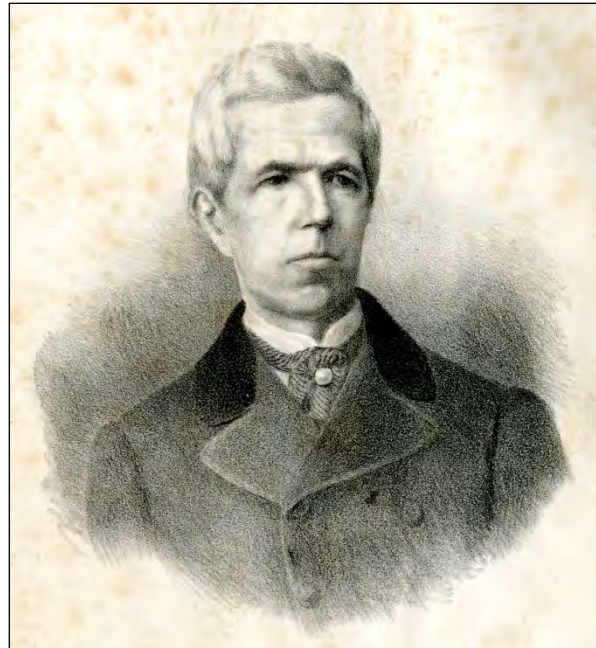


Imagen de “Joaquín Velázquez de León”, en RAMÍREZ, Santiago, *Biografía del señor D. Joaquín Velázquez de León*, escrita por el ingeniero de minas..., antiguo alumno del Colegio de Minería, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885.

Como ejemplifica Latour mediante los trabajos de Louis Pasteur con los *gérmenes aéreos*, se requiere una asociación de actores humanos y no humanos para lograr

una traducción de los intereses científicos hacia el resto de los componentes de la red.¹⁶⁸ Por ello, en un momento de pugnas para definir el modelo educativo a implementar, había que convencer a mineros y empíricos de que la Geología era una ciencia útil, que esta utilidad retribuiría beneficio económico para empresarios nacionales y extranjeros, para el mismo gobierno y para los migrantes que se deseaba atraer para poblar el territorio.

Ese convencimiento permitiría utilizar los escasos fondos económicos del arca nacional para pagar a los maestros, comprar instrumentos, realizar exploraciones científicas, publicar los hallazgos. El papel de las exploraciones sería sostener esa red encontrando en campo las petrificaciones adecuadas en los estratos correctos, que mostraran la capacidad de la nueva ciencia para localizar yacimientos de metales preciosos y otros minerales que se empezaban

¹⁶⁷ RAMÍREZ, Santiago, *Datos para la historia del Colegio de Minería recogidos y compilados bajo la forma de efemérides por su antiguo alumno...*, miembro honorario de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”, México, Imprenta del Gobierno Federal en el Ex-arzobispado, 1890, p. 324.

¹⁶⁸ LATOUR, Bruno, *La esperanza de Pandora...*, p. 190.

a considerar como materia prima en el sector industrial, como el carbón mineral, necesario como nueva fuente de energía.

Tocaba construir la homogeneidad de la cual se habló en páginas anteriores, y sacar al país de la difícil situación económica que prevalecía. Uno de los hombres conscientes de este entramado era el ministro del Interior, Lucas Alamán (1792-1853), también antiguo estudiante del Real Seminario de Minería. Trató de reformar la educación mediante la propuesta ya mencionada, y abogó por el envío de jóvenes a Europa para “perfeccionar sus conocimientos”, mediante un decreto emitido el 22 de octubre de 1824. Uno de los elegidos fue Joaquín Velázquez de León, quien fue pensionado el 18 de septiembre de 1835 y nombrado “adicto a la Legación” que representaría a México en la Corte Pontificia.

Como iba pensionado en el ramo de Arquitectura, se le comisionó el estudio de los sistemas para la construcción de equipamiento como cárceles y obras hidráulicas, así como establecimientos científicos “en los países por donde pasara la legación”. Por su parte, la Casa de Moneda lo comisionó para observar los adelantos de las casas de moneda de Filadelfia y Londres.¹⁶⁹

Cuando regresó, Velázquez de León había adquirido conocimientos actualizados en Europa, no solamente acerca de lo que le habían encomendado sino también sobre Geología y Zoología. Estaba convencido de la importancia de la práctica en campo de los estudiantes, como él había hecho en el ejército, y de la necesidad de explorar el territorio y conocer sus recursos;¹⁷⁰ habló de ello en sus discursos, en las sociedades científicas de las que fue miembro, en las comisiones en que participó y a través de su trabajo como catedrático.

El día 18 de marzo de 1843 se inauguró en el Colegio de Minería la clase especial de Geología, con Velázquez de León al frente. Clementina Díaz y de Ovando da cuenta del interés del catedrático por “la fundación de una escuela práctica de minas, de la que

¹⁶⁹ RAMÍREZ, Santiago, *Biografía del señor don Joaquín Velázquez de León, escrita por el ingeniero..., antiguo alumno del Colegio de Minería*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885, pp. 39-40.

¹⁷⁰ RAMÍREZ, Santiago, *Biografía del señor...*, p. 40.

saldrían los hombres que la industria minera tanto necesitaba”,¹⁷¹ como se lee en el discurso que ofreció ese día:

Con una escuela práctica ó de aplicación bien montada, según se trata de establecer, se economizará mucho y saldrán de ella los hombres que la minería necesita y que tanta falta le hacen, pues muchas veces no se encuentra un azoguero ó beneficiador de metales en los lugares de minas, y se han perdido y se pierden por no tener peritos con la conveniente instrucción, sumas cuantiosísimas.¹⁷²

En este discurso se observa una traducción en la cual enlaza los intereses académicos y geológicos de establecer la escuela práctica, con los intereses de los mineros y empresarios de contar con personal calificado para los aspectos técnicos. Con respecto a la Paleontología, aunque todavía usa con reserva el término fósil, en su discurso lo relaciona con las osamentas e impresiones:

...hizo aparecer en el mundo una nueva naturaleza con su descripción de las especies de animales que ya no ecsisten [sic] y en las relaciones que descubrió y dio a conocer entre los huesos fósiles, conchas, impresiones, etc., con las diversas capas, antigüedades y formación de los terrenos, pudiendo de esta manera fijar las épocas y explicar las grandes revoluciones acaecidas en nuestro globo.¹⁷³

En el fin de año escolar de 1844 introdujo una explicación de la Paleontología:

Ya no son hoy indiferentes para el minero los conocimientos zoológicos y botánicos; en estas ciencias encuentra en muchos casos la resolución de sus dudas y el acierto en sus clasificaciones, y estos ramos auxiliares [sic] han venido a formar para él una nueva e interesante ciencia, conocida por los modernos con el nombre de paleontología.¹⁷⁴

Estas palabras dan una idea clara acerca de esta nueva disciplina científica, que Velázquez de León considera fundamental para los estudios geológicos. Posteriormente hizo un viraje para colocar la Geología por encima de la Geognosia:

Desde entonces la parte de la ciencia que se ocupa de la reunión de estos hechos [en que se fundan la ciencia de la constitución física del globo terrestre y la investigación de las leyes para la formación de sus partes], ha tomado el nombre de geognosia, y aquella que los combina para remontar hasta las

¹⁷¹ DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana, Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1872)*, Tomo II, México, Facultad de Ingeniería/UNAM, 1998, pp. 1003-1004.

¹⁷² DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros...*, p. 1350.

¹⁷³ DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros...*, p. 1351.

¹⁷⁴ DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros...*, p. 1400.

causas primeras, el de geogenia. Compónese, pues, la geología de estas dos partes, cuyo estudio ecsita el interés general, y muy en particular el nuestro, como habitantes de un país célebre por sus minas...¹⁷⁵

También se advierte el cambio en el cual la Geología ya se considera como una ciencia separada de la Mineralogía, dividida en dos especialidades: Geognosia y Geogenia, que corresponden a la Geología física y la Geología histórica si se las compara con los avances en esta ciencia al final del siglo, plasmados en el *Tratado de Geología* de Mariano Bárcena.¹⁷⁶

En 1853 fue nombrado ministro del recién formado Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, en una reorganización de la estructura gubernamental que dejó al Colegio de Minería bajo su administración y a partir de la cual continuó realizando esfuerzos por mejorar la enseñanza y la aplicación de los estudios geológicos. Como menciona Bruno Latour, “se hace tanta ciencia dentro como fuera de ella”. Velázquez de León, desde su nuevo puesto, creó una comisión en la que participó el nuevo profesor de Mineralogía Antonio del Castillo para definir los cambios en los planes de estudio del Colegio de Minería y la creación de una escuela práctica de minas. Ambos hicieron mancuerna desde los dos frentes (en el Ministerio de Fomento y en las aulas del Colegio) para la consecución de sus objetivos en común.

Con respecto de las exploraciones científicas del territorio, pensó primero en organizarlas en las escuelas prácticas de minas, pues lo creía importante para la formación de los alumnos, como él mismo había experimentado en el ejército y al encabezar algunas exploraciones, como la de Cacahuamilpa –que a decir de Santiago Ramírez es el primer estudio científico de esta caverna–,¹⁷⁷ pero requería un aliado que compartiera sus intereses y ese fue Antonio del Castillo.

Alumno aventajado de Andrés del Río, Antonio del Castillo prosiguió con la modernización de la enseñanza geológica a través de modificaciones en los planes de

¹⁷⁵ DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros...*, pp. 1400-1401.

¹⁷⁶ Véase Bárcena, Mariano, *Tratado de Geología*.

¹⁷⁷ Los resultados de esta exploración fueron publicados al menos en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, en el *Apéndice al Diccionario Universal de Historia y Geografía* de Manuel Orozco y Berra y, en forma póstuma, en *El Minero Mexicano*. Véase VELÁZQUEZ de León, Joaquín, “La caverna de Cacahuamilpla”, *El Minero Mexicano*, Núm. 50, 1882, pp. 607-610.

estudio. Trabajó con Velázquez de León en la conformación de la Escuela Práctica de Minas y llegó a ser director de la Escuela Nacional de Ingenieros,¹⁷⁸ entre otros cargos. Publicó en el país y en el extranjero sus trabajos geológicos y paleontológicos; asimismo, fue pieza clave en la red establecida por Andrés del Río, al participar en la creación de nuevos nodos en la red para la institucionalización de la Geología, como la ya mencionada Escuela Práctica de Minas, la Comisión Geológica Nacional y posteriormente el Instituto Geológico Nacional. Volveremos a su actividad en los capítulos III y IV.



ENBERG, J., “Antonio del Castillo”, litografía.
Museo de Geología de la UNAM

¹⁷⁸ El Colegio de Minería se transformó en Escuela Nacional de Ingenieros.

Conclusiones del Capítulo I

En este capítulo se ha seguido la historia de las evidencias de seres vivos del pasado, desde sus primeras interpretaciones en la prehistoria hasta mediados del siglo XIX en México, cuando fueron incluidas en un primer manual de Geología. Este recorrido permite observar cómo las osamentas antiguas y las impresiones en tierra o petrificaciones pasaron de ser restos de gigantes y monstruos o piedras con poderes de curación y magia, a evidencias fundamentales para conocer la edad de la Tierra y el origen de los seres vivos, organizadas y sistematizadas en una ciencia denominada Paleontología.

Estos hechos históricos permiten vislumbrar cómo se dio el cambio en la definición del estudio mineralógico primero, geológico después, y la importancia de la clasificación, pues a partir de ella el hombre de ciencia –particularmente el europeo– pudo agrupar la cada vez más numerosa cantidad de animales, plantas y rocas que iba encontrando, pero bajo criterios ideológicos que subyacen a toda clasificación y permean su modo de pensar.

Para ese tiempo, la fuente principal de energía para los trabajos mineros y metalúrgicos provenía del carbón vegetal, que en lugares como Inglaterra estaba agotando los bosques. La industria militar requería quemar grandes cantidades de ese recurso, así que se comenzaron a buscar otras fuentes de energía que lo reemplazaran, como el carbón mineral o coque, que se convirtió en un insumo importante para la industria y las comunicaciones – el ferrocarril–, así que aumentaron las expectativas para encontrarlo.

La producción fruto de la Revolución Industrial propició que los países donde ésta se desarrollaba buscaran nuevos mercados para sus productos. En el caso de Bélgica, gobierno y particulares se dieron a la tarea de abrir rutas comerciales y enviar cónsules a los países americanos recién independizados; a la par, comenzaron a conformar una estructura científica que apoyó reconocimientos en otros países, en busca de incrementar el conocimiento natural. Una de las primeras comisiones fue la de Henri Galeotti en México.

Por su parte, después de su independencia, México trataba de construir una nación homogénea que pudiera salir de la difícil situación económica y de rezago en que se encontraba. Se hizo evidente la necesidad de apoyar los estudios técnicos albergados en el

Colegio de Minería, más útiles para las necesidades del país que las cátedras universitarias, y se trató, por medio de reformas en los planes de estudio, de incorporar mejoras en la capacidad de los estudiantes para el ejercicio práctico de sus especialidades, entre ellas el estudio de la Geología y la creación de una escuela práctica de minas.

Para lograr este paso se requirió una red de actores que, en el caso de los humanos, estuvo conformada por personas que pasaron por el Colegio de Minería: Andrés del Río, quien como catedrático destacó la importancia del estudio de lo que llamaba petrificaciones para el desempeño de su labor; Lucas Alamán, quien desde puestos políticos trataba de conseguir recursos para un país en bancarota, apoyando la educación, la minería y después la industria; Joaquín Velázquez de León, pues gracias a su práctica científica en el ejército y sus estudios en Europa trabajó en el desarrollo de los conocimientos geológicos y paleontológicos; Antonio del Castillo, quien imbuido de las enseñanzas de su maestro Andrés del Río pero contagiado también por el nuevo punto de vista de Velázquez de León emprendió la reforma de los estudios geológicos hasta su institucionalización a finales del siglo en el Instituto Geológico de México.

En los discursos de Joaquín Velázquez de León están plasmadas las ideas de lo que posteriormente impulsó como ministro de Fomento y director del Colegio de Minería. De ahí que consideramos que cuestiones ideológicas, como su afiliación a los gobiernos conservadores y formar parte de la comitiva que trajo de Europa al arquiduque Maximiliano de Habsburgo, fueron la causa de que a inicios del siglo XX geólogos de corte liberal, como José Guadalupe Aguilera, no reconocieran sus esfuerzos.

Con el conocimiento obtenido en el Colegio de Minería, los ingenieros egresados comenzaron a participar en las comisiones de exploración organizadas desde el Ministerio de Fomento; Antonio del Castillo y otros colegas que compartían interés por la Geología y la Paleontología lograron agregar estos contenidos a las exploraciones, en un esfuerzo de institucionalizar su práctica, como se verá en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO II

Las exploraciones científicas del Ministerio de Fomento: la circulación del referente

Introducción

Al final del capítulo anterior, las petrificaciones comenzaron a alojarse en los gabinetes del Colegio de Minería¹⁷⁹ y fueron traducidas mediante textos e imágenes para los primeros manuales *mexicanos*. Con el tiempo algunos egresados de esta institución devinieron geólogos y paleontólogos, y se las arreglaron para introducir poco a poco esos contenidos en los objetivos de las exploraciones que se organizaban, pues la situación política y económica no posibilitaba que éstas se hicieran con fines exclusivamente geológicos.

Por otra parte, el interés mundial en el avance de las Ciencias de la Tierra propició los primeros estudios de carácter paleontológico realizados por extranjeros en suelo mexicano. Como ya se vio, en 1839 Henri G. Galeotti había encontrado la osamenta de un mastodonte en Chapala y en la década de los cuarenta, junto con Pierre-Henri Nyst describió los fósiles de invertebrados marinos de Puebla, así como moluscos y foraminíferos de Veracruz.¹⁸⁰

Poco después, la Comisión de Límites entre Estados Unidos y México propició el reconocimiento de los espacios geográficos en la frontera entre ambas naciones que incluyó una descripción geológica con los fósiles encontrados, en la cual se ubicaron tres en el

¹⁷⁹ El Colegio Nacional de Minería, establecimiento educativo donde prosperaron las ciencias exactas y la ingeniería, formó parte de los proyectos de nación de los gobiernos del México independiente en el siglo XIX, de modo que se fue adecuado conforme a los intereses de cada uno; tanto su plan de estudios como su denominación cambiaron en varias ocasiones a lo largo del siglo XIX. De Real Seminario de Minería durante el Virreinato, pasó a Colegio Nacional de Minería, Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas, Instituto de Ciencias Naturales, Escuela Imperial de Minas, Escuela Politécnica, Escuela Especial de Ingenieros y, finalmente, Escuela Nacional de Ingenieros. Véase: RAMOS Lara, María de la Paz, “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, en: David Piñera Ramírez (coord.), *La educación superior en el proceso histórico de México*, Tomo II, Siglo XIX/Siglo XX, SEP, UABC, ANUIES, 2001, p. 188.

¹⁸⁰ GÍO-Argáez, F. Raúl, “Presentación. Los fósiles”, *Ciencia* (enero-marzo 2004), p. 4.

territorio mexicano; más tarde, la francesa *Commission Scientifique du Mexique* y otros exploradores y geólogos de diversas latitudes se sumaron a estas tareas imperialistas.

Fue hasta pasado el medio siglo cuando los alumnos de Andrés del Río comenzaron a publicar descripciones paleontológicas. Entre ellos destacan Antonio del Castillo, Santiago Ramírez, Mariano Bárcena, Manuel Urquiza, José Guadalupe Aguilera.¹⁸¹ Durante la búsqueda de minerales y recursos explotables tuvieron interés en ahondar en la Geología histórica para determinar los horizontes de las formaciones mexicanas y construir un conocimiento homogéneo que a fin de siglo se plasmaría en un bosquejo de carta geológica.

Este interés quedó manifiesto en los documentos que produjeron como fruto de su trabajo tanto en campo como en gabinete, en los intercambios de información con instituciones y naturalistas extranjeros, en su labor de enseñanza; también, en discursos inaugurales y objetivos de sociedades científicas que fueron surgiendo como nuevos nodos de esta red a lo largo del siglo. Gran parte de su labor como geólogos se debe a las comisiones desempeñadas bajo instrucciones del gobierno, a través del Ministerio de Fomento.

El Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, fundado en 1853, tenía la función de diseñar la política científica institucional por medio de la creación de comisiones, departamentos, oficinas y organismos orientados al desarrollo científico. En él puede verse la operatividad de una transición que de acuerdo con John D. Bernal era común en los siglos XVIII y XIX: pasar de una ciencia casi enteramente académica a la actividad científica, que se convirtió en parte fundamental de la vida económica.¹⁸²

En este organismo recayó la responsabilidad de realizar los estudios geológicos del espacio mexicano hasta finales de la década de los ochenta, cuando en 1888 se creó la Comisión Geológica como primer paso para la constitución del Instituto Geológico Nacional. Este

¹⁸¹ Cabe destacar que no todos fueron alumnos directos de Andrés del Río pero se mencionan de esta manera para exponer la red que se formó a partir de su cátedra de Mineralogía, que constituye uno de los nodos principales en la formación de estas disciplinas. MORELOS Rodríguez, Lucero, *La geología mexicana en el siglo XIX, una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Secretaría de Cultura de Michoacán/Editorial Plaza y Valdés; URIBE Salas, José Alfredo, *Los albores de la Geología en México, mineros y hombres de ciencia*, UMSNH/ HCH, 2015.

¹⁸² BERNAL, John D., *La ciencia en la historia*, México, UNAM, 1959 (primera edición en español), pp. 496-497.

último reemplazaría a la entonces Secretaría de Fomento como nodo principal en las investigaciones acerca de las ciencias de la Tierra, tema que se retoma en el capítulo cuarto.

En este punto cabe recordar que las exploraciones científicas constituyen un vehículo para profundizar en la comprensión del espacio en tanto que se forman como núcleo de generación y sociabilización del conocimiento, en el cual participan diversos actores: hombres de ciencia, instrumentos, manuales, colecciones. Trasladan las condiciones necesarias para realizar el estudio lo más objetivo posible, modifican el paisaje pero a la vez sus miembros se modifican por él al aprehenderlo en forma de datos o colecciones.

Para Bruno Latour las exploraciones científicas son un modo de “movilizar el mundo”, al igual que los instrumentos o las encuestas.¹⁸³ Esto es, constituyen un medio para hacer participar a los “no humanos” –como los fósiles– en el discurso, a través de su recolección en campo y alojamiento donde serán concentrados para su estudio tras la movilización, lugares que a fines de siglo eran la Secretaría de Fomento para los informes y el Colegio de Minería y el Museo Nacional para las colecciones, y posteriormente el Instituto Geológico.

Los espacios explorados fueron estratégicos; cada comisión organizada por el Ministerio de Fomento se enlazaba con las necesidades del gobierno según la temporalidad, bien fuera para dar los primeros pasos para colonizar Baja California y Sierra Mojada, se quisiera establecer una comunicación marítima que a la vez aprovechara el hierro de Coalcomán, se planeara retomar el proyecto del canal interoceánico en el Istmo de Tehuantepec o fuera necesario conseguir insumos como carbón mineral, mercurio y hierro.

En el presente capítulo se analizan los informes de comisiones publicados en las páginas de los *Anales del Ministerio de Fomento*, segunda época, que abarca los años de 1877 a 1898, de modo que sus 11 tomos constituyen su fuente principal; de este material fueron seleccionadas aquellas exploraciones que hicieron circular los fósiles desde su recolección en campo y posterior traducción al papel para integrarlos en los estudios geológicos y paleontológicos, pero también aquellas donde se expresa una búsqueda infructuosa.

¹⁸³ LATOUR, Bruno, *La esperanza de Pandora, ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona: Gedisa, 2001, p. 122.

Esta revisión permite observar el estado del conocimiento sobre el tema, desde los años cincuenta decimonónicos, cuando aún se hablaba de Geognosia, hasta finales de siglo, cuando ya estaba convencionalizado el uso de la palabra Geología, el estudio de restos de seres de otros tiempos se denominaba Paleontología, comenzaban a encontrarse los primeros vestigios del hombre primitivo y el Instituto Geológico Nacional abrió sus puertas; es decir, hasta la institucionalización de estos saberes.

Recordemos que en 1858 se vivió una revolución científica mundial cuando los naturalistas británicos Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913) dieron a conocer los resultados de sus investigaciones acerca del mecanismo de cambio permanente en los descendientes de los organismos de una especie. Como es sabido, el primero apuró la publicación de *La evolución de las especies a través de la selección natural* motivado por la similitud entre sus ideas y las de Wallace.¹⁸⁴

Además de ser elementos para determinar los estratos de terreno, a partir de entonces los fósiles también participarían como evidencia para conocer el modo de desarrollo de la evolución: si había sido lineal, como postulaban lamarckistas y neolamarckistas con base en la escala de los seres tendientes a su perfeccionamiento; o ramificada en forma no direccional, como estableció Darwin al indicar que la supervivencia no implica necesariamente el desarrollo progresivo de una especie, sino variaciones le que benefician.¹⁸⁵

Esto hace evidente que hacia la mitad del siglo hubo otra ampliación en el campo semántico del término fósil, cuyos elementos –con otros ejemplares de seres vivos (salvajes y domésticos)– constituyeron una prueba en esa discusión. Sobra decir que en el trasfondo de los argumentos continuaban las implicaciones religiosas y empíricas, con la cadena del ser relacionada con posiciones religiosas, mientras que el darwinismo provenía de una mirada más empírica, producto de la circulación del referente entre sociedad y naturaleza.

¹⁸⁴ El día 1° de julio de 1858, Darwin y Wallace leyeron sus trabajos sobre la evolución en la *Linnean Society*. DARWIN, Charles, *El origen de las especies por medio de la selección natural*, México, Editorial Diana, 1953, p. 15, 19-20.

¹⁸⁵ Darwin refuta la idea de la escala hacia la perfección y de la evolución lineal en el apartado “Sobre el grado en que tiende a avanzar la organización”, cuando hace notar la gran cantidad de seres más simples que han permanecido sin alteraciones a través de largos periodos de tiempo. Véase DARWIN, Charles, *El origen*, pp. 129-132.

Para el último tercio del siglo XIX se abordó en México el darwinismo desde el punto de vista social y político,¹⁸⁶ pero en los estudios zoológicos, botánicos y paleontológicos apenas fue mencionado. Algunos naturalistas tocaron ligeramente el tema para el caso de animales y vegetales, así como en la clasificación de los fósiles, pero se enfocaron más en la antigüedad y el origen del hombre americano, como se verá en el capítulo III.

Además de la definición, también sobresale el tipo de representaciones gráficas de los referentes mediante ilustraciones o perfiles geológicos; en el primer caso se trató de describirlos lo más exacto posible para su comparación y análisis, mientras que en los segundos aparecen simbolizados en la clasificación de los estratos, la cual depende justo del tipo de fósil y piedra que estos contienen (bioestratigrafía). Un tercer elemento es el fósil en sí mismo, extraído de su contexto y transformado en miembro de una colección.

Para algunos jefes de comisión mexicanos fue importante representarlos mediante las imágenes para su descripción y análisis, mientras que para otros fue suficiente con crear una colección y mostrar su acomodo a través del perfil geológico. ¿Cuál fue el criterio bajo el cual algunos ingenieros decidieron agregar ilustraciones en sus informes y otros las omitieron? ¿Dependió de los recursos disponibles, de la importancia de los hallazgos en campo o solamente del interés que despertaba en ellos la Paleontología?

Los Anales del Ministerio de Fomento, primera época

La publicación nació en agosto de 1854 bajo el nombre de *Anales del Ministerio de Fomento: obras públicas, mejoras materiales, colonización, descubrimientos, inventos y perfeccionamientos hechos en las ciencias y las artes, útiles aplicaciones prácticas para difundir los trabajos del recién conformado Ministerio de Fomento, cuyo ámbito de acción*

¹⁸⁶ Los miembros de la Sociedad Metodófila Gabino Barreda “extrapolaron el debate de los fenómenos naturales al ámbito de la sociedad” al explicar la superioridad de unos hombres respecto de otros y justificar el orden social como producto de leyes naturales. URIBE Salas, José Alfredo, “La Paleontología mexicana en la época de Darwin”, en: “*Yammerschuner*”. *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Madrid, CSIC/Doce Calles, p.133. Véase también BARREDA, Gabino, “Memorias”, *Anales de la Sociedad Metodófila Gabino Barreda*, Vol. I, México, pp. 97-186.

era “la estadística, la industria agrícola, exposiciones, vías de comunicación, industria minera y mercantil, la colonización, privilegios, desagüe y obras de utilidad y ornato”.¹⁸⁷

En esta primera época circuló en todas las capitales del país con la encomienda de generalizar su lectura, al menos entre las autoridades locales y los establecimientos de instrucción pública.¹⁸⁸ De acuerdo con Rodrigo Antonio Vega, para ese momento ya se había conformado una base de lectores sobre temas geológicos en la que destacan estudiantes, empresarios mineros y aquellos deseosos de explotar la riqueza del subsuelo. Los miembros de la élite también participaron de este interés.¹⁸⁹

Esta base queda de manifiesto en el hecho de que se integraron poco a poco noticias y artículos sobre estas temáticas en las publicaciones científicas y no científicas, como el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, *El Mosaico Mexicano*, *El Museo Mexicano*, *El Ateneo Mexicano*¹⁹⁰ y el *Calendario para las Señoritas Mexicanas*, entre otras, dando seguimiento a los descubrimientos en México y otras partes del mundo, y para divulgar los temas científicos tanto ante el público general como especializado.

Las páginas de la publicación privilegiaron la descripción y el estado de los caminos, los lugares que conectaban y la actividad económica realizada en tales sitios. Solamente se mencionaba el tipo de suelo por el que se iba pasando y en contadas ocasiones se informó acerca de hallazgos de fósiles en sitios como Tula, pero sin especificar la ubicación exacta en la estratigrafía, ni la descripción científica de los ejemplares.¹⁹¹ Es decir, en esta etapa se les veía más como curiosidad que como objeto científico.

Empero, los acontecimientos políticos y militares provocaron la suspensión de los *Anales* un par de años más tarde, lo cual dio por concluida su primera época. Pese a los vaivenes políticos, el Ministerio de Fomento continuó con el reconocimiento territorial enfocado en

¹⁸⁷ MAZA, F., “Reseña de los ministros y oficiales mayores que ha habido en el Ministerio de Fomento desde su creación hasta la fecha”, *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo I, 1877, p. 379.

¹⁸⁸ MAZA, F., “Reseña”, p. 380.

¹⁸⁹ VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio, “Instrucción, utilidad, especulación y recreación geológicas en las revistas de la ciudad de México (1840-1861)”, en: *Trashumante. Revista Americana de Historia Social*, 2013, pp. 61-63.

¹⁹⁰ VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio, “Instrucción, utilidad”, pp. 61-63.

¹⁹¹ *Anales del Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana y Repertorio de Noticias sobre Ciencias, Artes y Estadística Nacional y Extranjera*. Cuarta entrega, noviembre de 1854, núm. 57, México, p. 315.

inventariar los recursos naturales y el equipamiento necesario para lograr el crecimiento económico e incentivar la inversión de capital europeo y norteamericano. Estos intereses conectaban con las políticas económicas y de colonización, así como con las educativas.

Para el periodo de la República Restaurada (1867-1876), una de las primeras acciones del presidente Benito Juárez fue emprender una reforma en la educación, que quedó plasmada en la Ley Orgánica de la Instrucción Pública de 1867, mediante la cual reorganizó las instituciones ya existentes y creó otras, entre las que destaca la Escuela Nacional Preparatoria y la Sociedad Mexicana de Historia Natural en 1868, la Academia Nacional de Ciencia y Literatura en 1871 y el Observatorio Astronómico Nacional en 1876.¹⁹²

Mientras, desde el Ministerio de Fomento se verificó el estado de los caminos, se planearon y construyeron vías férreas, se continuó conformando la estadística nacional, se estudió la viabilidad de navegación en ríos como Mezcala, Chiapa, Santiago, Tecolutla y Moctezuma, entre otros fines. Destacan por los hallazgos paleontológicos en campo, las obras de desagüe del Valle de México en general y del Tajo de Tequixquiac en particular, por los ingenieros a cargo, como Tito Rosas, y por la Comisión Científica del Valle de México.¹⁹³

En la década de los sesenta se descubrieron restos de mamíferos fósiles en dicho valle, hecho que tuvo repercusiones entre los hombres de ciencia del país y del extranjero, y fue el insumo que utilizó Antonio del Castillo para realizar la primera lista de carácter científico de los mamíferos extintos del Cuaternario del Valle de México, que se publicó en Alemania en 1869, en la *Revista de la Sociedad Geológica Alemana*, lo que constituye un primer ensayo de síntesis sobre el tema,¹⁹⁴ que se retoma en el capítulo III.

¹⁹² El primer Observatorio Nacional había sido fundado en 1863 (durante el primer periodo de gobierno de Benito Juárez) en el Castillo de Chapultepec. Había correspondido al ingeniero Francisco Díaz Covarrubias su organización y dirección. Empero, la caída de la capital mexicana en poder de los franceses y el arribo de Maximiliano de Habsburgo como Emperador durante el Segundo Imperio, provocaron su cierre y destrucción. VIESCA, Carlos y José Sanfilippo, “Las ciencias en el México independiente”, en: Ruy Pérez Tamayo (coordinador), *Historia de la ciencia en México*, México, Conaculta/Fondo de Cultura Económica, 2010, pp. 93-94.

¹⁹³ LOBATO, José G., “Meteorología de México, Geología e Hidrografía del Valle del México. Geología”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1876, p. 466.

¹⁹⁴ El título con que se presentó esta descripción es “Säugethierreste aus der Quartär Formation des Hochthales von México”, y fue publicado en la *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft (Revista de la Sociedad Geológica Alemana)*, vol. XXI, Berlín, 1869, pp. 479-482; MALDONADO-Koerdell, Manuel, “Los vertebrados fósiles del cuaternario en México”, *Ciencias*, UNAM, 1948.

Como se vio en el capítulo anterior, en este periodo y a nivel mundial había interés por encontrar las distintas especies, ya no sólo para determinar los estratos terrestres y construir la escala del tiempo geológico, sino también para hallar los “eslabones perdidos” que de acuerdo con las teorías evolutivas (lamarckismo y darwinismo) conectaran los animales antediluvianos con los recientes; o por el contrario, demostrar que no existía tal progresión de seres sino que las osamentas desenterradas correspondían a los animales actuales.

A partir de sus hallazgos los mexicanos pretendieron sumarse a este esfuerzo, como se lee en el discurso de Antonio del Castillo al inaugurar la Sociedad Mexicana de Historia Natural en 1868. Como primer presidente, expresó la necesidad de caracterizar las eras y estudiar la Paleontología de México, así como la urgencia de construir una carta geológica del territorio nacional, “monumento grandioso levantado á la ciencia”, que se sumara a las de Canadá y los Estados Unidos para completar la Geología de Norteamérica.¹⁹⁵

Estos hechos muestran el interés de algunos mexicanos en profundizar en la Paleontología del territorio para la antepenúltima década del siglo XIX, como parte de los conocimientos útiles tanto para el adelanto de la ciencia como para poseer el control de los recursos del territorio, si bien aún faltaba su institucionalización. Esta certidumbre para ese entonces ya se encontraba plasmada en la información que el Ministerio de Fomento pedía recabar a los directores de las comisiones exploradoras, como parte de los objetivos a cubrir.

La Paleontología en la segunda época de los *Anales*

Con la llegada de Porfirio Díaz a la presidencia de México a finales de 1876, las exploraciones científicas formaron parte esencial de la política del gobierno para construir una base de conocimiento sobre el territorio que era preciso dominar. La estabilidad política que se vivió en este periodo de más de treinta años favoreció la creación de nuevas

¹⁹⁵ CASTILLO, Antonio del, “Discurso pronunciado por el señor ingeniero de minas... presidente de la sociedad, en la sesión inaugural verificada el día 6 de septiembre de 1868”, *La Naturaleza, Periódico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Tomo I, años de 1869 y 1970, México, 1870, pp. 3 y 4.

instituciones de carácter científico y el impulso a proyectos, en busca de la inversión de capitales extranjeros.¹⁹⁶

Con el tiempo este Ministerio creció hasta ser la institución más importante en el proyecto de Porfirio Díaz,¹⁹⁷ al agrupar las actividades fundamentales para modernizar el país, entre ellas la apropiación del territorio y sus recursos a través de la propiedad privada, que a falta de “brazos”–e inversión– para trabajarla sería ofrecida a nacionales pero también a extranjeros, como se lee en este fragmento de una comunicación enviada a gobernadores de departamentos, jefes políticos de los territorios y los propios agentes del Ministerio:

Una de las más urgentes necesidades que tiene la República, es el aumento de su población, pues sin los brazos suficientes para explotar los bienes que liberalmente le ha concedido la naturaleza, no puede sacar todas las ventajas que deben proporcionarle sus ricas é inagotables minas, sus extensos y fértiles terrenos, que con poco esfuerzo, producen todos los frutos de las diversas partes del globo. Para remediar esta necesidad, no ha dejado el Ministerio a mi cargo desde su establecimiento, de examinar los medios más a propósito, y no ha encontrado otros que promover, de un modo eficaz y conveniente, la inmigración de europeos; pero como para que esto tenga efecto, es indispensable que previamente se haga la designación y deslinde de los terrenos baldíos que haya en la república, S. A. S. el General Presidente se ha servido mandar que V. E. proponga á esta secretaría [...], la persona ó personas que con los conocimientos necesarios, puedan encargarse de ejecutar esa operación en el Estado (ó Territorio) de su mando...¹⁹⁸.

A partir de 1877 comenzó a publicarse la segunda época de los *Anales del Ministerio de Fomento*; el ministro Vicente Riva Palacio (1832-1896) pidió que incluyera datos sobre la situación del ferrocarril y los caminos; las Casas de Moneda y la Oficina de Ensaye; las actividades del Observatorio Nacional; los resultados de exploraciones científicas; artículos

¹⁹⁶ BLANCO Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya, “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”, *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 74, 2011, p. 79.

¹⁹⁷ BLANCO Martínez, Mireya y Omar Moncada, “El Ministerio de Fomento”, p. 75.

¹⁹⁸ Documento Núm. 2, Documentos justificativos correspondientes a la Segunda parte de esta Memoria, que trata de Colonización y Terrenos Baldíos, 6 de febrero de 1857, p. 3. En SILICEO, Manuel, *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, escrita por el Ministro del Ramo..., para dar cuenta con ella al soberano Congreso Constitucional*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857.

sobre herramientas, teorías científicas y divulgación; estadísticas administrativas e informes acerca de la organización del Ministerio de Fomento, entre otros temas.¹⁹⁹

La segunda época de los *Anales* reunió 11 tomos publicados entre 1877 y 1898,²⁰⁰ con un promedio de 723 páginas cada uno. No todos los directores de las comisiones consignaron datos paleontológicos pero en los 19 informes seleccionados para este capítulo mencionan su búsqueda, con o sin resultados. Constituyen una muestra representativa para establecer una mirada coherente del desarrollo de la especialidad en este periodo. Incluso la falta de hallazgos es indicador de la búsqueda realizada y las dificultades de la práctica en campo.

Otros artículos publicados tocan el tema de la Paleontología en forma tangencial, como el inventario de objetos premiados en la exposición internacional –que incluye una colección de fósiles– o la presentación del *Tratado de Geología* de Mariano Bárcena en la Segunda Exposición de “Las clases productoras”; ambos casos son muestra del interés de los geólogos y del gobierno (representados por el Ministerio de Fomento) para hacer circular este conocimiento en esferas más allá del ámbito científico.

En el Cuadro *Año, espacios geográficos explorados y autores de los informes publicados en los Anales del Ministerio de Fomento que refieren información sobre fósiles* se muestra la relación de los informes, numerados y desglosados de acuerdo con el tomo en que se presentaron, su año de publicación, el espacio explorado y el autor del informe o director de la comisión. Si bien cada exploración tuvo sus propios objetivos, en la redacción se siguieron los lineamientos establecidos por el Ministerio.

¹⁹⁹ RIVA Palacio, Vicente, *Anales del Ministerio de Fomento (carta manuscrita anexa)*, Tomo I, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1877, p. entre portadilla y portada interna.

²⁰⁰ Este periodo coincide con la denominada “guerra de los huesos” que emprendieron dos paleontólogos norteamericanos, Edward Drinker Cope y Othniel Charles Marsh –el primero de la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia y el segundo del Museo Peabody de Historia Natural de Yale–, de 1877 a 1892, por encontrar fósiles en el oeste de los Estados Unidos y que tuvo como resultado la clasificación de cerca de 150 especies nuevas.

Año, espacios geográficos explorados y autores de los informes publicados en los *Anales del Ministerio de Fomento* que refieren información sobre fósiles²⁰¹

Núm.	Publicación	Año	Espacios explorados	Autor
1	Tomo I	1877	– Volcán del Ceboruco	Miguel Iglesias, Mariano Bárcena, Juan Ignacio Matute
2			– Una parte del estado de Hidalgo	Mariano Bárcena
3	Tomo III	1878	– Volcán Citlaltépetl	Mateo Plowes, Enrique Rodríguez y Pedro Vigil
4			– Cerro de Mercado de Durango	Federico Weidner
5			– Istmo de Tehuantepec	Manuel Fernández Leal
6			– Mineral de Guadalcázar, SLP	Santiago Ramírez
7			– Sierra Mojada, Coahuila	Santiago Ramírez
8	Tomo VII	1882	– Distritos de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlan en Puebla	Santiago Ramírez
9			– Tlaltitenango, municipalidad de Tetecala, Edo. de Morelos	Santiago Ramírez
10			– Huetamo, Michoacán	Santiago Ramírez
11			– Coalcomán, Michoacán	Manuel Urquiza
12			– Sierra de Guerrero	Teodoro Luis Laguerenne
13			– Cerro del Tambor, distrito de Huauchinango, Puebla	Santiago Ramírez
14	Tomo VIII	1887	– Baja California	Juan José Matute y Joaquín M. Ramos
15	Tomo X	1888	– Sonora	José Guadalupe Aguilera
16			– Minas de Guanajuato*	Pedro L. Monroy
17	Tomo XI	1898	– Mina de cobre El Boleo	Juan Fleury
18			– Mineral de Huitzuc, distrito de Hidalgo, estado de Morelos	Carlos Sellerier
19			– Popocatépetl	José Guadalupe Aguilera, Ezequiel Ordóñez

Fuente: Elaboración propia con base en los *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomos I al XI, 1877-1898.

* En este caso Pedro L. Monroy presenta un informe en el cual incluye datos previos, que son los que mencionan la presencia de los restos fósiles.

²⁰¹ Los tomos II, IV, V, VI y IX no se incluyen porque no tienen informes con aspectos paleontológicos, sólo algunos datos como los ya mencionados sobre la presentación del libro *Tratado de Geología* de Mariano Bárcena.

En los informes publicados resalta la búsqueda del dominio del espacio, medido y codificado a través de escalas, proyecciones y símbolos para traducirse en croquis, planos, cortes geológicos y mapas que harían circular una representación gráfica y bidimensional del territorio y de sus recursos. Algunos incluyen imágenes de los fósiles encontrados.

La mayoría de los directores de las comisiones fueron miembros destacados de la comunidad científica de ese momento en México: Santiago Ramírez, Mariano Bárcena, Miguel Iglesias, Juan Ignacio Matute, Manuel Urquiza, José Guadalupe Aguilera, Manuel Fernández Leal, Ezequiel Ordóñez; además de otros como Mateo Plowes, Enrique Rodríguez, Pedro Vigil y Teodoro Luis Laguerenne. Se publicó también un trabajo realizado en los años cincuenta decimononos por el prusiano Federico Weidner.²⁰²

Destaca que los ejecutores de esta tarea fueran los ingenieros egresados del Colegio de Minería o de la ya entonces Escuela Nacional de Ingenieros. La diversificación en la minería mexicana durante el último tercio del siglo XIX, para explotar yacimientos de minerales industriales además de los metales preciosos motivada por la depreciación de la plata, fue una oportunidad para que este grupo de profesionales desplazara a los mineros empíricos y expandieran su influencia profesional y económica.²⁰³

La revisión de los documentos muestra que el ingeniero Santiago Ramírez (1836-1922) fue quien trató en mayor número de informes el tema de la Paleontología, con un total de seis, si bien en algunos sólo menciona no haber hallado fósiles. Era el experto para verificar en campo denuncios, hacer reconocimientos y validar en gabinete muestras de mineral; como se sigue de sus informes, para esos años se le había encomendado la tarea de encontrar yacimientos de carbón y de otros minerales de uso industrial.

²⁰² La historiografía considera a Santiago Ramírez, Mariano Bárcena, José Guadalupe Aguilera y Ezequiel Ordóñez, junto con Antonio del Castillo, como parte de los primeros geólogos y paleontólogos de México por su grado de conocimiento y especialización, trabajos publicados y su labor para sistematizar e institucionalizar las Ciencias de la Tierra. Véase por ejemplo MORELOS Guerrero, Lucero, *La geología mexicana*, 356 p.; URIBE Salas, José Alfredo y María Teresa Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José Guadalupe Aguilera en el desarrollo de la Ciencia mexicana”, *Revista de Indias*, vol. 66, núm. 237, 2006, pp. 491-518.

²⁰³ VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio y José Daniel Serrano Juárez, “Los estudios sobre el carbón en las revistas minero-mineralógicas de la ciudad de México, 1870-1879”, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, Vol. 54, julio-diciembre de 2017, p. 62.

Por su parte, el también ingeniero Mariano Bárcena Ramos (1842-1899) menciona la presencia de fósiles en tres de los espacios geográficos que exploró. Entre dichos vestigios halló la *hippurite mexicana*, un molusco que él mismo había descubierto y nombrado, como se verá más adelante. Para cuando comenzó la segunda época de la publicación, Bárcena ya había presentado un trabajo sobre rocas mesozoicas en México²⁰⁴ y otros escritos donde describía algunos restos paleontológicos.

Manuel Urquiza, en Coalcomán, reporta la mayor cantidad de fósiles encontrados, que suman 17 clasificados y otros cuantos que no pudo especificar, pues estaban muy destrozados. Además de la riqueza contenida en el espacio estudiado, esta cantidad seguramente se debió al trabajo escrupuloso del director de la expedición, quien para esos años era catedrático de Mineralogía, Geología y Paleontología en la Escuela Nacional de Ingenieros.²⁰⁵

A continuación se presentan los datos paleontológicos destacados producto de las exploraciones mencionadas.

Osamentas de animales antdiluvianos en el Cerro de Mercado

El estudio realizado en el Cerro de Mercado en Durango por el ingeniero Federico Weidner y publicado en el tomo III, año 1878 de los *Anales*, es una edición corregida y adicionada con Prólogo, datos y un plano inédito, de un opúsculo impreso en 1858 en esa entidad. Según se explica en dicho Prólogo, para la primera edición el autor había entregado la memoria y un plano de este espacio, conocido por sus yacimientos de hierro, pero faltó imprimir este último, “la pieza principal y explicativa”, por falta de un litógrafo.²⁰⁶

²⁰⁴ BÁRCENA, Mariano, “Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875. México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875.

²⁰⁵ El titular de esa clase era Antonio del Castillo, pero Urquiza hizo un “arreglo privado” con él para intercambiar clases de 1881 a 1886, hasta que renunció y su reemplazo entró el día 19 de junio de 1886. Archivo Histórico del Palacio de Minería (AHPM en adelante). Hojas sueltas. Nombramiento del C. Manuel Urquiza como prof. de Química Analítica y Aplicada, 1881.

²⁰⁶ WEIDNER, Federico, “El cerro de Mercado de Durango”, *Anales del Ministerio de Fomento, tomo III*, 1878, p. 158.

Este trabajo tuvo éxito en el año de 1858, en tanto que algunos de sus apartados fueron reproducidos en la prensa nacional y extranjera, y también se tradujo al inglés y al francés.²⁰⁷ El gobernador José Patricio de la Bárcena (1810-1882) lo había encargado debido a la importancia del cerro como fuente de hierro y por la falta de un estudio serio sobre la cantidad de este metal que se le podía extraer.

La segunda impresión veinte años después se debió al interés renovado por conocer mejor la composición del cerro,²⁰⁸ en un periodo (1878) en que la minería se diversificaba para satisfacer la demanda local y mundial de materias primas para la industria dado que el precio de los metales preciosos iba a la baja, sobre todo el de la plata, pues dejó de ser usada como divisa internacional por decisión de la Gran Bretaña. Se buscó entonces la explotación de hierro, carbón mineral (coque), azogue (mercurio), entre otros minerales.

Para Moisés Gámez Rodríguez, “la teoría apunta a que en América Latina el modelo de desarrollo hacia afuera” se originó en la división internacional del trabajo generada en la segunda mitad del siglo XIX, y cuyo resultado “se tradujo en una fuerte tendencia hacia la exportación de materia prima y alimentos, en congruencia con la demanda generada por los centros industriales”.²⁰⁹

Inicialmente, los yacimientos del Cerro de Mercado habían sido explotados por la Compañía Unida de Minas Mexicanas, que Lucas Alamán apoyó en Inglaterra –de la cual fue accionista y primer director– a través de la ferrería de Piedras Azules, primera en instalarse en México después de la Independencia; tras su abandono por problemas técnicos fue explotada por el empresario francés Emmanuel Bras de Fer y sus socios; a la muerte de éste, pasó a nuevas manos.²¹⁰

²⁰⁷ WEIDNER, Federico, “El cerro de Mercado”, pp. 155-182.

²⁰⁸ Refiere Weidner en su Prólogo que el periódico “Restauración liberal” de Durango, con fecha de 18 de julio de 1869, reprodujo una parte de su opúsculo y agregó al final que se esperaba “exitar tanto al gobierno como a Weidner para hacer una segunda y completa edición, ahora que se contaba con un litógrafo “muy hábil e inteligente”. WEIDNER, Federico, “Informe científico”, p. 158.

²⁰⁹ GÁMEZ Rodríguez, Moisés, “Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, 1880-1910”, Tesis de doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d’Economia i d’Historia Econòmica, p. 58.

²¹⁰ SÁNCHEZ, Gerardo, “Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana. Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX”, *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos*, No. 50, julio-diciembre 2009, pp. 42-46.

Por su parte, el ingeniero de origen alemán Federico Weidner había llegado a México alrededor de 1850 para trabajar en México.²¹¹ Si bien no se conoce la fecha exacta de su arribo, de acuerdo con Daniel Cifuentes Espinoza para 1852 estaba avecindado en Villaldama, municipio de Nuevo León, “por más de dos años”, en espera del reconocimiento a sus estudios como ingeniero de minas o perito agrimensor para poder ejercer su profesión, espera que rindió frutos, al menos en dicho estado.²¹²

Al año siguiente el ministro de Fomento se mostró satisfecho del informe que rindió Weidner sobre el distrito mineral de la Hacienda Rinconada y le pareció “conveniente” que siguiera encargándose de las exploraciones en ese estado y que preparara una memoria estadística sobre el mismo. Entre sus descubrimientos en Nuevo León se cuenta el denuncia de un criadero virgen de mármol conchífero en las cercanías de Salinas Victoria”, mismo que se dispuso a explotar él mismo, para lo cual creó una empresa.²¹³

Después se trasladó a Sinaloa, donde encabezó la Comisión Científica del Estado de Sinaloa. Publicó varias cartas, mapas y planos, como la Carta General del Estado de Sinaloa, el Plano Topográfico de la ciudad de Culiacán en 1861, así como planos de terrenos denunciados y algunos de particulares.²¹⁴ Fue asimismo catedrático de Geodesia en el Colegio Civil de Durango, el cual para 1859 sugirió se transformarse en Instituto Politécnico, propuesta que no prosperó.²¹⁵

En la edición publicada en los *Anales* hace referencia a restos de seres vivos, que denomina “osamenta fósil de cuadrúpedos antediluvianos”.

²¹¹ MORELOS Rodríguez, Lucero y José Omar Moncada Maya, “Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México”, *Asclepio*, Vol. 67, No. 2, 2015, Dossier: Geología, historia y cultura. Las ciencias de la tierra y la historia de la geología en México, en: <http://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/view/657/901> (fecha de consulta: 8 de febrero de 2018).

²¹² CIFUENTES Espinoza, Daniel, “Científicos extranjeros en Nuevo León. Siglo XIX”, *Ciencia UANL*, vol. VII, No. 1, enero-marzo 2004, p. 18.

²¹³ CIFUENTES Espinoza, Daniel, “Científicos extranjeros”, p. 18.

²¹⁴ Varios de sus mapas se encuentran en la Mapoteca Manuel Orozco y Berra (en adelante MOyB): Plano topográfico de la Villa de Sinaloa, F. Weidner, 1863, varilla CGSIN11, No. Clasificador 10202-CGE-7231-A; Plano topográfico del potrero de Santa María del Palmar, situado en el Estado de Sinaloa, Distritos de Mazatlán Concordia. Varilla CGSIN07, No. Clasificador 4986-CGE-7231-A; entre otros.

²¹⁵ LUCERO González, Santiago Amadeo, *Más allá del espejo de la memoria: los estudiantes universitarios de Durango: trayectorias institucionales, y manifestaciones en la vida política y social, 1950-1966*, México, Universidad Juárez del Estado de Durango, Grupo Seminario (Sujetos-Institución-Historia), Plaza y Valdés, 2002, p. 28.

No debo pasar en silencio la formación de terreno de acarreo diluvial (T), cuyas capas cubren el pié del cerro de Mercado por el lado del Poniente, y según se ve en los barrancos del arroyo del rancho de Murga, se componen de arcilla blanca con capas delgadas de carbón bituminoso (liguita ó turba) y osamenta de animales antidiluvianos.²¹⁶

Al observar el texto en las dos versiones –la de 1858 y la de 1878– se observa que en ambas emplea la palabra *fósil* para referirse a los minerales y lo que está enterrado, como se usaba antes de la primera mitad del siglo XIX. Esto no fue modificado para la edición de *Anales*, veinte años después, aunque sí introdujo otras actualizaciones. En el corte geológico presenta el estrato donde fueron localizadas dichas osamentas.

En la comparación destaca la inclusión del párrafo transcrito sobre las osamentas²¹⁷ y, por supuesto, el plano, que en 1858 se menciona como *Plano geodésico* pero en la segunda edición, aunque con igual denominación en el texto, se titula *Plano geológico*. La variación puede corresponder a la diferencia de intereses en el transcurso de veinte años –Weidner era catedrático de Geodesia cuando el primer documento–, con un cambio sutil pero que implica un renovado interés por el cerro de Mercado, de cuantitativo a interpretativo.²¹⁸

En la página siguiente se muestra el Corte geológico publicado en *Anales de Fomento*, en el cual se aprecia la ubicación de los terrenos de acarreo donde se encontraron las osamentas. Falta confirmar si alguno de los primeros geólogos mexicanos –o al menos un ingeniero de la herrería– se tomó la molestia de verificar su existencia y, en caso positivo, si fueron extraídos e integrados en una colección, clasificados y resguardados en algún centro de acopio de ese tiempo, como el Colegio de Minería.

²¹⁶ WEIDNER, Federico, “Informe científico”, p. 177.

²¹⁷ Compárense ambos documentos: WEIDNER, Federico, “Informe científico”, y *El cerro de Mercado de Durango o compendio de noticias mineralógicas, geognósticas, históricas, estadísticas y metalúrgicas del dicho cerro y la herrería de San Francisco, por...*, México, Imprenta de Andrade y Escalante, 1858.

²¹⁸ La Geodesia desde su inicio debido a Aristóteles se ha ocupado de la medición y representación de la superficie planetaria, en tanto que la Geología estudia la composición de ese espacio así como su formación. Véase en el blog de ARGÜELLO, Graciela, “¿Cuál es la diferencia entre la Geología y la Geodesia”, *Locos por la Geología. Divulgación científica*, <http://www.locosporlageologia.com.ar/diferencia-geodesia-y-geologia/> (fecha de consulta: 5 de diciembre de 2019).

CORTE GEOLÓGICO DEL CERRO DE MERCADO EN DURANGO.
 POR FEDERICO WEIDNER. 1878.



EXPLICACION.

- | | | |
|--|--|--|
| Metales ferruginosos de la clase de óxido-óxido magnético ó piedra-íman óxido rojo, aluminato silicato é hidrato de fierro | Porfido de feldespato | Porfido silizoso, amarlo y piedra córnea |
| Fierro magnético con topacio-picnita y granate almandino | Rinones de calcedonia
Ídem de ópalo común | Vetillas de cuarzo, cornalina y jaspe |
| Veta de fierro pardo terroso, yeso escamoso y peróxido de manganeso con cristales embutidos de apatita | Porfido-peiz | Piedra-lumbre y tizar |
| Roca de apatita con hornblenda y piedra-radiante | Vetillas de cuarzo | Basalto amigdaloidé con almendras de espato calizo |
| Porfido de cuarzo cristalino | Conglomerado de fragmentos de pórfido envueltos en fierro | Terreno diluvial de arcilla blanca con capitas de turba y osamenta fósil de cuadrúpedos antediluvianos |
| | Porfido talcoso | |
| | Porfido ferruginoso con bolsas de almagne | Terreno aluvial con piedras rodadas de obsidiana, espato-fluor y cascós concéntricos de amatista. |
| | Porfido de hornblenda con esferulitas de feldespato y amfibola y cristales de estenita | Capa de tierra vegetal. |
| | Vetillas de hornblenda | |

En la parte inferior izquierda del Corte se aprecia el terreno diluvial donde Weidner encontró las osamentas. Aunque este corte se realizó en 1858, como el autor especifica, fue publicado hasta 1878, cuando se incluyó el opúsculo en los *Anales*, debido a que en la primera impresión no se contaba con un buen litógrafo. La fecha del corte está actualizada y probablemente se agregaron nuevos datos. WEIDNER, Federico, "Informe científico", entre pp. 161-163.

Micropaleontología en el volcán del Ceboruco y en el mineral de Guadalcázar

Las exploraciones permitieron profundizar en el conocimiento paleontológico, toda vez que los fósiles encontrados plantearon nuevos retos para los responsables de las comisiones, como sucedió en la expedición para indagar acerca de los temblores ocurridos en Jalisco y la erupción del volcán Ceboruco, en la cual Miguel Iglesias, Mariano Bárcena y Juan Ignacio Matute encontraron un manto de tiza blanca o piedra de pulir en la variedad de escoria entre el Cerro de Coll y del Huiluxte.

Los tres ingenieros egresados del Colegio de Minería ya sabían que esta arcilla se forma a partir de productos enteramente orgánicos, como “caparazones de pequeños infusorios pertenecientes, ya á formaciones de aguas marinas, ó ya lacustres”, por lo que tuvieron la sorpresa inicial de encontrarla entre “las capas producidas por el fuego de un volcán”. Se llevaron una muestra para analizarla en el gabinete, dado que no poseían en ese momento los instrumentos adecuados.²¹⁹



“Christian Gottfried Ehrenberg, autor del primer tratado sobre Micropaleontología”. En: <https://www.ugr.es/~mlamolda/micropal/graficos/ehrenberg.jpg> (fecha de consulta: 3 de diciembre de 2019).

Para explicar su presencia en ese lugar, se remitieron a los hallazgos del “sabio micrógrafo” alemán Christian G. Ehrenberg (1795-1876) en las tizas de Pompeya; de Charles Darwin en los conglomerados de la Patagonia; y de Antonio del Castillo en el Valle de Toluca, donde había encontrado una toba gris de la cual envió una muestra a Ehrenberg, iniciador de la Micropaleontología, quien confirmó que se trataba de una toba fitolitaria que sería denominada *bacilaria mexicana*.²²⁰

Estas líneas muestran actividades sobre micropaleontología en México al menos desde 1867, con Antonio del Castillo interesado en cualquier mineral desconocido, tomando

²¹⁹ IGLESIAS, Miguel, Mariano Bárcena y Álvaro Matute, “Memoria de la comisión exploradora del volcán del Ceboruco”, *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo I, México, Imprenta de 1877, p. 159.

²²⁰ IGLESIAS, Miguel, Mariano Bárcena y Álvaro Matute, “Memoria de la comisión”, pp. 160-161. Sobre la toba de Antonio del Castillo, véase RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre el mineral de Guadalcázar en el estado de San Luis Potosí, presentado al señor Ministro de Fomento por el ingeniero de minas...”, *Anales del Ministerio...*, Tomo III, 1878, p. 356.

muestras y enviando para su análisis con el experto en la materia a través de la red que se había formado desde Andrés del Río, dado que los hizo llegar hasta el sabio alemán a través de Joseph Burkart,²²¹ nodo que ya había utilizado anteriormente para publicar otras noticias en la revista de la Sociedad Geológica Alemana, como se verá más adelante.

En este esfuerzo, Antonio del Castillo fue acompañado por otros miembros de su comunidad científica interesados también en los fósiles, como Iglesias, Bárcena y Matute, quienes enlazaron el estudio de estos seres minúsculos con el “importante estudio de los volcanes mexicanos”, expresión significativa si se considera que México es un territorio atravesado por cordilleras volcánicas.

Fue en esta práctica donde los ingenieros mexicanos adquirieron el rango de primeros geólogos, paleontólogos y micropaleontólogos, títulos que también se pueden atribuir a Santiago Ramírez, quien en su expedición en el mineral de Guadalcázar, San Luis Potosí, fijó su atención en una caliza con roca biolítica, parecida pero no idéntica a la *bacilaria mexicana* que Del Castillo pidió examinar, así que consideró que su examen microscópico sería de “verdadero interés científico por las especies que pudiera presentar”.²²²

Santiago Ramírez localizó (“Al S. de la población, á 500 metros de distancia y a 1650 metros sobre el nivel del mar”) y describió una caliza, que consideró posible referir a la creta (es decir, al periodo Cretácico). También aportó datos que muestran su vena de incipiente historiador de la ciencia, al describir el encuentro entre Antonio del Castillo y la toba fitolitaria en los parajes del valle de Toluca, que transformó al primero en micropaleontólogo y a la segunda en *bacilaria mexicana*.²²³

²²¹ RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre el mineral”, p. 356.

²²² RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre el mineral”, p. 356.

²²³ Esta descripción también indica la procedencia de otras muestras enviadas a Ehrenberg por su colega: “las estudiadas por el Sr. Ehrenberg pertenecen, según tengo noticia, á algunos pozos artesianos abiertos en México, en las cercanías de las haciendas de Regla y San Miguel de Regla; Tulancingo y Zacualtipan, en el Estado de Hidalgo; á San Andrés Chalchicomula, en el de Puebla; á Tasco, en el de Guerrero; á Ixtlahuaca, valle de Toluca; Huehuetoca, Tequisquiac y Nochistongo, en el de México; á Texcoco y Guadalupe Hidalgo, en el Distrito Federal”. RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre el mineral”, p. 357.

“No encontramos fósiles en estos terrenos”

Si bien algunos exploradores encontraron fósiles minúsculos, otros reportaron no haber visto una sola evidencia paleontológica, así que dataron el espacio sólo con elementos litológicos. Fue así en el reconocimiento al Istmo de Tehuantepec dirigido por Manuel Fernández Leal y con Agustín Barroso como responsable de la sección de Geología; en la comisión a los criaderos metalíferos de la sierra de Guerrero encabezada por Teodoro Luis Laguerre; en el estudio de los sismos del 3 de mayo de 1887 en Sonora, realizado por José G. Aguilera; y en la *Memoria* de Pedro L. Monroy sobre las minas de Guanajuato.

En el caso del reconocimiento del Istmo de Tehuantepec,²²⁴ la comisión acompañó al capitán Robert Wilson Shufeldt, oficial de la Marina norteamericana enviado para estudiar de nuevo la posibilidad de abrir un canal interoceánico, proyecto de interés durante todo el siglo XIX hasta que los Estados Unidos decidieron hacerlo por Panamá. Los mexicanos debían realizar estudios propios y presentar su opinión en su informe.²²⁵ La parte geológica de este documento fue preparada por Agustín Barroso. En ella expresó:

Nuestros esfuerzos por encontrar algunos restos orgánicos en el Istmo de Tehuantepec, han sido enteramente estériles; la escasez de fósiles proviene, no solamente del pequeño número de seres que habitaban el globo durante la formación de las primeras capas sedimentarias, sino también de la destrucción que han debido sufrir posteriormente á su depósito, bajo la influencia de las rocas ígneas que han trastornado y alterado más ó menos profundamente aquellas capas. Es de notar que en casi todo el país se observa la misma carencia de fósiles en las capas sedimentarias antiguas, pues en las pertenecientes al período terciario se han encontrado en cantidad verdaderamente prodigiosa.²²⁶

Clasificaron la mayoría de las rocas sedimentarias de la región montañosa del Istmo como pertenecientes al Siluriano, con base en los caracteres litológicos, lo que no los eximió de

²²⁴ El canal interoceánico en el Istmo de Tehuantepec fue una obra varias veces proyectada pero que por diversas razones no se llevó a cabo. El intento anterior había correspondido a Pedro de Garay, quien recibió una concesión del gobierno para realizarla. Puede seguirse esta historia en la *Memoria de la Secretaría y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, escrita por el ministro del Ramo Manuel Siliceo, para dar cuenta con ella al Soberano Congreso Constitucional*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857, pp. 124-128.

²²⁵ FERNÁNDEZ Leal, Manuel, “Informe sobre el Reconocimiento del Istmo de Tehuantepec presentado al gobierno mexicano por..., ingeniero topógrafo y jefe de la comisión que practicó el reconocimiento”, en *Anales del Ministerio*, Tomo III, 1878, p. 187.

²²⁶ FERNÁNDEZ Leal, Manuel, “Informe sobre el Reconocimiento...”, p. 278.

esperar que posteriormente se pudieran encontrar “fósiles que, bien reconocidos y clasificados, vengan á resolver de modo seguro y definitivo la cuestión”.²²⁷

Por su parte, Teodoro Luis Laguerenne tuvo la encomienda de recorrer una región inexplorada, de modo que no tenía datos previos. Tuvo dificultades porque la exploración se realizó en “la estación de aguas” y le resultó “sumamente difícil” determinar “con exactitud á cuál formación pertenecía tal ó cual terreno que tenía yo á la vista”.²²⁸ Coincide con Agustín Barroso en señalar que el terreno explorado no contenía fósiles porque en él predominaban las rocas primitivas y de origen ígneo. Pero agrega Laguerenne:

En los depósitos carboníferos podrán encontrarse algunas plantas en el estado fósil; animales en este estado serán más escasos, pues en estos primeros terrenos depositados por la acción de las aguas, la existencia de los seres del reino animal era, en esa época remota, muy limitada, y únicamente de las últimas especies, que propiamente podemos llamar rudimentarias; y además, como estos depósitos están recubiertos en su mayor parte por acarreo moderno, no es fácil encontrarlos, pero sí creo que cuando lleguen á explotarse en forma y á la profundidad, no será difícil que se presenten algunos fósiles.²²⁹

Laguerenne expresó que otro motivo para no hacer una búsqueda más exhaustiva fue su preferencia a enfocarse en lo desconocido más que en lo ya conocido, pues cerca se encontraban Taxco y Cacahuamilpa, cuyos suelos y fósiles eran similares a los que le tocó explorar, y ya habían sido suficientemente estudiados. Se refería a la temprana explotación de Taxco debido a su riqueza mineral y a la curiosidad que las cavernas de Cacahuamilpa habían despertado en nacionales y extranjeros desde la tercera década del siglo.²³⁰

Por su parte, el ingeniero José Guadalupe Aguilera (1857-1941), en su estudio sobre sismos en Sonora, refirió dificultades para datar los terrenos, pues menciona que lo único que encontró en toda su expedición fue una caliza gris cenicienta, compacta y fosilífera entre

²²⁷ BARROSO, Agustín, “Parte geológica”, en: Manuel Fernández Leal, “Informe sobre el Reconocimiento...”, pp. 268-269.

²²⁸ LAGUERENNE, Teodoro Luis, “Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas..., como resultado de su exploración a los criaderos metalíferos de la Sierra del Estado de Guerrero”, en *Anales del Ministerio...*, Tomo VII, pp. 634-635.

²²⁹ LAGUERENNE, Teodoro Luis, “Informe que rinde...”, p. 638.

²³⁰ Entre los visitantes a Cacahuamilpa destacan Joaquín Velázquez de León y Mariano Bárcena. Para conocer más acerca de estas exploraciones, véase: URIBE Salas, José Alfredo y Laura Valdivia Moreno, “Historia, literatura y ciencia en la exploración de las cavernas de Cacahuamilpa en el siglo XIX”, *Asclepio: Revista de historia de la medicina y de la ciencia*, Vol. 67, Fasc. 2, 2015.

Los Embudos y las montañas de Guadalupe, que le ayudó a suponer que el terreno era de la serie Comanche. Posteriormente expresó que no pudo establecer la edad de unas areniscas a través de los fósiles ni de los estratos, así que provisionalmente las refirió al Mioceno.

Finalmente, el ingeniero Pedro L. Monroy había sido comisionado por el Secretario de Fomento Carlos Pacheco para realizar una memoria sobre las minas de Guanajuato. Para Monroy era de suma importancia hacer un estudio profundo debido a que se trataba de una región de gran riqueza, de cuya explotación se habían obtenido “más de nueve mil toneladas métricas” en siglo y medio.²³¹ Por eso, su apartado geológico de la memoria que entregó está muy completo.

Para redactarlo, se remitió a los primeros estudios realizados del lugar por hombres como Alexander von Humboldt y Joseph Burkart, quienes al definir las edades estratigráficas lo hicieron solamente a partir de los caracteres litológicos, lo cual indicaría que no habían encontrado fósiles. Después, completó la información con textos actuales nacionales y extranjeros que fue citando, y con sus propias observaciones.

No vio fósiles en su visita, pero el ingeniero Pascual Arenas, profesor de la Escuela Práctica de Minas, había reportado moluscos de tres órdenes: *nautilus*, *cryptoceras* y *aptychus*, gracias a lo cual Monroy remitió esa parte de la sierra al Trias. Empero, también rescata un comentario posterior del mismo Arenas acerca del hallazgo de restos de animales de gran tamaño y algunos grandes molares de herbívoros en el Valle de Salinas, con lo cual se recorrería la clasificación al periodo Terciario e, incluso, al Cuaternario inferior.

No obstante, debido a que en la exploración que él realizó no encontró fósiles, se remitió a los caracteres litológicos y empleó la analogía y las comparaciones con otras formaciones cercanas como Querétaro y zonas aledañas, ya estudiadas por Mariano Bárcena.

²³¹ MONROY, Pedro L., “Las minas de Guanajuato. Memoria histórico-descriptiva de este distrito minero, escrita por disposición de la Secretaría de Fomento, por..., ingeniero de minas”, *Anales del Ministerio...*, tomo X, 1888, p. 106.

Minería en Baja California

La península de Baja California permanecía en parte inexplorada hacia el último tercio del siglo XIX debido a las condiciones geográficas, la lejanía con el centro del país, la escasez de medios de transporte y comunicación, el clima árido y la falta de agua potable. Sin embargo, las minas de plata y de cobre localizadas en su territorio hacia la mitad del siglo la habían vuelto atractiva para algunos inversionistas, mexicanos al inicio y después extranjeros,²³² y para los años ochenta se explotaban los Placeres de oro de Calamihi.²³³

Entre los escasos estudios geológicos sobre este espacio se contaba con el realizado por Antonio del Castillo en la parte sur de la península, y con el Reporte del reconocimiento de la frontera entre los Estados Unidos y México, ambos de 1857. Castillo daba buenos augurios para la explotación minera, siempre que se mejorasen los procesos y el gobierno brindara facilidades legales y de protección a las empresas que se aventuraran a ello;²³⁴ por su parte, los norteamericanos registraron algunos fósiles en la parte mexicana de la frontera.

En los *Anales* se incluyeron dos informes: el primero por la Comisión Exploradora de la Baja California en 1884, que incluyó un Anexo sobre los Placeres de oro en Calamihi, y el segundo sobre la mina del Boleo, en 1896. Con el descubrimiento de las minas de cobre en Mulegé, para este último año Baja California ya era la mayor productora de este metal en la República, pues para el ciclo 1892-1893 tan solo su mina El Boleo tuvo participación de

²³² Entre los primeros socios fundadores de una compañía explotadora se encuentran Manuel Payno, Guillermo Prieto, Ponciano Arriaga, Antonio del Castillo, entre otros. Hacia el último tercio del siglo los principales inversionistas eran norteamericanos, alemanes y franceses. Véase GONZÁLEZ Cruz, Edith e Ignacio Rivas Hernández, “La minería de la plata y el cobre, una actividad desarrollada por extranjeros en Baja California Sur, 1856-1910”, en: Ignacio del Río y Juan Domingo Vidargas (coords.), *Intereses extranjeros y nacionalismo en el noroeste de México 1840-1920*, México, UNAM, 2014, pp. 127-128, 136-137.

²³³ RAMÍREZ, Santiago (redactor en turno), “Metales”, *El Minero Mexicano*, 1º de mayo de 1884, p. 108. Sobre el término “Placeres de oro”, aclara Eduardo Martínez Baca más adelante, que “generalmente se ha designado con este nombre cierta porción de terreno donde han sido llevadas partículas de oro que la acción del tiempo y de las aguas ha desprendido de venas de cuarzo aurífero; estas partículas son acarreadas por las aguas y depositadas en las márgenes de los ríos, o en los valles, formando verdaderamente extensas capas de arena aurífera”. MARTÍNEZ Baca, Eduardo, “Informe sobre los Placeres auríferos de Calamahí (Baja California), presentado por... al Sr. Ingeniero D. Joaquín M. Ramos, Jefe de la Comisión Exploradora de la Baja California”, *Anales del Ministerio...*, Tomo VIII, 1884, p. 316.

²³⁴ GONZÁLEZ Cruz, Edith e Ignacio Rivas, “La minería”, p. 125.

87.2 por ciento del total nacional (8 761 toneladas), de acuerdo con Edith González Cruz.²³⁵

La Comisión Exploradora de la Baja California se conformó en 1883, pero se desbarató cuando prácticamente todos sus miembros fueron contagiados de fiebre amarilla durante el traslado, con saldo de tres muertos, entre ellos el jefe de la exploración, ingeniero Manuel de Anda.²³⁶ Al año siguiente fue reorganizada con el ingeniero Joaquín M. Ramos a la cabeza; aunque se suprimieron las plazas que se dedicarían exclusivamente a los estudios geológicos y agrónomos, la comisión debía abarcar esos temas.

Las instrucciones planteaban una exploración ambiciosa que incluía el estudio estadístico de la Baja California, con datos sobre sus colonias, las industrias y la agronomía, además de los estudios topográficos, geológicos y mineralógicos acostumbrados, y las colecciones zoológicas, botánicas, de rocas minerales y fósiles, estos últimos para conocer su geología. Empero, fue imposible realizar todo lo planteado. Joaquín M. Ramos explicó que “circunstancias del erario” obligaron al gobierno a suspender los trabajos tras siete meses.²³⁷

Los resultados de esta comisión fueron seguidos en la Ciudad de México ya que el *Diario Oficial* publicaba los reportes mensuales que Ramos enviaba a la Secretaría de Fomento; un seguimiento a la prensa de la época muestra que también eran reproducidos por otros medios, como el *Siglo Diez y Nueve*, donde también se incluían notas pequeñas que destacaban algún punto de interés para los ciudadanos, como las posibilidades de extracción de oro en los Placeres.

El informe final impreso en los *Anales* tiene representaciones gráficas que apoyan las descripciones: croquis, planos, triangulaciones, perfiles, ilustraciones de montañas y de máquinas para lavar oro, entre otras. El apartado “Estudios geológicos” incluye cuatro ilustraciones de moluscos, entre ellos conchas del género *ostrea*, algunas casi en estado de

²³⁵ GONZÁLEZ Cruz, Edith e Ignacio Rivas Hernández, “La minería”, p. 174.

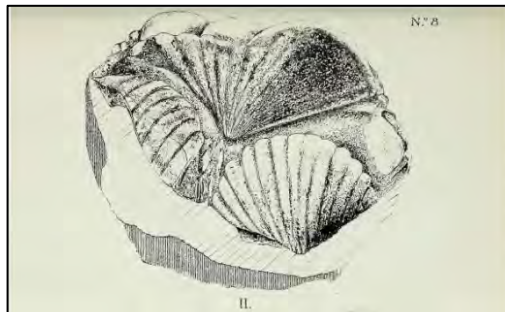
²³⁶ La primera comisión estuvo formada por Manuel de Anda, Luis de Anda, Fortino Paredes, Juan José Matute, Agustín H. Gutiérrez y Alberto Ruiz Sandoval. Murieron los tres primeros. RAMOS, Joaquín M., “Informe relativo á los trabajos ejecutados por la Comisión exploradora de la Baja California el año de 1884. Presentado á la Secretaría de Fomento por el Ingeniero de minas..., jefe de la expresada comisión”, *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo VIII, 1887, p. 134.

²³⁷ RAMOS, Joaquín M., “Informe relativo”, pp. 140-141.

fosilización, así como del género *pecten*, que se muestran a continuación. Empero, no las consideró verdaderos fósiles por ser idénticos “a los de la fauna marina actual”.²³⁸



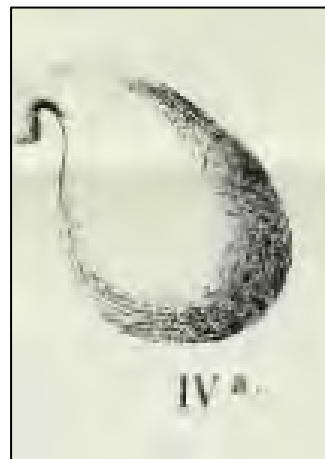
Conchas del género ostrea, familia ostraceas. Encontraron algunas casi en completa fosilización, formando bancos entre la arcilla. Recogieron varios ejemplares de “diversos tamaños correspondientes a su estado de crecimiento”. Colectados en el pueblo de San Ignacio. (pp. 192-193, 199).



Conchas de géneros idénticos á los animales de la fauna marina actual y pertenecen al género pecten, de la familia pectinídeas. Ubicación: Agua del azufre. Fueron encontradas tras golpear con un marro algunos rodados y grandes fragmentos que a la distancia parecían pórfido rojo. (pp. 195, 199).



Conglomerado de conchas de cemento calizo, que contiene un pecten con aletas bien definidas. El autor destaca que es raro encontrarlas en ese estado porque son débiles y de fácil destrucción. También vio lo que le pareció una oliva y los dentellones de una arca (p. 195). Fueron colectados en el camino de Agua del Azufre a Santa Águeda.



En la colección, el número IV designa una especie de argamasa formada naturalmente a expensas del calor artificial. Contiene conchas del género astarte, de la familia conchídeas que abundan en aquella costa, y además, fragmentos de carbón, huesos y madera. Por esto, y por su similitud, suponemos que la imagen se refiere a la concha de astarte (p. 200).

²³⁸ RAMOS, Joaquín M., “Informe relativo”, pp. 187-188.

Ramos concluyó que la parte central de la península había tenido “dos épocas distintas de formación, correspondiendo la primera del terreno granítico, al periodo primitivo ó paleozoico, y la segunda al post-terciario”.²³⁹ El ingeniero Eduardo Martínez Baca, encargado de la parte geológica, también determinó que los moluscos eran evidencia de que esas tierras habían surgido del mar: los “restos de animales marinos encontrados en las cañadas, rocas sedimentarias que no pueden ser más que de origen marino y grandes bancos de conchas fosilificadas”.²⁴⁰

Un aspecto que enlaza el estudio de los moluscos con la actividad económica es la explotación de la perla que se hacía en playas y ensenadas de la península y sus islas. El tema también les había sido asignado, pero como la suspensión de los trabajos les impidió profundizar sólo incluyeron “seis conchas con sus animales listos para su conservación”, que fueron entregados a la Escuela de Ingenieros para su estudio, algunos datos que les proporcionaron y una *Conchiliología* sobre la ostra *avicula margaritiferus* escrita por José Fidel Pujol y publicada en 1870, con dedicatoria a Antonio del Castillo.²⁴¹

Unos años después se hicieron visitas de inspección a varias minas. Eduardo Martínez Baca y R. Servín Lacebrón exploraron la zona del puerto de Santa Rosalía, en la municipalidad de Mulegé –donde se encuentra El Boleo–, pero como su interés estuvo centrado en la explotación de las tres vetas de cobre de ese lugar, no reportaron hallazgos paleontológicos. Incluyeron en su informe el perfil geológico y los croquis de las minas, así como datos sobre equipamiento, infraestructura, administración y estadísticas.

Para formar el apartado geológico, además de sus observaciones se remitieron al estudio de José Guadalupe Aguilera y Ezequiel Ordóñez, *Datos para la geología de México*, del cual extrajeron los párrafos correspondientes a la Baja California, entre ellos uno donde el autor sostiene que por el tipo de fósiles que contienen esos terrenos, “sería quizá más aceptable referir todos estos depósitos a los comienzos del Plioceno”.²⁴² A continuación se presenta un plano de los terrenos de la Mina del Boleo, la zona de estudio.

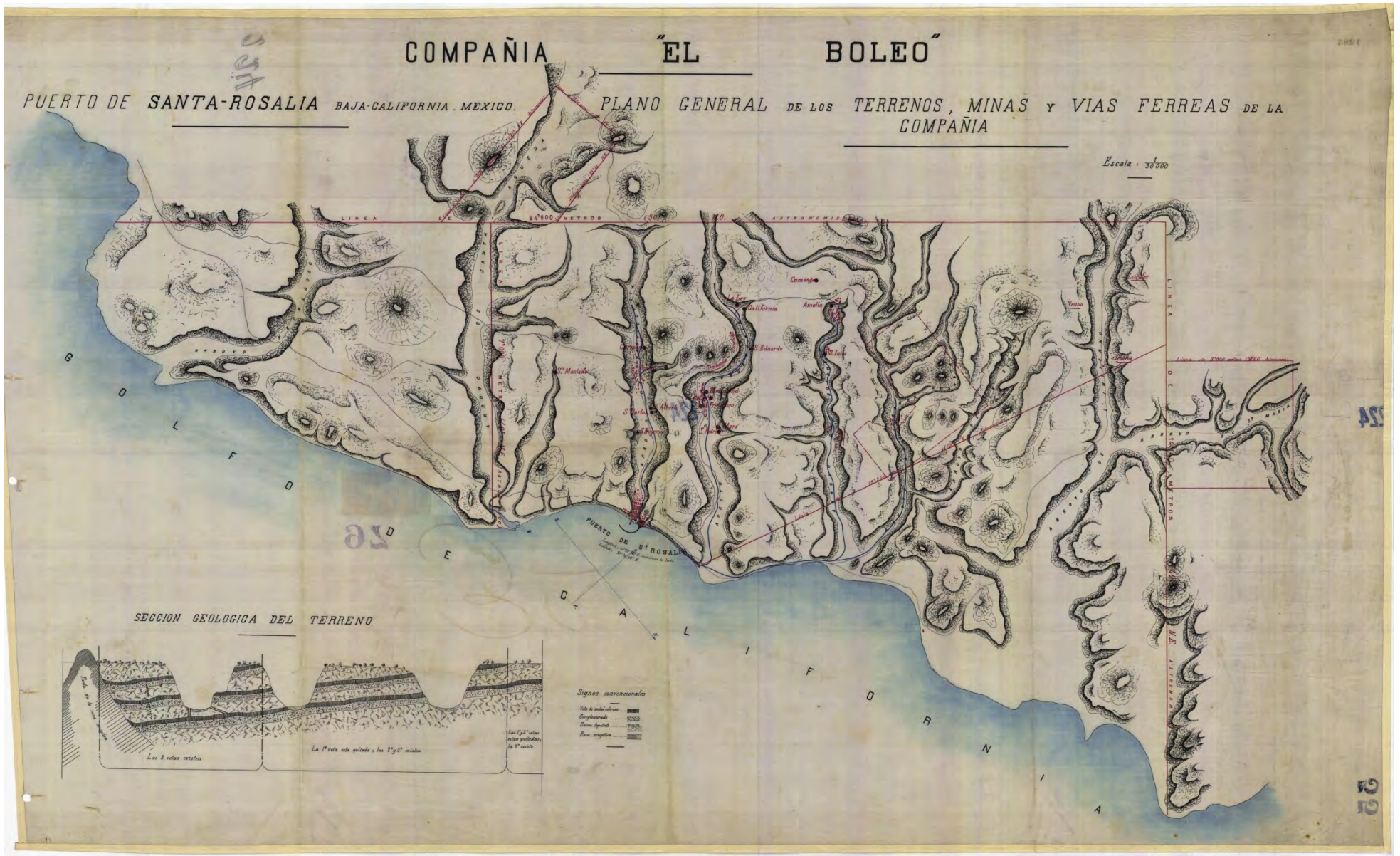
²³⁹ RAMOS, Joaquín M., “Informe relativo”, p. 196.

²⁴⁰ MARTÍNEZ Baca, Eduardo, “Anexo. Informe sobre los placeres”, p. 293.

²⁴¹ MARTÍNEZ Baca, Eduardo, “Anexo. Informe sobre los placeres”, pp. 244, 257-268.

²⁴² MARTÍNEZ Baca, Eduardo y R. Servín Lacebrón, “Informe que rinden los ingenieros que suscriben, sobre las minas de cobre del ‘Boleo’, en 1896”, *Anales...*, Tomo XI, 1898, p. 4.

Mapa que muestra la zona de exploración de la Comisión Científica



MOyB. BVarilla 224-CGE-7221-B-2 santa rosalia.

Santiago Ramírez y los fósiles de plantas durante la búsqueda de carbón

Fósiles que en ese tiempo presentaban dificultades de reconocimiento debido a sus características, eran los provenientes del reino vegetal, debido a que no poseen una estructura ósea que facilite su conservación y, por lo mismo, cuando son encontrados muchas veces el tallo ya está destruido. Sin embargo, Santiago Ramírez reporta el hallazgo de fósiles de plantas en Puebla, Morelos y Huetamo, Michoacán, en el Tomo VII de los *Anales*, publicado en el año 1882.



Imagen “Santiago Ramírez Palacios”, Ca. 1870. fotografía anónima, En la Biblioteca del Museo de Geología de la UNAM.

El año anterior, el ingeniero Ramírez había estado ocupado en la búsqueda de yacimientos de carbón mineral en diversas partes de la República, como él mismo consigna en sus informes. Esta actividad se debió a la necesidad de reemplazar el carbón vegetal (leña) por otro combustible, pues la merma en los árboles era cada vez más preocupante. El Secretario de Fomento había enviado una circular a los gobernadores el 16 de febrero de 1880, para prohibir el corte inmoderado de árboles e indicar la sustitución de leña por carbón.²⁴³

Esto implicaba encontrar yacimientos del mineral para efectuar el reemplazo. En ese momento además se buscaba comunicar las regiones por medio del ferrocarril o de la navegación de ríos como el Mezcala o el canal de la Viga en la Ciudad de México, y establecer comercio marítimo interoceánico para impulsar las actividades económicas,²⁴⁴ lo cual planteaba mayor necesidad de combustibles, sin considerar el abastecimiento a los buques norteamericanos en bases dentro de la costa mexicana durante el Porfiriato.

²⁴³ RAMÍREZ, Santiago, “Informe que el ingeniero de minas... rinde á la Secretaría de Fomento como resultado de su exploración á los distritos de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlán en el estado de Puebla y del estudio de sus criaderos de carbón mineral”, *Anales...*, Tomo VIII, 1887, p.

²⁴⁴ URIBE Salas, José Alfredo, *Empresas ferrocarrileras, comunicación interoceánica y ramales ferroviarios en Michoacán, 1840-1910*, Morelia, Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Fundación Cultural Vueltabajo, A. C., 2008, pp. 15-16. Sobre la navegación del canal de la Viga, puede verse LEMOINE Villicaña, Ernesto, *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*, México, UNAM, 1978, pp. 45-50.

En el informe de su exploración en los distritos de Matamoros, Izúcar, Chiautla y Acatlán, en Puebla, Ramírez explica que fueron escasos los ejemplares paleontológicos que recogió, y que se reducían a una “arcilla endurecida que está sobre la pizarra arcillosa y contiene impresiones fósiles”. La presenta en la colección con el número 22; consta de cuatro ejemplares y es uno de los elementos que empleó para caracterizar la formación del criadero “La Fortuna”,²⁴⁵ ubicado en el municipio de Tecomatlán, distrito de Acatlán.

A su juicio, las impresiones corresponden a la *zamia*.²⁴⁶ El mapa *Impresiones de zamia en arcilla encontradas en el municipio de Tecomatlán por Santiago Ramírez* ubica en el croquis elaborado por Ramírez el sitio donde la localizó.²⁴⁷ Se observa, como aspecto interesante en la sección derecha del documento, la frase “Región por explorar”, para dejar en claro el espacio geográfico pendiente de estudio para esos años. Califica la falta de evidencia paleontológica como un “ligero vacío en el examen geológico presentado”.

Vacío que juzga de escaso valor científico e industrial porque los caracteres litológicos habían bastado para caracterizar los terrenos. Empero, sí plantea un dilema sobre las impresiones, que a su juicio genera dos hipótesis: su hallazgo en ese lugar indicaría que la *zamia* no era una especie exclusiva de la formación del Trias, o bien, su presencia se debía a rocas del Trias que se interpusieron entre las rocas de transición. Ramírez se inclina por la segunda hipótesis pero deja en pie el problema para resolverlo cuando reuniera más datos.²⁴⁸

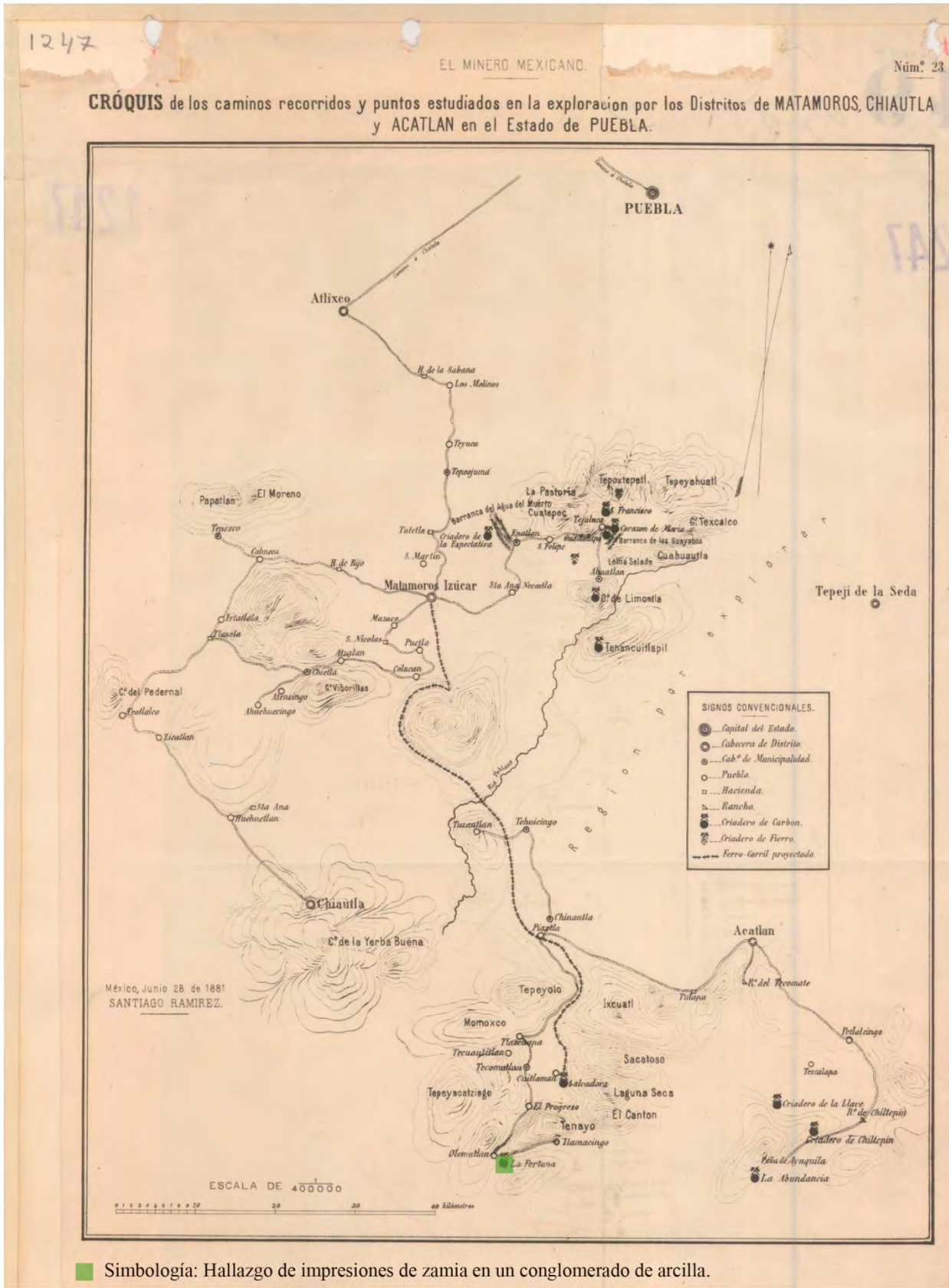
En el mapa también se observa que solamente encontró los fósiles en un sitio de todo el recorrido, que justo era un criadero. Este hecho puede indicar, que *a)* Ramírez profundizó en el estudio de la estratigrafía en ese lugar por el interés en encontrar minerales, pero descuidó la observación en el resto del recorrido; o *b)* El espacio geográfico solo permitió descubrir fósiles en un sitio ya explorado, pues no dispuso de tiempo, ayuda o herramientas.

²⁴⁵ RAMÍREZ, Santiago, “Informe que el ingeniero de minas”, p. 36.

²⁴⁶ La *zamia* es una gimnosperma que forma parte del grupo de las cícadas y ha sobrevivido durante millones de años hasta la actualidad. De acuerdo con Mamay, la existencia de las cícadas se remonta hasta el periodo Carbonífero (hace 345 millones de años) pero durante la Era Mesozoica (hace aproximadamente 160 millones de años) fueron abundantes en el planeta. Véase VOVIDES, Andrew P., “México, segundo lugar mundial en diversidad de cícadas”, en CONABIO, Biodiversitas, Núm. 31, 2000, pp. 6-10.

²⁴⁷ RAMÍREZ, Santiago,, “Informe que el ingeniero de minas”, p. 51.

²⁴⁸ RAMÍREZ, Santiago,, “Informe que el ingeniero de minas”, p. 52.



Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra. Santiago Ramírez, Caminos entre Matamoros, Chiautla y Acatlán, 1881, escala 1: 400 000; 40 kilómetros, medidas aproximadas: 44 x 32 cm, Serie: Puebla, Expediente: Puebla 2, Código clasificador: COYB.PUE.M46.V2.0052, en línea: <https://mapoteca.siap.gob.mx/index.php/coyb-pue-m46-v2-0052/> (fecha de consulta: 28 de diciembre de 2018).

En Tlalquitenango, Morelos, y en Huetamo, Michoacán, también buscó yacimientos de carbón. En estos lugares Santiago Ramírez halló fósiles de plantas asociados a este mineral (recordemos las palabras de Teodoro Luis Laguerenne en el párrafo que extrajimos de su informe páginas atrás); correspondencia que explica por qué Ramírez reporta vestigios de este tipo, y también expone la ausencia de fauna fósil en este lugar.

Como sólo encontró tallos, se le dificultó la clasificación y se limitó a decir que parecían solanáceas –familia muy distinta del género zamias, en tanto que son angiospermas y no gimnospermas–. La ausencia de vestigios fósiles, junto con otras características litológicas y geológicas, fue uno de los criterios para que Ramírez concluyera que Tlalquitenango no era propio para la explotación de carbón: “En vista de esto puede deducirse que la formación estudiada no es carbonífera, y que el carbón que se ve asociado á algunas de sus rocas, es puramente accidental, y no se presta á una explotación”.²⁴⁹

Por otra parte, en la exploración de Huetamo, Ramírez también encontró moluscos hipuritas cerca de San Lucas, en un terreno que denominó *caliza mexicana de hipuritas*, como proponía Bárcena. Agregó una roca de este tipo (ejemplar 4) a la colección adjunta. Pero ya en la superficie donde debía verificarse la existencia de un criadero de carbón, encontró más “impresiones carboníferas de fósiles vegetales, que parecen de *zamia*”.²⁵⁰

En su texto, Ramírez hizo un estudio comparativo entre Tlalquitenango y Huetamo, dado que encontró analogías. Con respecto a este procedimiento, señala:

Estas comparaciones son no sólo convenientes sino aún esenciales, en cuanto á que permiten resolver ciertos problemas geognósticos, ya de importancia científica, ya de aplicación industrial; y ellas permitieron al célebre profesor Del Río, comparar la veta de Valenciana con las de Hungría, y referir la formación de la veta de Rayas en Guanajuato á las estudiadas en el Hartzze.²⁵¹

Con esas palabras explica su método de trabajo en campo para validar resultados, apoyado en una de las determinaciones más famosas de su profesor Andrés del Río. Concluye que la

²⁴⁹ RAMÍREZ, Santiago, “Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas que suscribe, sobre su exploración en la Municipalidad de Tlalquitenango perteneciente al Distrito de Tetecala del Estado de Morelos para el reconocimiento de unos supuestos criaderos de carbón”, *Anales*, Tomo VII, 1882, p. 126.

²⁵⁰ RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre la exploración hecha en los yacimientos carboníferos del distrito de Huetamo, en el estado de Michoacán que presenta a la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas que suscribe”, *Anales...*, Tomo VII, 1882, p. 186.

²⁵¹ RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre la exploración”, p. 184.

zona estudiada en Huetamo tampoco es un criadero de valor para la explotación de carbón, y menciona un problema relativo a Michoacán relacionado con la posesión de los recursos minerales, dado que en ese estado ya no se admitían los denuncios de criaderos de carbón, pues habían quedado en propiedad del dueño del terreno en que se encontraban.²⁵²

Paleontología en Coalcomán

Como mencionamos, el interés por las materias primas de los espacios geográficos fue una de las razones por las cuales se organizaron las exploraciones del Ministerio o Secretaría de Fomento, o se decidió la inclusión en los *Anales* de ciertos artículos de interés, como el de Weidner acerca del cerro de Mercado por su riqueza de hierro. Otro sitio donde se extraía este mismo metal era el distrito de Coalcomán, en el estado occidental de Michoacán.

Coalcomán había destacado desde finales del Virreinato, cuando se instaló una ferrería para aprovechar la extracción en las minas ubicadas en el distrito, obra encomendada al sabio Andrés del Río, como ya se mencionó en el capítulo anterior. Empero, durante la guerra de Independencia fue destruida y aunque en 1827 don Miguel Gutiérrez de Salceda invirtió en las minas y reconstruyó parte del pueblo, no se recuperó del todo debido a los conflictos armados que sucedieron en el país, ya que en 1832 volvió a quedar en ruinas.²⁵³

Cuando Andrés del Río instaló la ferrería tuvo problemas para conseguir mano de obra por la escasez de pobladores en la región a inicios del siglo XIX, pero conforme pasó el tiempo llegaron migrantes desde lugares como Jalisco y Zamora, mismos que desplazaron a los antiguos habitantes del asentamiento indígena hacia la parte sur del estado. Hubert Cochet señala que dichas migraciones tuvieron que ver con una creciente integración regional a los intercambios comerciales.²⁵⁴ Aun así, faltaban brazos para trabajar sus riquezas.

²⁵² RAMÍREZ, Santiago, "Informe sobre la exploración", pp. 188-189.

²⁵³ Véase: SÁNCHEZ Díaz, Gerardo, "Fierro y armas para la libertad. La Ferrería de Coalcomán y la guerra de Independencia", en: Rosaura Ruiz, Arturo Argueta *et al.*, *Otras armas para la Independencia y la Revolución, ciencias y humanidades en México*, México, UNAM, UAS, UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, Fondo de Cultura Económica, pp. 75-90.

²⁵⁴ COCHET, Hubert, *Alambradas en la sierra*, México, CEMCA/El Colegio de Michoacán/ORSTOM, 1991, p. 16.



Portada del informe escrito por Othón Welda

Hacia la mitad del siglo la posición geográfica de Coalcomán como punto intermedio entre la costa y la capital michoacana llamó la atención tanto del gobierno estatal como de comerciantes interesados en el aprovechamiento de las riquezas naturales, como muestran las páginas de los diarios y estudios específicos. En una memoria publicada en 1869, Othón Welda observó que Michoacán se encontraba “casi privado de toda clase de comunicación con el resto de la República, y no tiene, por supuesto, ni comercio ni movimiento grande”.²⁵⁵

El comerciante hizo un llamado a los gobiernos general y estatal para mejorar la situación de la entidad. Entre las acciones a emprender retomó la idea de la apertura de un puerto en la costa para que pudieran salir “sus ricos productos” y entrar “vida y

movimiento”, el cual podría ubicarse en alguna ensenada “*de libre tránsito y depósito*”.²⁵⁶ Sugirió que fuera en Maruata debido a su posición geográfica, distante solamente ocho leguas de los criaderos y las minas de Coalcomán.²⁵⁷ Para ello, se debía realizar un reconocimiento de la zona.

²⁵⁵ WELDA, Othón, *Michoacán y la introducción de mejoras, memoria escrita por...*, Morelia, edición del “Constitucionalista”, periódico semi-oficial del Gobierno del Estado, 1869, p. 13.

²⁵⁶ WELDA, *Michoacán*, p. 17 (cursivas en el original).

²⁵⁷ WELDA, *Michoacán*, p. 18. Sobre las notas periodísticas, puede verse cómo a partir de 1865 se incrementan las noticias sobre la riqueza de Coalcomán y cómo explotarla, que incluían planes para establecer vías de comunicación como puertos y vías férreas, proyectos agrícolas, de explotación del hierro y metales

El presidente de la República convino en realizar la exploración en 1881. Fue organizada por el Ministerio de Fomento y encabezada por el michoacano José Manuel María Urquiza Balbuena (1836-?),²⁵⁸ egresado del Colegio de Minería de las carreras de ingeniero topógrafo, cuyo título obtuvo en 1857, e ingeniero de minas, titulado en 1860.²⁵⁹ Para 1881 ya se había integrado como catedrático en su alma mater, era miembro de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, y participaba en las exploraciones del gobierno.²⁶⁰

La Comisión exploró el suroeste de Michoacán. De acuerdo con el itinerario presentado en su informe, desde su camino de llegada por el noreste del poblado, estudió el terreno a través de barrancas. Bajó desde Tepalcatepec hacia Coalcomán, donde fijó como base el poblado de Coalcomán. De ahí se desplazó por los caminos para explorar los sitios de interés, como la zona donde se había situado la ferrería de Guadalupe y las minas aledañas.

En las páginas siguientes presentamos dos imágenes actuales de los alrededores de Coalcomán, un cuadro sobre los fósiles y sus ilustraciones del Informe, que concentra la información paleontológica, y el *Mapa de los caminos recorridos y fósiles encontrados por la Comisión de Coalcomán, 1881*, que aproxima una idea de la ubicación espacial de los fósiles reportados. Para su construcción relacionamos el listado de fósiles del Informe con el *Croquis* original; si bien el ingeniero detalló los lugares exactos donde encontró las especies, la dificultad de ponerlas en el mapa residió en la repetición de nombres en la toponimia del espacio estudiado.

preciosos como oro y plata. Se relacionan con el interés por colonizar estas tierras, aún con escasa población para 1865. Al respecto, véase en la sección Variedades: “Noticias estadísticas sobre el Partido de Coalcomán, y condiciones favorables del mismo para la colonización regnicola o extranjera, escritas por J. G. R.”, *Diario del Imperio*, p. 39. Sobre un proyecto agrícola, véase “Revista de los Estados. Michoacán”, *El Siglo Diez y Nueve*, Séptima época, año 25, Tomo VI, Núm. 323, lunes 1º de junio de 1868.

²⁵⁸ Nacido en Maravatío, también distrito de Michoacán. Fue hijo de don Manuel Urquiza y María Teresa Balbuena. Véase “México bautismos, 1560-1950”, en *Family Search* (<https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:JM63-X8G> : 2 January 2015), Jose Manuel Maria Urquiza Balbuena, 27 Sep 1836; citing San Juan, Maravatio de Ocampo, Michoacan, Mexico, reference ; FHL microfilm 651,285 (fecha de consulta: 16 de julio de 2016).

²⁵⁹ LARA MIMBRERA, Iván Rubén, *Reacciones, colaboraciones y proyectos científicos. Los ingenieros de Minería durante la Intervención francesa y el Segundo Imperio en México (1862-1867)*, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 2006, pp. 36-37.

²⁶⁰ Para 1881 ya había dirigido al menos otra exploración, también en Michoacán, sobre una posible erupción volcánica en la sierra de Ucareo en 1872. URQUIZA, Manuel, “Informe del Ingeniero encargado de reconocer la sierra de Ucareo, para averiguar las probabilidades de una erupción volcánica”, *Bol. Soc. Geog.* 2ª e. IV, 1872, pp. 586-588. En: AGUILERA, José G., “Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana formada por...”, *Boletín del Instituto Geológico de México*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1898, p. 118.



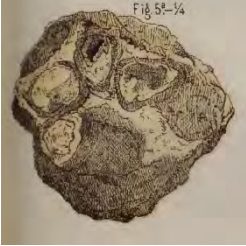





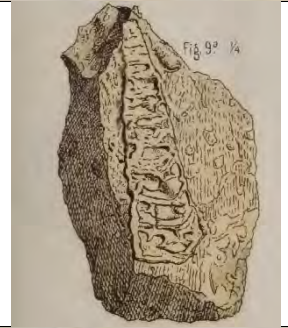

Barrancas, pozos artesianos y cavernas permitían a los exploradores conocer la estratigrafía de las formaciones, como observamos en esta fotografía de una barranca en el municipio de Coalcomán, donde se aprecian óxidos de hierro y otros materiales. Imagen proporcionada por Gerardo Sánchez Díaz.



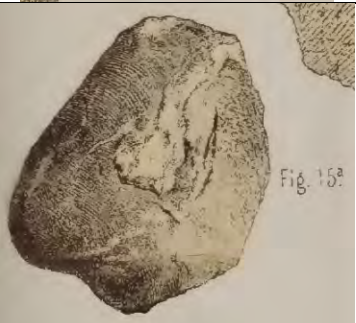



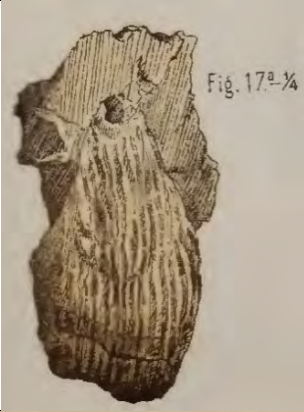

Esta imagen proporciona una vista de Coalcomán en la actualidad. Destaca la composición de los cerros que le circundan, que por no tener vegetación exponen sus características litológicas. Imagen proporcionada por Gerardo Sánchez Díaz.

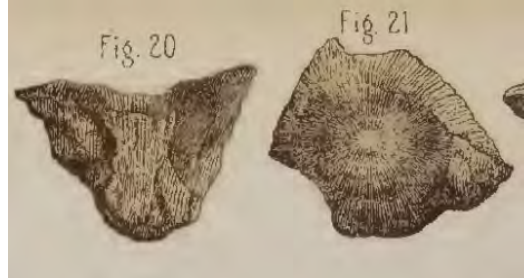
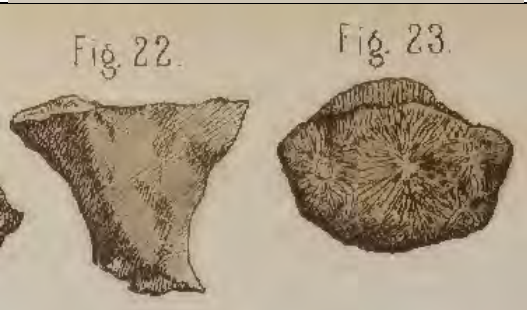

Cuadro de datos paleontológicos presentados en el Informe de la exploración a Coalcomán en 1881

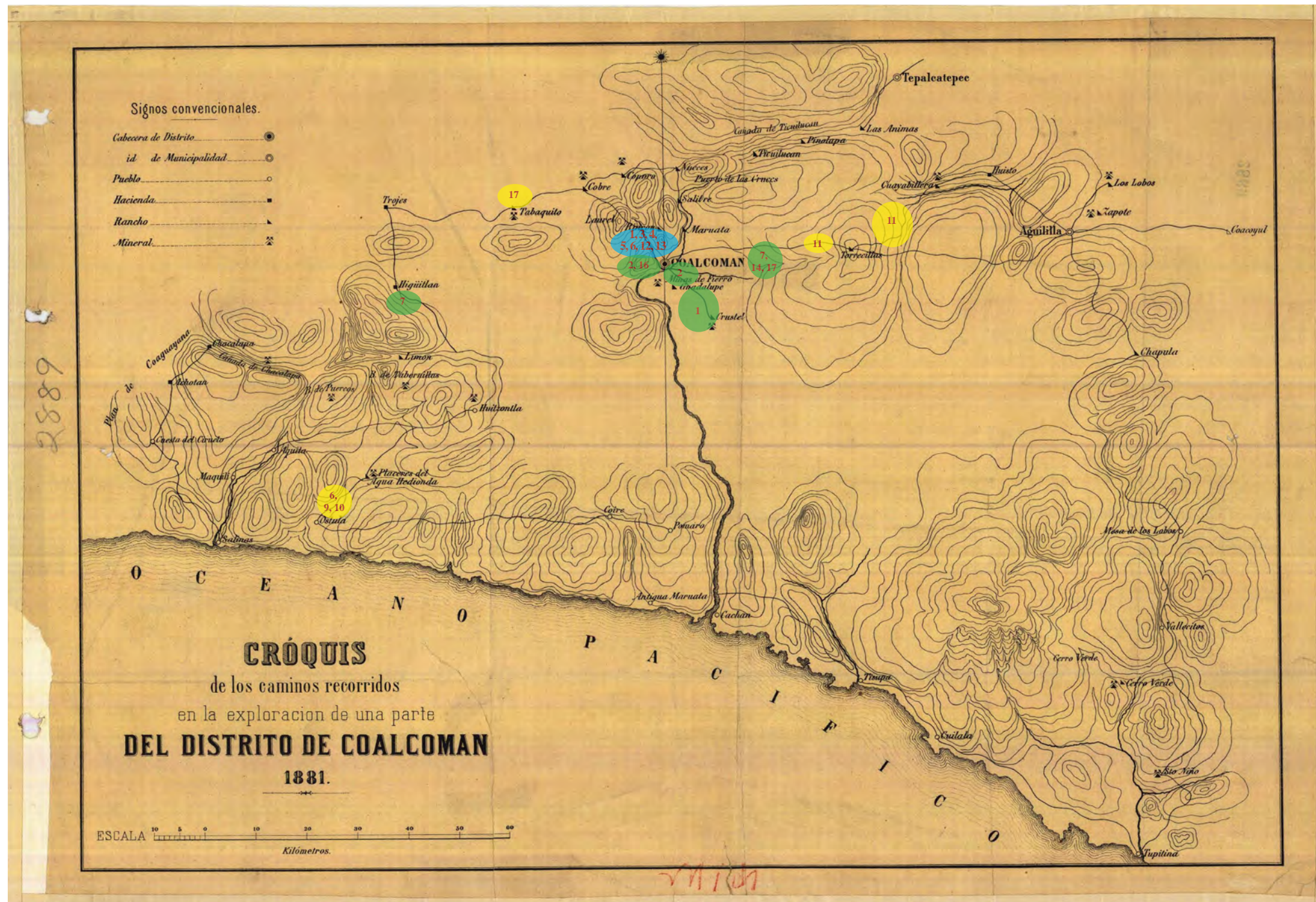
Clasificación	Especie	Figuras	Tiempo y periodo que caracterizan
Subclase: rudistas (moluscos braquispados) Familia: caprinideas Género: hipurita Tiempo: Mesozoico Periodo: Cretáceo	Hipurita bioculata (la Fig. 2ª se omite porque es el mismo tipo de fósil)		Limitan el tiempo al cretáceo superior.
	Cree que se trata de una hipurita calamitifforme		
	Hipurita mexicana		
	Hipuritas con falta de caracteres para especificar		

Clasificación	Especie	Figuras	Tiempo y periodo que caracterizan
Clase: gasterópodos Subclase: rudistas Familia radiolideas Género: radiolita Periodo: cretáceo	Radiolita turbinata		Característico del Cretáceo
	Radiolitas foliáceas?		También característico del Cretáceo
Clase: gasterópodos Orden: piramidelideos Género: nerinea	Nerinea castilli		Principiaron en el Jurásico y en Europa terminaron en el cretáceo superior. En el país se hallan en el cretáceo superior.
	Nerinea hieroglífica		

Clasificación	Especie	Figuras	Tiempo y periodo que caracterizan
Clase: gasterópodos Familia: piramidelideos Género: pterodonta	<i>Sin especificar</i>		Cretáceo superior
Acéfalos Orden: Ortoconquios integropaleales Familia: artartideos	Astarte		
Familia: trigenideos Género: trigonia	<i>Sin especificar</i>		Principió esta familia en el triásico y tuvo su mayor desarrollo en el cretáceo superior

Clasificación	Especie	Figuras	Tiempo y periodo que caracterizan
<p>Orden: pleuroconquios Familia: ostráceos Grupo: griphea</p>	<p>Sin especificar</p>		<p>Tiene numerosas especies en los tiempos mesozoico y cenozoico, y abunda en los mares actuales</p>
<p>Orden: pleuroconquios Familia: pectinideos Género: pecten</p>	<p>Pecten obliterado (deformado lateralmente)</p>		
<p>Orden: anélidos tubículos Familia: serpúlidos Género: sérpula</p>	<p>Sin especificar (le parece un coral)</p>		

Clasificación	Especie	Figuras	Tiempo y periodo que caracterizan
Orden: zoantarios aporos Clase: políperos Familia: Fungidos	Trochoseris sinuosa		Principiaron en el cretáceo inferior y terminaron en el superior
Familia: astreidos Familia de los fungidos	Tharmastrea pedunculata		
	Impresiones de escamas y colas de peces		Probablemente son de teliostos, pero están obliterados o muy destruidos



Fósiles localizados

1. *Hipurita bioculata*
2. Secciones de bocas
3. *Hipurita calamitiformes*
4. *Hipurita mexicana*
5. *Radiolito turbinata*
6. *Nerinea castilli*
7. *Nerinea hieroglífica*
8. *Astarte*
9. *Trigonia*
10. *Grifea*
11. *Pecten*
12. *Serpula*
13. *Trochoseris sinuosa*
14. *Thamnastrea pedunculata*
15. Impresiones de colas de peces
16. *Bivalvas*
17. Moldes exteriores, probablemente nerineas

Los colores verde y azul indican lugares donde pudimos mapear los fósiles de acuerdo con la información proporcionada; el color amarillo indica lugares donde, a manera de hipótesis, ubicamos algunos fósiles debido a que en los mapas que consultamos observamos que se repetía la toponimia de algunos pueblos.

El ingeniero Urquiza presentó una colección de fósiles acompañada de ilustraciones, en la cual destacó a los rudistas por ser característicos de esa formación²⁶¹ y por eso la ubicó como perteneciente al periodo Cretáceo, tiempo Mesozoico. Entre los moluscos que encontró había también hipuritas, entre ellas la bautizada por Bárcena como *mexicana*.

Los fósiles número 13 y 14 del mapa (*Trochoseris sinuosa* y *Thamnastraea pedunculata*) son la única referencia a la presencia de corales en esa región, de acuerdo con H. F. Filkorn and J. Pantoja-Alor, quienes además comentan que en 1891 Heilprin sugirió que era “probable que las identificaciones fueran incorrectas”, lo cual parece confirmarse “porque ambas especies no han vuelto a ser localizadas en esta área”,²⁶² de acuerdo con estudios recientes. Sin embargo, la postura de Heilprin muestra que los informes de las exploraciones eran tomados en cuenta en el contexto internacional.

En conclusión, a partir del examen paleoestratigráfico, Manuel Urquiza concluye que “el terreno explorado pertenece en su mayor parte al cretáceo superior”, que “el granito “fue, probablemente el principal agente del levantamiento de aquella región”, aunque las dioritas también hubieron ejercido alguna influencia. Sostiene estas observaciones apoyado en los rudistas recogidos.

Sobre la expectativa de explotación, afirmó que era posible para criaderos de hierro y vetas de cobre, plomo y oro, pero bajo buena dirección técnica y una administración económica, debido a inconvenientes como la falta de caminos y de población suficiente. Observó que “el tratamiento metalúrgico más adecuado para el beneficio era el de fundición, menos el oro, que se extrae por amalgamación”, que las oficinas metalúrgicas podían establecerse cerca de los criaderos y se podía aprovechar el agua como “fuerza motriz”.²⁶³

Una nueva movilización hasta Coalcomán en 1882 muestra el interés de los grupos de poder económico y del gobierno por la explotación de la zona; esta vez fue encabezada por el ingeniero Manuel de Anda para buscar el lugar idóneo donde establecer el puerto que se proyectaba en la costa michoacana.

²⁶¹ Es decir, son los fósiles que le ayudaron a definirla como perteneciente a dicho periodo.

²⁶² FILKORN, H. F. and J. Pantoja-Alor, “Cretaceous corals from the Huetamo region, Michoacan and Guerrero states”, *Boletín del Instituto de Geología*, UNAM, núm.116, p. 3.

²⁶³ URQUIZA, “Exploración”, p. 260.

La movilización de ejemplares hacia el Ministerio de Fomento

Ninguno de los informes seleccionados reportaron hallazgos de restos fósiles de enormes lagartos como los que Cope y Marsh encontraban en ese periodo en los Estados Unidos. Tampoco osamentas de mamíferos como las del Tajo de Tequixquiac: lo que más abundó fueron moluscos de épocas anteriores, principalmente *hipuritas* y *ammonitas*, hallazgos que si bien no parecen tan espectaculares, han servido para la construcción de la escala del tiempo geológico debido a su abundancia y sus largos periodos de existencia.

Son animales invertebrados de cuerpo blando que Linneo incluyó en la décima edición de su *Sistema naturae* en 1758.²⁶⁴ Sequeiros *et al.* afirman que durante el siglo XIX las *amonitas* en particular fueron objeto de estudio en Francia y Alemania, primero, y después en Inglaterra, Suiza, Polonia, Rusia, España, entre otros países.²⁶⁵ Como dejan ver estos informes, en México eran recolectadas, clasificadas y movilizadas hacia los museos y centros de enseñanza en el último cuarto de la centuria.

Para 1885 Mariano Bárcena citaba al profesor norteamericano James D. Dana (1813-1895), en su *Tratado de Geología*, para explicar que en el periodo Mesozoico²⁶⁶ “los moluscos cefalópodos existieron con abundancia, siendo muy característicos los géneros Amonites y Belemnites; se conocen hasta el día 1,200 especies de cefalópodos mesozoicos, siendo de ellos 950 pertenecientes á la familia de los nautilus y de las amonitas”.²⁶⁷ Este tratado fue un apoyo importante para los mexicanos al incluir descripciones e imágenes.

También consultaban los informes de sus colegas en México que situaban los ejemplares fósiles en las localidades del país, esfuerzo que como ya se vio comenzó cuando Andrés del Río recién llegó a impartir su cátedra y prosiguió a través de sus estudiantes, dirigidos por Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena. Si bien no incluimos en esta reseña trabajos del primero de ellos, queda claro que encabezaba los estudios de la disciplina. Ya lo había manifestado en su discurso para la inauguración de la SMHN:

²⁶⁴ “Taxon: Phylum Mollusca, Linnaeus, 1758 –molluscs (molluscs)”, en *The Taxonomicon*, obtenido de <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx?src=0&id=34361> (fecha de consulta: 12 de mayo de 2018).

²⁶⁵ SEQUEIROS *et al.*, Sequeiros, Leandro, Pedro Berjillos, Carmen Dieguez *et al.*, “Historia del conocimiento de los ammonites (moluscos fósiles) del Jurásico de España”, *Llull*, vol. 21, 1998, p. 519.

²⁶⁶ El periodo o tiempo mesozoico se divide en Triásico, Jurásico y Cretáceo.

²⁶⁷ BÁRCENA, Mariano, *Tratado de geología. Elementos aplicables a la agricultura, a la ingeniería y a la industria*, México, Oficina tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885, p. 324.

El estudio de los moluscos es igualmente interesante, no solamente por la importancia de la determinación de las especies conquillológicas que pueblan nuestras costas, sino porque de su comparación con las especies fósiles contenidas en las formaciones post-terciarias de las mismas costas, resultará la verdadera clasificación de las que sean características de dichas formaciones geológicas.²⁶⁸

Este liderazgo compartido se hace patente cuando en los informes se citan entre ellos. Destacan los geólogos mencionados porque encontraron y nombraron algunas especies; además, al hacerlo se rindieron homenaje entre sí, como Santiago Ramírez al nombrar la *nerinea castilli* que Manuel Urquiza ubica en Coalcomán y Carlos Sellerier en Morelos; ambos también encuentran en sus expediciones la *nerinea mexicana* de Mariano Bárcena. Ramírez, a su vez, localiza la *hipurita mexicana* en Huetamo y en San Luis Potosí.²⁶⁹

Mariano de la Bárcena a finales de los años setenta ya era considerado el experto en rocas mesozoicas, había realizado numerosas exploraciones y encontrado pequeños fósiles que había clasificado. Tenía claro que se debía conseguir un conocimiento de la superficie mexicana y de sus recursos, y también era consciente del grado de atraso en ello. Para la temporalidad de este estudio, estaba preocupado por comprobar su hipótesis sobre la existencia de una época de transición entre el periodo Jurásico y el Cretáceo.

Esta hipótesis estaba sustentada en el hallazgo de *nerineas* asociadas con *hipurites hieroglíficas* en un mismo suelo, en lugares como Cacahuamilpa (Guerrero), y ahora en la parte que exploró de Hidalgo. Desde su informe de Cacahuamilpa había plasmado esta preocupación, que repite en su memoria de los *Anales*:

Esta asociación de los hippurites y la nerinea que acabo de citar, me pareció bastante rara cuando la observé en las montañas inmediatas á la caverna de Cacahuamilpa, y en la Memoria que escribí sobre la exploración que hice á dicha caverna, manifesté mi sorpresa al ver asociadas allí á una especie y á un género que en otras partes del mundo caracterizan á dos períodos geológicos diferentes, aunque sucesivos. Al observar por primera vez ese fenómeno me pareció que la roca que contenía las conchas mencionadas correspondería á una época transitoria en el fin del período jurásico ó principio

²⁶⁸ CASTILLO, Antonio del, “Discurso pronunciado por el señor ingeniero de minas... presidente de la sociedad, en la sesión inaugural verificada el día 6 de septiembre de 1868”, *La Naturaleza, periódico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 1869, p. 3.

²⁶⁹ URQUIZA, Manuel, “Exploración del distrito de Coalcomán, estado de Michoacán, por el ingeniero de minas...”, *Anales del Ministerio...*, Tomo VII, pp. 222-223; SELLERIER, Carlos, “El mineral de Huitzuco”, *Anales del Ministerio de Fomento...*, Tomo XI, p. 72; RAMÍREZ, Santiago, “Informe sobre Huetamo”, p. 187.

del cretáceo, y esta suposición que no puedo desechar ni sostener todavía, por falta de datos más precisos, me propongo resolverla más tarde. Tal vez las nuevas observaciones destruirán la hipótesis de la existencia de esa época transitoria, y nos demostrarán que en esta parte de la América fueron contemporáneos dos moluscos que en otros países correspondieron á períodos geológicos diferentes...²⁷⁰

Como también había expresado Santiago Ramírez, lo que Mariano Bárcena necesitaba para confirmar o negar su hipótesis era más información, o lo que Bruno Latour denomina como la *circulación del referente*. ¿Habría existido ese periodo de transición o la asociación entre esos fósiles se debía a un hundimiento u otro fenómeno geológico? Llamada la atención de sus colegas sobre el tema, ellos podrían encontrar en otros parajes la misma circunstancia, que debidamente documentada confirmaría la existencia de dicho periodo de transición.

Desde su posición en la red no cabe duda de que otros informes pasaron por su vista, incluso algunos antes de ser publicados, así que debió seguir con particular interés los de Ramírez en Huetamo, Michoacán (1878), y en el mineral de Guadalcázar, San Luis Potosí (1878); y la exploración de Manuel Urquiza en Coalcomán, Michoacán (1878), dado que en estos tres reportaron su *hipurita mexicana*.²⁷¹ De los informes se extrae que Bárcena había encontrado *hipurites* asociadas con la *nerinea hieroglífica* en Hidalgo, y aunque no aclara si se trata de la especie *mexicana*, es lo más probable.

Urquiza sí reporta ambas especies pero no especifica si estaban o no asociadas. Quizá así las consideró Bárcena dado que, en su *Tratado*, explica: “El género *Nerinea*, en algunas partes del mundo caracteriza las rocas jurásicas ó las cretáceas; pero en México las conchas de ese gasterópodo se hallan mezcladas á aquellos rudistas, que son eminentemente característicos del cretáceo: la misma observación de muchos fósiles nos induce á creer que las rocas que los contienen pertenecen al piso superior del período”.²⁷²

²⁷⁰ BÁRCENA, Mariano, “Noticia científica de una parte del estado de Hidalgo por...”, profesor de Paleontología y Geología del Museo Nacional”, en *Anales del Ministerio de Fomento...*, Tomo I, pp. 345-346; Cfr. BÁRCENA, Mariano, “Viaje a la caverna de Cacahuamilpa. Datos para la geología y la flora de los Estados de Morelos y Guerrero”, en *La Naturaleza*, 1ª serie, Tomo III, 1874-1876, pp. 75-92.

²⁷¹ El número entre paréntesis corresponde al año de publicación en *Anales de Fomento*. Carlos Sellarier reporta haberlas encontrado también en el mineral de Huitzucu, Morelos, pero su año de publicación en los *Anales* es 1898, siendo que Bárcena publicó su *Tratado* en 1885.

²⁷² BÁRCENA, Mariano, *Tratado de Geología*, p. 322.

Para Bruno Latour, “el aumento de la credibilidad de los experimentos, las exploraciones y las encuestas, presupone la existencia de un colega que sea capaz tanto de criticarlos como de utilizarlos”. En esta red formada para los estudios geológicos y sobre este tema, Mariano Bárcena era ese colega.²⁷³ Cuando en 1885 publicó su *Tratado*, validó la información geológica y paleontológica de los otros geólogos que consideró fidedigna, entre la cual se encontraba la de algunas expediciones revisadas y en lo cual se abundará en el capítulo IV.

Explicó también los beneficios que había traído el estudio de los moluscos que hasta entonces se había realizado: “Algunos de estos géneros característicos del último período del mesozoico, tanto en Europa como en Norte-América, los hemos encontrado en México y hemos descrito las primeras radiolitas é hipuritas mexicanas, fijando así horizontes cretáceos”.²⁷⁴

Pocos años después José Guadalupe Aguilera reconoce los aportes de Bárcena, de quien escribió “da á conocer la importancia del sistema Cretácico en México, su vasta distribución en el país, y algunos de los fósiles más característicos”, pero lamenta que “desgraciadamente, identificó algunos de ellos con fósiles jurásicos del viejo mundo, lo cual introdujo cierta confusión en sus trabajos”.²⁷⁵

Como corolario en cuanto a la circulación del conocimiento, resalta otro error, éste cometido por el francés Henri Douvillé (1846-1937) en 1900, cuando creyó que la *hippurites calamitiformis* de Bárcena, encontrada en Querétaro y Zumpango, correspondía a la rudista *petalodontia calamitiformis* (Douvillé), hallada por él en Coacomán; las dos especies existen y se han encontrado en el mismo sitio pero en diferentes horizontes.²⁷⁶ Estos datos muestran la complejidad de la tarea que se estaba realizando a nivel mundial y lo común que era en ese tiempo cometer errores ante el número tan grande de especies.

En cuanto a la serie de transformaciones por las que pasaron los ejemplares desde su colecta en campo hasta su traslado a los centros de acopio y su traducción para incluirlos en

²⁷³ LATOUR, Bruno, *La esperanza*, p. 124.

²⁷⁴ BÁRCENA, Mariano, *Tratado de Geología*, p. 313.

²⁷⁵ Henri Douvillé publicó, entre 1896 y 1900, diversos trabajos sobre los rudistas en México, “contribuyendo al mejor conocimiento de estos moluscos cretáceos”. AGUILERA, José G., “Reseña del desarrollo de la Geología en México”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo I, 1905, pp. 63-64, 81.

²⁷⁶ ALENCÁSTER, Gloria, “Nuevo rudista (*bivalvia-hippuritacea*) del Cretácico Inferior de Pihuamo, Jalisco”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo XLVII, núm. 1, 1986.

el discurso, debe mencionarse que la primera traducción consistió en arrancarlos de su contexto y anotar debidamente el estrato en que se habían encontrado, algo sumamente importante si se deseaba referenciarlos geográficamente y determinar la edad de cada estrato; después, fueron llevados a formar las colecciones que les eran solicitadas.

Santiago Ramírez, en su informe de la expedición a Puebla para buscar carbón mineral, describe la manera como conformaba sus colecciones:

Los lugares mencionados y las rocas recogidas, no son los únicos que he tenido á la vista en mi exploración; pero siempre he creído que en las colecciones que se forman para hacer el estudio geológico de una localidad más ó ménos extensa, sólo se debe dar lugar á aquellas rocas que caracterizan una formación, que contienen un dato, que son un elemento de estudio y que contribuyen á dar luz sobre las cuestiones mineralógicas, geológicas y geognósticas, cuya solución presenta un interés, sea puramente científico, sea de aplicaciones prácticas más ó ménos inmediatas ó ventajosas.²⁷⁷

Este párrafo da idea de que al menos Santiago Ramírez tenía un sistema para decidir qué ejemplares *reclutaba* para su colección, y eran aquellos que ayudaran a convencer a los otros miembros de la red de que los estudios que estaba realizando valían la pena ya fuera en el plano científico o para fines prácticos de la industria, aspectos de sumo interés para el gobierno porfirista de “orden y progreso”. Resalta también en el párrafo anterior el uso de la palabra “geognósticas”.

Manuel Urquiza, Joaquín M. Ramos y Santiago Ramírez, además de las colecciones minerales, geológicas y paleontológicas, así como del plano geológico, incluyeron ilustraciones de los ejemplares colectados y realizaron una descripción más detallada de los mismos. Esta “traducción” doble (primero la colección y después las ilustraciones) les permitió ser insertados en el discurso, ya como una colección que brindase conocimiento a los estudiantes, ya en imágenes de un libro que ayudaran a identificar en campo dichas especies.

Los principales centros de acopio fueron la Escuela Nacional de Ingenieros y el Museo Nacional. Por ejemplo, Manuel Urquiza entregó sus colecciones paleontológica, geológica y mineralógica de Coalcomán en el primer recinto. El oficio de entrega del informe,

²⁷⁷ RAMÍREZ, Santiago, “Informe de Matamoros, Izúcar, Chiautla y Acatlan”, p. 33.

fechado el 24 de diciembre de 1881, expresa: “En la Escuela Nacional de Ingenieros están a disposición de ese Ministerio, las tres colecciones que formé, desempacadas y clasificadas: espero se sirva ordenarme á quién se las entrego, lo mismo que las dos figuras de piedra”.

La respuesta fue que se proporcionaran al director del plantel.²⁷⁸ En realidad, los exploradores mantenían comunicación constante con el Ministerio de Fomento durante los meses que duraba su comisión; en este intercambio, enviaban informes mensuales o parciales de sus actividades, y algunos remitían colecciones mineralógicas y de fósiles, que iban a parar a los gabinetes de la Escuela de Ingenieros.

O al menos era lo deseable, como se lee en la Remisión a la Escuela de colecciones mineralógicas formadas de las extraídas de San Marcos, en el Golfo de Cortés, enviada por el entonces Oficial Mayor del Ministerio de Fomento, Manuel Fernández Leal, al Director del plantel: “Acútese recibo, dando las gracias, y manifestando que ya se han pasado al Gabinete respectivo. La Dirección desearía que las Comisiones que exploran tierras tan lejanas remitieran colecciones de las rocas y fósiles que en ellas se encuentren de que sean las montañas; para tener un conocimiento aproximado de la Geología de esas regiones”.²⁷⁹

Por otra parte, los informes, las memorias y los resultados también fueron resguardados en el Ministerio de Fomento y en la *Comisión Geológica Mexicana*,²⁸⁰ que más tarde se transformaría en Instituto Geológico de México. El patrimonio que se estaba reuniendo producto de las diversas exploraciones, permitió a los miembros del Instituto Geológico elaborar unos años más tarde el *Bosquejo Geológico de la República Mexicana*, que fue presentado en 1889.²⁸¹

Con respecto de su integración en el discurso, puede seguirse en obras como el *Tratado de Geología* de Mariano Bárcena, el *Bosquejo* y la *Carta Geológica de México*, además de las referencias entre ellos. Resalta también el ejemplo mencionado de Douvillé y, por supuesto, la publicación de estos trabajos en periódicos y revistas tanto científicas como de contenido

²⁷⁸ *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo VII, 1882, p. 193.

²⁷⁹ AHPM. Caja 1882-II, 215, Expediente 52, Remisión a la Escuela de colecciones mineralógicas formadas de las extraídas de San Marcos, en el Golfo de Cortés, Año 1882-II, Fj. 51.

²⁸⁰ La nueva institución tenía carácter temporal y fue creada por decreto del presidente Porfirio Díaz en marzo de 1888. Su espacio físico estaba en la Escuela Especial de Ingenieros, en “tres salones amplios”, aunque luego tuvieron que mudarse a otra sección menos favorecedora. AHPM. Caja 1882-II, 215, Exp. 32, fj. 7.

²⁸¹ AGUILERA, *Bosquejo geológico*, p. 5.

diverso, que circularon en el país y en el extranjero; entre ellas, *La Naturaleza*, periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, *El Minero Mexicano* y el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*.

Los resultados de estas expediciones tuvieron un carácter complementario y acumulativo. A decir de Luz Fernanda Azuela, la inversión extranjera se incrementó considerablemente a raíz de las políticas porfiristas y de nuevo había “una intensa exploración de propios y extraños para ubicar depósitos minerales industriales”. Como ejemplo, y para ligar esta situación de origen económico con la conformación del patrimonio geológico y paleontológico, dicha investigadora cita a José G. Aguilera, “quien destaca la exploración de Manuel Urquiza y Manuel de Anda sobre el distrito de Coalcomán”.²⁸²

Antes de cerrar este capítulo, en la página siguiente desplegamos el *Cuadro resumen de los hallazgos fosilíferos en las 19 expediciones de los Anales del Ministerio de Fomento* que muestra un resumen de los hallazgos fósiles de las 19 expediciones científicas seleccionadas por su contenido paleontológico. Posteriormente presentamos las conclusiones.

²⁸² AZUELA Bernal, *De las minas*, p. 147.

Resumen de los hallazgos fosilíferos en las 19 expediciones de los *Anales del Ministerio de Fomento*

Núm.	Expedición	Director	Fósil	Observaciones
1	Volcán del Ceboruco	Miguel Iglesias Mariano Bárcena Álvaro Matute	Toba fitolitaria	Incluyeron una muestra en la colección, para examinarla con “buenos instrumentos”, estudio que permitiría clasificarla y con lo cual se aportarían elementos para el estudio de los volcanes, dado que estos restos fueron encontrados entre capas producidas por el fuego del volcán
2	Expedición científica a una parte de Hidalgo	Mariano Bárcena	Gran cantidad de fósiles, en especial <i>Radiolita</i> y <i>Nerinea</i> (en especial <i>hieroglífica</i>), asociadas a algunas valvas de <i>Hipurites</i>	Bárcena volvió a encontrar <i>hipurites</i> con la <i>nerinea hieroglífica</i> , especie y género que en otros lugares se caracterizan dos periodos geológicos diferentes, aunque sucesivos. Esto lo lleva a elaborar una hipótesis que no puede desechar o sostener aún, por falta de pruebas: la roca que las contiene corresponde a una época transitoria en el fin del periodo jurásico o principio del cretáceo
3	Comisión del Citlaltépetl	Mateo Plowes Enrique Rodríguez Pedro Vigil	<i>Nerineas</i> y otros	Les sirvieron para datar las formaciones, que dicen son de una época posterior al mesozoico. Agregan que toda la formación pertenece al periodo mesozoico y, de este, al periodo cretáceo
4	Cerro de Mercado de Durango	Federico Weidner	Osamenta de animales antediluvianos	Todas las veces que menciona la palabra fósil lo hace para referirse a piedras y rocas, no para osamentas, las cuales solo incluye en el mapa
5	Istmo de Tehuantepec	Manuel Fernández Leal Agustín Barroso	No encontraron fósiles	Explican que los fósiles son escasos en el piso inferior del periodo paleozoico
6	Mineral de Guadalcázar San Luis Potosí	Santiago Ramírez	Fósiles minúsculos, entre ellos tal vez <i>bacilarias mexicanas</i>	Es un terreno de caliza compacta, solo hay fósiles microscópicos propios de este suelo. Encuentra una caliza con roca biolítica parecida a la que contiene <i>bacilarias mexicanas</i> , de la cual Antonio del Castillo extrajo una muestra que envió a estudiar. Como las calizas de donde se extrajo son distintas a las de la muestra, cree que esta roca biolítica no ha sido estudiada y su examen microscópico sería de verdadero interés científico por las especies que pudiera presentar

Núm.	Expedición	Director	Fósil	Observaciones
7	Sierra Mojada, Coahuila	Santiago Ramírez	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hipurita mexicana</i> • Moluscos del género <i>Posidonomias</i> • Género <i>Gripheas</i> (no incluye dibujo) • Género <i>Inoceramios</i> • Género <i>Hinnitas</i> (parece) • Género <i>Pernites</i> • <i>Amonita inflatus</i> • <i>Amonita planicosta</i> • <i>Pterodonta inflata</i> • Género <i>Embudo</i> 	Santiago Ramírez dice que encontró relativamente “pocos” fósiles pero le sirvieron para confirmar sus deducciones del estudio litológico. Todos son moluscos. Describe 10, de los cuales presenta 12 figuras que corresponden a 9 fósiles, ya que no proporciona imagen para el género <i>gripheas</i> pero en cambio incluye cuatro para el <i>Pterodonta inflata</i> . Los clasifica desagregando seis hasta género y tres hasta especie.
8	Distritos de Matamoros, Izúcar, Chiautla y Acatlán, en Puebla	Santiago Ramírez	Arcilla endurecida sobre pizarra con impresiones fósiles <i>Zamia</i>	Encontró escasos datos para la geología del lugar pero le parece de poca importancia científica e industrial porque esto no constituye un obstáculo para la datación de terrenos por ser suficientes los caracteres litológicos
9	Municipalidad de Tlaquiltenango, Distrito de Tetecala, Morelos	Santiago Ramírez	Plantas solanáceas	Son difíciles de clasificar porque consisten en tallos sin hojas
10	Huetamo, Michoacán	Santiago Ramírez	<i>Hipurita mexicana</i> Impresiones carboníferas que parecen de <i>zamia</i>	La caliza de esta región está impregnada de hipuritas. Agrega una en el catálogo de rocas

Núm.	Expedición	Director	Fósil	Observaciones
11	Coalcomán, Michoacán	Manuel Urquiza	<i>Hipurita bioculata</i> <i>Hipurita calamitiforme</i> <i>Hipurita mexicana</i> <i>Hipuritas con falta de caracteres para especificar</i> <i>Radiolito turbinata</i> <i>Radiolito folianáceas</i> <i>Nerinea castilli</i> <i>Nerinea hieroglífica</i> <i>Pterodonta</i> <i>Astarte</i> <i>Trigonia</i> <i>Griphea</i> <i>Pecten obliterado</i> <i>Serpula</i> <i>Trochoseris sinuosa</i> <i>Tharmastrea pedunculata</i> Impresiones de escamas y colas de peces Otros ejemplares sin caracteres para clasificar	Incluye imágenes de cada uno, descripciones y lugares donde se han encontrado
12	Sierra del estado de Guerrero	Teodoro Luis Laguerenne		No busca fósiles por el tipo de formaciones exploradas (rocas primitivas y de origen ígneo), pero por su cercanía con la región de Tasco y Cacahuamilpa, donde ya hallaron fósiles del cretáceo, creyó más conveniente estudiar lo desconocido que lo ya conocido
13	Cerro del Tambor, Huauchinango, Puebla	Santiago Ramírez		Omite sus hallazgos porque ya los ha entregado en otros informes
14	Baja California	Joaquín M. Ramos/ Eduardo Martínez Baca	Género <i>Ostrea</i> Género <i>Pecten</i> Conglomerado que contiene conchas del género <i>Astarte</i> y fragmentos de carbón, huesos y madera	Expedición con muchos problemas dado que sustituyó a la anterior porque murieron algunos de sus integrantes de fiebre amarilla. Se incluyeron datos geológicos proporcionados por el ingeniero Manuel Tinoco y al final un anexo con el informe del ingeniero Eduardo Martínez Baca, quien lo entregó con retraso, cuando ya se había presentado el informe general. A ello se deben las diferencias y similitudes entre el apartado Geología y el Anexo

Núm.	Expedición	Director	Fósil	Observaciones
15	Sonora	José Guadalupe Aguilera	No encontraron	Dataron los terrenos sin ayuda de la paleontología ni la estratigrafía, sino mediante comparación y conocimientos anteriores
16	Minas de Guanajuato	Pedro L. Monroy	Nautilus Cryptoceras Aptychus	Pedro L. Monroy no describe fósiles, los tres que se mencionan los extrae de un documento del Sr. Arenas, quien a su juicio es el iniciador de los estudios geológicos en esa zona.
17	Mina de cobre El Boleo	Juan Fleury	<i>Traquitas</i>	Usan los fósiles para datar los terrenos al comienzo del Plioceno
18	Mineral de Huitzoco, distrito de Hidalgo, Morelos	Carlos Sellerier	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nerinea Castilloi</i>, Barcena • <i>Nerinea Barcenai</i>, Heilprin • <i>Nerinea hieroglyphica</i>, Barcena • <i>Gryphcea Pitcheri</i>, Morton • <i>Hippurites mexicana</i>, Barcena • <i>Eiquienia patagiata</i>, White • <i>Riquienia texana</i>, Bcemer 	Utiliza datos del Instituto Geológico de México
19	Popocatepetl	José G. Aguilera y Ezequiel Ordóñez	Tobas pomasas con vertebrados fósiles, y vertebrados fósiles	Encontraron también restos de seres humanos que atribuyen pertenecen a los nahuas, es decir, al hombre actual

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones del Capítulo II

Este acercamiento a los contenidos paleontológicos de los *Anales* muestra que los directores de las exploraciones formaban parte de una red cuyo primer nodo fue el Colegio de Minería; de ahí pasaron a ocupar puestos de mando, sea como profesores o como directivos; publicaron sus resultados en los medios impresos de las agrupaciones que constituían otros nodos en su red, como la SMGE, la SMHN y más adelante el Instituto de Geología. Además, convergieron en el Ministerio de Fomento.

Quienes se ocuparon con mayor entusiasmo de los fósiles han sido señalados en la historiografía como los padres de los estudios geológicos en México, y pioneros de la Paleontología. Conformaban una red más allá del Ministerio de Fomento y procuraban estar enterados de los hallazgos y las teorías en otros países, si bien en el siglo XIX la cantidad de descubrimientos –reales y no– hizo que fuera cada vez más difícil de seguir para quienes no tenían la Paleontología como actividad exclusiva, como fue el caso de los mexicanos.

A través de los caminos se desplazaron e hicieron sus observaciones, en ocasiones sin detenerse ni desviarse lo suficiente para profundizar en el estudio debido a la escasez de personal y presupuesto; cañadas, barrancas, pozos artesianos y cualquier accidente topográfico sirvió para revisar la estratificación de los terrenos y caracterizar las formaciones, actividades que buscaban construir un conocimiento geológico homogéneo de las formaciones mexicanas.

La inclusión de los contenidos paleontológicos corresponde a los requerimientos solicitados, en un cambio de mentalidad que comenzó a gestarse en los años cincuenta del siglo decimonónico, se estableció a fines de la década siguiente y ya es visible en los *Anales*, gracias a ciertos hechos que pueden haber marcado un punto sincrónico en la investigación geológica porque fue cuando se estandarizó el modelo de búsqueda de fósiles en el interior de las comisiones científicas que llevaban a cabo el inventario de recursos.

Los contenidos correspondientes a la rama de la Geología denominada histórica se establecieron como un apartado fijo en los resultados de las expediciones y fue allí donde se alojó la Paleontología, cuya utilidad práctica fue apoyar la identificación de los estratos

para determinar el tipo de formación geológica del territorio explorado.²⁸³ De esta forma, en un plano simbólico, los fósiles quedaron presentes en los croquis, planos, perfiles y en la columna geológica, simbolizados en la paleoestratigrafía pero también significándola.

En este sentido, las descripciones y los dibujos de fósiles en los informes seleccionados muestran el campo semántico de sus autores, que fue ampliado al considerar como referentes no solamente moluscos u osamentas de vertebrados, sino también plantas, organismos microscópicos y nuevos ejemplares que tuvieron que ser nombrados. Sobresale que algunos nombres elegidos incluyeran el gentilicio “mexicano” o “mexicana”, tanto por extranjeros como Ehrenberg como por connacionales, como Mariano Bárcena.

En el aspecto social, se extiende un reconocimiento hacia los ingenieros destacados en la red, como Antonio del Castillo y la *nerinea castilloi*, y Mariano Bárcena y la *nerinea barcenai*. Asimismo, los fósiles fungen como instrumentos para conocer los recursos de cierta región, se emplean para la definición de eras y periodos, así como para la comparación con regiones de otras partes del mundo, en un esfuerzo por conformar la Geología y Paleontología del territorio.

En síntesis, para responder la pregunta al inicio del capítulo acerca de cómo definían el concepto “fósil” en los informes revisados, se puede observar en su conjunto la variación en el significado y en los referentes a que hace alusión este término, desde Weidner, que lo usa para designar todo objeto enterrado, hasta Santiago Ramírez, Manuel Urquiza, Mariano Bárcena y Antonio del Castillo, quienes lo relacionan con los diversos referentes que le corresponden en términos modernos.

La actividad desarrollada en este periodo es un esfuerzo de mexicanos que aprovecharon sus puestos en el gobierno para construir una red que se cohesionó y dio continuidad a lo realizado desde nodos como la Escuela Nacional de Ingenieros, la SMGE, la SMHN o la SCAA, hasta la creación de una institución dedicada a los estudios geológicos: el Instituto Geológico de México, en cuyo seno también se desarrollarían estudios paleontológicos.

²⁸³ En Geología, por “formación” se entiende a los conjuntos de estratos o de rocas identificables en una región, que por ser de una misma época son idénticas en su litología y paleontología. Véase OSORIO, Viniegra, Francisco, *Geología histórica de México*, México, UNAM, 1992, p. 19.

CAPÍTULO III

El espacio geográfico en los estudios paleontológicos: el Valle de México

El desagüe del Valle de México es necesario, porque sin él, la Capital estará continuamente amenazada de una inundación que, comprometiendo su porvenir por la presencia constante de un peligro creciente, hace su situación actual angustiada y congojosa.

Comisión nombrada para estudiar la cuestión relativa al desagüe del Valle de México, p. 165²⁸⁴

Introducción

En el capítulo anterior se describieron hallazgos paleontológicos de comisiones científicas bajo la instrucción del Ministerio de Fomento que se difundieron en sus *Anales*. Se observó que en ninguno de estos casos fueron encontrados fósiles de mayor tamaño, como mamíferos o “lagartos terribles”. Toca indagar el papel que jugó el espacio geográfico en el descubrimiento de osamentas, para lo cual se ha considerado el Valle de México y algunas de sus representaciones, como los croquis elaborados durante las obras de desagüe.

Hay que precisar que en esta investigación, al hablar de Valle de México se hace referencia a la cuenca de México en general, dado que el primero es solamente uno de los cuatro valles que la componen, como se verá más adelante; se optó por este término porque es el empleado por los mexicanos decimononos responsables de las obras de desagüe, mismas

²⁸⁴ “Dictamen presentado a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por la mayoría de la Comisión nombrada para estudiar la cuestión relativa al desagüe de la Ciudad de México”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a los años de 1874 y 1875, p. 165.

que involucraron no solamente el valle sino toda la cuenca.²⁸⁵ Y al hablar de osamentas, se alude a restos fósiles de mamíferos, entre ellos el hombre.

Debido a sus características geológicas, su historia natural y la dinámica de su poblamiento, en esta región se han reportado los registros más tempranos de fósiles de mamíferos en México y la mayor cantidad de los mismos, de acuerdo con el estudio de Joaquín Arroyo Cabrales, el cual muestra que hasta la fecha y a nivel nacional la mayor parte de los hallazgos de osamentas de mamíferos se ha realizado en el Estado de México (28.4 por ciento), seguido por el Distrito Federal (11.4 por ciento).²⁸⁶

Las investigaciones tradicionales sobre historia de la ciencia hasta hace poco omitían la dimensión espacial como un actante en la red de una disciplina, mas en Geología, Paleontología y Arqueología la geografía de los hallazgos toma importancia porque el valor científico está dado por la capacidad de caracterizar el espacio.²⁸⁷ Por ello Luz Fernanda Azuela explica que la incorporación de las herramientas de la Geografía permite insertarlo en los estudios de la ciencia.²⁸⁸

Para esta investigación el espacio geográfico es un actante que funciona como laboratorio *in situ* dentro de la red, donde ocurren transformaciones que afectan a la sociedad al trasladarle condiciones necesarias para el desarrollo científico, como su apropiación, que inicialmente consiste en una descripción que involucra ubicación, mensura y clasificación,

²⁸⁵ Es tradición aclarar que se habla de la cuenca de México pero bajo la denominación de valle, tanto en los informes y memorias de la época como en investigaciones contemporáneas. Por ejemplo, para los primeros puede consultarse la *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1449-1900, publicada por la Junta Directiva del mismo desagüe*, vol. I, México, Tipografía de la Oficina de Estampillas de Palacio Nacional, 1902, p. 5; para un ejemplo más reciente, puede leerse IMAZ, Mireya, “Historia Natural del Valle de México”, *Ciencias*, UNAM, núm. 15, julio 1989, p. 15.

²⁸⁶ ARROYO Cabrales, Joaquín, Óscar Polaco *et al.*, “The distribution of the genus *Mammuthus* in Mexico”, *Advances of Mammoth Research*, DEINSEA-Annual of the Natural History Museum Rotterdam, 9, 2003, p. 31. On line in: https://www.hetnatuurhistorisch.nl/fileadmin/user_upload/documents-nmr/Publicaties/Deinsea/Deinsea_09/DSA9_003_Arroyo-Cabralis_27-39.pdf (fecha de consulta: 3 de octubre de 2018).

²⁸⁷ Un ejercicio teórico aplicado a la arqueología pero del cual se puede rescatar algunos señalamientos para este caso, es el realizado por PIAZZINI Suárez, Carlo Emilio, “Geografías del conocimiento: transformación de los protocolos de investigación en las arqueologías latinoamericanas”, en *Geopolíticas*, Vol. I, núm. 1, 2010, pp. 115-136.

²⁸⁸ Cabe aclarar que Azuela Bernal no utiliza la palabra actante para referirse al espacio geográfico. Véase AZUELA, Luz Fernanda, “Capítulo 1. Conocimiento situado: La Geografía y las ciencias naturales en la Ciudad de México del siglo XIX”, en: Luz Fernanda Azuela Bernal y Rodrigo Vega y Ortega (coords.), *Espacios y prácticas de la Geografía y la Historia Natural de México (1821-1940)*, México, Instituto de Geografía de la UNAM, 2014, pp. 15-17.

para después comparar y teorizar.²⁸⁹ Así, cabe la distinción entre hallazgos sin apropiación del territorio de aquellos que involucran la construcción de “espacios de ciencia”.

Aunque se tenían localizados ciertos fósiles desde el siglo XVII, los primeros paleontólogos mexicanos decimonónicos no siempre acudieron a corroborarlos en campo; otras veces no pudieron ubicar el sitio y el estrato exactos debido al paso del tiempo y la falta de rigor para registrar la información. Pero, en algunos casos, se echó a andar el andamiaje de organismos como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística²⁹⁰ para aprovechar comisiones encomendadas a sus socios y profundizar en el tema.

El contenido del capítulo se divide en cuatro apartados, además de esta introducción: el primero se centra en el estudio del desagüe del Valle de México y la elección de Tequixquiac para construir una salida de agua por la barranca de Acatlán; el segundo expone los hallazgos de fósiles en este espacio geográfico y su interacción en la red que se estaba conformando para los estudios paleontológicos; el tercero trata sobre los vestigios de homínidos y su actividad cultural en la zona, y el cuarto presenta las conclusiones.

Territorio, región y espacios de ciencia en el Valle de México

En términos geográficos existen varias categorías para estudiar el espacio físico, así como distintas formas de definirlo. Aunque el territorio se concibe como un componente básico de cualquier Estado-nación, para estudiosos como Gilberto Giménez va más allá pues debe ser construido, esto es dotado de significación a través de su puesta en valor ya sea instrumental o cultural: no es un mero contenedor de la vida social y cultural sino que se imbrica con ambas.²⁹¹

²⁸⁹ Un ejemplo de la necesidad de trasladar las condiciones de un laboratorio al espacio a explorar puede verse en LATOUR, Bruno, *La esperanza de Pandora, ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona: Gedisa, 2001.

²⁹⁰ En 1833, en el ámbito de las reformas modernizadoras de Vicente Gómez Farías, se creó el Instituto Mexicano de Geografía y Estadística, que después formó parte de la Comisión Estadística Militar y finalmente se estableció como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la primera de tipo científico en América. Véase RAMÍREZ, Santiago, “La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística”, *El Explorador Minero*, Tomo I, Núm. 1, 4 de noviembre de 1876, p. 5.

²⁹¹ GIMÉNEZ, Gilberto, “Territorio y cultura”, *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, diciembre, año/vol. II, núm. 4, Colima, pp. 10-11.

Existe una estrecha relación entre el dominio del territorio y la ciencia en el imperialismo occidental. La necesidad no solamente de poseer sino de conocer que tuvieron los europeos desde que emprendieron la conquista de América, propició entre otros factores la hegemonía de la que gozaron hasta el siglo XX. Se comprendió que el conocimiento otorga poder sobre un territorio a conquistar.²⁹²

Esta visión heredada, junto con la necesidad de proteger un territorio recién independizado, urgió al presidente Guadalupe Victoria (1786-1843) a cartografiar las zonas marinas y las fronteras en primera instancia, y a la élite para que durante todo el siglo XIX tratase de conocer el país mediante comisiones exploradoras que registrasen los recursos naturales – especialmente minerales– que podrían ser fuente de riqueza, pero los problemas sociales y económicos fueron rezagando sus esfuerzos.

En el territorio del nuevo país, el foco de las actividades políticas, económicas, científicas y culturales era (y sigue siendo) la Ciudad de México y su *hinterland*. Además de ser la capital, en este sitio se ha realizado “gran parte del desarrollo científico de nuestra historia”, y a finales del siglo XVIII tuvo una nueva organización intelectual con la llegada de instituciones modernas, entre ellas el Real Jardín Botánico en 1777 y el Real Seminario de Minería en 1792, entre otras.²⁹³

Esta ciudad se ubica en el Valle de México, que cuenta con los aspectos fisiográficos y culturales para caracterizarlo como una región socio-cultural, si se sigue lo planteado por Giménez en cuanto a considerar esta última como un “*constructo cultural*, producto del medio ambiente físico, de la historia y de la cultura”.²⁹⁴ Fisiográficamente, es una cuenca endorreica²⁹⁵ conformada por cuatro valles –de Cuautitlán, de Apan, de Tizayuca y de México– que, de acuerdo con su historia geológica, quedó rodeada por sierras.

²⁹² NOAH Harari, Yuval, *De animales a dioses, breve historia de la humanidad*, México, Debate, 2018, p. 313-28.

²⁹³ AZUELA Bernal, Luz Fernanda, “Conocimiento situado”, p. 21.

²⁹⁴ GIMÉNEZ, Gilberto, “Territorio, cultura e identidades, la región sociocultural”, *Estudio sobre las Culturas Contemporáneas*, Época II, Vol. V, Núm. 9, Colima, junio 1999, p. 32.

²⁹⁵ Endorreica es un término para señalar que la afluencia de las aguas de un territorio se dirige hacia su interior, “sin desagüe al mar”. *REAL diccionario de la lengua española* en línea, www.rae.es (fecha de consulta: 5 de enero de 2019).

La cuenca se ubica en la planicie central, posee una elevación promedio de 2,230 a 2,250 msnm y está rodeada por cordilleras montañosas. Comprendía un sistema de lagos conformado por Texcoco, Xochimilco, Chalco, Xaltocan, San Cristóbal y Zumpango que, de acuerdo con Ruiz-Angulo, durante el siglo XVI abarcaba un área “de 1,500 km²”; pese a ello, su profundidad promedio era de 1.5 metros, aunque variaba de 1 hasta 11 metros. Actualmente conserva 1.33 por ciento de la superficie lacustre original.²⁹⁶

El poblamiento del Valle de México ha provocado problemas que condicionaron el tipo de obras para la adecuación de asentamientos urbanos como canales, viviendas y acueductos. De tanto en tanto la temporada de lluvias arriba con fuerza, así que desde tiempos precolombinos los asentamientos humanos han sufrido inundaciones;²⁹⁷ la más conocida antes de la Conquista fue en el año 1446, mientras que durante el Virreinato fueron importantes las de 1553, 1580, 1604, 1607 y 1629.²⁹⁸

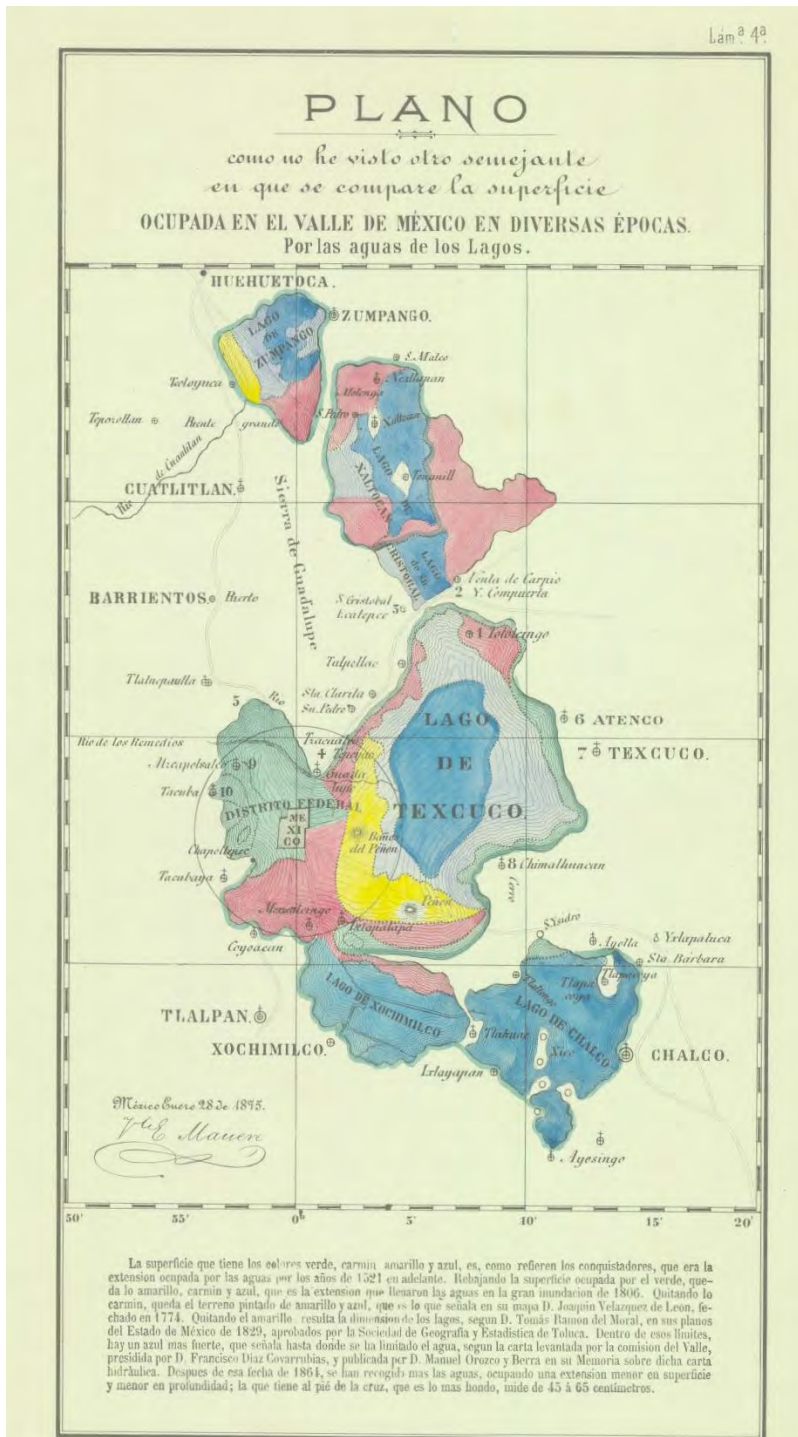
Debido a ello, desde el Virreinato –e incluso antes– se buscó la forma de atajar las crecidas de las aguas y desecar el valle. El *Plano comparación de la superficie ocupada por las aguas en el Valle de México en 1875*, elaborado por el ingeniero Vicente Manero con base en cartografía anterior, muestra una interpretación de los avances en su desecación para el año señalado, a la vez que resulta útil para ubicar espacialmente algunos sitios de interés en este capítulo, como el lago de Zumpango y el pueblo de Huehuetoca.

²⁹⁶ RUIZ-Angulo, Ángel y Érika Danaé López-Espinoza, “Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI, un experimento numérico”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 67, Núm. 2, 2015, p. 216.

²⁹⁷ IMAZ, Mireya, “Historia Natural”, p. 15.

²⁹⁸ HUMBOLDT, Alexander von, *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España, por...*, traducido al español por don Vicente González Arnao, con dos mapas, Tomo primero, París, Rosa, 1822, p. 337. Disponible en https://archive.org/details/cihm_45741/page/n421 (fecha de consulta: 12 de diciembre de 2018).

*Plano Comparación de la superficie ocupada por las aguas
en el Valle de México en 1875*



Joaquín Velázquez de León, Tomás Ramón del Moral, Francisco Díaz Covarrubias y Manuel Orozco y Berra, "Plano Lagos en el Valle de México", Comisión de Geografía y Estadística de Toluca; Comisión de Valle y M. Fernández, 1875, s/e, 43 x 31 cm. En Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Serie: Parciales 725-1, Expediente: Parciales 7, Código Clasificador: COYB.PAR.M50.V7.0281. Cfr. Ernesto Lemoine Villicaña, *El desagüe de México durante la época independiente*, México, UNAM, 1978, entre pp. 30 y 31. Se agradece la asesoría del ingeniero René Rubio Garibay para la interpretación de los planos y cartas del capítulo.

No se pretende historiar el desagüe en el Valle de México, pues además de que ya existen varias obras al respecto no es objeto de este capítulo.²⁹⁹ Lo que se resalta de estos hechos es que debido a las inundaciones, el desplazamiento hacia los espacios de exploración fue inmediato, y las obras que propiciaron hallazgos paleontológicos tuvieron naturaleza distinta a las mencionadas en el capítulo anterior, enfocadas en el aprovechamiento de recursos y la colonización.³⁰⁰

Las características del valle provocaron su exploración, gracias a la cual se encontraron fósiles de mamíferos apiñados en cierta zona, también debido a las características naturales del lugar. Aunque el Valle de México en general ha sido zona de descubrimientos paleontológicos, el tajo de Tequixquiac –ubicado al noreste de Zumpango– es el lugar donde sucedieron los más interesantes en la segunda mitad del siglo XIX, como se verá a continuación.

El tajo de Tequixquiac: un espacio para la ciencia paleontológica

El canal de Huehuetoca y el tajo de Nochistongo

En el siglo XVII fray Agustín de Vetancourt (1620-1700) escribió en su *Teatro mexicano* que había observado en el desagüe de “Guëgüetoca” la extracción de “huesos disformes, muy blancos y de que han hecho jarros para beber, olorosos, y llaman espodio, y una muela tamaña como un puño”. Utilizó esta información como prueba de la existencia de habitantes en América antes del Diluvio universal, pues demostraba la presencia de gigantes en estas tierras.³⁰¹

Para Arroyo-Cabrales *et al.*, este hallazgo es la primera mención de Tequixquiac, una de las localidades más exploradas en México, de donde se han extraído huesos de gran tamaño

²⁹⁹ Entre las obras dedicadas a este tema que abarcan este periodo, puede consultarse la de LEMOINE Villicaña, Ernesto, *El desagüe del valle de México durante la época independiente*, México, UNAM, 1978, 126 p.

³⁰⁰ Esto no significa que no se hubiera explorado esta región con otros fines, pues cabe recordar que desde el Virreinato contaba con producción minera y agrícola, así como una incipiente industria textil.

³⁰¹ Este razonamiento se sustentaba en la explicación bíblica del origen de los gigantes (hijos de humanas y ángeles), quienes habrían vivido en la Tierra antes del Diluvio. VETANCURT, Fray Agustín de [ídem], *Teatro mexicano, descripción breve de los sucesos ejemplares, históricos, políticos, militares y religiosos del nuevo mundo occidental de las Indias, por...*, Tomo I. México, Imprenta de I. Escalante y C^a., 1870, pp. 204-205.

provenientes de las aguas residuales de Huehuetoca.³⁰² Si se recuerda, en el capítulo primero se vio que a inicios del siglo XIX Andrés del Río reportó restos de animales de gran tamaño en las obras del desagüe (Huehuetoca y Tezcuco), que clasificó como muelas de elefante³⁰³ e integró en el apartado correspondiente a la fauna del *Nuevo pliocene*³⁰⁴ [sic] de su *Manual de Geología*, en un ejercicio inicial de reconocimiento de los periodos de la historia terrestre mediante la comparación con fósiles de otros lugares.

Este libro se usó durante casi un siglo en el Colegio de Minería, generaciones de estudiantes y profesores observaron el avance del conocimiento geológico, zoológico y paleontológico. También, la profusión de fósiles en Huehuetoca y Tequixquiac, donde los trabajos fueron constantes durante el siglo XIX. En obras posteriores sobre Geología mexicana, escritas en la década de los setenta, los fósiles y sus lugares de descubrimiento ya estaban incorporados en los apartados de Geología histórica y Paleontología.³⁰⁵

Ese canal en Huehuetoca y su salida por Nochistongo se habían construido durante el Virreinato, aunque el ingeniero Francisco de Garay (1825-1896) menciona que el virrey Martín Enríquez pensó en Tequixquiac como uno de los primeros sitios para hacer el desagüe, luego de la inundación de la Ciudad de México en 1580, cuando “en persona se trasladó al Norte del Valle explorando con los prácticos la cordillera de ese rumbo, habiéndose ejecutado bajo su vista algunas medidas y nivelaciones y ‘se hallaron 10,000 varas desde el Molino de Ontiveros hasta el Tequixquiac’”.³⁰⁶

Se estudiaron otros lugares de la zona, pues era necesario hacer un canal y después un túnel que atravesara la cortina de cerros para sacar el agua fuera de la cuenca. Finalmente, se

³⁰² Vetancourt no menciona Tequixquiac sino Huehuetoca, así que Cabrales debe referirse a toda la zona norte de Zumpango. ARROYO Cabrales, Joaquín, Óscar Polaco *et al.*, “The distribution...”, p. 29.

³⁰³ Véanse los cuadros *Petrificaciones en México mencionadas en la traducción de las Tablas mineralógicas de Karsten y Petrificaciones ubicadas en territorio mexicano por Andrés del Río*, en el primer capítulo de esta investigación.

³⁰⁴ Río, Andrés del, *Manual de Geología con 27 estampas de los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, más característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de la República mexicana, por..., profesor de Mineralogía, México, Impreso por Ignacio Cumplido, 1841*. p. 38. Los periodos establecidos en ese entonces eran: Eoceno, Mioceno, Antiguo Plioceno, Nuevo Plioceno y Formación Moderna.

³⁰⁵ Véanse de Mariano Bárcena su estudio sobre las *Rocas mesozoicas* y su *Tratado de Geología*, ambas obras ya mencionadas en esta investigación.

³⁰⁶ GARAY, Francisco de, *El Valle de México, apuntes históricos sobre su hidrografía desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, por..., ingeniero, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1888*, p. 15.

optó por hacerlo en el poblado de Huehuetoca, que se aprecia en el plano mostrado, con salida de agua por un tajo en el cerro de Nochistongo, debido a que era el punto con altura más baja y menor masa. Iniciaron los trabajos el 28 de noviembre de 1607, con Enrico Martínez como maestro mayor de la obra.³⁰⁷

De este lugar provienen las muelas de elefante y mastodonte referidas por Vetancourt, Humboldt y Del Río a finales de los siglos XVII y XVIII, respectivamente. Las obras fueron accidentadas, con gran mortandad de trabajadores, y duraron más de un siglo. Como el resultado distó de lo planeado, persistieron las inundaciones y el afán de contenerlas. De vez en cuando alguien sugería Tequixquiac como la salida más adecuada, entre ellos Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786),³⁰⁸ pero el virrey Iturrigaray continuó los trabajos en Nochistongo, en los que ya se había invertido bastante dinero.

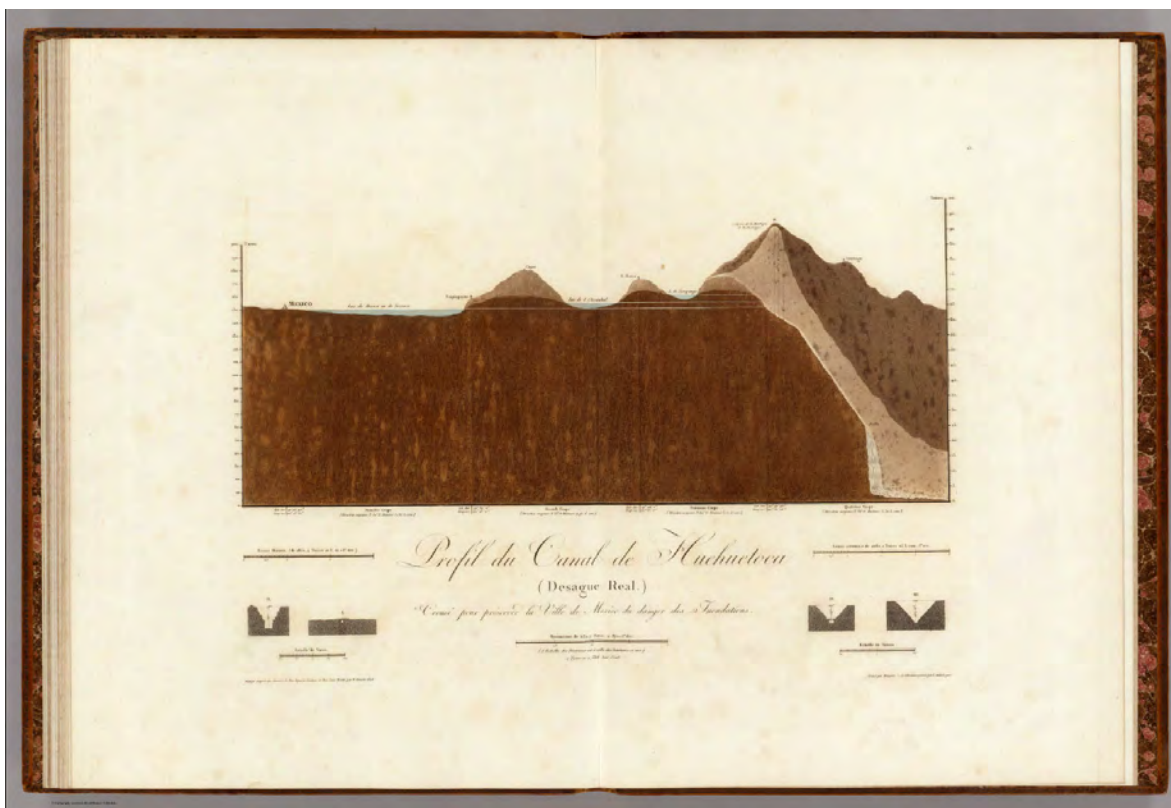
Concluido el canal, fue admirado por hombres como el barón Alexander von Humboldt, quien lo representó gráficamente en 1803 en su *Profil du Canal de Huehuetoca*, que se observa en la página siguiente. En esta obra, el prusiano sintetiza el espacio comprendido entre la Ciudad de México y el desagüe de Huehuetoca, también llamado *Desagüe real*, en una traducción al papel donde incluyó la altura de los cuerpos de agua de Texcoco, San Cristóbal³⁰⁹ y Zumpango con respecto de la Ciudad de México, ubicada en el lado izquierdo.

Nótese que la altura de los lagos se incrementa conforme se alejan de la capital, de modo que Zumpango, al norte del Valle, está a mayor altura que el resto. Cuando llovía abundantemente, sus aguas se desplazaban hacia terrenos más bajos, hacia los otros cuerpos de agua e inundaban la capital. Gracias a esta traducción al papel, que circuló también por Europa, la obra y las características hidrográficas del Valle pudieron ser conocidas sin desplazarse hasta allá. Se comenzó la apropiación de este espacio.

³⁰⁷ Para conocer la discusión acerca de la elección de Huehuetongo para desaguar, véase CEPEDA, F. de, F. A. Carrillo y J. Álvarez Serrano, *Obras públicas en México, documentos para su historia, Tomo I. Relación universal – 1637, por...*, México, edición de la Secretaría de Obras Públicas, 1976, pp. 44-69.

³⁰⁸ Tío del coronel Joaquín Velázquez de León, mencionado en el capítulo anterior y pieza clave en la fundación del Real Seminario de Minería. Sobre su participación en los proyectos del desagüe, véase GARAY, Francisco de, *El Valle de México*, p. 51.

³⁰⁹ San Cristóbal forma parte del lago de Xalcotan. Véase el Plano *Comparación de la superficie ocupada por las aguas en el Valle de México en 1895*, de esta investigación.

Profil du Canal de Huehuetoca (desagüe real)

Fuente: Alexander von Humboldt, *Profil du canal de Huehuetoca (Desagüe Real)*. In: David Rumsey Historical Maps Collection Files: file:///F:/zumpango/Profile%20du%20Canal%20de%20Huehuetoca.%20-%20David%20Rumsey%20Historical%20Map%20Collection_files/Rumsey_footer.html (fecha de consulta: 2 de octubre de 2018).

Durante el periodo independiente continuaron los trabajos de desazolve de canales, mejoramiento de calzadas y obras menores, pero era necesaria una solución permanente. Se lee en las *Memorias de Fomento* de 1857 que el desagüe era una de las prioridades para el gobierno. El ministro Manuel Siliceo menciona los ramos encomendados a la institución: “Todas las obras públicas de utilidad y de ornato que se hagan con fondos públicos, y muy principalmente los caminos, canales y desagüe de México”.³¹⁰

³¹⁰ SILICEO, Manuel, “Creación del Ministerio de Fomento”, en *Memoria de la Secretaría de Estado y Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, escrita por el Ministro del ramo..., para dar cuenta con ella al Soberano Congreso Constitucional*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857, p. 5.

Los primeros trabajos en este periodo consistieron en el desazolve del canal de Huehuetoca, la limpia de ríos y canales y la emisión del decreto del 12 de abril de 1855, el cual establecía “reglas fijas para hacer cumplir a las personas que les corresponde efectuar el desenzolve de los ríos, arroyos, canales y zanjas”.³¹¹ En 1856 se convocó a especialistas para presentar un proyecto que diera solución al desagüe, y resultó ganador el del ingeniero Francisco de Garay (1825-1896).³¹²



En esta imagen se aprecian las formaciones rocosas que quedaron al descubierto con el tajo de Nochistongo. Mediateca INAH. Título: “Tajo de Nochistongo”, Fecha: Ca. 1883, Autoría: W. H. (William Henry) Jackson, fotógrafo, Forma: hasta 28.0-35.6 cm, positivo en albúmina, Ubicación: Fototeca Nacional, México.

El túnel y tajo de Tequixquiac

Francisco de Garay estudió con cuidado la región y los informes anteriores para elaborar su proyecto, que incluía una serie de obras que concluirían en la construcción de otro canal que también desaguaría hacia el norte, pero por el tajo de Tequixquiac o barranca de Acatlán.³¹³ La falta de dinero y estabilidad política imposibilitó el comienzo de las obras, el país se sumió en la *Guerra de los tres años* y más tarde en la *Segunda Intervención francesa*, que colocó al archiduque Maximiliano de Habsburgo a la cabeza del Segundo Imperio. Éste inició el proyecto de Garay y mandó comprar maquinaria a Europa.³¹⁴

³¹¹ “Desagüe del Valle de México”, en *Memoria de la Secretaría de Estado*, p. 25.

³¹² GARAY, Francisco de, *El Valle de México*, pp. 62-63.

³¹³ Nótese la ausencia de este poblado en el mapa presentado hasta ahora.

³¹⁴ LEMOINE Villicaña, Ernesto, *El desagüe*, p. 55.

En ese periodo, en el mundo occidental la Paleontología pasaría a ser noticia constante, bien fuera por la *guerra de los huesos*, por el descubrimiento de nuevas especies tanto de vertebrados como de invertebrados, por los usos de la micrografía para encontrar fósiles diminutos o por las implicaciones del evolucionismo en las esferas biológica y social.³¹⁵

En México, la búsqueda de recursos naturales propició el descubrimiento de vertebrados, invertebrados y plantas fósiles, como ya se vio en las exploraciones de Fomento. Hubo extranjeros que, desde 1840, encontraron fósiles, además del ya mencionado Henry G. Galeotti, hombres como el norteamericano William More Gabb (1839-1878) descubrió restos de vertebrados y moluscos del Cretácico en Sonora y Chihuahua en la década de los sesenta decimononos.³¹⁶

Por otra parte, la convivencia con los geólogos de la *Commission Scientifique du Mexique* y el conocimiento de sus líneas de investigación abonaron a la ciencia del país. Antonio del Castillo y Santiago Ramírez tradujeron la Geología y la Paleontología en necesidades de exploración para el Ministerio de Fomento,³¹⁷ y aprovecharon las comisiones para estudiar rocas y fósiles, determinar horizontes estratigráficos, explicar el origen de las formaciones, labor que se vio reflejada en el contenido de las revistas científicas y de interés general.

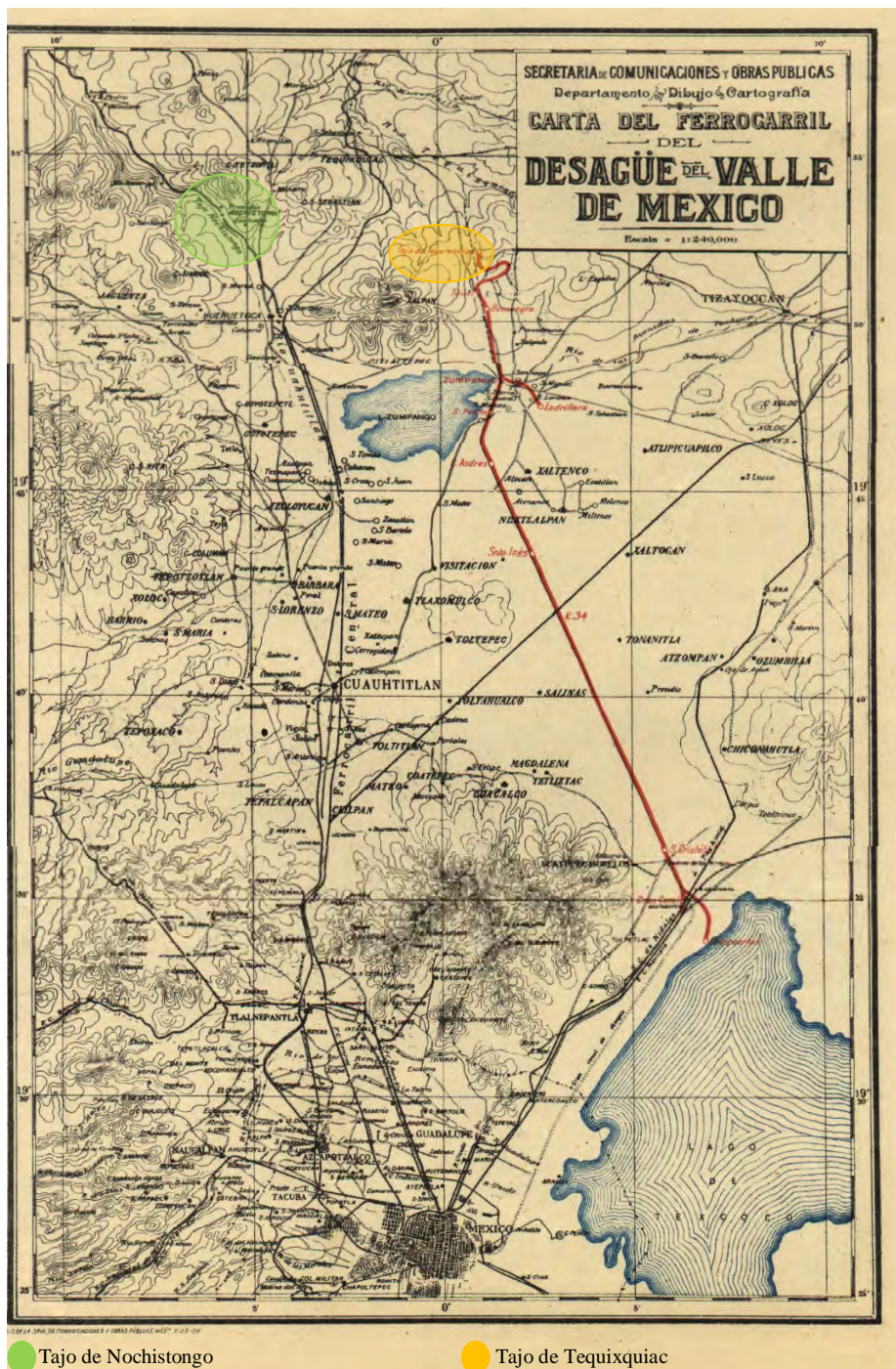
El Valle de México, por su parte, se dispuso a mostrar lo que guardaba en sus entrañas, con ayuda de los trabajadores. En el tajo de Tequixquiac se encontró gran cantidad de fósiles, si bien la mayoría incompletos y amontonados. Ya se debió notar por el mapa anterior la ausencia de Tequixquiac y su barranca en cierta cartografía del desagüe. Para ubicar este punto de interés y tener idea de su distancia con Huehuetoca y Zumpango, se presenta la *Carta del ferrocarril del desagüe del Valle de México*.

³¹⁵ En la segunda mitad del siglo XIX se trató de aplicar el evolucionismo en programas de investigación de ciencias como la Psiquiatría, entre otras. Véase CAPONI, Sandra, “El impacto del evolucionismo en la teoría de la degeneración: Emil Kraepelin y la biologización de los hechos sociales”, en Miguel Ángel Puig Samper, Francisco Orrego *et al.*, “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Madrid, Ediciones Doce Calles/UNAM/Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile)/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Universidad Austral (Chile), 2015, pp. 93-98.

³¹⁶ URIBE Salas, José Alfredo, “La Paleontología mexicana en la época de Darwin”, en Miguel Ángel Puig Samper, Francisco Orrego *et al.*, “*Yammerschuner*”, pp. 116-117.

³¹⁷ AZUELA, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio: la demarcación de la Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, UNAM, 2005, p. 41.

Carta del ferrocarril para el desagüe del Valle de México



Fuente: Mediateca INAH, Colección Histórica Mapas de México-Biblioteca Nacional de Antropología e Historia. Autoría: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas; Título: Carta del ferrocarril del desagüe de México, MID: 47_20150706-120000:1938, Tópico: desagüe; ferrocarriles, Geográfico: Valle de México, siglo XX. Disponible en línea: [http://mediateca.inah.gov.mx/islandora_74/islandora/search/catch_all_fields_mt%3A\(ferrocarril%20del%20desague\)](http://mediateca.inah.gov.mx/islandora_74/islandora/search/catch_all_fields_mt%3A(ferrocarril%20del%20desague)) (fecha de consulta: 2 de enero de 2019).

Para 1867, una vez restablecido el gobierno de Benito Juárez, se discutió en el Ministerio de Fomento la pertinencia de seguir con los trabajos en el tajo de Tequixquiac o suspender la obra. Se revisaron otras dos opciones: *a)* hacer otro canal paralelo al de Huehuetoca, y *b)* dar salida a las aguas por la parte sur del Valle de México. Esta última fue la primera en desecharse, pues aunque se había pensado en aprovechar para irrigar las tierras sedientas de esa parte del territorio, el tipo de suelo y las elevaciones la hicieron inviable.³¹⁸

Los ingenieros Ricardo Orozco, Jesús P. Manzano, Miguel Iglesias y Ramón Almazán fueron encargados de revisar las tres opciones. No tuvieron consenso, Ricardo Orozco presentó en solitario su punto de vista mientras los otros tres dieron su opinión en un solo documento. El primero apoyaba el canal paralelo al de Huehuetoca, el resto prefería continuar con el tajo de Tequixquiac, que representaba la excavación y construcción de un canal de 9,810 metros.

La resolución final fue firmada el 25 de marzo de 1868 por el comité ex profeso, constituido por Francisco Chavero, Antonio del Castillo, Francisco de Garay, Manuel Fernández y Miguel Bustamante, quienes después de revisar los informes consideraron que por Tequixquiac se tendría mayor economía y seguridad en la ejecución de la obra, debido a que el suelo en Huehuetoca era más propenso a derrumbes.³¹⁹ Así, se continuaron las obras del túnel y el tajo en Tequixquiac.

Destaca que Antonio del Castillo, ingeniero de minas impulsor de la Geología en México, formara parte de la comisión que dictaminó en favor de esta opción; además de mostrar su jerarquía como experto en la estructura gubernamental del periodo, este hecho lo sitúa en el lugar adecuado para influir en las decisiones sobre los espacios a intervenir. Cabe preguntar: ¿habrá influido el deseo de proseguir la exploración de un espacio donde se acababan de encontrar mamíferos fósiles?³²⁰

Para ese entonces, en el ámbito mundial, la Paleontología se transformaba en una ciencia moderna gracias a la teoría de la evolución de Charles Darwin. A decir de Gío Argáez:

³¹⁸ En SILICEO, Manuel, *Memoria de la Secretaría de Estado*, pp. 320-321.

³¹⁹ Documento Número 17, en *Memoria de la Secretaría de Estado*, pp. 340-342.

³²⁰ El tema de los fósiles de mamíferos encontrados en el Valle de México se retomará más adelante.

...una vez expuestos los mecanismos a través de los cuales los organismos van cambiando y sucediéndose a través del tiempo hasta constituir nuevas especies, el registro fósil pasó de ser una colección de organismos extintos y sin conexión aparente entre sí, a convertirse en la herramienta que permitiría a los científicos reconstruir la filogenia de los seres que han habitado la Tierra a lo largo de las diferentes eras y periodos geológicos.³²¹

Algunos ingenieros mexicanos, conscientes de estas teorías y deseosos de participar, estuvieron al pendiente de los fósiles que se pudieran hallar en las excavaciones. Para contar con más elementos para el análisis de esta práctica se presenta el *Corte geológico del Valle de México*, que muestra los trabajos preparatorios para el túnel que saldría por la barranca de Acatlán, para el año de 1868. Esta obra de ingeniería civil llevó a incorporar nuevos elementos a la Paleontología.

Se distingue el túnel por debajo de los cerros de Tequixquiac con 24 lumbreras, a unos 50 metros de distancia entre ellas. Se aprecia la columna geológica en cada una. Para 1867 ya se había comenzado a escarbarlas, seguramente hasta donde se identifican los estratos. Del lado derecho del Corte se aprecia la salida del túnel por el tajo de Tequixquiac o barranca de Acatlán, en la cual se habían excavado 69,500 metros cúbicos de tierra hasta el año anterior. Ahí se encontraba el depósito fosilífero, a unos seis metros de profundidad.³²²

Lemoine explica en términos sencillos en qué consistían estos trabajos preparatorios:

24 “agujeros” verticales, separados uno de otro a una distancia no mayor de medio kilómetro y ahondados a la profundidad proporcional dictada por el nivel –o desnivel– del terreno, servirían para que en el fondo de cada uno de ellos los trabajadores, a manera de topos, horadaran, en sentido horizontal, una galería, que uniendo los tramos de lumbrera a lumbrera, y desde la primera hasta la última, diera por resultado el túnel, extendido a lo largo de diez kilómetros bajo los cerros y lomeríos comúnmente llamados “de Tequixquiac”.³²³

³²¹ GíO-Argáez F., Raúl y Hugo E. Yunuen Rodríguez Arévalo, “Panorama general de la Paleontología mexicana”, *Ciencia Ergo Sum*, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, vol. 10-1 [en línea], marzo-junio 2003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10410110> (fecha de consulta: 3 de julio de 2016).

³²² Esta profundidad fue señalada por varios autores, entre ellos LOBATO, José G., “Meteorología de México, Geología e Hidrografía. Geología”, *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera Época, Tomo III, correspondiente al año de 1876, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1876, p. 466.

³²³ LEMOINE, Ernesto, *El desagüe*, pp. 74-75.

Esta intervención en Tequixquiac y todo el plan de desagüe duró más tiempo de lo programado, pues fue inaugurado hasta 1900 por el presidente Porfirio Díaz.³²⁴ Durante ese periodo se tuvo oportunidad de hacer estudios geológicos y paleontológicos, como se verá en el siguiente apartado. Por otro lado, las oficinas del desagüe, ubicadas en Zumpango, continuaron como el nodo desde donde se organizarían tanto las obras como los saberes.



Mediateca Nacional INAH. Título: Porfirio Díaz en la inauguración del tajo de Tequixquiac, MID: 77_20140827-134500:35974, Fecha: 1900, Lugar de origen: Ciudad de México, Distrito Federal, México, Temática: tópico inauguraciones; presidentes; inauguraciones; desagüe cloacal; obras públicas; comitivas; fotoperiodismo. Geográfico: Ciudad de México, Distrito Federal, México. Temporal: 1900, Colección Mediateca: fotografías; Acervo: Archivo Casasola –Fototeca Nacional, Parte de: Fototeca Nacional INAH, Autoría: Casasola.

³²⁴ A escasos seis meses de la inauguración la ciudad volvió a inundarse, lo mismo al año siguiente y en otras ocasiones. PERLÓ Cohen, Manuel, *El paradigma porfiriano: historia del desagüe del Valle de México*, Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM/Miguel Ángel Porrúa, librero-editor, 1999, pp. 252-253.

Principales hallazgos

Con lo visto hasta ahora es posible calificar el espacio geográfico como un actante que propició el encuentro entre otros dos miembros de la red que se constituía: los fósiles y los ingenieros mexicanos. La red continuó creciendo e incluyó otros miembros –las representaciones–, que harían circular el referente hacia fuera de las fronteras y lo insertarían en la discusión sobre la clasificación, el periodo de existencia y el lugar que ocupaban en la línea evolutiva los distintos géneros de mamíferos localizados.

Entre las especies encontradas había elefantes, mastodontes, glyptodones (parientes de los armadillos), rinocerontes, equinos de distintos géneros, llamas también de distinto género, pécaris y bisontes. Más adelante se halló un hueso de llama muy peculiar, pues parecía tallado por una mano humana, descubrimiento que puso al hombre en América en el mismo periodo que ese animal (cabe la aclaración de Manuel M. Villada, de que los fósiles del tajo, acarreados por las corrientes, estaban “lejos de su primitivo yacimiento”).³²⁵

Pero hay que ir por partes. Ante la profusión de huesos en Tequixquiac, los ingenieros tenían claro que debían proceder científicamente al separar de su lugar los restos elegidos para circular en la red, si querían que en realidad aportaran a la misma. Por ello debieron girar instrucciones precisas sobre el proceder de los trabajadores en caso de encontrar algo valioso, como el cuerpo completo de un proboscídeo o los restos de una especie hasta entonces desconocida, indicaciones que no siempre se siguieron.

Debían ubicar el lugar del hallazgo lo más exacto posible para datar las capas correctamente; tendrían que llevar los ejemplares seleccionados al sitio de acumulación, primero en las oficinas del desagüe en Zumpango y luego en el Colegio de Minería, el Museo Nacional, las oficinas de la Secretaría de Fomento o algún otro gabinete de provincia, como el de Toluca o de Guanajuato; y se haría la traducción en informes, estudios y representaciones visuales (dibujo, pintura, fotografía, moldes y esculturas).

Estas actividades de medición y determinación de estratos acercaron el tajo de Tequixquiac al proceder de un laboratorio –o gabinete geológico en este caso– que, si bien fue en

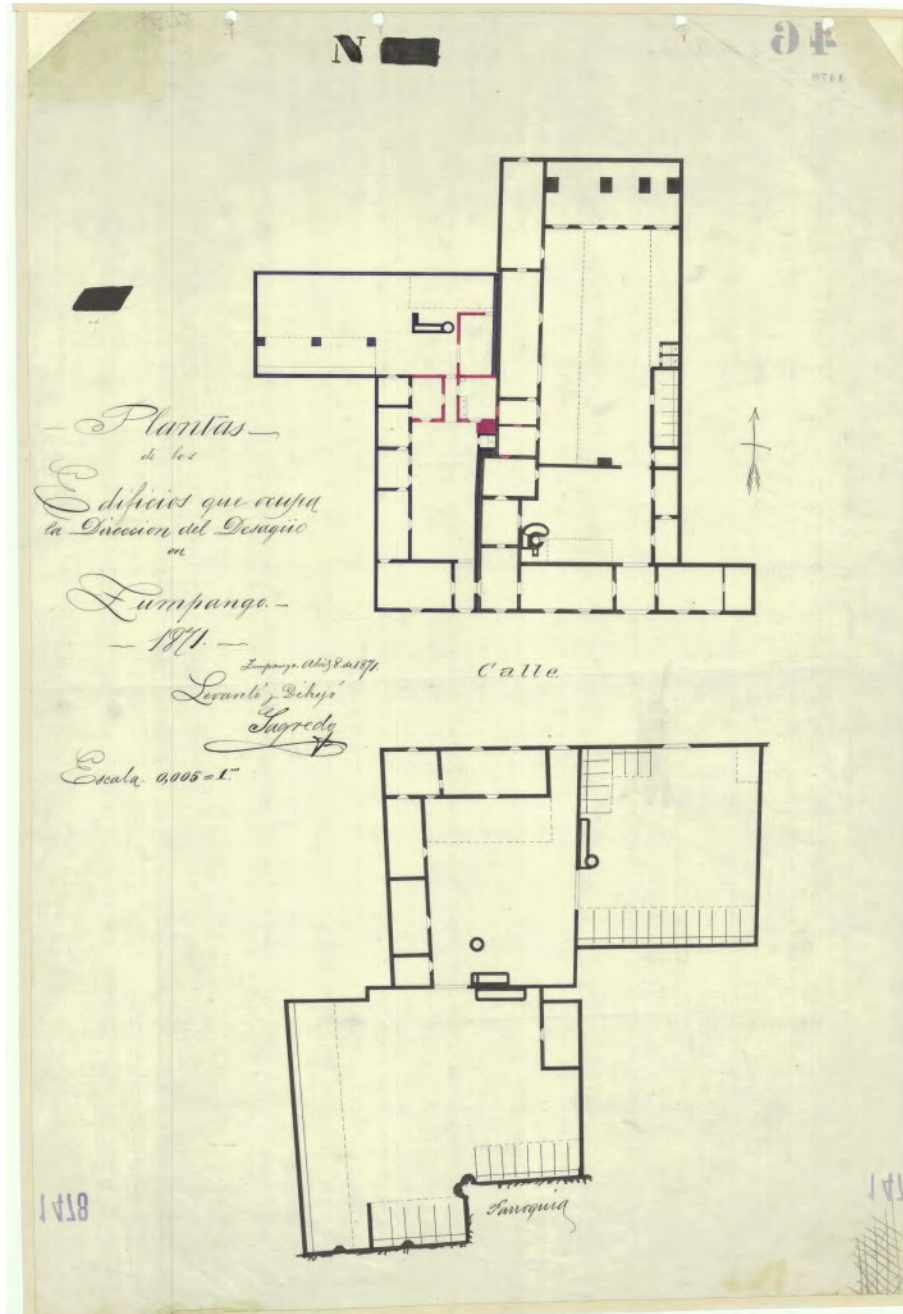
³²⁵ VILLADA, Manuel María, “Apuntes acerca de la fauna fósil del Valle de México”, *Anales del Museo Nacional*, Tomo VII, 1903, p. 443.

sentido laxo, se considera suficiente para establecer que con estas actividades se construyó un espacio de ciencia que perduró hasta 1900, periodo en que se tuvo presencia semipermanente de personal, bodegas para resguardar el material y oficinas donde hacer las primeras observaciones y recibir a otros colegas interesados en este estudio.

Las siguientes son dos imágenes de las oficinas en Zumpango, la primera para mostrar la importancia de las obras de desagüe reflejada en la fachada y la ubicación de las oficinas, y la segunda para dar idea del espacio disponible para trabajar en las obras y almacenar los fósiles encontrados.



Manuel Rivera Cambas, *México pintoresco, artístico y monumental*, tomo III. Estado de México, México, Imprenta de la Reforma, 1882-1883, entre pp. 100 y 101.



Mapoteca Orozco y Berra, Título: Plantas de los edificios que ocupa la Dirección del Desagüe en Zumpango. Colección Orozco y Berra, Edo. de México, Autor: Sagredo, Año. 1871, Escala: gráfica, Técnica: Tela calca manuscrito coloreado, Medidas: 74 x 50 cm, Varilla: OyBMEX01, No. Clasificador: 1478-OyB-7251-A.

Mexicanos y extranjeros encontraron en estos hallazgos el insumo para escribir estudios paleontológicos, publicados en los órganos de difusión científicos de la época: *La Naturaleza*, el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, los *Anales del*

Museo Nacional, El Minero Mexicano, por citar los más representativos en México. Resalta la producción escrita a partir de los años setenta (posterior al hallazgo de los ejemplares), como consigna el Cuadro siguiente.

Publicaciones relacionadas con los fósiles de Tequixquiac

Núm.	Año	Autor	Título	Publicación
1	1869	Sir Richard Owen	“On Fossil remains of Equines from Central and South America referable to <i>Equus conversidens</i> , <i>Ow.</i> , <i>Equus tau</i> , <i>Ow.</i> , and <i>Equus arcidens</i> , <i>Ow. By...</i> ”	<i>Philosophical Transactions, Royal Society</i> , Vol. 159 (01 January 1869), London, pp. 559-573.
2	1869	Del Castillo / Burkart (leído por Herr Beyrich) (Protokoll der mündlichen Verhandlungen) Acta de las actas orales	“Säugethierreste aus der Quartär Formation des Hochthales von México” (Mamíferos fósiles del Cuaternario del Valle Alto de México)	<i>Zeitschrift der Deutsch en geologischen Gesellschaft</i> , XXI. Band, Berlín, 1869, pp. 479-482. (<i>Revista de la Sociedad Geológica Alemana</i>)
3	1870	Antonio del Castillo	“Discurso pronunciado por el señor ingeniero de minas..., presidente de la sociedad, en la sesión inaugural verificada el día 6 de setiembre de 1868”	<i>La Naturaleza, periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural</i> , Tomo I, Núm. 1, 1870, México, Imprenta de Ignacio Escalante y Compañía
4	1874	Mariano Bárcena	“Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”	<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de la República Mexicana</i> , Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875. México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875
5			<i>Idem</i>	<i>El Propagador Industrial</i> , tomo I, núm. 30, 1875; 31, pp. 351-356; 31, pp. 59-364; y 32, pp. 375-378
6	1874	J. N. Cuatáparo y Santiago Ramírez	“Descripción de un mamífero fósil de especie desconocida perteneciente al género ‘Glyptodon’, encontrado entre las capas post-terciarias de Tequisquiac, en el Distrito de Zumpango. Estudio presentado á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por sus socios honorarios los Ingenieros de Minas que suscriben, miembros de la Comisión Geológica del Estado de México”	<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de la República Mexicana</i> , Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875. México, Imprenta de Díaz de León y White, 1874

Núm.	Año	Autor	Título	Publicación
7	1875	Santiago Ramírez, Manuel Orozco y Berra, J. N. Cuatáparo, Vicente E. Manero	“Dictamen presentado a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por la mayoría de la comisión nombrada para estudiar la cuestión relativa al desagüe del Valle de México”	<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística</i> , 3ª época, tomo II, 1875, México, p. 164
8	1875	Juan N. Cuatáparo y Santiago Ramírez	<i>Memoria para la Carta Geológica del distrito de Zumpango de la Laguna, formada por los ingenieros de minas...</i> , Toluca, Imprenta del Instituto Literario, dirigida por Pedro Martínez, 1875	
9	1876	José G. Lobato	“Meteorología de México. Geología e hidrografía”	<i>Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana</i> , Tercera Época, Tomo III, correspondiente al año de 1876
10	1880	Antonio del Castillo	“Paleontología y Geología del Valle de México”	<i>El Minero Mexicano</i> , tomo VII, Núm. 11, México
11	1880	Manuel Orozco y Berra	“Segunda parte. El hombre prehistórico en México”	En el libro <i>Historia antigua y de la conquista de América</i> , Tomo II, México, Tipografía de G. A. Esteva, 1880.
12	1882	Mariano Bárcena	“Descripción de un hueso de llama fósil encontrado en los terrenos posterciarios de Tequixquiac”	<i>Revista Científica Mexicana</i> , Tomo I, núm. 22
13	1882		<i>Idem</i>	<i>Anales del Museo Nacional</i> , 1ª época, tomo II, México
14	1882	J. M. Cuatáparo y Santiago Ramírez	“Geología de Zumpango. De la Memoria para la Carta Geológica del Distrito de Zumpango de la Laguna publicó el año de 1875 la comisión nombrada para formar la del estado de México”	<i>El Minero Mexicano</i> , Tomo IX, núm. 5
15	1884	Antonio del Castillo y Mariano Bárcena	“Noticia acerca del hallazgo de restos humanos prehistóricos en el Valle de México”	<i>La Naturaleza</i> , 1ª serie, tomo VII, México, 1885-1886, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento
16	1885	E. D. Cope	“The Extinct Mamalia of the Valley of Mexico”	<i>Proceedings of the American Philosophical Society</i> , vol. 22, No. 117 (Jan. 1885), pp. 1-21.
17			“Los mamíferos del Valle de México ya extinguidos”	<i>Anales del Museo Nacional</i> , Tomo III, No. 3, 1ª época, 1886, pp. 325-344.
18	1886	Mariano Bárcena	“Nuevos datos acerca de la antigüedad del hombre en el Valle de México por el señor..., socio de número”	<i>La Naturaleza</i> , 1ª serie, tomo VII.

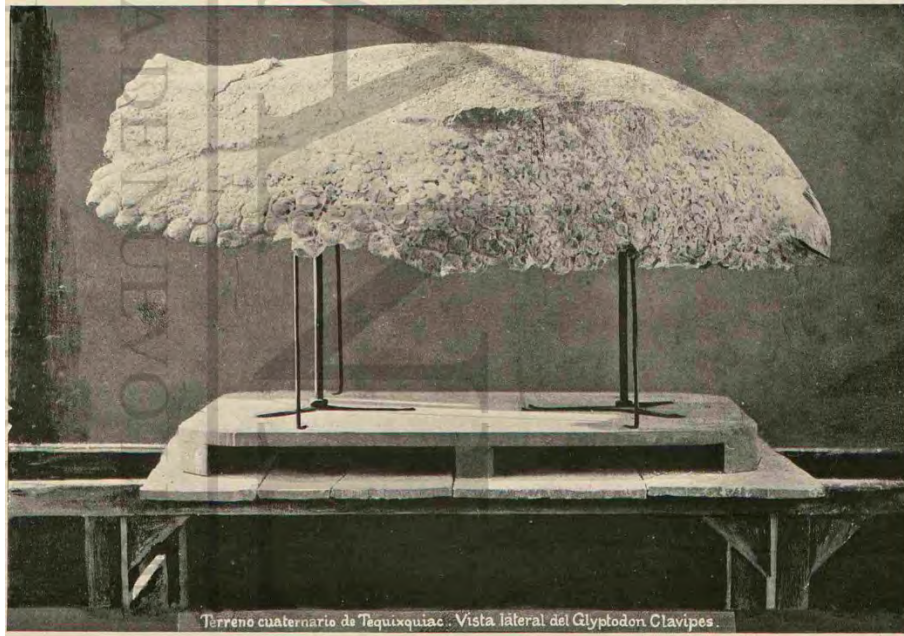
Núm.	Año	Autor	Título	Publicación
19	1894	Alfonso Luis Herrera	“El hombre prehistórico de México”	<i>Revista Científica y Bibliográfica de la Sociedad Científica Antonio Alzate</i> , Tomo VII, núm. 3.
20	1895	Antonio del Castillo	“Informe de la Comisión Geológica sobre los trabajos hidrológicos de la Cuenca del Valle de México”	<i>Boletín de Agricultura, Minería e Industria</i>
21	1897	Mariano Bárcena	“El hombre prehistórico de México”	<i>Actas del Congreso Internacional de Americanistas</i>
22	1897	Manuel María Villada	<i>Catálogo de los fósiles del Museo Nacional de México</i>	Publicaciones del Museo Nacional
23	1903	Manuel María Villada	“Apuntes acerca de la fauna fósil del Valle de México”	<i>Anales del Museo Nacional</i> , No. 7, tomo VII, 1903, pp. 441-451.
24	1903	Manuel María Villada	“Consideraciones generales acerca de la fauna fósil del Valle de México”	<i>Anales del Museo Nacional</i> , Tomo VII, 1903, pp. 455-458.

Fuente: elaboración propia.



Escuela de Ingenieros: Huesos fosiles del terreno cuaternario de Tequixquiac.

En la imagen se muestran algunos fósiles resguardados en la Escuela Nacional de Ingenieros en la época. En el letrero arriba de los restos del lado derecho puede leerse que corresponden al “Cráneo de Elefante joven”. Los huesos del lado derecho no tienen inscripción visible. Fuente: *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1449-1900*, publicada por la Junta Directiva del mismo desagüe, Vol. I, México, Tipografía de la Oficina Impresora de Estampillas, 1902, entre pp. 8 y 9. En: http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080019537_C/1080019537_T1/1080019537_MA.PDF (fecha de consulta: 4 de mayo de 2019).



Fotografía del caparazón del *Glyptodon clavipes* que se tenía en la Escuela Nacional de Ingenieros. Para la década de 1880 se contaba con tres ejemplares (dos en buen estado), resguardados en esta institución educativa y en el Museo Nacional. Nótese en el pie de la imagen que se menciona su hallazgo en el terreno cuaternario del tajo de Tequixquiac. Fuente: *Memoria histórica, técnica...*, entre pp. 12 y 13. En: http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080019537_C/1080019537_T1/1080019537_MA.PDF (fecha de consulta: 4 de mayo de 2019).

Una ojeada a las publicaciones enunciadas en el Cuadro muestra el mismo grupo de mexicanos interesados en profundizar en los estudios paleontológicos para definir la geología histórica de un lugar, describir y clasificar las especies encontradas, discutir sobre una nueva especie, encontrar explicaciones sobre determinados fenómenos y establecer un intercambio con pares extranjeros mediante el establecimiento de redes o el uso de las ya formadas. El grupo estaba encabezado por Antonio del Castillo y Mariano Bárcena.

Al observarlas en orden cronológico, se advierte la suma de nombres como Manuel María Villada y el cambio en los intereses de estudio con el paso de los años, que corresponde con el avance en las investigaciones. Así, de la descripción de rocas y suelos se pasó a la de osamentas de mamíferos para finalmente centrarse en el hombre prehistórico y combinar los intereses de la Paleontología, la Arqueología y la Paleoantropología. Se puede observar cómo se fue ampliando la red al reseñar los principales trabajos.

Antonio del Castillo, Richard Owen y la Sociedad Geológica Alemana

Antonio del Castillo se sumó a las exploraciones y encontró ejemplares de interés. Pese al difícil momento en las relaciones entre México y Gran Bretaña,³²⁶ sir Richard Owen (1804-1892) recibió en 1866, de parte del ingeniero de minas, “una serie de especímenes, moldes y fotografías de objetos de Historia Natural, incluidos algunos fósiles descubiertos por el donante liberal [sic] en los depósitos terciarios o cuaternarios más nuevos en el Valle de México”; esto, a través de R. T. C. Middleton, miembro de la legación británica en México.³²⁷

El paleontólogo británico empleó este material para publicar en 1869 un trabajo sobre los fósiles equinos de “Centro América” (México) y América del Sur, en especial sobre *Equus conversidens*, *Equus tau* y *Equus arcidens*. Aclara que los dos primeros le fueron proporcionados en México por Antonio del Castillo. Después de examinarlos y compararlos con otros fósiles y osamentas de equinos vivos, concluyó que eran especies nuevas y tomó uno de los *conversidens* del ingeniero mexicano como ejemplar tipo de la especie.

También retoma el caso de los fósiles hallados en América del Sur por su colega danés Peter W. Lund (1801-1880) en cuevas de Brasil, en Argentina y en Montevideo. Esta discusión visibiliza la vasta red internacional formada para los estudios paleontológicos, encabezada por naturalistas europeos y norteamericanos, quienes continuaban con viajes de exploración hacia zonas alejadas del planeta, en busca de ejemplares que posibilitaran construir (o destruir, si estaban en contra) la secuencia evolutiva de las especies.

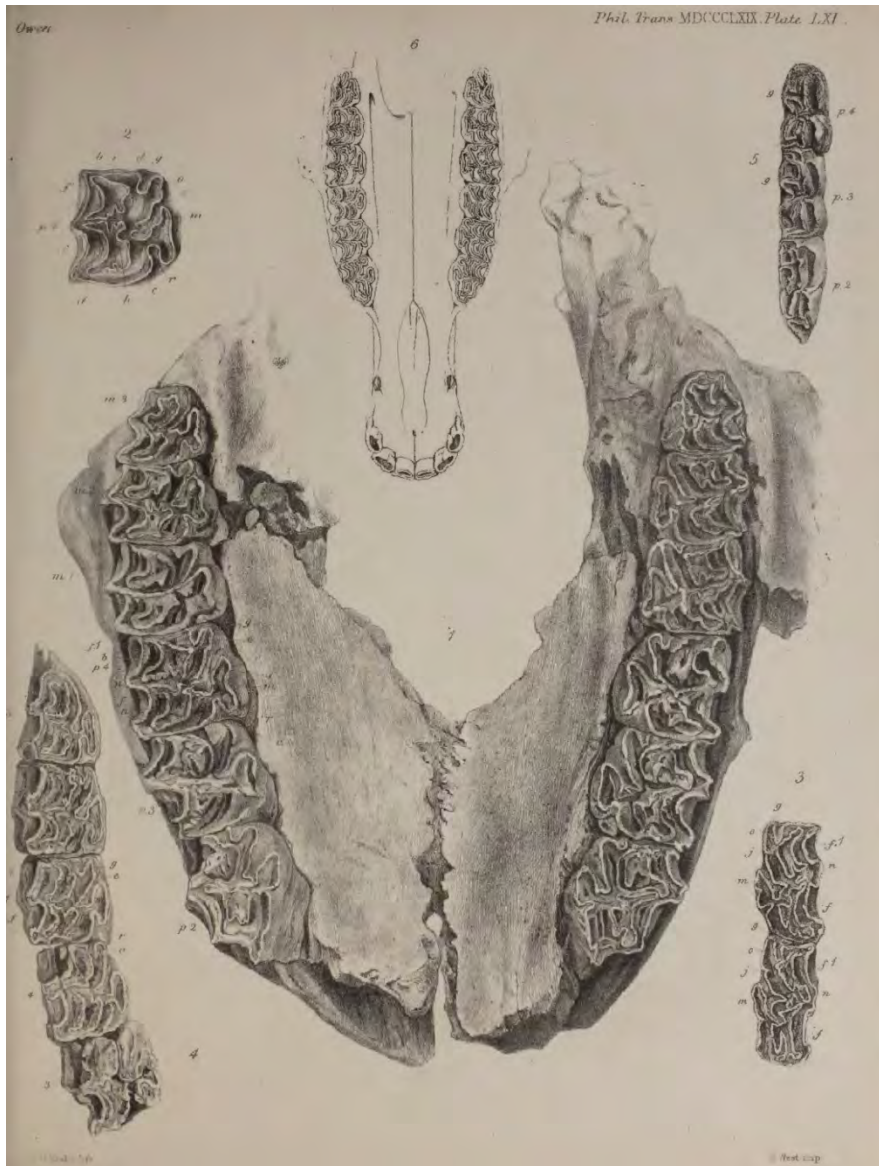
Como soporte para sus argumentos, Owen presenta dos placas con imágenes de los fósiles, la primera compara los equinos encontrados por Antonio del Castillo con el *Equus caballus* (Linn.) –que es el caballo común– y el *Equus curvidens*, mientras la segunda placa

³²⁶ Debido a la intervención tripartita con Francia y España, y el posterior (aunque débil) apoyo británico al imperio de Maximiliano, aunado a los intereses norteamericanos en la región, en 1867 Gran Bretaña retiró su representación diplomática, consular y “cualquiera de naturaleza oficial” de México. Véase RIGUZZI, Paolo, “México, Estados Unidos y Gran Bretaña, 1867-1910: una difícil relación triangular”, *Historia Mexicana*, vol. 41, No. 3 (Jan.-Mar.), 1992, p. 367.

³²⁷ OWEN, Richard, “XVII. On fossil remains of equines from central and South America referable to *Equus conversidens*, Ow., *Equus tau*, Ow., and *Equus arcidens*, Ow.”, in *Phil., Trans. Of the Royal Society*, Vol. 159, 01 January 1869, p. 563, in: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1869.0020> (fecha de consulta: 11 de abril de 2019). Traducción propia.

corresponde a las especies de América del Sur. Estas imágenes después fueron analizadas por Edward D. Cope. A continuación se muestra la primera placa de Owen.

Placa LXI de Owen



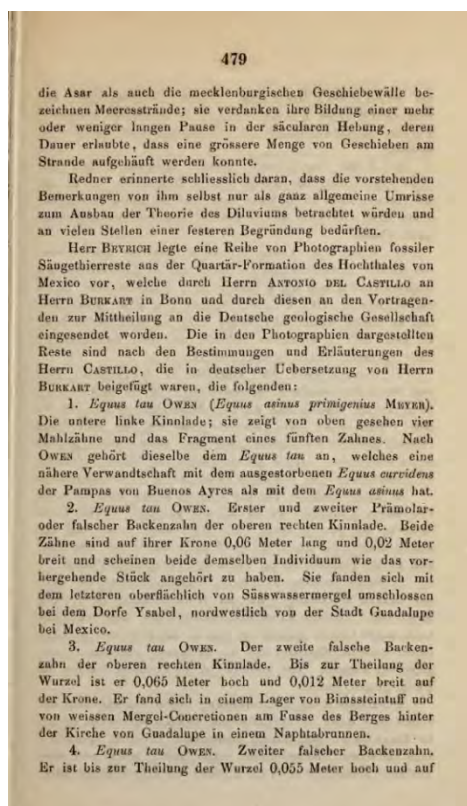
En esta placa, sir Richard Owen presenta, para efectos de comparación, restos del *Equus conversidens* encontrado en el Valle de México, que corresponden a las figuras 1 y 3, mientras que las figuras 2 y 6 son de *Equus curvidens* y *Equus caballus*, respectivamente. Las figuras 4 y 5 corresponden al *Equus tau*. En Sir Richard Owen, “On fossil remains...”, p. 572- plate LXI.

Mientras, Del Castillo continuó con el estudio de fósiles reconocibles y los comparó con los obtenidos en lugares cercanos, como el poblado de Guadalupe o el Valle de Toluca.³²⁸ Además de consultar a Owen, también envió fotografías y descripciones a Joseph Burkart, en Bonn; éste las tradujo al alemán y las envió a la Sociedad Geológica Alemana, donde el Sr. Beyrich las presentó y leyó su descripción en la sesión del 3 de febrero de 1869, según consta en el Acta.³²⁹ A continuación se observan imágenes del ejemplar.

Imagen de la portada de la *Revista de la Sociedad Geológica Alemana*



Página donde se mencionan las fotografías y descripciones enviadas por Antonio del Castillo y traducidas por Joseph Burkart



Fuente: "Säugethierreste aus der Quartär...", portada y p. 479.

³²⁸ Gío-Argáez, F. Raúl, "Panorama general", p. 87.

³²⁹ Antonio del Castillo aprovechó la relación con Burkart para enviar constantemente información a la Sociedad Geológica Alemana, tema en el que valdría la pena profundizar. Por ejemplo, en diciembre de 1866 también les hizo llegar muestras de un nuevo mineral llamado Bismuto telurial sulfo argentífero, de las minas de plata de la sierra de Tapalpa, Jalisco, "Para presentar al señor Rammelsberg en mi nombre, suplicándole lo analice en nombre de la ciencia". CASTILLO, Antonio del, "Säugethierreste aus der Quartär Formation des Hochthales von México" (Mamíferos fósiles del Cuaternario del Valle Alto de México), *Zeitschrift der Deutsch en geologischen Gesellschaft (Revista de la Sociedad Geológica Alemana)* XXI. Band, Berlín, 1869, pp. 479-482. Disponible en línea, en: [https://www.kreidefossilien.de/literatur/e-book-der-woche/zeitschrift-der-deutschen-geologischen-gesellschaft-\(1850-1962\)](https://www.kreidefossilien.de/literatur/e-book-der-woche/zeitschrift-der-deutschen-geologischen-gesellschaft-(1850-1962)) [fecha de consulta: 6 de enero de 2019]. Para las muestras de Tapalpa, pp. 81-82.

Aunque no se cuenta con las fotografías, son 16 fósiles por el número de ejemplares descritos –varios de la misma especie–, como se aprecia en el *Cuadro fósiles del Valle de México fotografiados y descritos por Antonio del Castillo en 1868*. Es la primera descripción de mamíferos hecha por un mexicano y leída en el extranjero. En un artículo posterior, publicado en medios nacionales, expone características de la cuenca e integra las especies, que acomoda en la época postterciaria o cuaternaria, y menciona ubicaciones:

Aquellas grandes llanuras y cuencas, estaban pobladas por los grandes mamíferos extinguidos, de la época *postterciaria* o *cuaternaria* del mundo físico; y así como se explica la existencia de sus despojos sepultados en las capas de tobas volcánicas del Valle de México, de Tula, de Puebla, de Toluca, de Amajac, de Sayula, etc., etc., y hasta en las de las barrancas de Zimapan y Cañada de Marfil, en Guanajuato, ya sobre sierras de montañas.³³⁰

Fósiles del Valle de México fotografiados y descritos por Antonio del Castillo en 1868

Fósil	Cantidad	Procedencia
<i>Equus tau</i> , Owen	6	1 No especificado 2 Cerca de la ciudad de Guadalupe (al sur de Zumpango) 1 Valle de Toluca 2 Barranca de Acatlán, Tequixquiac
<i>Equus n. sp.?</i>	1	Barranca de Acatlán, Tequixquiac
<i>Equus caballus</i>	2	1 Valle de Tequixquiac 1 Barranca de Acatlán
<i>Equus n. s.p.?</i>	1	Mina de extracción de naphta, ciudad de Guadalupe
<i>Bos sp. indic.</i>	1	Ubicación no especificada
<i>Cervus intertuberculatus</i> , Owen	1	1 Guadalupe (a 4 metros de profundidad al pie del monte Tepeyac)
<i>Palauchenia mexicana</i> Castillo (llama fósil de México)	2*	1 Norte del convento de San Diego, en Tacubaya 1 Barranca de Acatlán
<i>Elephas texianus?</i>	1	Barranca de Acatlán
<i>Mastodon andium?</i>	1	Valle de Toluca, en un barranco de la ranhería Almoloya**
<i>Total</i>	16	

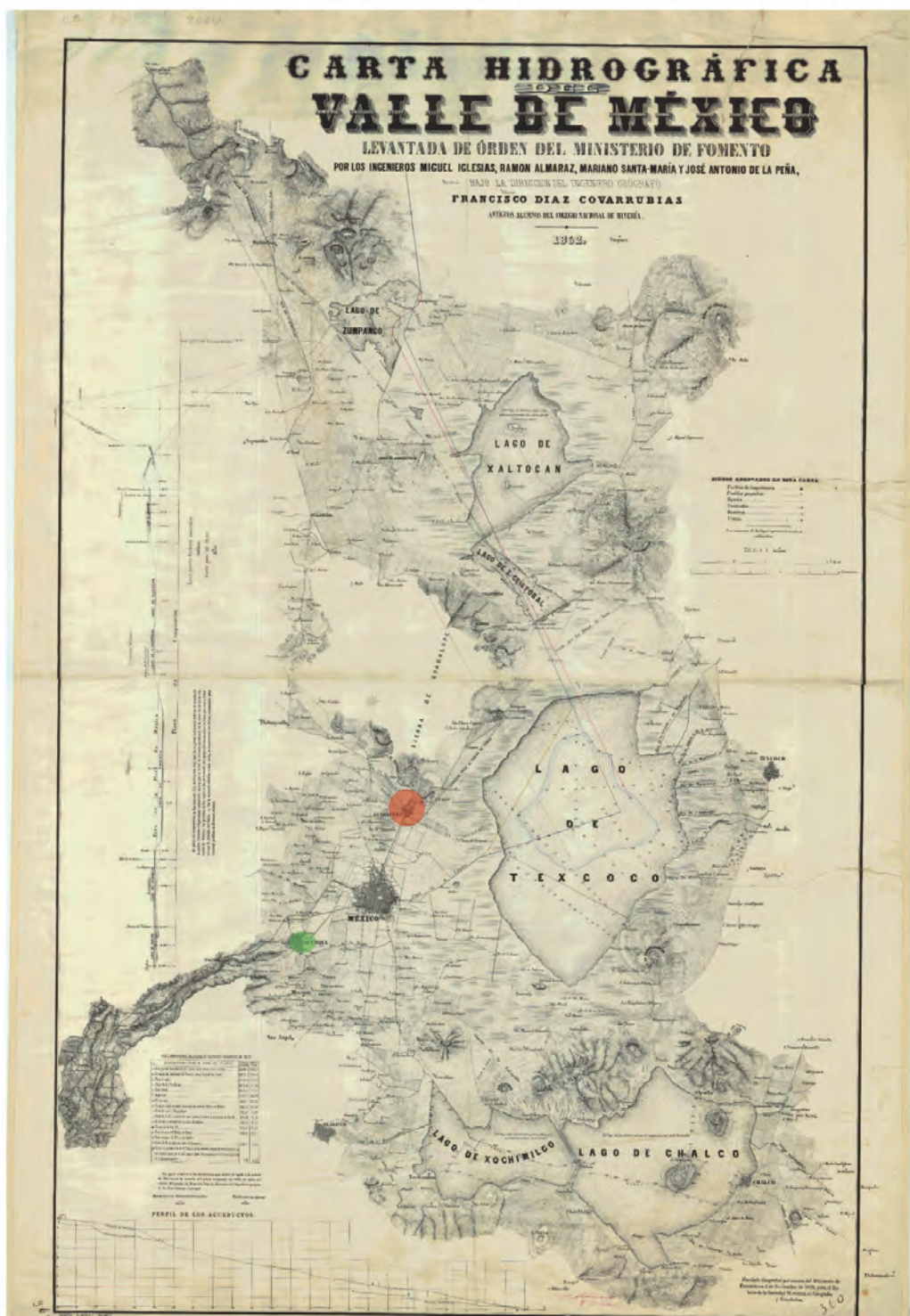
Fuente: CASTILLO, Antonio del, “Säugethierreste aus der Quartär”, pp. 479-482 (traducción propia). Quizá los ejemplares *Equus n.s.p.* corresponden al *Equus conversidens*, Owen.

* En la descripción, una es denominada *Palauchenia mexicana castillo* y la otra solamente *Palauchenia mexicana*.

** El autor manifiesta que incluyó este ejemplar del Valle de Toluca porque en el Valle de México hay varios remanentes de la misma especie, “cuya gran mutilación no permitió su destino”.

³³⁰ CASTILLO, Antonio del, “Adelantos en la geología y paleontología del Valle de México”, *El Minero Mexicano*, 1880, p. 485.

Ubicación del poblado de Guadalupe y de Tacubaya en la Carta hidrográfica del Valle de México



El color rojo muestra la ubicación en la Carta del poblado de Guadalupe y del cerro de Tepeyac, mientras el color azul muestra la ubicación de Tacubaya. Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra. Colección: Orozco y Berra, Estado: Parciales 725, Título: Carta hidrográfica del Valle de México levantada de orden del Ministerio de Fomento, Autores: Ramón Almaraz, Francisco Díaz Covarrubias, Miguel Iglesias, José Antonio de la Peña y Mariano Santa-María, Año: 1862, Escala: 1: 80 000, Técnica: litografía en papel común, Medidas: 57 x 71 cm, Varilla: OYBP72501, No. clasificador: 654-OYB-725-A.

Fósiles del Valle de México enunciadas por el ingeniero Luis G. Lobato en 1876

Cuando el ingeniero José G. Lobato fue comisionado para los trabajos de desagüe en 1871, la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística le proporcionó “los instrumentos necesarios” y lo subvencionó “con algunas cantidades para que pudiese llevar á cabo sus observaciones” sobre la Meteorología del Valle de México, su geología e hidrografía.³³¹ El estudio se publicó hasta el año de 1876, “por causas independientes a la voluntad de esta redacción”, según se expresa en la introducción del documento.

Aunque en la parte paleontológica de su informe solamente enlista géneros y especies encontrados en el tajo, sin medirlos, describirlos ni compararlos con otros ejemplares, menciona estas evidencias para disertar sobre la formación del Valle de México y resolver la cuestión del Diluvio universal.³³² Con base en los hallazgos paleontológicos y litológicos, que le hicieron referir la antigüedad de los terrenos a las épocas cuaternaria, postterciaria y terciaria, proporcionó dos hipótesis sobre la formación de esos yacimientos de osamentas:

1ª Congelación al buscar comida o agua, en el punto donde se encontraban, razón por la que están diseminados.

2ª Por el deshielo y meteoros acuosos que ocasionaron el diluvio universal y anegaron el valle, haciéndolos salir de madrigueras cuevas y cavernas. Como las cadenas de montañas circundantes al Este, Sureste, Sur, Suroeste y Oeste son altas, estaban en ignición y además las corrientes de las aguas se dirigían de allí al fondo del Valle, que tenía, como actualmente tiene, su salida ó derrame aparente hacia el Norte, resultó que los animales ahogados ya y arrastrados por las corrientes inferiores, quedaran aglomerados en el yacimiento que se les ha descubierto, cuando las aguas inferiores no encontraron desagüe como las superiores que derramaron hacia el cauce que hoy se llama río de Cuautitlán.³³³

Aunque ya se sabía desde los estudios para el desagüe, Santiago Ramírez, Juan N. Cuatáparo y un poco más tarde José María Villada coincidieron en indicar el tajo de Tequixquiac como el sitio de salida de las aguas en la cuenca de México, a donde la corriente arrastró y trastocó los restos encontrados. El *Cuadro de especies fósiles*

³³¹ LOBATO, José G., “Meteorología de México”, p. 466.

³³² LOBATO, José G., “Meteorología de México”, p. 547.

³³³ LOBATO, José G., “Meteorología de México”, p. 547.

enunciadas por el ingeniero Luis G. Lobato en 1876 muestra la clasificación de estos últimos.

Fósiles enunciados por el ingeniero Luis G. Lobato en 1876

	Fósil	Tipo	Observaciones
1	<i>Crania</i>	Moluscos rudistas	Mencionado por Bárcena
2	<i>Hipurites</i>	Moluscos brachiópodos	Calizas sedimentarias del cerro de Piscoay, en Apasco
3	<i>Elefans primigenius</i>	Mamífero	Encontrados en el tajo de Tequixquiac
4	<i>Elefans americanus</i>	Mamífero	
5	<i>Mammouth</i>	Mamífero	
6	<i>Cervus megaceros</i>	Mamífero	Encontrados en el valle de Tequixquiac
7	<i>Bos pallasti</i>	Mamífero	
8	<i>Ursus speleus</i>	Mamífero	
9	<i>Equus giganteus</i>	Mamífero	
10	<i>Rhinoceros trichorimus</i>	Mamífero	
11	<i>Glyptodon clavipes</i>	Mamífero	

Fuente: Elaboración propia con base en LOBATO, “Meteorología de México”, pp. 547-548.

Si se compara el listado de Lobato con el de Antonio del Castillo, se observan diferencias. Por ejemplo, Del Castillo menciona dos géneros de *Equus* ya clasificados y dos sin clasificar (que pudiera ser el mismo), mientras que Lobato sólo uno (*giganteus*), el cual no corresponde con las especies mencionadas por su colega, a menos que se tratase de uno de los ejemplares no especificados, pero ya se vio que Owen los clasificó como *Equus conversidens* y *Equus tau*.

Esta falta de correspondencia también se observa con los elefantes, mastodontes y mamuts –Lobato menciona el esqueleto íntegro de un *mammouth*, sacado y enviado a Europa³³⁴. En ese tiempo la comunidad paleontológica trataba de llegar a acuerdos sobre la

³³⁴ LOBATO, José G., “Meteorología de México”, p. 466.

nomenclatura del Orden de los proboscídeos.³³⁵ Tampoco corresponden el ciervo y el bisonte (*bos*) de ambos listados. En cuanto al oso (*ursus speleus*) y el rinoceronte (*rhinoceros trichorimus*), no aparecen en las descripciones de Antonio del Castillo. Esta falta de coincidencia en cuanto a géneros y especies siguió presente en el periodo, como se verá más adelante.

Fósiles de moluscos en el Valle de México

Aunque el tema del apartado es sobre mamíferos en Tequixquiac, parece válida una pausa para tener un cuadro más completo acerca de la configuración de la Paleontología del Valle de México. Lobato incluyó en su listado un par de moluscos encontrados por Santiago Ramírez y Juan N. Cuatáparo en el cerro de Apasco, también en el norte del Valle de México (véase *Mapa zona de descubrimientos fosilíferos*); estos ejemplares fueron remitidos por sus descubridores a Mariano Bárcena y este último los describió en su trabajo sobre rocas mesozoicas.³³⁶

De todos los seres que han habitado la Tierra desde que comenzó la vida en ella, los mamíferos constituyen una pequeña parte, que además es relativamente reciente. Los moluscos e invertebrados la han poblado durante un mayor periodo, y por eso se les encuentra en forma más abundante en los estratos que caracterizan. Es verdad que en el Valle de México abundan osamentas de mamíferos de distinto tipo, pero también hay restos de otras clases.

Para 1874 Mariano Bárcena publicó en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* su trabajo titulado “Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”, que dividió en cuatro apartados, el segundo de los cuales se abocaba a la descripción de los fósiles. Para ejemplificar la presencia de *hippuritas mexicanas* en determinados lugares presentó dibujos de los ejemplares remitidos por Ramírez y Cuatáparo.

³³⁵ VILLADA, Manuel M., “Apuntes acerca de la fauna”, p. 450-451.

³³⁶ BÁRCENA, Mariano, “Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”, *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875, México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875, p. 375.

Del mismo modo, presenta el dibujo de un fragmento de *hippurites calamitiformis* que le fue remitido por los mismos dos ingenieros, recogido igualmente en los cerros de Zumpango. Además de describirla y mencionar otros lugares donde se le encuentra, agrega que tanto Cuatáparo como Ramírez estuvieron de acuerdo con su clasificación. Las figuras siguientes muestran la traducción al papel de ambos ejemplares presentada por Mariano Bárcena.

Hippurites mexicana (Bárcena)



Hippurites mexicana. (Méjica.)

Fuente: Mariano Bárcena, "Datos para el estudio...", p. 375.

Hippurites calamitiformis (Bárcena)



Hippurites calamitiformis. (Méjica.)

Fuente: Mariano Bárcena, "Datos para el estudio...", p. 376.

Al incorporar estos datos con los que ya había reunido de otras partes del territorio mexicano, Bárcena estuvo en posibilidades de completar su estudio sobre rocas mesozoicas; cabe mencionar que la existencia de mamíferos en el Valle de México también le sirvió para datar los estratos de terreno posterciario y cuaternario, y manifestó su intención de realizar posteriormente un estudio sobre éstos. Para concluir, no deja de expresar su impresión acerca de las osamentas:

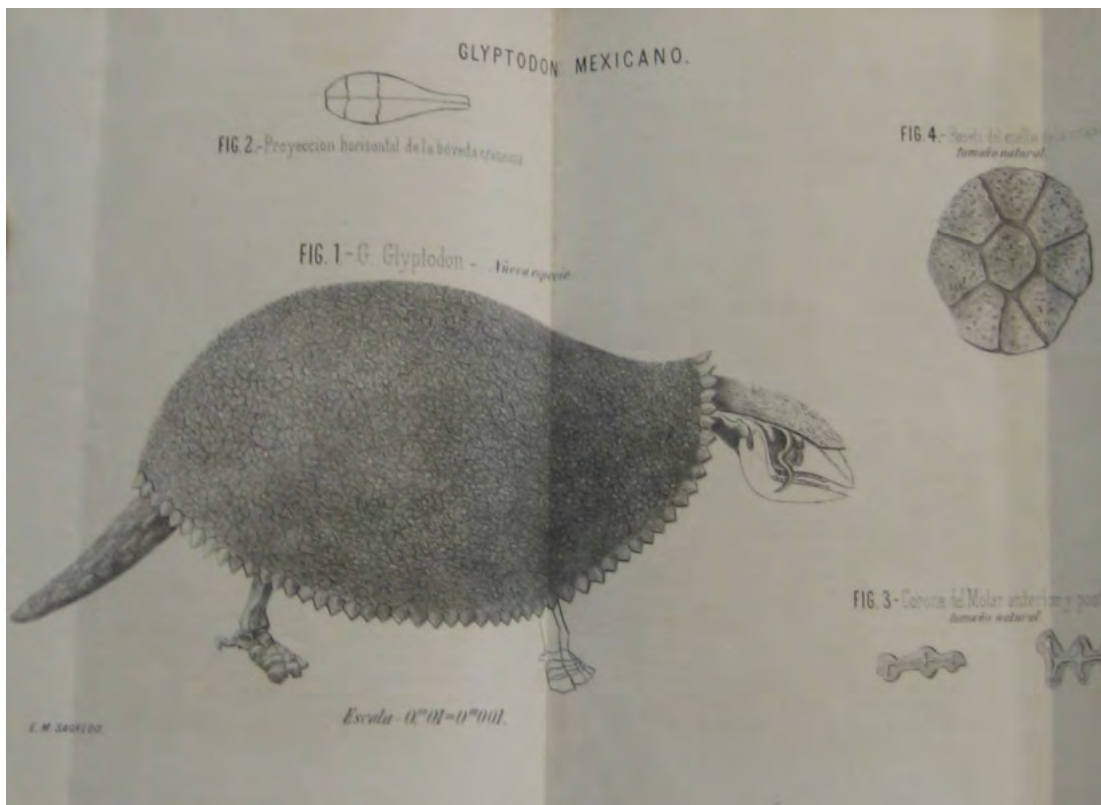
Lo cierto es que en el período posterciario existió en México una fauna compuesta de animales colosales y sus restos son análogos á los que se encuentran en los terrenos posterciarios de otras partes del mundo, que esa fauna se extinguió por completo y sus despojos están depositados en los terrenos lacustres que son tan comunes en nuestro país.³³⁷

³³⁷ BÁRCENA, Mariano, "Datos para el estudio", p. 405. El subrayado es nuestro.

Descripción de uno de los grandes mamíferos: el glyptodon

Volviendo al tema de los mamíferos, otra comisión, organizada esta vez por el gobierno del Estado de México, llevó a Santiago Ramírez y a Juan N. Cuatáparo –responsables de la parte geológica– a descubrir una especie del género “Glyptodon”, que también fue encontrada “entre las capas post-terciarias del Tequixquiac” –hallazgo mencionado por Lobato–. Publicaron su descripción, que incluye medidas, en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, misma que acompañaron con la imagen siguiente.

Glyptodon mexicano



Fuente: Juan N. Cuatáparo y Santiago Ramírez, “Descripción de un mamífero fósil de especie desconocida, perteneciente al género ‘Glyptodon’ encontrado entre las capas post-terciarias de Tequisquiac, en el Distrito de Zumpango”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1874, pp. 361-362.

En el informe, influidos tal vez por el recuerdo de la fama del megaterio argentino a finales del siglo XVIII, los autores destacan la importancia de los grandes mamíferos y sus huesos para el avance en el estudio de las cuestiones geológicas, además de que posibilitan

comparaciones entre la fauna extinta y la actual, así como de otras partes del globo, estudio que arrojaría “datos precisos para la geografía física, para la historia, la cronología, la edafología, la geogenia, la antropología y muchos otros ramos del saber”.³³⁸

Manuel Orozco y Berra: un cruce entre Geología, Paleontología, Arqueología y Antropología

Para 1880 la información geológica y paleontológica que se generaba en torno a los mamíferos fósiles del Valle fue articulada con datos correspondientes a la Arqueología, la Antropología y la Historia, para presentar una visión integral de la República Mexicana en *Historia antigua y de la conquista de México*, compilación que consta de cuatro tomos y fue la última obra escrita por el ingeniero, geógrafo, arqueólogo e historiador Manuel Orozco y Berra (1816-1881).³³⁹

La segunda parte del tomo dos, “El hombre prehistórico en México”, inicia con el capítulo ‘La fauna y el hombre primitivos’, donde describe los fósiles mamíferos de Tequixquiac desde una perspectiva que va más allá de lo que Orozco y Berra denomina aspecto “científico” (geológico y paleontológico), al proporcionar un panorama general de la época y correlacionar su presencia con el “hombre postterciario”, con lo que entra en una de las discusiones antropológicas del momento.

El sabio mexicano estructuró la información tomando como base el aspecto geológico del Valle (tomado del estudio sobre rocas mesozoicas de Bárcena); a partir de ahí explicó el origen de la vida en el continente y la interacción de los animales con los primeros seres humanos, mediante el estudio de objetos de aparente elaboración humana. Hace una

³³⁸ CUATÁPARO, Juan N., y Santiago Ramírez, “Descripción de un mamífero fósil de especie desconocida perteneciente al género ‘Glyptodon’, encontrado entre las capas post-terciarias de Tequisquiac, en el Distrito de Zumpango. Estudio presentado á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por sus socios honorarios los ingenieros de minas que suscriben, miembros de la Comisión Geológica del Estado de México”, *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875, México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875, pp. 355-356.

³³⁹ Manuel Orozco y Berra fue un sabio mexicano reconocido, aunque había sufrido encarcelamiento y posteriores recelos como consecuencia de participar con el Segundo Imperio. Vicepresidente de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística para el año señalado, había participado en vastos trabajos como el *Diccionario Universal de Historia y Geografía* (1853-1856), en diez tomos y del cual coordinó un apéndice de tres volúmenes. Es autor de *Materiales para una cartografía mexicana* (1871), entre otras obras.

“profesión de fe” sobre el origen del hombre y las teorías evolucionista y transformista para, posteriormente, presentar sus reflexiones sobre el tema, que continúan en su capítulo siguiente.

Este ordenamiento tiene la intención de historiar los acontecimientos del continente en forma integral y presentar argumentos para posicionarse respecto de algunas proposiciones a debatir: si América era más joven que los otros continentes, si el *Homo Sapiens* provenía de un solo origen o si distintas razas tenían también diferente génesis (monogenismo o poligenismo). Las inferencias de cada enfoque concluirían en la forma de percibir el país y sus antiguos habitantes por parte de los mexicanos y el resto de las naciones:

De él [un cuadro elaborado por Bárcena que presenta] se deduce una verdad conquistada ya por la ciencia: el Nuevo Mundo, geológicamente hablando, es tan antiguo como el llamado Viejo Mundo. En efecto, hacia el período medio terciario la parte boreal del continente americano tenía casi la forma actual, con la flora y fauna propias de la época.³⁴⁰

Antes de describir los géneros y las especies encontradas, Orozco y Berra indica: “Revela la ciencia que allá en el periodo postterciario vivían en nuestro suelo mamíferos gigantescos de los cuales no tenemos idea alguna, porque desaparecieron también en época lejana. Vamos á dar ligera idea de ellos, para noticia de nuestros lectores, mejor en formas de relaciones históricas y arqueológicas, que afectando la científica”.³⁴¹ En el *Cuadro de fósiles americanos mencionados por Orozco y Berra en 1880* se resume su información.

El autor escribe una breve historia de cada género, sus descubridores y su localización en el continente. Los correlaciona con la flora y fauna de esa época, e incluso con el hombre. Cuando le es posible, desciende hasta la categoría de especie, de lo contrario llega hasta género, como con el *Tapirus*. Sobre el *Mastodon*, describe el *Americanus* para la parte boreal de los Estados Unidos, sugiere que los encontrados en el Valle podrían ser *Andium*, *Humboldtii*, y propone una nueva especie: *Chapalensis*, para el ejemplar localizado en Chapala por Galeotti.

³⁴⁰ OROZCO y Berra, Manuel, *Historia antigua y de la conquista de América*, Tomo II, México, Tipografía de G. A. Esteva, 1880, p. 264.

³⁴¹ OROZCO y Berra, Manuel, *Historia antigua*, p. 265.

Fósiles encontrados en México y mencionados por Orozco y Berra en 1880

Género	Especies	Lugar
Mastodon	No se pudo clasificar pero propone <i>Mastodon Chapalensis</i> <i>M. Andium</i> o <i>M. Humboldtii</i>	Hacienda La Labor, Chapala, Jalisco Temascaltepec, Estado de México
Elephas	<i>E. Primigenius</i> Cabeza de elefante	Huehuetoca, Barranca de Regla (cerca de Real del Monte), Hacienda de Salcedo en el Estado de Toluca, a orillas del Valle de Chalco, en las colinas vecinas a Chapultepec y en los alrededores de Puebla. Aclangatepec (cerca de Tlaxcala). Cieneguillas, al pie de la sierra de Zacatecas
Tapirus		Estados de Jalisco, Guanajuato, México y Puebla
Equus	Cráneo, mandíbulas inferiores y muelas de caballo <i>Equus Asinus</i>	Tequixquiác, Olivar del Conde (cerca de Tacubaya) Tequixquiác
Bos	<i>Bos Priscus</i>	Tequixquiác Guanajuato Tepatitlán, Jalisco
Camellus	<i>Camellus llama</i>	Tacubaya
Sus-scrofa	<i>Sus-scrofa palustris</i>	Tequixquiác
Glyptodon	<i>G. clavipes</i> o <i>G. mexicana</i>	Tequixquiác

Elaboración propia a partir de Manuel Orozco y Berra, *Historia antigua*, Tomo II, pp. 265-289.

Además de la cuenca de México, Manuel Orozco y Berra señala otros lugares donde se habían hallado “osamentas de elefante, mastodonte y tapir”, como los estados de “Jalisco, Guanajuato, México, Puebla”. Refiere también que el doctor Belandier había juntado una colección “muy completa” de dientes fósiles de elefante, en la parte Noreste de la

República, durante las exploraciones de la Comisión de Límites entre México y los Estados Unidos.

Sobre otros fósiles que poblaron el continente, menciona el *gloton*, el *megalonix* y el *megaterium*, que refiere a otros territorios de América del Norte o del Sur, junto con animales que convivieron con los hombres prehistóricos en el territorio que ahora abarca México, como perros, de los cuales se conocían tres especies, con el nombre de *itzcuintli*: Itzcuintepotztlí, Tepeitzcuintli y Xoloitzcuintli.

El autor utiliza como fuentes para su compilación trabajos de Clavijero, James D. Dana, Dr. Berlandier, Alexander von Humboldt, Dr. Falconer, Mr. Owen, Dr. Weber, S. Milne-Edwards; esto representa la consulta de obras tales como el *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, los resultados de la Comisión de Límites de los Estados Unidos, la francesa *Commission Scientifique du Mexique*, así como otras obras de colegas locales y extranjeros, como Mariano Bárcena y Mr. Owen.

Edward D. Cope visita el Museo Nacional

En el capítulo anterior se mencionó en nota a pie de página la *guerra de los huesos* entre los norteamericanos Othniel Charles Marsh (1831-1899) y Edward Drinker Cope (1840-1897),³⁴² quienes al competir entre sí descubrieron especies de dinosaurios y de otros seres de antaño en su país. Cope, oriundo de Filadelfia, realizó tres viajes consecutivos a México (1883, 1884 y 1885) en los que visitó a Mariano Bárcena, quien en 1882 había sido nombrado profesor honorario de Paleontología en el Museo Nacional.³⁴³

³⁴² Para tener más detalles acerca de la vida de ambos paleontólogos, así como de esta *guerra*, puede consultarse DAVIDSON, Jane P., *The Bone Sharp: The Life of Edward Drinker Cope*, Philadelphia, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1997, 241 p.

³⁴³ Sobre los viajes, véase DAVIDSON, Jane P., *The Bone Sharp*, p. 185. Bárcena representó a México en la Exposición Internacional de Filadelfia; a decir de Guevara Fefer, “dialogó con miembros de diversas sociedades científicas” como el geólogo Ferdinand V. Hayden (1829-1887), así que ahí pudo haber conocido a Cope, quien radicaba en dicha ciudad. GUEVARA Fefer, Rafael, *Los últimos años de la Historia Natural y los primeros días de la Biología, la práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*, México, Instituto de Biología de la UNAM, 2002, pp. 149-151. Sobre el nombramiento como profesor honorario, véase CHÁVEZ Cardona, María del Consuelo, *Un científico mexicano y su sociedad en el siglo XIX. Manuel María Villada, su obra y los grupos de los que formó parte*, Pachuca, Universidad Autónoma del Estado de Puebla/Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2002, p. 47.

Éste le presentó a Antonio del Castillo, entonces director de la Escuela Nacional de Ingenieros, y seguramente al médico Manuel María Villada (1841-1922), quien se había sumado a los estudios naturalistas y dirigía el Instituto Literario del Estado de México, con sede en Toluca.³⁴⁴ Cope también visitó a Alfredo Dugès (1826-1910) en Guanajuato. Conoció las colecciones de estas instituciones y puso especial atención a los mamíferos fósiles de Tequixquiac.

Escribió un estudio que leyó en la Sociedad Filosófica Americana el 16 de mayo de 1884 y fue publicado en su órgano de divulgación. En México la traducción se publicó en los *Anales del Museo Nacional*. Para ese entonces, Cope ya había publicado más de 1,400 artículos científicos³⁴⁵ con base en sus colecciones (menciona que tenía, “bajamente”, cien individuos de la especie *Equus occidentalis*, Leidy)³⁴⁶ y las que pudo estudiar en otras partes del mundo. Poseía mejores medios y mayor experiencia que los mexicanos.

Estas diferencias en recursos son evidentes en su informe, en el cual utiliza valores cuantitativos para describir los ejemplares pero también para confirmar los nuevos taxones de género y especie que propone para el orden *proboscidea* (elefantes) y las familias *equidae* (equinos) y *camelidae* (camélidos, entre los que se encuentran las llamas). Es decir, además de describirlos, los compara con ejemplares pertenecientes al inventario paleontológico para proponer modificaciones en la clasificación y teorizar al respecto.

Describe los espacios y las circunstancias en que observó el material, gracias a lo cual se conoce que había recibido fotografías de Mariano Bárcena con anterioridad y que Alfredo Dugès le proporcionó “la figura esculpida” de la mandíbula del fósil aparente de pécari que poseía.³⁴⁷ Por otra parte, como método de trabajo desconfía de las traducciones del referente en caso de duda, como la fotografía del *Equus conversidens* que sirvió a Owen para definir la especie, pues no le ve diferencia con el *Equus tau*, también de Owen:

El ejemplar mencionado bajo el segundo título [*Equus tau*], conserva los dientes y el paladar, como en la figura dada por Owen referente á su *Equus conversidens*, y yo sospecho que la figura y la lámina del

³⁴⁴ COPE, E. D., “Los mamíferos del Valle de México ya extinguidos”, *Anales del Museo Nacional*, No. 3, Tomo III, 1ª época, 1886, pp. 325, 332. El gabinete de Historia Natural, inaugurado en 1884, fue ideado por Villada. Véase CHÁVEZ Cardona, María del Consuelo, *Un científico mexicano*, p. 113.

³⁴⁵ CHÁVEZ Cardona, Ma. Consuelo, *Un científico mexicano*, p. 142.

³⁴⁶ COPE, E. D., “Los mamíferos”, 334.

³⁴⁷ COPE, E. D., “Los mamíferos”, p. 339.

Prof. Owen vienen de la fotografía que de este ejemplar se tomó. Posible es que la figura y descripción de su *Equus tau* estén basados en uno de los huesos maxilares mencionados bajo la tercera clase. Dable no me es percibir las diferencias específicas, entre estos ejemplares. El carácter desplegado por el *Equus conversidens* de Owen, sobre el cual él se fundó para establecer la distinción entre las especies, puede haber sido el resultado de algún retorcimiento.³⁴⁸

Retorcimiento que, explica, pudo “haber sido producido por el ángulo oblicuo de la abertura de la cámara al sacar la fotografía, á consecuencia de su muy anterior posición” (posiblemente está mencionando una de las fotografías de Antonio del Castillo). Lo mismo sucede con otras evidencias, como refiere de la lámina figurada por Laurillard para “D’Orbigny’s voyage dans l’Amerique Meridionale”, tomada de un dibujo y “por tanto, de autoridad dudosa”³⁴⁹ para el caso de los mastodontes.

Como sea, en sus palabras se observa la necesidad de revisar el original al momento de clasificar las osamentas. En su informe aclara que realizó comparaciones entre la fauna pliocena de México, Oregon (Estados Unidos) y Argentina gracias a que poseía colecciones de estos dos últimos lugares y tuvo acceso a la de su amigo, el profesor Thomas Condon, de la Universidad de Oregon. Aclaró que los fósiles de México que menciona provenían de la localidad de Tequixquiac, a menos que especificara lo contrario.³⁵⁰

Propuso un nuevo género para los camélidos, el *Holomeniscus*, a partir del cual trató de reorganizar su clasificación. Agregó nuevas especies de caballo, como el *Equus Crenidens* y *Equus Barcenæi*, esta última en honor del mexicano. Cabe acotar que ahora, con mayor tecnología y conocimiento, *Equus Conversidens*, Owen (que para Cope equivalía al *E. Tau*, Owen) y *Equus Barcenæi*, Cope –ambas basadas en ejemplares de Tequixquiac– se consideran equivalentes y se reconocen bajo la primera denominación, que es de 1869.³⁵¹

³⁴⁸ COPE, E. D., “Los mamíferos”, p. 336.

³⁴⁹ COPE, E. D., “Los mamíferos”, p. 330.

³⁵⁰ COPE, E. D., “Los mamíferos”, p. 325.

³⁵¹ “*Equus conversidens* Owen, 1869 (horse)”, in *Fossilworks, Gateway to the Paleobiology Database*. On line: http://fossilworks.org/bridge.pl?a=taxonInfo&taxon_no=46262 (fecha de consulta: 7 de enero de 2019); BRAVO Cuevas *et al.*, “Taxonomía y hábito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla, Equidae) del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México”, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 28, no. 1, México (abril 2011), s. p.

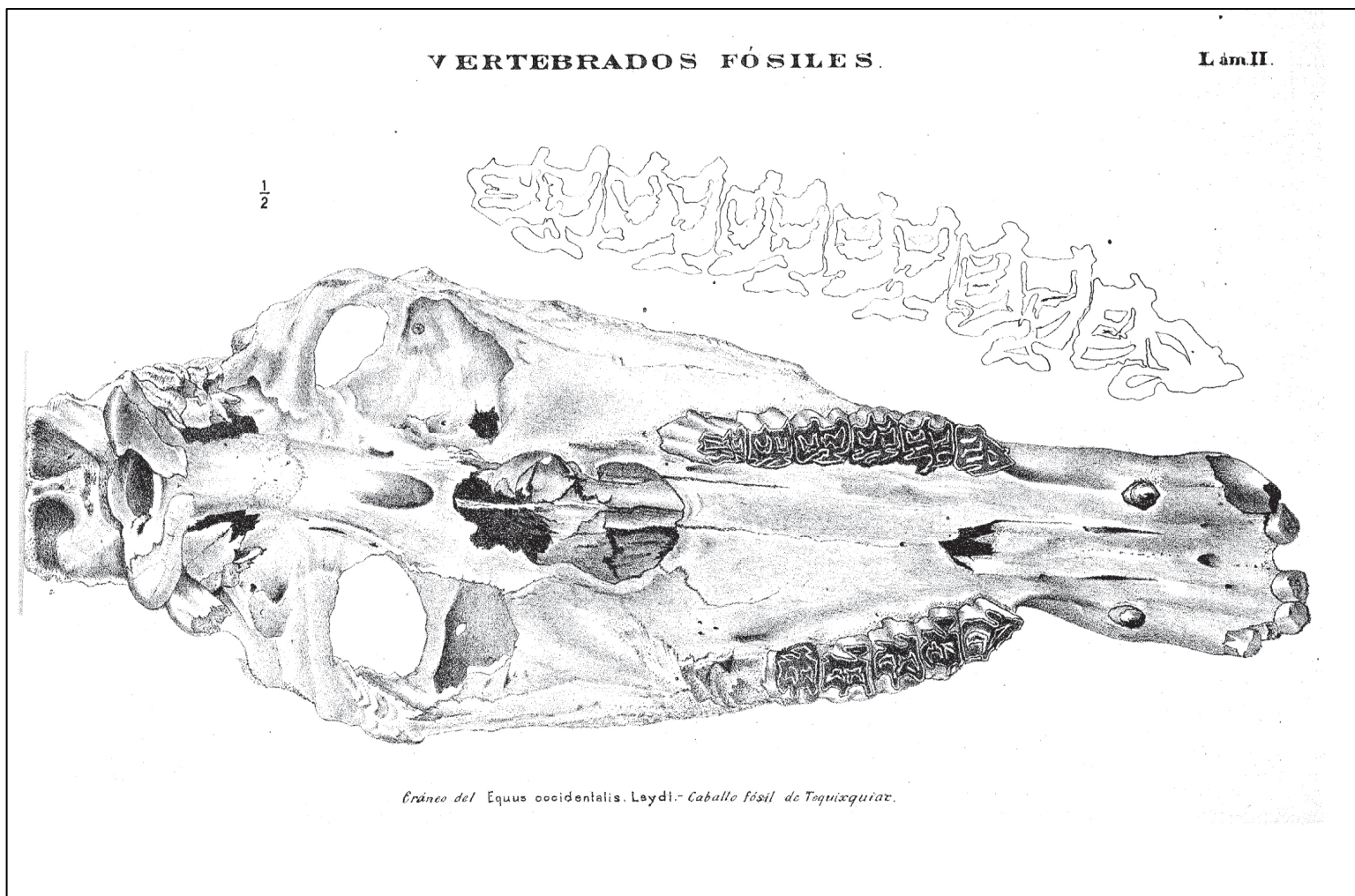


Ilustración de osamenta de uno de los equinos del Valle de México. Villada (1903)

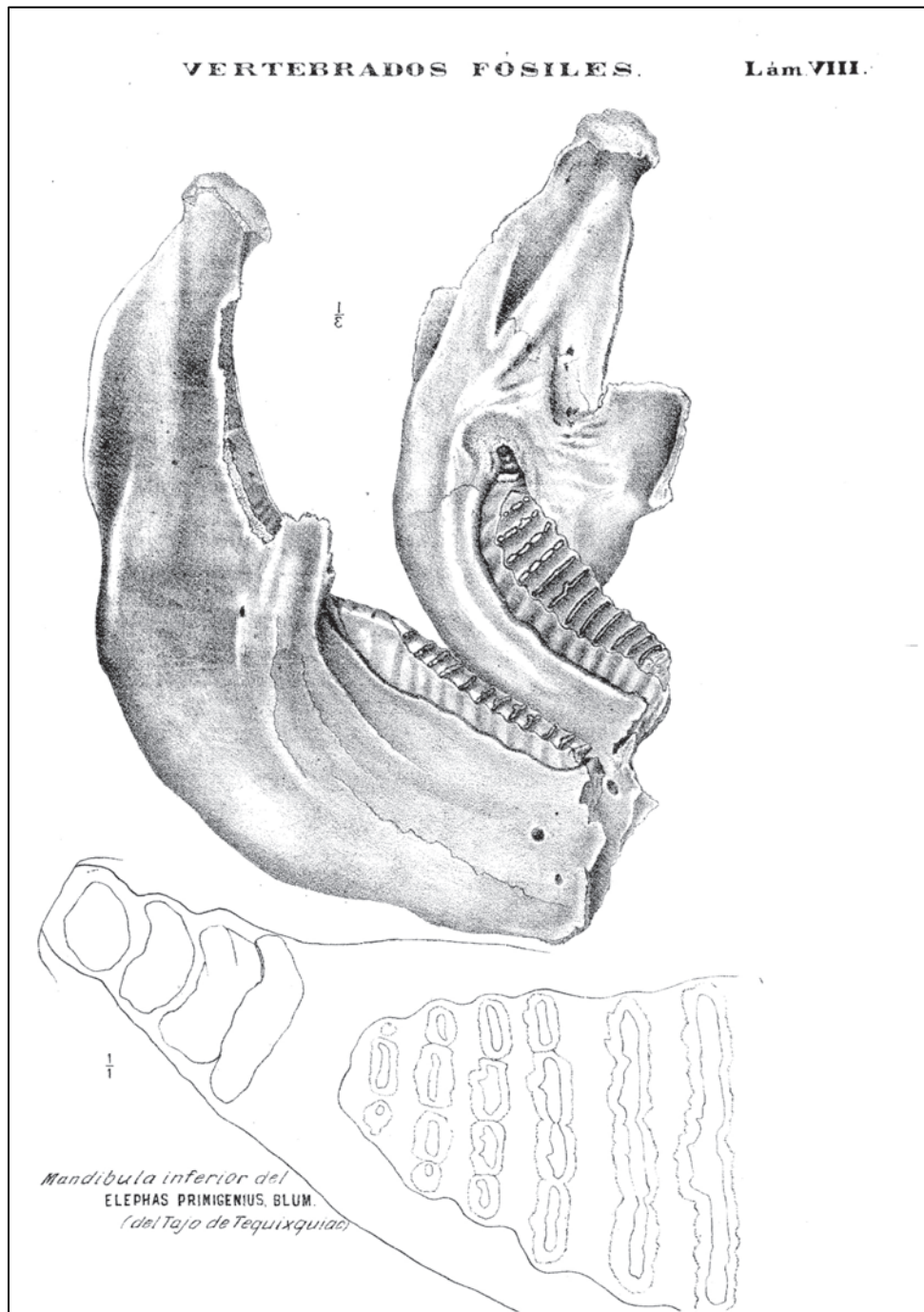
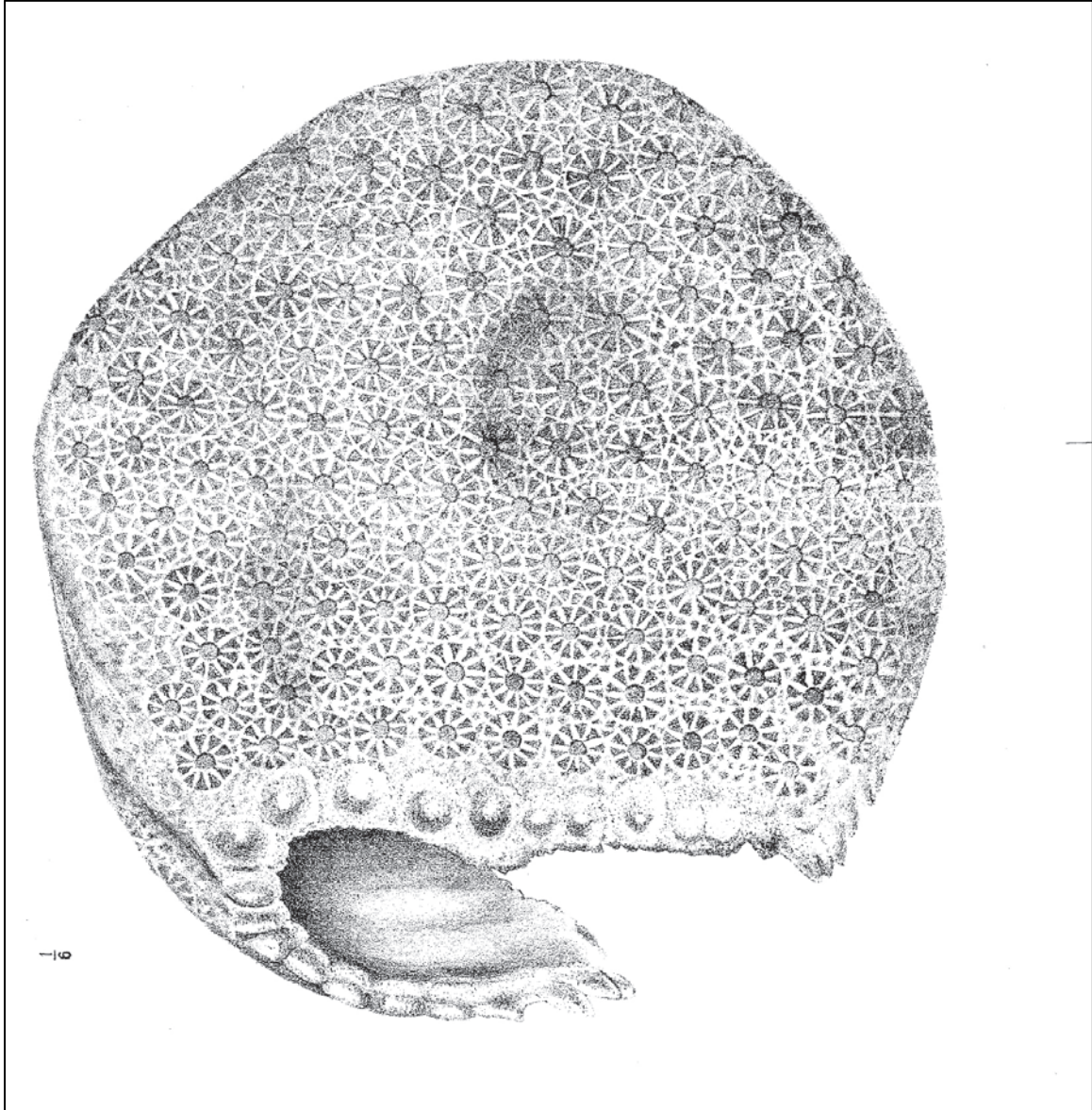


Ilustración de la mandíbula del elefante presentada por Villada (1903)



El caparazón del glyptodón, mamífero de gran tamaño encontrado en el Valle de México. Villada (1903)

Al observar un estricto apego a las técnicas cuantitativas como herramienta diferenciadora, en el siglo XIX se solían crear varios taxones para la misma especie en familias como la de equinos; las diferencias en muchos casos correspondían a la edad del ejemplar, su sexo o características individuales. Por lo tanto, muchos de estos taxones se han reducido y precisado en la actualidad.

Manuel María Villada, médico que se había unido a las comisiones de exploración como naturalista y que recibió a Cope en Toluca, escribió sus “Apuntes sobre la fauna fósil del Valle de México”, texto que explica el informe de Cope, lo sintetiza y agrega algunas observaciones propias, dado que el norteamericano hace referencia a tantas especies que en ocasiones no queda claro cuándo se refiere a las de México, precisión que hace Villada. También organizó el material por familias y agregó láminas de algunos fósiles. Consuelo Cuevas Cardona menciona con un dejo de tristeza que este artículo de Villada fue recopilación de un trabajo ya existente, y que Cope realizó el suyo con base en el material del Museo Nacional. Agrega que “Villada y Bárcena brindaron a Cope todos los elementos para que él identificara el fósil y escribiera su artículo, y todo el crédito se lo llevó Cope a quien, hasta la fecha, se le reconoce como el que hizo ‘la contribución más importante acerca de la Paleontología de vertebrados de la cuenca del Valle de México’”.³⁵²

Si bien lo anterior es verdad, también es menester observar la posición en la que se encontraban los mexicanos, descrita por Mariano Bárcena en 1877, cuando apenas se estaba conformando la red y varios elementos estaban dispersos, entre ellos libros de consulta sobre la materia y hasta los trabajos realizados en México, que estaban diseminados tanto en institutos nacionales como en el extranjero.³⁵³

A continuación se presenta el *Cuadro de fósiles descritos por Antonio del Castillo, José G. Lobato, E. D. Cope y Manuel María Villada* para observar las diferencias entre las denominaciones que emplean. Se puede observar que Villada enlista dos especies de camélidos no mencionados por Cope, aunque sin mayor descripción. Se excluye de este cuadro el trabajo de Orozco y Berra, que es una compilación.

³⁵² CUEVAS Cardona, Consuelo, *Un científico mexicano*, p. 66.

³⁵³ BÁRCENA, Mariano, “Materiales para la formación de una obra de Paleontología mexicana, por...”, en: *Anales del Museo Nacional*, Tomo I, 1877, pp. 85-86.

*Cuadro de fósiles descritos por Antonio del Castillo, José G. Lobato, E. D. Cope y Manuel
María Villada*

Antonio del Castillo (1869)	José G. Lobato (1876)	E. D. Cope (1894)	Manuel María Villada (1903)
<i>Equus tau Owen</i>		<i>Equus tau, Owen</i>	
<i>Equus, n.s.?</i>		<i>Equus crenidens,</i> <i>Cope,</i> <i>Esp. nuev.</i>	
<i>Equus caballus</i>			
	<i>Equus giganteus</i>	<i>Equus excelsus,</i> <i>Leidy</i>	<i>Equus occidentalis,</i> <i>Leidy</i>
		<i>Equus barcenaei,</i> <i>Cope,</i> <i>esp. nuev.</i>	
	<i>Rhinoceros trichorimus</i>	<i>Aphelops fossiger</i> <i>Cope?</i>	<i>Aphelops fossiger?</i> <i>Cope</i>
<i>Bos sp. indic.</i>	<i>Bos pallasti</i>	<i>Bos latifrons, Harlan</i>	
	<i>Ursus speleus</i>		
<i>Cervus intertuberculatus Owen</i>	<i>Cervus megaceros</i>		
<i>Palauchenia mexicana</i> Castillo (llama fósil)		<i>Palauchenia magna</i>	<i>Palauchenia magna</i>
		<i>Holomeniscus, Cope)</i> <i>hestennus, Leidy</i> <i>(nv. sp.)</i>	<i>Auchenia</i> <i>(holomeniscus, Cope)</i> <i>hesterna, Leidy</i>
		<i>Eschatius conidens,</i> <i>Cope, nv. sp.</i>	<i>Eschatius conidens,</i> <i>Cope, nv. sp.</i>
			<i>Auchenia minima,</i> <i>Leidy</i>
			<i>Auchenia Castilli, Cope</i>
<i>Elepheas texianus?</i>	<i>Elefans americanus</i>	<i>Elephas columbi,</i> <i>Falc</i>	
	<i>Elefans primigenius</i>	<i>Elephas primigenius,</i> <i>Blum</i>	
	<i>Mammouth</i>		
		<i>Dibelodon, Shepardi</i>	
		<i>Dibelodon Tropicus</i>	
<i>Mastodon andium?</i>		<i>Tetrabelodon</i> <i>andium?</i>	
	<i>Glyptodon clavipes</i>	<i>Glyptodon, Owen</i> <i>(especie</i> <i>indeterminada)</i>	<i>Glyptodon, Owen</i> <i>(Glyptodon mexicanus)</i>
		<i>Platygonus?</i> <i>compressus, Leconte</i> <i>(pécari)</i>	

Fuente: elaboración propia.

El hombre primitivo en el Valle de México: inicios de la práctica paleoantropológica

Recordemos que con la publicación de *El origen del hombre* se abrieron nuevas líneas de estudio sobre la evolución aplicada a los primates y en particular a la especie humana, “a partir de la identidad de la estructura corporal y la reproducción de la especie con respecto al resto de los mamíferos”. Ideas que fueron retomadas por John Lubbock para incorporarlas a la arqueología prehistórica y proponer una línea de evolución cultural, perfeccionada por el prehistoriador Gabriel de Mortillet.³⁵⁴

Entre las proposiciones desarrolladas, destacan: todas las razas humanas provienen del mismo tronco, los fósiles de homínidos pertenecen a distintas razas de la historia evolutiva humana, y las herramientas y la cultura material corresponden a diversas fases de desarrollo de la especie, en una única línea de evolución cultural, por lo que habría naciones más evolucionadas que otras. La evolución de una raza podría medirse por características fisiológicas como el tamaño del cráneo y por evidencias de su actividad cultural.³⁵⁵

Así como Edward D. Cope podía presumir la cantidad de cráneos de *equus* en su colección, en Europa y los Estados Unidos naturalistas, geólogos y antropólogos físicos también colectaban cráneos de homínidos, los medían y comparaban, al tiempo que junto con arqueólogos revisaban la evidencia física de actividad humana. Este coleccionismo proporcionaría “un método, la craneometría y una disciplina auxiliar, la craneología, a la naciente antropología física”.³⁵⁶

A través de los vestigios se trataba de conocer la antigüedad del hombre en general y su presencia en cada continente. Se tenía la certeza de que los primeros homínidos provenían de África y existían a partir del periodo cuaternario, pero en el último tercio del siglo se discutía en Europa si había ancestros desde el periodo terciario, debido a ciertas piezas de

³⁵⁴ ORTIZ, Carmen, “Darwin en Canarias. Controversias antropológicas sobre el origen de los antiguos habitantes de las Islas Canarias en el final del siglo XIX”, en Miguel Ángel Puig-Samper *et al.* (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Ediciones Doce Calles, UNAM, Dirección de Archivos, Bibliotecas y Museos (Chile), Universidad Michoacana, Universidad Austral, 2015, p. 163.

³⁵⁵ ORTIZ, Carmen, “Darwin en Canarias”, p. 163.

³⁵⁶ ORTIZ, Carmen, p. 161.

sílex aparentemente talladas por la mano humana, que fueron denominadas “‘eolitos’, es decir, utensilios de piedra de la ‘aurora de la humanidad’”.³⁵⁷

En el Valle de México, además de moluscos y mamíferos se obtuvieron pistas sobre la antigüedad del hombre en México que indujeron las primeras descripciones paleoantropológicas en el Museo Nacional, en los años ochenta del siglo XIX, como antesala a la profesionalización de la Antropología en la Escuela de Altos Estudios para la siguiente centuria. El *Cuadro sobre vestigios de actividad humana en el Valle de México, 1883-1884* desglosa estas evidencias:

Cuadro sobre vestigios de actividad humana en el Valle de México, 1883-1884

	Vestigio	Sitio del hallazgo (Valle de México)	Reportado por	Año del hallazgo
1	Hueso sacro de llama tallado	Tajo de Tequixquiac	Tito Rosas	1870
2	Cráneo humano	Peñón de los Baños	Coronel Adolfo Obregón	1884
3	Utensilios	Pedregal de Tlalpam o de San Ángel	Sr. Cástulo Zenteno	1884

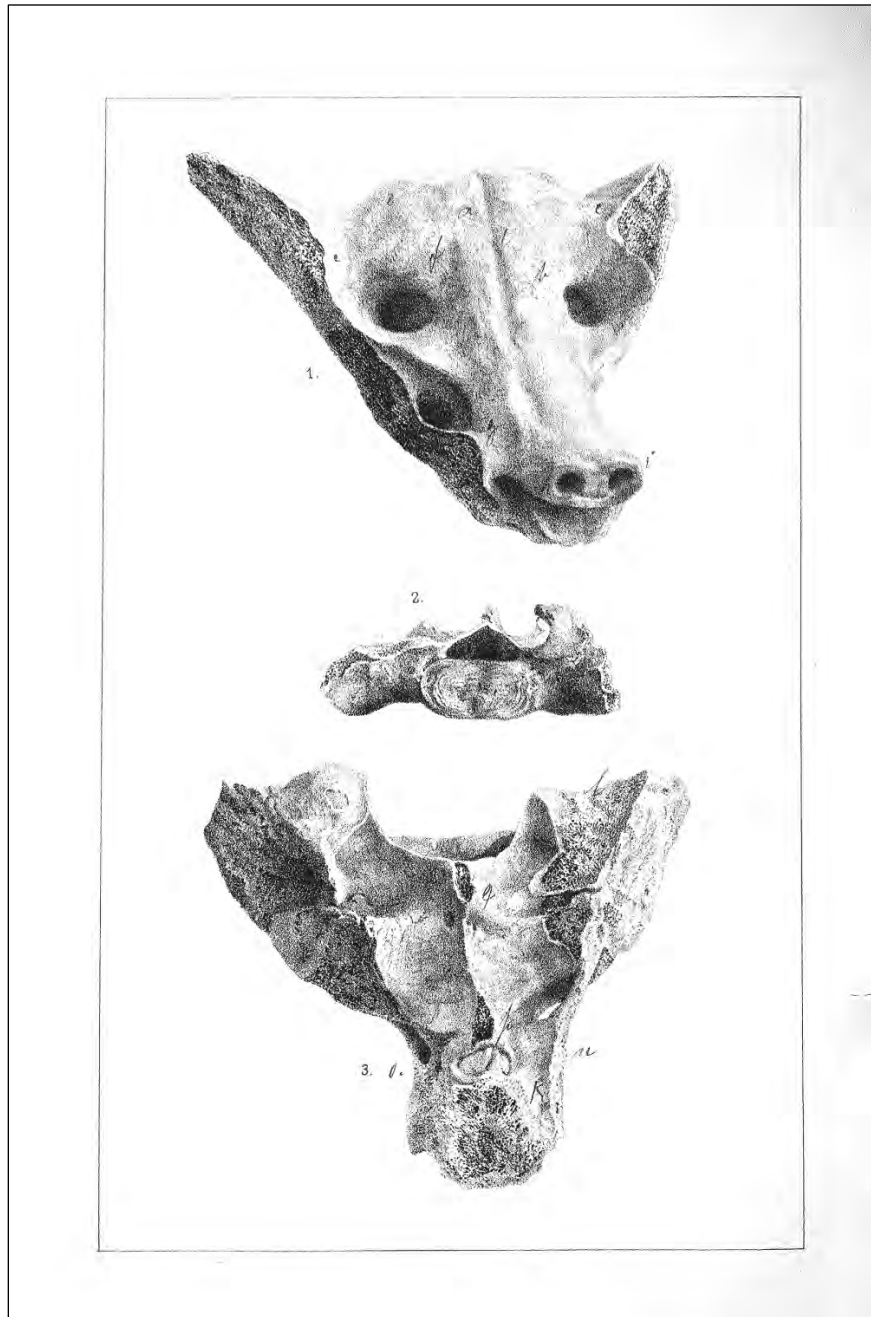
Elaboración propia con base en artículos publicados en *Anales del Museo Mexicano*, Tomo II, 1882, y *La Naturaleza*, Tomo VII (1885-1886).

En el primer caso se trata de un hueso sacro, “al parecer de llama”, con marcas no producidas por la naturaleza sino por la mano del hombre para que simulara un cráneo. El descubrimiento fue reportado por el ingeniero Tito Rosas, el 4 de febrero de 1870.³⁵⁸ Entregó el hueso al arqueólogo Alfredo Chavero (1841-1906), quien después de conservarlo y prestarlo a varias personas, entre ellos Manuel Orozco y Berra, decidió donarlo al Museo Nacional.

³⁵⁷ OBERMAIER, Hugo, *El hombre prehistórico y los orígenes de la humanidad* (estudio preliminar de Carlos Cañete y Francisco Pelayo), Navarra, Urogoiti Editores, 2014, pp. 11-14.

³⁵⁸ BÁRCENA, Mariano, “Descripción de un hueso labrado, de llama fósil, encontrado en los terrenos postterciarios de Tequixquiac, Estado de México. Estudio por...”, profesor de Paleontología en el Museo Nacional”, *Anales del Museo Nacional de México*, Tomo II, México, Imprenta de Ignacio Escalante, 1882, p. 439.

Lámina presentada por Mariano Bárcena en su estudio sobre el hueso de llama fósil



Fuente: Mariano Bárcena, “Descripción de un hueso...”, entre pp. 440-441.

En dicho establecimiento, la responsabilidad de su estudio recayó en Mariano Bárcena, profesor de Paleontología de la institución. El problema a resolver era si, en efecto, había

sido tallado por el hombre en el mismo periodo de vida que el resto de los fósiles, pues esto lo posicionaría en el periodo posterciario: “La cuestión que inmediatamente se presenta al observar ese hueso es, si se debe considerar como contemporáneo su depósito, en aquel yacimiento, con el de los restos de elefantes y otros fósiles de que se hizo mención”.³⁵⁹

Alfredo Chavero, Manuel Orozco y Berra y Mariano Bárcena concluyeron que esta evidencia física soportaba la existencia del hombre en el periodo posterciario. El primero de ellos la sumó a sus investigaciones sobre la piedra del sol (o calendario azteca) y Orozco y Berra a su historia de México ya mencionada en el apartado anterior. Bárcena, por su parte, imbuido por sus colegas, también trató de relacionarla con las interpretaciones de la piedra del sol, si bien de forma moderada y a partir de sus estudios geológicos.

La segunda evidencia son unos restos de cráneo humanos encontrados en el Peñón de los Baños por el coronel Adolfo Obregón en 1884 y que fueron estudiados por Mariano Bárcena y Antonio del Castillo, quienes concluyeron que en efecto se trataba de restos prehistóricos debido al estrato donde estaban colocados, mismo que pudieron localizar en campo después de una visita al lugar, donde pudieron encontrar otros pedazos de cráneo equiparables con los primeros.

En cuanto al tercer hallazgo, se trataba de aparentes herramientas localizadas debajo de las capas volcánicas, lo que permitió datarlas como anteriores a la erupción del volcán. Mariano Bárcena resume en los siguientes párrafos estos descubrimientos y sus implicaciones:

Todos estos hechos testifican la antigüedad remota que la especie humana tiene en el Valle y ellos llevan muy lejos los vestigios de la existencia del hombre en esta parte de la América y con datos más seguros que los que asientan las tradiciones y la historia antigua de los pueblos de Anáhuac.

El primer hecho referido, demuestra la contemporaneidad del hombre y de los elefantes en el Valle de México, como se ha determinado en otras localidades de América y de Europa.

Los restos humanos encontrados en la masa de rocas del pie del Peñón, señalan también la existencia de un hombre prehistórico en el Valle de México.

³⁵⁹ BÁRCENA, Mariano, “Descripción de un hueso”, p. 442.

Los fragmentos de industria humana, sepultados bajo la formación volcánica del Suroeste del Valle, indican claramente que esa localidad estaba habitada por el hombre antes de que ese cataclismo volcánico tuviese lugar, y el cual vino tal vez a sepultar poblaciones importantes, como hizo el Vesubio con Herculano y Pompeya.³⁶⁰

Con estos hallazgos se observa que la práctica en campo de los ingenieros mexicanos en las obras de desagüe propició un cauce común que enlazó distintas disciplinas para configurar la historia del territorio mexicano y de sus primeros habitantes, tanto animales como humanos. Los acercamientos a través de estas visiones añadieron a la red nuevos miembros que comenzaron a llenar las páginas de impresos como *La Naturaleza*, *El Minero Mexicano* y *Anales del Museo Nacional* con temas antropológicos.

Este enlace brindó herramientas para la visión de patria que estaba en configuración, sumando al pasado glorioso mostrado en obras como Teotihuacan o Monte Albán, evidencias físicas del hombre de la prehistoria capaz de utilizar herramientas al igual que sus contemporáneos europeos. Bárcena da cuenta de esta relación: “Ligadas hoy la Geología y la Antropología, caminan con pasos seguros, dando exactitud y fuerza a las investigaciones que les corresponden y que se relacionan del modo más íntimo”.³⁶¹

Algunos mexicanos dieron su punto de vista acerca de las teorías evolucionistas y transformistas de forma más o menos somera, como Manuel Orozco y Berra, quien hizo su “profesión de fe” como creacionista. Además, junto con Alfredo Chavero apostó por la hipótesis de un origen europeo de los primeros habitantes del continente, quienes habrían pasado por el continente atlántico antes de que se hundiera.

Manuel Orozco y Berra hizo uso inicial de la Paleontología humana para tratar el tema; considera para esta última la definición de E. T. Hamy, para quien es la “Historia de las razas humanas cuyos despojos o reliquias pertenecen á los depósitos anteriores á los del periodo actual”. Es decir, su objeto es “rastrear el principio del hombre sobre la tierra, y por medio de las obras de sus manos reconstruir la historia de la humanidad y su desarrollo intelectual desde su aparición en nuestro planeta hasta los tiempos conocidos por la

³⁶⁰ BÁRCENA, Mariano, “Nuevos datos acerca de la antigüedad del hombre en el Valle de México”, *La Naturaleza*, Tomo VII, 1886, p. 265.

³⁶¹ BÁRCENA, Mariano, “Nuevos datos”, p. 266.

historia”. Por lo tanto, también se denominaba prehistoria, antehistoria, e incluso paleoarqueología.

El método de trabajo que sigue el autor en este apartado considera tres caracteres principales: el geológico, el paleontológico y el arqueológico. Empero, su argumentación pierde científicidad cuando entra a tratar el asunto de la antigüedad del hombre, dado que tiene que tocar también su origen. Antes de avanzar en el tema, Orozco y Berra cree necesario hacer una “profesión de fe” acerca de este último:

Muchas hipótesis se han formulado acerca de ella [la antigüedad del hombre], y su pluralidad nos parece la prueba más patente de que la ciencia ignora por completo lo que pretende resolver, ya que inventa sistemas contradictorios, embrollados, conocidamente absurdos. Abrumada nos dejaron la cabeza Lamark y Darwin con las leyes de la herencia y de la variabilidad; la correlación del crecimiento con su reguladora la compensación; la competencia o concurrencia por la vida y la selección natural. [...] en ninguno de estos sistemas, y en otros más encontramos la verdad que de buena fe buscamos... (Orozco y Berra, 1881: p. 280).

Y agrega:

Ya que somos incapaces para discutir, dirémos tan sólo cuál es la bandera en que nos hemos filiado como partidarios. Creemos, y racional é intuitivamente preferimos (siquiera sea por orgullo, aunque la razón no sea científica), traer nuestro origen de la pareja creada por Dios, á descender en línea recta ni transversal del orangután, del chimpancé o del gorilla; preferimos poseer una alma destello de la Divinidad, á hombrar libremente con la materia, sin saber qué hacer de nosotros en esta vida y en la futura. En suma: la Santa Providencia creó un hombre y una mujer, de quienes desciende el género humano (Orozco y Berra, 1881: p. 281).

En este punto constatamos el debate interno de algunos naturalistas propio del siglo XIX, en el cual tuvieron problemas para compaginar las creencias religiosas con el saber producto del trabajo científico. Aunque aclaramos que Manuel Orozco y Berra realizó esta obra como un compendio del conocimiento de ese momento y debe verse como tal.

Conclusiones del Capítulo III

Conviene recordar que si bien para finales del siglo XIX la ciencia en México se encontraba en su fase de institucionalización que la hizo alojarse en el gabinete para adquirir su carácter de conocimiento validado, y que el trabajo en campo perdía la preponderancia que tuvo durante la Ilustración, en esta investigación se sigue la práctica científica en el lugar de estudio, pues todo estudio geológico y paleontológico inicia en campo, para después trasladar al gabinete los ejemplares.³⁶²

Aunque todo el Valle de México es territorio de hallazgos fosilíferos, como se veía al inicio del capítulo, Tequixquiac se constituyó como un lugar de investigación paleontológica porque cumplía con las condiciones necesarias para ello, tanto por su constitución geológica como por las necesidades antropomórficas de modificar el territorio. Lejos de ser un espacio contenedor de acciones, ha sido un actante que propició la temprana exploración e intervención de su suelo e hidrografía.

Esta intervención consistió en obras como canales, que en Gran Bretaña ayudaron a William Smith (1769-1839) para que llegara a conclusiones similares a las de Georges Cuvier sobre la relación entre estratigrafía y osamentas a inicios del siglo XIX. En la entonces Nueva España también se encontraron fósiles gracias a estos trabajos desde el siglo XVI, pero fue Andrés del Río quien comenzó la sistematización de estas osamentas en un texto de enseñanza.

Por su parte, el Valle de México, y en específico su zona norte, vio transformado su paisaje conforme avanzaban las obras. Cuando se trasladó el foco de atención a Tequixquiac, el poblado de Zumpango devino en centro de actividades que permanecería como tal hasta finales del siglo, cuando los trabajos tomaron otro cariz al ser asociados con el *orden* y *progreso* enunciados por el gobierno. Fue así que llegó el ferrocarril hasta las obras del túnel, como un auxiliar poderoso de las mismas.

³⁶² Lo primero es comentado por Luz Fernanda Azuela Bernal, siguiendo a Livingstone; en tanto que lo segundo nos es mostrado por Bruno Latour al describir su experiencia en la selva de Brasil. Véase AZUELA, Luz Fernanda, “Conocimiento situado”, p. 24.

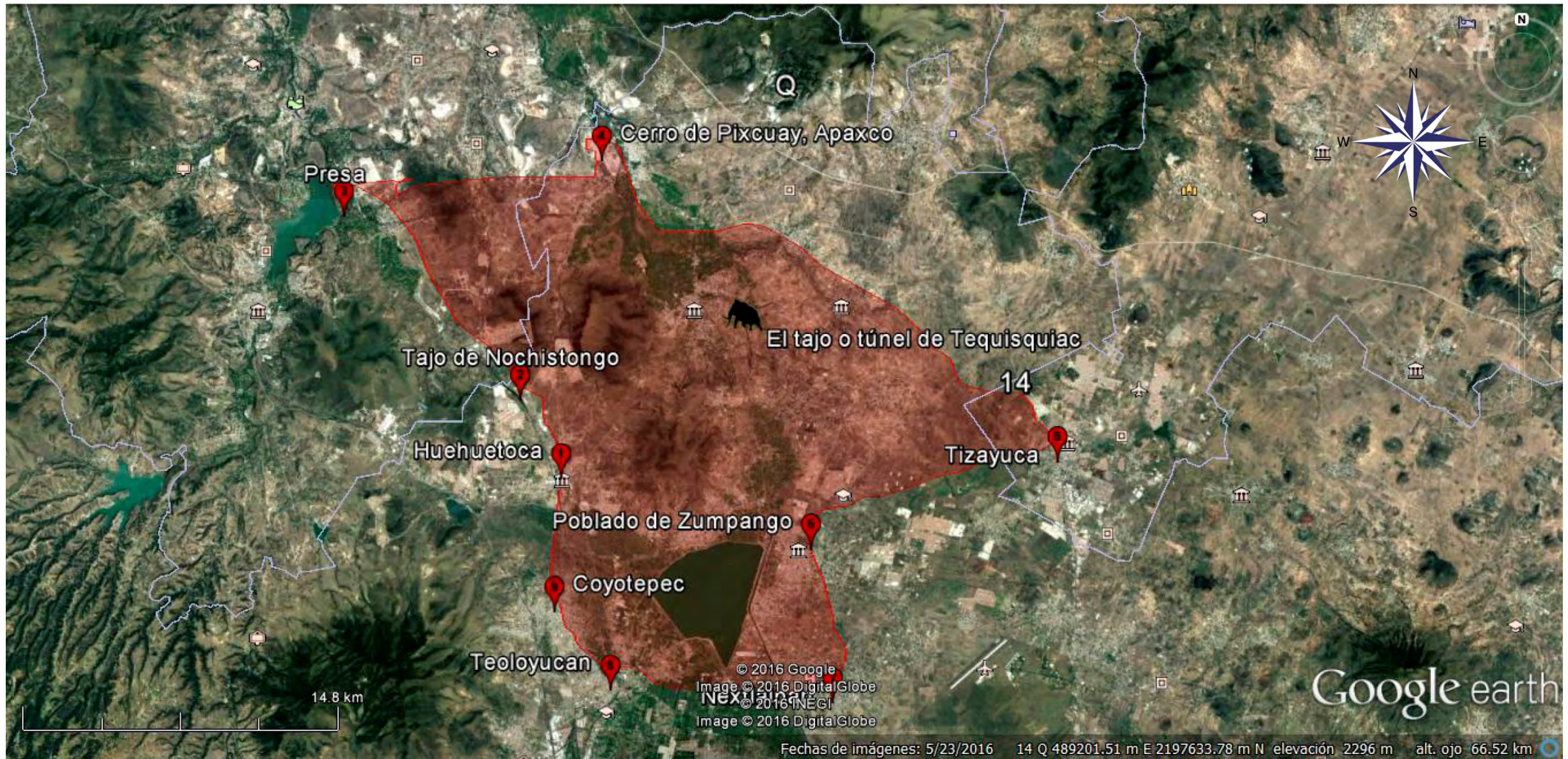
Los mexicanos aprovecharon para explorar el Valle en busca de fósiles. Esta red muestra una vez más la especialización de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena, a quienes se sumaron Juan N. Cuatáparo, José G. Lobato, Manuel María Villada y Guillermo Beltrán y Puga. Caso aparte es el de los arqueólogos Manuel Orozco y Berra y Alfredo Chavero. En el camino encontraron restos que indicaban la presencia del hombre antiguo en el Peñón de los Baños y el Pedregal de Tlalpam o San Ángel, lo que dio pie a los primeros trabajos sobre paleoantropología en México, para los cuales se utilizó la medición de los cráneos para describirlos, como corresponde a la ciencia positiva que se ejercía entonces. Se estudiaron osamentas y restos de cultura material de los antepasados, que aunaron con la información proporcionada por antiguos códices o la tradición oral.

Esta red apoyaba el estudio de la Historia Natural con los recursos que tenía disponibles, provenientes de sociedades científicas o del sueldo de sus miembros como profesores del Museo Nacional. Por ejemplo en las actas de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística se infiere el interés por seguir indagando en Tequixquiac, un lugar donde ya se habían encontrado anteriormente los fósiles, al apoyar con recursos a sus miembros comisionados en ese lugar.

Como los mexicanos no poseían los recursos para realizar las aportaciones teóricas sobre sus descubrimientos, procuraron apoyarse en expertos en anatomía comparada como sir Richard Owen, en geólogos como Joseph Burkart y en paleontólogos como Edward D. Cope, además de entre ellos. La red fue creciendo al incorporar otros actantes que representarían los hallazgos en campo: fósiles, fotografías, informes, láminas y esculturas pronto circularon por ella. Mientras, aprendían los procesos, como muestran los trabajos de Antonio del Castillo, Juan N. Cuatáparo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena, quienes en mayor o menor medida integraron aspectos *más científicos*, como mensura de ejemplares, ubicación lo más exacta posible en campo y comparación con otras especies. Empero, sus trabajos abonaron más a la construcción de una carta geológica, por ejemplo, que a la determinación de sucesiones faunísticas, tarea que por lo pronto quedó en manos extranjeras.

Para finalizar el capítulo, el *Mapa hallazgos fosilíferos en el Valle de México* muestra la zona de estudio y la localización del tajo de Tequixquiac y de otros puntos donde se encontraron fósiles en la zona, como el cerro de Apaxco.

Mapa: Zona de hallazgos fosilíferos en el Valle de México y el tajo o túnel de Tequisquiatic



El tajo de Nochistongo, Huehuetoca, el tajo de Tequisquiatic o barranca de Acatlán y el cerro de Apasco son sitios de descubrimientos paleontológicos. Mientras en este último sitio se encontraron moluscos fósiles, en los otros dos se hallaron abundantes osamentas de mamíferos, sobre todo quijadas y muelas. En Tequisquiatic, a partir de 1868 debido a las obras de desagüe de la ciudad de México, se encontró “una verdadera fosa ú osario, tal era la cantidad y aglomeración de esqueletos petrificados o desmenuzables en polvo”. Se extrajeron de este lugar restos de especies de proboscídeos, equinos, glyptodontes, llamas, rinocerontes y bisontes.

Fuentes: José G. Lobato, Geología e hidrografía del Valle de México. Geología”, en Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, tomo III, correspondiente a 1876, pp. 464-616; Manuel María Villada, “Apuntes acerca de la fauna fósil del Valle de México”, en *Anales del Museo Nacional*, Tomo VII, 1903, pp. 455-458.

Autor: Laura Valdivia Moreno
 Sistema de Coordenadas: UTM (Mercator)
 Fuente: Google Earth, Cartografía digital del Inegi
 Edición: enero de 2019

Simbología:

- Puntos de referencia
- Zona de descubrimientos paleontológicos
- Punto de descubrimiento de fósiles de mamíferos
- Límites estatales actuales

CAPÍTULO IV

El X Congreso Geológico Internacional como resultado de las redes socio-técnicas

Así, cualquiera que sea la concordancia de las capas y la aparente continuidad de la sedimentación, la paleontología siempre está ahí para indicar los límites de las épocas geológicas; y los resultados obtenidos por los geólogos de Pensilvania nos muestran la claridad de estos límites entre dos terrenos que, en varias regiones de América del Norte, se creían confusos, unidos en uno solo.

Compte rendu, *Primer Congreso Geológico Internacional en París, 1878*

Introducción

En los capítulos anteriores profundizamos en la *movilización del mundo* que implicaron las exploraciones organizadas por el gobierno y en el papel del Valle de México como actante en la formación de grupos de trabajo y nuevas asociaciones. También hemos dejado ver atisbos de la cadena de intereses que paulatinamente se incorporaron para hacer posible la circulación del conocimiento geológico, que podemos ver unificados en este capítulo a través del sitio donde convergieron: el Instituto Geológico Nacional, fundado en 1895.

Esto nos lleva a reflexionar acerca de la *autonomización* de las especialidades, primero la Geología, posteriormente la Paleontología. Consiste, básicamente, en la forma como “una disciplina científica se vuelve independiente, conforma su propio criterio de valoración y relevancia” y mantiene unidos a sus integrantes mediante una plataforma institucional que los organiza y provee de recursos.³⁶³ En el caso mexicano, Luz Fernanda Azuela demuestra que la automatización de esta disciplina fue de larga duración, pues el ciclo que la hizo

³⁶³ Para todas las referencias a este modelo de circulación de la ciencia, véase LATOUR, Bruno, *La esperanza de Pandora, ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, Gedisa, 2001, pp. 123-131.

posible inició en 1795, al inaugurarse la cátedra de Mineralogía, y concluyó con el establecimiento del *laboratorio*, representado por el Instituto Geológico.³⁶⁴

El antecedente directo fue la Comisión Geológica Mexicana, albergada en los salones de la Escuela Nacional de Ingenieros y bajo el mando del propio director del plantel educativo, con el objetivo primordial de elaborar una Carta Geológica. El artífice principal de este proceso –y director de ambas instituciones– fue Antonio del Castillo, quien a través de sus actividades docentes y de investigación, pero también de gestión, administrativas, políticas y de divulgación, sostuvo el entramado hasta lograr la automatización o institucionalización de la Geología y darle visibilidad en el país y en el extranjero, gracias a la articulación de actividades de *representación pública*.

Es decir que, además de convencer a otros ingenieros para que participaran en la tarea de crear instituciones de carácter geológico y de involucrar grupos de poder como los mineros e inversionistas, trabajó junto con sus colegas en la divulgación de contenidos hacia la sociedad a través de noticias y artículos en medios impresos como los boletines científicos y la prensa no especializada, como han constatado Luz Fernanda Azuela para el primer caso, Rodrigo de la Vega para el segundo³⁶⁵ y nosotros también, en una mirada general a la prensa de la época, en la cual abundaremos más adelante.

Por otra parte, el desarrollo cognoscitivo que se llevó a cabo en el periodo, desde las aulas hasta la operación del Instituto, constituyó *nudos* o *vínculos* que fueron estrechando cada vez más los diversos componentes de la disciplina en proceso de autonomización. Los mexicanos paulatinamente empezaron a identificar las unidades estratigráficas por su posición pero también “con base en su contenido de fósiles característicos”,³⁶⁶ hecho que podemos considerar un índice para comparar el avance de la disciplina geológica en México con la de otras partes del mundo.

³⁶⁴ En este sentido, coincide con Zoltán de Cserna. Véase: AZUELA Bernal, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería/UNAM, 2005, 186 p.; CSERNA, Zoltán de, “La evolución de la Geología en México (1500-1929)”, *Revista del Instituto de Geología de la UNAM*, vol. 9, núm. 1, 1990, p. 1.

³⁶⁵ VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio, “Instrucción, utilidad, especulación y recreación geológicas en las revistas de la ciudad de México (1840-1861)”, *Trashumante. Revista Americana de Historia Social*, 2013.

³⁶⁶ CSERNA, Zoltán de, “La evolución de la Geología”, p. 1.

El país recibió el nuevo siglo estrenando una estructura que daría continuidad a los comúnmente pospuestos programas de trabajo sobre temas geológicos y paleontológicos, gracias a que Antonio del Castillo supo aprovechar un periodo gubernamental que incentivó la conformación de una estructura científica, al traducir sus intereses científicos para que (parafraseando a Luz Fernanda Azuela) el Estado tomara este nuevo establecimiento como un *atajo* hacia la consecución de sus objetivos.

Tras la muerte del ingeniero michoacano, tocó a José Guadalupe Aguilera dar continuidad al proyecto hacia dentro y hacia afuera del país. Un evento que serviría de escaparate a la nueva institución fue el X Congreso Geológico Internacional de 1906, organizado en México 11 años después de la fundación del Instituto. En este capítulo lo destacamos como resultado de estas articulaciones y a la vez como nodo para la investigación científica de México con miras al nuevo siglo.

En resumen, en el transcurso de este capítulo revisamos las instituciones creadas para la práctica geológica y las asociaciones con otros grupos del colectivo, la significación de los vestigios de seres del pasado ya como objetos de estudio *per se* en los contenidos del Congreso y la forma como se socializó a través de la prensa. Respondemos también la pregunta sobre por qué este hecho histórico puede considerarse la culminación de un proceso y, por ende, la etapa para cerrar una investigación acerca del itinerario geológico y paleontológico en México.

Nuevos nodos para una red en crecimiento

El antecedente para la construcción de esta plataforma institucional había iniciado en la Nueva España tras las primeras articulaciones entre comerciantes, mineros y hombres de ciencia para alcanzar “una sistematización de los conocimientos capaz de enfrentar los problemas que surgían” durante la práctica de la principal actividad económica del Virreinato: la minería. Entre estos problemas destacaban trabas burocráticas, financiamiento, aprovisionamiento de insumos como azogue³⁶⁷ y pólvora, excesivos impuestos y tributos, legislación antigua y enormemente compleja, entre otros. Pero como

³⁶⁷ El elemento químico mercurio era conocido anteriormente como azogue.

es sabido, en lugar de brindar soluciones, con las reformas borbónicas la Corona trató de centralizar más el control de la explotación.³⁶⁸

Como contraposición a las reformas borbónicas, impulsadas en la Nueva España a través del visitador José de Gálvez, el jurista novohispano Francisco Javier Gamboa (1717-1794), comisionado en 1761 en el consulado de la Nueva España en Madrid, presentó sus *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*,³⁶⁹ proyecto que abarcaba aspectos económicos, políticos, científicos y técnicos³⁷⁰ para hacer frente a los problemas mencionados, entre cuyas propuestas estaba la creación de una escuela de minas.

Gamboa, uno de los mejores abogados de la Nueva España, recibió varias comisiones a tratar en Madrid, entre ellas el asunto de la minería.³⁷¹ Fungió así como representante de los intereses que involucraban grupos de poder como comerciantes, el mismo gobierno virreinal, científicos y, por supuesto, los mineros; este grupo heterogéneo se reunió en torno de un interés común y, aunque de momento no se logró el objetivo, al menos fue escuchado en la madre patria y en otros virreinos.

Juan Lucas Lassaga (?-1786) y Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786) dieron continuidad a esta idea cuando unos años después retomaron con mayor éxito el documento de Gamboa, pues lograron la aprobación de un Tribunal de Minería, de unas nuevas *Ordenanzas* para la actividad y de una escuela de enseñanza especializada, la cual abrió sus puertas en 1792 como la primera institución que impartió conocimientos técnicos y científicos en América.³⁷²

Ambas instituciones fueron las primeras creadas para el estudio específico del subsuelo; la primera dotó de un reglamento (las Ordenanzas); la segunda comenzó la demarcación de la Orictognosia como una especialidad científica que profesionalizaría a los nuevos

³⁶⁸ SALDAÑA, Juan José, “Acerca de la historia de la Ciencia Nacional”, en Juan José Saldaña (coordinador), *Los orígenes de la ciencia nacional* (Cuadernos de Quipu 4), Sociedad Latinoamericana de historia de las ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992, p. 29.

³⁶⁹ GAMBOA, Francisco Javier, *Comentarios a las Ordenanzas de minas, dedicados al católico rey, nuestro señor, don Carlos III. (Que Dios guarde) Siempre magnánimo, siempre feliz, siempre augusto, por...*, Madrid, Ofician de Joachin Ibarra, Calle de las Urofas, 1761.

³⁷⁰ SALDAÑA, Juan José, “Acerca de la historia”, p. 29.

³⁷¹ OTERO, Mariano, “Biografía de Francisco Javier Gamboa”, *El Museo Mexicano*, p. 358.

³⁷² ESCAMILLA González, Francisco Omar y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas, 225 años del Real Seminario de Minería*, UNAM, 2017, p. 69.

especialistas pero establecería una distancia cada vez mayor con los hombres de mina no profesionalizados; es decir, entre los *científicos* y los *amateurs*.³⁷³

Regresamos a la historia de este establecimiento para tomar *el inicio del hilo* a partir del cual fue creada una red para el estudio del subsuelo mediante la articulación de los alumnos del plantel con otras instituciones, pues algunos se fueron a formar nuevos nodos en el gobierno, otros permanecieron en la enseñanza dentro de las mismas paredes y otros más se fueron enrolando en las exploraciones oficiales del territorio, puesto que junto con los ingenieros extranjeros que llegaron al país eran los únicos con los conocimientos suficientes para dirigirlos dado que, como también es sabido, la universidad no ofreció opciones de estudio técnico durante prácticamente todo el siglo XIX.³⁷⁴

La comunidad científica de México se fue integrando a partir de sociedades también científicas que se constituyeron a lo largo del siglo, como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la Sociedad Mexicana de Historia Natural, la Sociedad Humboldt y la Sociedad Científica “Antonio Alzate”. Sociedades que contaron con su propio órgano de difusión científica que en muchos casos sirvió también como emisor y receptor de noticias y artículos que llegaban del extranjero, gracias a los intercambios con instituciones como el Instituto Smithsonian, y a la presentación en sus páginas de traducciones o de artículos de interés científico.³⁷⁵

³⁷³ Para explicar el proceso mediante el cual los cuadros egresados del Colegio minero desplazaron a los prácticos. Véase AZUELA Bernal, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio*.

³⁷⁴ Entre los ingenieros que llegaron al país para trabajar hemos mencionado a Burkart y a Weidner, pero no fueron los únicos, también arribaron otros técnicos para trabajar en el trazo y construcción de caminos y otras obras, como el belga Guillermo Wodon de Sorinne, quien trabajó en el camino de San Luis a Tampico entre 1854 y 1855. VARGAS Chávez, Jaime Alberto, *El ingeniero Guillermo Wodon de Sorinne, su vida y producción arquitectónico-urbanística en la Morelia de la segunda mitad del siglo XIX*, Morelia, El Colegio de Michoacán, 2012, p. 33. Tampoco hay que olvidar las escuelas de provincia que comenzaron a impartir estudios técnicos, ni la Escuela Nacional de Agricultura, ya avanzado el siglo, pero si seguimos las trayectorias de quienes encabezaron las exploraciones y los trabajos geológicos, veremos que la mayor proporción egresó del Colegio metálico, que a finales del siglo se diversificó para dar cabida a otras profesiones alejadas de la minería al constituirse en Escuela Nacional de Ingenieros. Entre las instituciones de provincia podemos mencionar la Escuela de Altos Estudios de Jalisco y el Colegio de San Nicolás de Hidalgo como ejemplos, si bien el primero tuvo una existencia un tanto azarosa. Como hemos visto, el médico Manuel María Villada se sumó al estudio de los fósiles.

³⁷⁵ Sobre la importancia de la SMGE en la articulación de la ciencia mexicana, véase AZUELA Bernal, Luz Fernanda, “La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la organización de la ciencia, la institucionalización de la Geografía y la construcción del país en el siglo XIX”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, Núm. 52, 2003, p. 154.

En cuanto a la esfera política, poco a poco se había dado impulso a la ciencia tanto por gobiernos conservadores como liberales –recordemos las ideas de Lucas Alamán acerca de la educación y la importancia de desarrollar la minería y la industria–, pero tras las Leyes de Reforma hubo mayor interés en la institucionalización de la ciencia, que fue más patente con la llegada del positivismo gracias a las acciones de Gabino Barreda y la aceptación de estas ideas por parte de los hombres del gobierno, en busca de pacificar el país y encauzarlo hacia el progreso, como comenzó a establecerse en el Porfiriato.

El Ministerio de Fomento aglutinó los esfuerzos por el conocimiento del territorio y para establecer parámetros científicos en las exploraciones. En él trabajaron los egresados del Colegio de Minería o de la Escuela Especial (o Nacional) de Ingenieros, como los ya mencionados en capítulos precedentes, de modo que podemos hablar del mismo grupo de individuos en general, y de las distintas generaciones de colegas con formación similar laborando para la misma institución, lo que nos muestra a los puestos de trabajo asociados con estas ciencias ocupados por ingenieros, tanto de minas como ensayadores y geógrafos.

Una revisión a las exploraciones mencionadas en el Capítulo II nos muestra el cambio de intereses, pues éstas se encaminaron hacia la búsqueda de combustible mineral, como se mencionó en aquel apartado y como han observado otros investigadores.³⁷⁶ Un vistazo a la correspondencia de la Escuela Especial de Ingenieros en esos años expone que, en efecto, se recibían de diferentes partes de la República cajas con muestras de carbón y otros materiales, tanto por los ingenieros que participaban como por particulares que deseaban conocer el valor de algún mineral encontrado.³⁷⁷

En estos años un nuevo combustible fósil comenzó a llegar a los gabinetes de la Escuela: el petróleo. Por ejemplo, el día 8 de marzo de 1882 se recibió un frasco de petróleo para su análisis, proveniente de Tusamapa, Tabasco, enviado por la Secretaría de Fomento. Pese a no contar con el equipo adecuado –que ya antes les había provocado alguna explosión–, personal del laboratorio de Química trató de estudiarlo pero otra vez tuvieron “el principio

³⁷⁶ MORELOS Rodríguez, Lucero y José Omar Moncada Maya, “Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México”, *Asclepio*, 67 (2), julio-diciembre 2015, p. 113; BLANCO Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya, “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”, *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 74, 2011, pp. 74-91.

³⁷⁷ Santiago Ramírez y Teodoro Laguerrene, por ejemplo, enviaron cajas de carbón al Colegio de Minería, producto de sus exploraciones.

de un incendio peligroso”. Al final, en la minuta dirigida el 21 de abril a la Secretaría de Fomento, concluyen que es demasiado espeso para emplearlo en el alumbrado, así que tendría que ser destilado o habría que perforar más profundo para encontrarlo más disuelto.³⁷⁸

En los hechos anteriores palpamos que a inicios de la década de 1880 la Escuela Especial de Ingenieros era el laboratorio donde se continuaba el trabajo comenzado en los espacios estudiados a través de las exploraciones de Fomento, si bien no contaba con el equipo necesario para ello. Por otra parte, para Antonio del Castillo no le pasaba desapercibido que las comisiones tenían objetivos que no siempre permitían profundizar en el conocimiento geológico y paleontológico, que era dejado de lado o pospuesto ante la falta de presupuesto.

Al participar en exposiciones y en los primeros congresos geológicos internacionales, había observado la forma de trabajar en otros países, por lo regular a través de los servicios geológicos (*geological surveys*), y veía los resultados que podían obtenerse. En 1882 aprovechó el interés del gobierno de Porfirio Díaz para solicitar a la Secretaría de Fomento, encabezada en ese periodo por el general Carlos Pacheco (1839-1891), la creación de un instituto geológico con presupuesto propio.

El Instituto Geológico Nacional

El 26 de septiembre de 1882 Antonio del Castillo propuso al Secretario de Fomento Carlos Pacheco, como medida para evitar la interrupción involuntaria de sus trabajos científicos relativos a la formación de un “bosquejo de la ‘Carta General Geológica del país’, de un ‘Atlas paleontológico mexicano’ y de una ‘Estadística mineral de la República’”, la creación de un instituto geológico nacional. En esa misma comunicación, Del Castillo refiere lo dicho por el general Pacheco acerca del interés del presidente Porfirio Díaz en brindarle la protección necesaria para su actividad científica, así que describió el proyecto, en el cual especificó que el “Departamento del Instituto Geológico Nacional” dependería de un ingeniero en jefe, que sería él mismo, la Secretaría de Fomento le asignaría un

³⁷⁸ AHPM. Caja 1882-II, 215, doc. 32. Fs. 1-3.

presupuesto de \$48 000 para la ejecución de las cartas mencionadas. La estructura propuesta era la siguiente:

Estructura propuesta por Antonio del Castillo para el Departamento
del Instituto Geológico Nacional

Cargo	Cantidad asignada (pesos)
Un director ingeniero en jefe durante las expediciones	500
Dos ingenieros de minas, geólogos	800
Un ingeniero metalurgista	400
Dos ingenieros topógrafos, dibujantes, para las cartas parciales de detalles	600
Un dibujante y fotógrafo	200
Un secretario, contador y encargado de coleccionar y ordenar los datos de la Estadística mineral	300
Total	2 800

Fuente: AHPM. Caja 1882-II, doc. 35. Fs. 1-3.

También se asignarían 1 200 pesos para gastos de las expediciones, lo cual sumaba un total de 4 000 pesos. Una vez que se terminara esa fase, las dotaciones o sueldos se reducirían a la mitad para los trabajos de gabinete y la redacción de las memorias. Para dar idea de la forma como se presentarían los trabajos, adjuntó “una calca” de cartas de “la parte austral metalífera de la Península de Baja-California” para el caso de las cartas geológicas, y dos láminas litografiadas de las familias de los perezosos y de los carniceros fósiles que formaban parte de la fauna cuaternaria de los Valles de México, y otra lámina sin litografiar, “de la flora fósil más característica del terreno carbonífero de Tecomatlan y Omatlan: y otras seis, también en dibujo, de los fósiles moluscos característicos de la formación cretácea de San Juan de la Raya del Estado de Puebla”.³⁷⁹

³⁷⁹ Fuente: AHPM. Caja 1882-I, 215, doc. 32, Fs. 1-3.

Destacamos que para estas fechas Antonio del Castillo ya se nombraba a sí mismo como ingeniero geólogo, pues el puesto que tendría en esta nueva estructura sería el de Ingeniero Geólogo en Jefe, mismo que debía ser el Director del plantel educativo, “Profesor actual de Mineralogía, Geología y Paleontología en la misma [Escuela]”. Esto es, agrupa en torno a su persona las características deseables para dirigir el instituto propuesto, mismo que trabajaría estrechamente con la escuela. Asimismo, menciona que para la elaboración de las cartas emplearían la gama de colores establecidos en el Congreso Internacional de Bolonia, celebrado en 1881,³⁸⁰ en una muestra de su interés por estar al día y aplicar los acuerdos internacionales a los que se iba llegando en la disciplina geológica.

Pese al apoyo ofrecido, y aun cuando el ingeniero ya había iniciado trabajos en los “tres mejores salones” del edificio de la Escuela de Ingenieros, donde habían reunido las colecciones y los materiales de que disponían con afán de realizar estos trabajos, “con método, orden y con los objetos a la vista de colecciones ya ordenadas y clasificadas” tuvo que hacer espacio al Ministerio de Fomento, que se mudó al mismo edificio en junio de 1882, y con ello perdió la continuidad que tanto deseaba, pues con los objetos amontonados en otro salón, era imposible proseguir.³⁸¹

El 26 de mayo de 1886, la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio presentó al Congreso de la Unión la iniciativa para crear la institución geológica de México; mientras se debatía al respecto, el presidente llegó a un acuerdo para que en 1888 se formara una Comisión Geológica de la República, que prepararía las cartas geológica y minera del país, para presentarlas en la Exposición Internacional de París de 1889 –notemos que la carta paleontológica ya no fue mencionada en estos nuevos objetivos–. Dicha comisión fue encabezada por Antonio del Castillo, y su estructura fue la siguiente:

³⁸⁰ Fuente: AHPM. Caja 1882-I, 215, doc. 32, F. 1. El II Congreso Geológico Internacional se celebró en Bolonia, Italia, en 1881. Más adelante retomaremos el tema.

³⁸¹ Esos tres mejores salones formaban parte de la casa del director. AHPM. Caja 1882-I, 215, doc. 32, Fj. 7; MORELOS Rodríguez, Lucero y José Omar Moncada Maya, “Orígenes y fundación”, p. 10.

Personal inicial de la Comisión Geológica en 1888

Personal	Cargo
Antonio del Castillo	Director de la Comisión Geológica
José Guadalupe Aguilera	Geólogo
Baltazar Muñoz	Geólogo
Ezequiel Ordóñez	Ayudante de geólogo y dibujante
Lamberto Cabañas	Ayudante de geólogo y topógrafo
Francisco Garibay	Topógrafo
Juan Orozco y Berra	Dibujante
Luis G. Becerril	Dibujante
Francisco Brito (Juan Alonso)*	Escribiente

Fuente: elaborado con base en AGUILERA, José Guadalupe, *Bosquejo Geológico de México*, Instituto Geológico de México, México, 1896, pp. 11-12.

La meta fijada fue presentar un bosquejo de carta geológica y una carta minera de la República Mexicana en la Exposición Internacional de París de 1889. Aunque en la medida de lo posible se había estado trabajando en la construcción de estas representaciones durante los años previos, para el primer caso era difícil conseguir como producto algo más de un bosquejo³⁸². Aguilera nos explica las razones de ello:

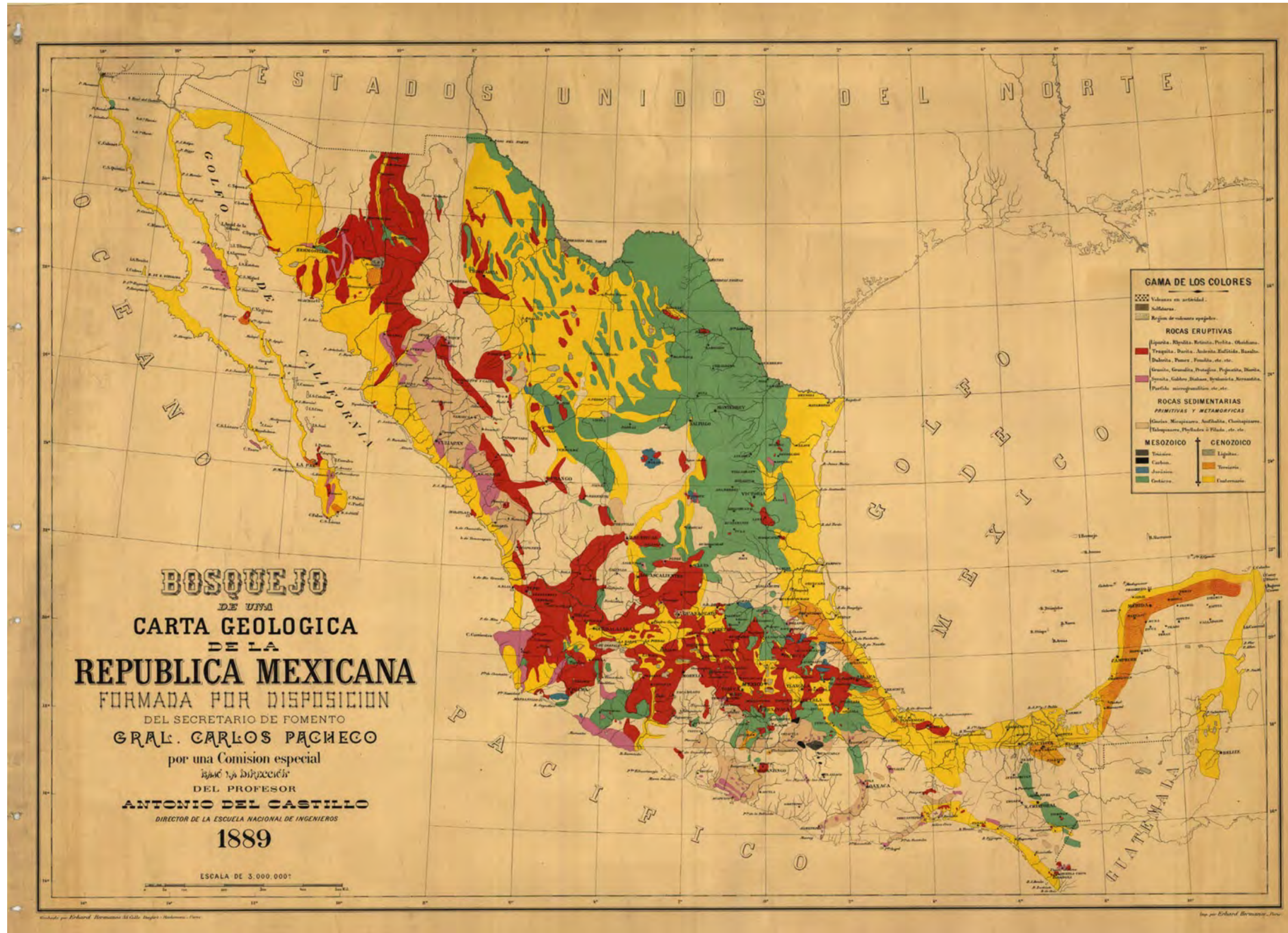
Dada la inmensa extensión del territorio nacional, la falta absoluta de horizontes geológicos que pudieran servir de referencia para los trabajos de esta Comisión, lo perentorio del plazo en el cual dicho trabajo debía presentarse, y atendiendo á la confusión que de algunas de nuestras extensas formaciones habían hecho los geólogos extranjeros y nacionales, era imposible pretender la ejecución de una carta geológica en la cual se deslindaran divisiones taxonómicas inferiores a las grandes unidades que se designan con el nombre de sistemas.³⁸³

Se utilizaron las colecciones que se poseían en la Escuela de Ingenieros, de modo que tuvieron que revisar y reclasificar todos los ejemplares de los gabinetes, tanto rocas como

³⁸² Aunque la palabra “bosquejo” nos remite a algo inconcluso, su empleo para la carta geológica no fue invento de Antonio del Castillo. Otros naturalistas y geógrafos ya la habían utilizado con anterioridad, entre ellos Alexander von Humboldt.

³⁸³ AGUILERA, José Guadalupe, *Bosquejo geológico*, p. 12.

Bosquejo de la Carta Geológica de México presentado en París por Antonio del Castillo en 1889



Fuente: Mapoteca Orozco y Berra (MOyB). VARILLA 5, Núm. 7701Bosquejo de una Carta Geológica de la República Mexicana, elaborada por Antonio del Castillo. Año: 1889. Escala 1: 3 000 000

fósiles, de acuerdo con la clasificación propuesta por Lapparent en su libro, que estaba basada a su vez en la de Ferdinand Fouqué y Michel Levy. Con los ejemplares pudieron establecer varios puntos en el mapa pero con el problema de que muy poca información era precisa.

De los trabajos realizados con anterioridad y de los que podían obtener datos, retomaron algunos de los mencionados en el capítulo II, como el realizado por la comisión del Istmo de Tehuantepec encabezada por Manuel Fernández Leal. Para el estado de Sinaloa, se retomó una carta elaborada por Weidner, aunque Aguilera confesó que después se dieron cuenta de que tenía varios errores. Tomaron también trabajos de Antonio del Castillo para los estados de Oaxaca, el sur de Guerrero y Baja California –en este caso junto con los de la Comisión también revisada en el capítulo II–. Siguieron ellos mismos varios itinerarios geológicos, en los estados de México, Hidalgo y Querétaro.³⁸⁴

Con todo, terminaron el bosquejo a tiempo de ser presentado en París. Era una representación general sobre la Geología de México, si bien con lagunas de información que quedaron expresadas como espacios en blanco y que serían llenadas posteriormente. En la página anterior se muestra una reproducción de este Bosquejo. También se realizó la Carta minera.

Podríamos preguntarnos acerca de la importancia de esta representación, puesto que estaba incompleta y su información era de carácter general, dado que, como mencionó Aguilera en el texto que reproducimos, tomaba como unidades taxonómicas los sistemas. Pero se trata de la primera representación de la geología de todo el territorio mexicano, elaborada con criterios internacionales de color y nomenclatura. Si bien no estaba completa, era una herramienta para establecer interlocución con los geólogos de otros países, principalmente de América del Norte, pues como recordaremos, uno de los objetivos trazados en 1868 en la Sociedad Mexicana de Historia Natural había sido completar la formación de la carta geológica de esta parte del continente. Además, fue un punto de partida para trabajar en una carta completa, una vez aceptada la creación del Instituto Geológico Mexicano en 1891.

³⁸⁴ AGUILERA, José Guadalupe, *Bosquejo geológico*, p. 14.

Una vez establecido el Instituto, Antonio del Castillo y los ingenieros que lo conformaban se dieron a la tarea de corregir la Carta y de redactar la Memoria que debía acompañarla. Sin embargo, el ingeniero Antonio del Castillo falleció en 1895, sin poder terminar estas tareas. Lo sucedió en la Dirección el ingeniero José Guadalupe Aguilera.

Para el año en que se dio a conocer el Bosquejo en París, la Geología se encontraba en fase de organización mundial con la puesta en marcha del Congreso Geológico Internacional, que había iniciado en 1878 y para 1889 ya había sesionado en tres ocasiones. Existía un gran interés por crear la Carta Geológica de Europa como preámbulo a una Carta mundial por parte de varios países europeos. De hecho, en 1892 Alemania, a través del Servicio Geológico de Prusia, presentó un Atlas Geológico del Mundo independiente de los trabajos del Congreso, que fue dirigido por Hermann Berghaus (1828-1890).

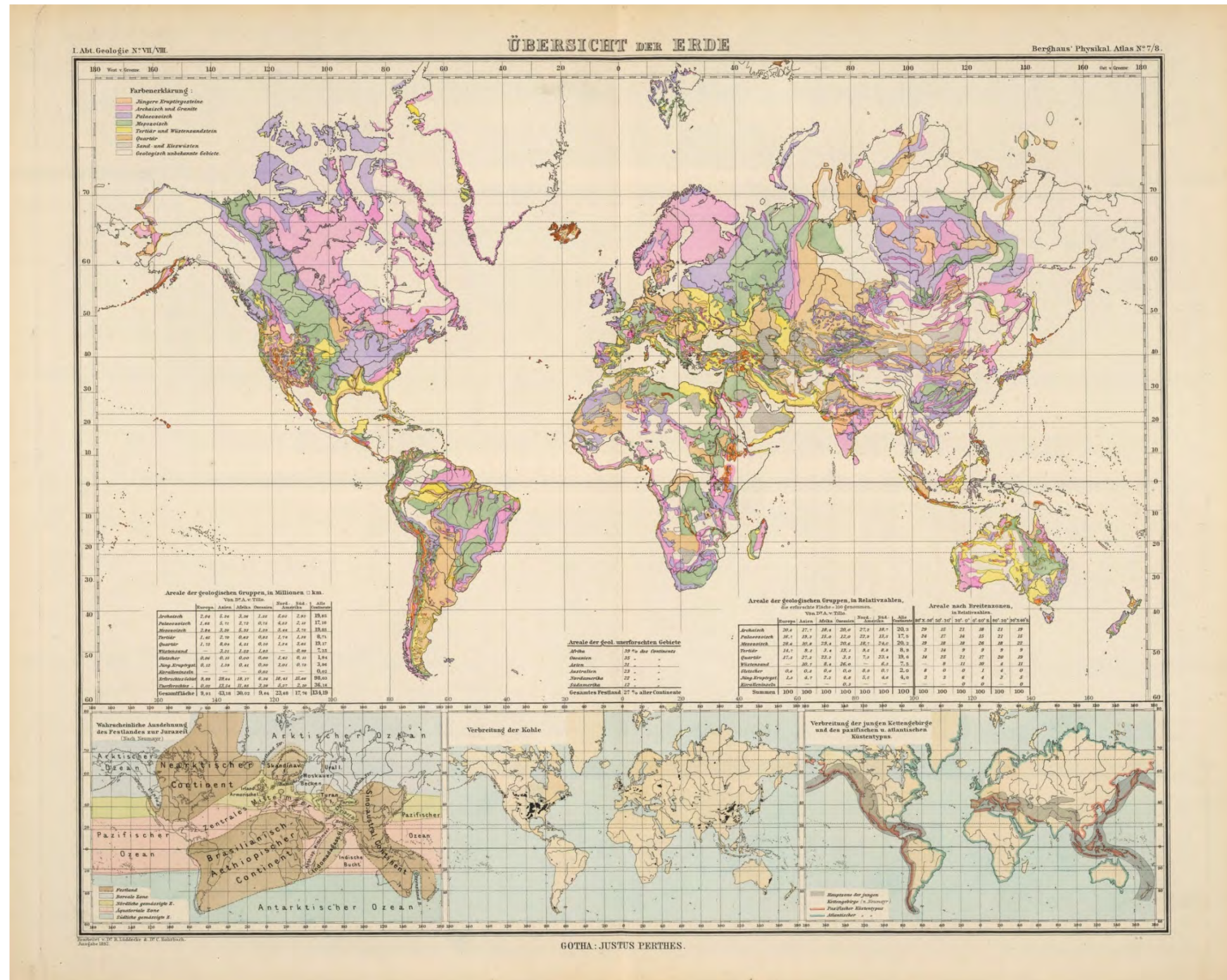
En este Atlas, Berghaus incluyó “una sección geológica de 15 placas, con ocho relativas a la cartografía; [...] cada mapa ocupaba una doble página en formato 40 cm x 2 (27 cm)”.³⁸⁵ También señala en color blanco los lugares donde el autor no contó con información geológica, entre ellos algunas zonas de África, Sudamérica y la mayor parte de México. ¿No se había enterado del Bosquejo Geológico de Antonio del Castillo o no había tenido acceso a esa información?

Puede ser que la comisión que desarrolló el Atlas desconociera la información geológica de México, o bien que no la haya validado para incluirla. Desconocemos la razón de esto último, si fuera el caso, pero quizá pueda deberse al carácter general del Bosquejo. En la página siguiente presentamos el Atlas mundial completo, para comparar el avance global en su construcción, y en la siguiente página mostramos un acercamiento georreferenciado a la República Mexicana, para apreciar mejor los espacios en blanco y los que tienen color.

Decidimos incluir este mapa para no perder de vista que el trabajo del Instituto Geológico apenas comenzaba y, además de trabajar en el aspecto geológico, se requería también realizar labores de representación pública, hacia adentro y hacia afuera del país, para que

³⁸⁵ BOUYASSE, Philippe, “La Commission”, p. 7, doc. 7.

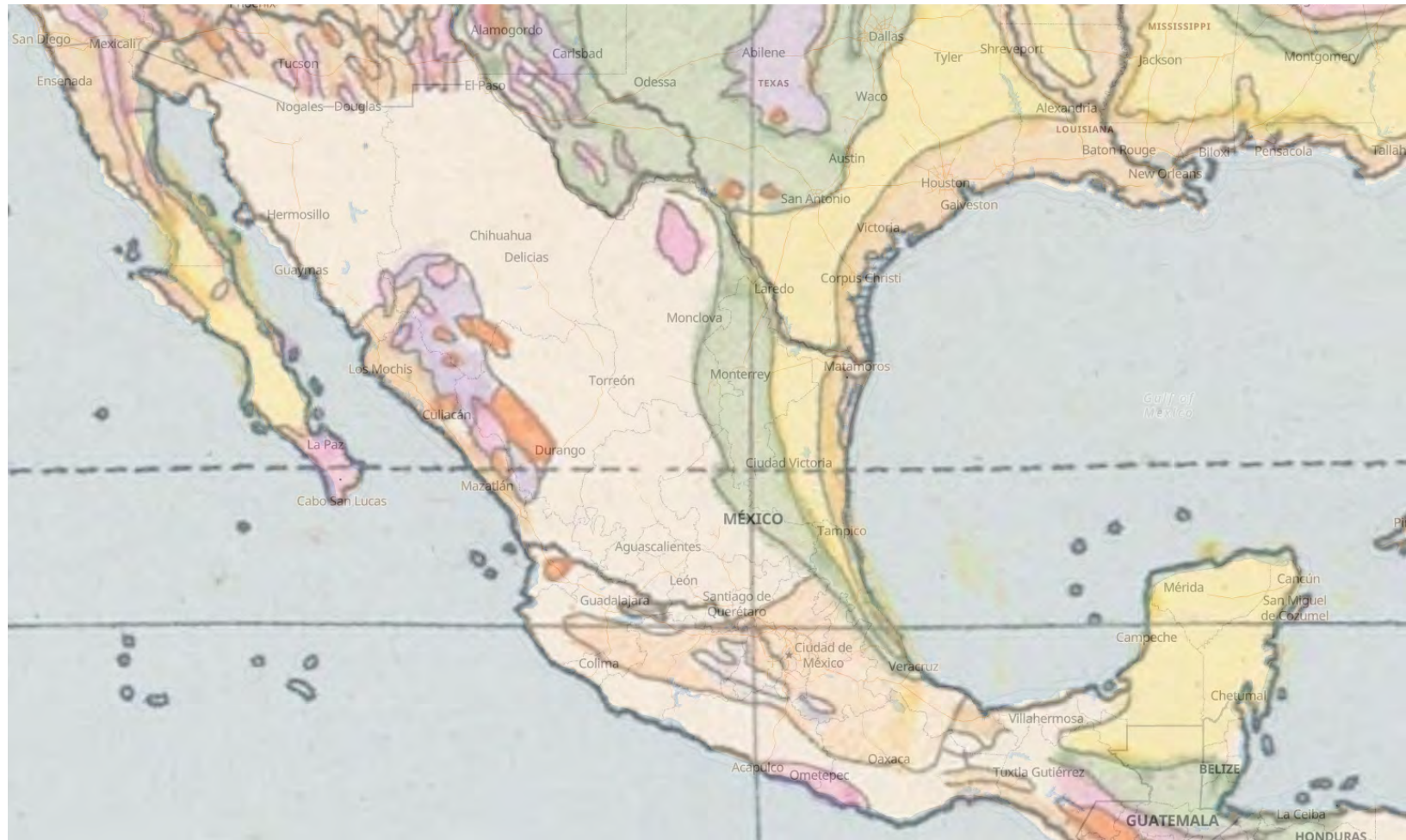
Atlas mundial del Servicio Geológico prusiano, presentado en 1892



ROHRBACH, C., "Übersicht der Erde. (with) Wahrscheinliche Ausdehnung des Festlandes zur Jurazeit (nach Neumayr. with) Verbreitung der Kohle. (with) Verbreitung der jungen Kettengebirge und des pazifischen u. atlantischen Küstentypus. Bearbeitet v. Dr. R. Luddecke & Dr. C. Rohrbach. Ausgabe 1892", Gotha, Justus Perthes. Justus Perthes, Publisher Location: Gotha, Type: Atlas Map, Obj Height: cm 35, Obj Width cm 42, Scale 1/100,000,000, Unter beratender Mitwirkung von Prof. Dr. K. v. Zittel, bearbeitet von Dr. Hermann Berghaus, Professor in Gotha. Nach dem Tode des Verfassers in einigen Karten fertiggestellt von Dr. R. Luddecke, Dr. C. Rohrbach und Prof. Dr. Steinmann ... Gotha: Justus Perthes. 1892.

México y su Instituto Geológico pudieran entrar en el *concierto de las naciones civilizadas*. Algo en lo que los ingenieros mexicanos ya trabajaban desde el primer congreso Geológico.

Acercamiento a la República Mexicana en el Atlas de Hermann Berghaus



ROHRBACH, C., “Übersicht der Erde...”.

X Congreso Geológico Internacional, una síntesis del territorio

Al final del siglo y como resultado de las acciones emprendidas por los actores hacia la autonomización de su disciplina, se llegó al fin de la “edad heroica de la Geología en México”, que Luz Fernanda Azuela extiende hasta el año de 1895, cuando falleció Antonio de Castillo.³⁸⁶ El X Congreso Internacional de Geología celebrado en México puede verse como un símbolo de la transformación que se logró, por varias razones que se desgranar en este apartado.

Primeros congresos geológicos internacionales

Para la última parte del siglo, la Geología mostró su relevancia en Occidente como disciplina científica autónoma cuando conformó su exclusivo espacio internacional de intercambio, bajo criterios de validación propios. De acuerdo con Philippe Bouysse, la idea de crear un congreso específicamente geológico se había mencionado desde inicios del siglo XIX, pero fue hacia 1867 cuando en voz del español Juan Vilanova y Piera (1821-1892) se retomó con seriedad el planteamiento, mismo que el italiano Giovanni Capellini (1833-1922) repitió en 1874, e incluso propuso como sede su recién constituido país.³⁸⁷

Dos años después la inquietud volvió a ponerse sobre la mesa en Buffalo, Nueva York, entre un grupo de participantes de la recién finalizada Exposición Universal de Philadelphia. Ante la respuesta favorable, se formó un comité internacional de trabajo dirigido por el estadounidense James Hall (1811-1898) que, con ayuda de otro comité establecido en Francia y encabezado por M. Hébert, dos años más tarde inauguró el Primer

³⁸⁶ AZUELA Bernal, Luz Fernanda, *De las minas*, p. 56.

³⁸⁷ BOUYSSÉ, Philippe, “La Commission de la Carte Géologique du Monde Genèse et trajectoire sur un siècle d’existence”, *Supplément au Bulletin* No. 57 (2013), Numéro commémoratif du centenaire de la CCGM, p. 4. Disponible en <https://ccgm.org/img/cms/Histoire%20de%20la%20CCGM.pdf> (fecha de consulta: 22 de diciembre de 2019); *Cfr.* MORELOS Rodríguez, Lucero y J. Omar Moncada Maya, “Capítulo 6. Las exploraciones geológicas en el marco del X Congreso Geológico Internacional (1906)”, en Luz Fernanda Azuela Bernal y Rodrigo Vega y Ortega (Coords.), *Naturaleza y territorio en la ciencia mexicana del siglo XIX*, México, Instituto de Geografía-UNAM, 2012, p. 138.

Congreso Geológico Internacional en el Palacio de Trocadero de la ciudad de París, pues aprovecharon que ese mismo año se celebraba la Exposición Universal de 1878.³⁸⁸

Estos hechos nos permiten observar la transición de la Geología hacia su mundialización, si entendemos por esta última el proceso para concebirla de forma global en sus dos vertientes: como ciencia y como descripción física, que parte de la práctica nacional con la conformación de cartas geológicas del territorio para posteriormente buscar elementos de comparación con los países vecinos, cuyas fronteras son artificiales y en muchos casos se comparten las mismas formaciones y características geológicas.³⁸⁹

El primer Congreso se celebró del 29 de agosto al 4 de septiembre de dicho año y participaron 22 representaciones: Argelia, Alemania, Alsacia-Lorena, Argentina, Australia, Austria-Hungría, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, la India inglesa, Italia, México, Países Bajos, Portugal, Rumania, Rusia, Suecia y Noruega y Suiza. Como es obvio, la mayor delegación fue de Francia, como país sede. Entre los asistentes destacan nombres que ya conocemos en esta investigación, como Henri Douvillé, Juan Vilanova, Antoine de Lapparent, Giovanni Capellini, Edward S. Cope y el mexicano Antonio del Castillo.³⁹⁰

Participaron 303 personas; entre ellas había profesores de Geología, Paleontología, Historia Natural, Herpetología, Mineralogía y Antropología; decanos universitarios, médicos, farmacéuticos, ingenieros, ingenieros de minas, personal de museos (conservadores, preparadores, auxiliares de naturalista, directores), militares, mineros, entre otros. La finalidad del Congreso se resume en la “unificación de los trabajos geológicos desde el punto de vista de la nomenclatura y las figuras”³⁹¹ geológicas, pero Philippe Bouysse nos

³⁸⁸ Por esta razón el *Compte Rendu* del primer Congreso es presentado por la “Exposition Universelle Internationale de 1878, à Paris, como se lee en su portada. Por otra parte, el llamado “Comité fundador” había solicitado ayuda a la Sociedad Geológica de Francia, que estableció el “Comité organizador” como respuesta. *Congrès International de Géologie tenu à Paris du 29 au 31 août et du 2 au 4 septembre 1878*, N° 21 de la Série, Paris, Imprimerie Nationale, MDCCCLXXX, p. 2. Cfr. BOUYSSÉ, Philippe, “La Commission”, pp. 4-5; Cfr. MORELOS Rodríguez, Lucero y J. Omar Moncada Maya, “Capítulo 6. Las exploraciones geológicas”. p. 138.

³⁸⁹ Para ver más sobre el tema de la ciencia nacional y la mundialización de la misma, véase SALDAÑA, Juan José, “Acerca de la historia de la ciencia nacional”, Juan José Saldaña (editor), en: *Los orígenes de la ciencia nacional*, Cuadernos de Quipu 4, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, 1992, pp. 9-54.

³⁹⁰ *Congrès International 1878*, pp. 7-18.

³⁹¹ *Congrès Géologique International, Compte rendu de la 2me Session, Bologne*, Bologne, 1881, p. 77.

comparte la existencia de otro interés de mayor alcance, que justo se enlaza con lo que comentábamos líneas atrás: la creación de una carta geológica mundial,³⁹² que solamente se lograría al involucrar el mayor número de naciones. En este desarrollo, y para los actores participantes, la expansión geográfica de la ciencia fue considerada como resultado de un proceso de difusión en el cual la única verdad era difundida desde el centro –léanse Europa y los Estados Unidos– hasta las periferias.³⁹³ En el caso de la Geología, este proceso se visualiza en los sitios donde comenzó a gestarse su mundialización, como muestra el siguiente cuadro que relaciona las sedes en que se celebraron los primeros diez congresos.

Primeras diez sesiones del Congreso Geológico Internacional, por año, ciudad y país

Sesión	Año	País	Ciudad	Número de asistentes
I	1878	Francia	París	303*
II	1881	Italia	Bolonia	224
III	1885	Alemania	Berlín	262
IV	1888	Gran Bretaña	Londres	422
V	1891	Estados Unidos	Washington	251
VI	1894	Suiza	Zurich	273
VII	1897	Rusia	San Petersburgo	704
VIII	1900	Francia	París	461
IX	1903	Austria	Viena	393
X	1906	México	México	321

* Siete de los 303 participantes fungieron también como delegados de instituciones de sus países: M. Duport, director del Real Museo de Historia Natural y del servicio de la Carta Geológica de Bélgica, fue delegado del gobierno belga; M. Malaise, miembro delegado de la Real Academia de Bélgica; M. Pirona, delegado del Real Instituto Veneciano de Ciencias; M. Helland, profesor adjunto de la Universidad de Christiania, delegado del gobierno noruego; M. Lundgren, profesor de la Universidad de Lund, delegado del gobierno sueco; el conde Henning A. Taube, miembro y delegado de la Academia de Ciencias de Suecia; y M. Cartailhac, delegado de la Sociedad de Historia Natural de Toulouse.

Fuente: Elaboración propia con base en los informes (*Compte rendu*) de los Congresos Geológicos de los años: 1878, 1881, 1885, 1888, 1891, 1894, 1897 y 1906.

Las pautas generales de funcionamiento propuestas desde la constitución de los congresos y contenidas en el reglamento especificaban que antes, durante y después del inicio de

³⁹² La idea inicial fue crear una carta geológica europea, pero el interés se amplió al conocimiento geológico mundial. Philippe Bouysse es geólogo nacido en Francia en 1938. Fue Secretario General de la Comisión de la Carta Geológica del Mundo en el periodo de 1991-2000. BOUYSSSE, Philippe, “La Commission”, pp. 4-5.

³⁹³ SALDAÑA, J. J., “Acerca de la historia”, p. 12.

sesiones se realizarían excursiones hacia puntos de interés geológico y minero en el país sede, para las cuales se proporcionaría a los asistentes libros-guía preparados *ex profeso*, los cuales ya estaban comprendidos en el costo junto con las memorias (*Compte rendu*). En estas últimas se incluían datos sobre la organización y el desarrollo de la sesión, así como las ponencias presentadas, las discusiones, los acuerdos y la clausura.³⁹⁴

Como es natural, desde el primer Congreso la Paleontología ocupó un lugar destacado entre los temas a tratar, como se lee en los objetivos planteados en el Programa correspondiente al año 1878, si bien principalmente asociada con la estratigrafía, lo cual no quiere decir que no hubiera conferencias centradas exclusivamente en los fósiles:

1. Unificación de los trabajos geológicos desde el punto de vista de la nomenclatura y las figuras.
2. Discusión sobre diversas cuestiones relativas a los límites y los caracteres de algunos terrenos.
3. Representación y coordinación de eventos (fallas y filones).
4. Valor respectivo de las faunas y las floras desde el punto de vista de la delimitación de terrenos.
5. Valor de la composición mineralógica y de la textura de las rocas desde el punto de vista de su origen y su edad.³⁹⁵

Por ejemplo, en la sesión del lunes 2 de septiembre de 1878, Edward D. Cope presentó una correlación entre los estratos con fósiles de América del Norte y Europa. Entre la fauna que referenció –desde moluscos, mamíferos y lagartos– no dio cuenta de la contenida en el territorio mexicano, que geográficamente también pertenece a la parte septentrional del continente. En esa misma sesión, W. P. Blake –otro norteamericano– presentó la Carta Geológica de los Estados Unidos que elaboró junto “con el profesor Hitchcock”; en sus palabras, era una representación generalizada de la geología de los Estados Unidos, desde el Océano Atlántico al Pacífico, y hasta Canadá por el norte y México por el sur.³⁹⁶

Antonio del Castillo y Mariano Bárcena habían estado presentes en la Exposición de Philadelphia como miembros de la comitiva mexicana, pero hasta el momento desconocemos si acudieron a la reunión en Buffalo. En 1878 el primero de ellos, sentado entre los asistentes como único representante de México, no participó en los debates pero seguramente escuchó con atención las propuestas para uniformar la práctica geológica, y a partir de ahí amplió el plan de trabajo que había expresado diez años antes en el discurso

³⁹⁴ La inscripción a la primera sesión costó 12 francos; además de lo mencionado, los participantes tenían derecho de asistir a las sesiones, participar en las discusiones y votar. *Congrès International*, 1878, p. 6.

³⁹⁵ *Congrès International*, 1878, p. 6.

³⁹⁶ *Congrès International*, 1878, pp. 144-165, 199.

inaugural de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, en una visión de largo alcance para sumar a México en un proyecto internacional en el cual estaba rezagado. ¿Habría sido en esa sesión cuando decidió que las sociedades científicas y educativas ya no eran suficientes para albergar la práctica geológica, y por lo tanto era necesaria una institución con presupuesto propio, como los servicios geológicos estadounidenses? Aparentemente así fue, como deja ver a través de los documentos revisados en el apartado anterior y que coinciden con el periodo.

La segunda sesión, celebrada en Bolonia en 1881, había fijado dos principales cuestiones a resolver, que fueron temas muy debatidos: la unificación de las figuras geológicas y de la nomenclatura geológica.³⁹⁷ Otro tema que se discutió fue sobre los colores a utilizar en la cartografía. Se crearon grupos de trabajo, como la Comisión Internacional para la Unificación de las Figuras Geológicas, y se llegó a algunos acuerdos sobre la gama de colores. La creación de la carta geológica europea fue un tema que también requirió formar una comisión. Si bien los acuerdos resultaron ser provisionales, se comenzó a configurar la uniformidad en los diferentes países, que se enlazaría con la creación de la mencionada carta de Europa, como ejercicio para una posterior carta mundial, en la cual los alemanes estaban muy interesados, como también se vio en el apartado anterior.³⁹⁸

Antonio del Castillo asistió a varias sesiones del Congreso. En la quinta, celebrada en 1891 en Washington, lo acompañó Aguilera. Al año siguiente se publicó el Atlas geológico que ya vimos. Tras la muerte del ingeniero michoacano en 1895, Ezequiel Ordóñez también viajó como representante de México a San Petesburgo³⁹⁹ en 1897. En esta séptima edición, el Comité rindió homenaje a la memoria de los miembros fallecidos después de la última sesión, entre ellos el mexicano: “Tampoco vemos entre nosotros al famoso científico Des-

³⁹⁷ *Compte rendu Bologne 1881*, p. 20.

³⁹⁸ La dificultad para ponerse de acuerdo queda expresada en el *Compte rendu*, con opiniones divergentes, como usar un “matiz especial” para los terrenos donde se habían encontrado osamentas humanas (propuesta de Vilanova). Véase *Compte rendu Bologne, 1881*, pp. 156. Sobre el interés de los alemanes, puede seguirse su participación en la primera sesión del Consejo y en congresos posteriores.

³⁹⁹ MORELOS Rodríguez, Lucero y J. Omar Moncada Maya, “Las exploraciones geológicas”, p. 141.

Cloizeaux, Posepny, el Marqués de Saporta, Bornemann, o Antonio del Castillo, el fundador del establecimiento geológico de México”.⁴⁰⁰

En la novena sesión, celebrada en Viena el año de 1903, se aceptó que México fuera el siguiente anfitrión, y se determinó que el décimo congreso se celebraría en 1906. La participación hasta entonces modesta de los mexicanos se tornó entonces en actividad en diversos frentes; su primer logro fue convencer al gobierno del general Díaz para aceptar la invitación, algo que se antoja relativamente sencillo debido a la promoción internacional que en ese periodo se hizo de México, como un país que entraba en la era del progreso.

El congreso mexicano de Geología

Fue hasta el décimo Congreso cuando un país “de la periferia” tuvo a su cargo la organización de una sesión. ¿Cuál fue la razón para este desplazamiento? De acuerdo con el *Compte rendu* de la sesión en Austria, para inicios de 1903 todavía no se tenía sede para el X Congreso, ya que las propuestas a Noruega, Suecia y Japón no habían prosperado; el Comité Ejecutivo se dirigió entonces a Portugal, Escocia, México y Canadá para que considerasen una invitación para organizarlo, en el entendido de que, aunque aceptasen, aún tendrían que esperar la votación de la Asamblea General en el IX Congreso de Viena.

El representante de Portugal dio una respuesta negativa mientras que los de Escocia y Canadá afirmaron estar dispuestos a invitar al Congreso, pero a juzgar por el Comité, “sus respuestas difícilmente podrían considerarse definitivas”. El gobierno de México fue el primero en aceptar claramente la invitación oficial, a través de José G. Aguilera, entonces representante de México en el Congreso Internacional y Director del Instituto Geológico de México. Posteriormente el Comité recibió cartas de Canadá y de un nuevo candidato, Sudáfrica, pero como este último no tuvo representación en Viena quedó descartado, así que para la votación del pleno los candidatos fueron los dos países americanos.⁴⁰¹ Sobra

⁴⁰⁰ *Compte rendu de la VII Session, St. Petesburg, 1897*, St. Petesburg, Imprimiere de M. Stassuléwitsch, 1899, p. CXXXII.

⁴⁰¹ *CONGRÈS Géologique International, Compte rendu de la 9me Session, Viena, Viena, 1903*, pp. 142-145.

decir que México ganó con amplia mayoría.⁴⁰² En el discurso inaugural del X Congreso, José G. Aguilera expresó:

Hace tres años, como Delegado Oficial y con la autorización de mi Gobierno, fui a Viena para invitar al Congreso a celebrar su Xº período de sesiones en la Ciudad de México, y fui allí no sin temor a no obtener lo que queríamos. Afortunadamente para nosotros, el Congreso de Viena nos hizo el gran honor de aceptar nuestra invitación. Nos hemos reunido aquí para comenzar el trabajo del Congreso.⁴⁰³

Consideramos que la inclusión de México entre los países que recibieron la propuesta para la siguiente sesión se debió a varios factores. Coincidimos con Lucero Morelos y Omar Moncada al señalar la constante presencia de al menos un representante mexicano desde el primer congreso como un aliciente para la decisión;⁴⁰⁴ otra razón es el reconocimiento hacia el progreso que estaba alcanzando el país durante el gobierno de Porfirio Díaz, quien había logrado la pacificación y se encontraba en fase de institucionalización de la ciencia.⁴⁰⁵ Un tercer factor a tomar en cuenta es una *continuación* en la búsqueda imperialista de minerales y materias primas en un país que había llamado tanto la atención desde que Humboldt lo había descrito un siglo atrás.

El Comité Ejecutivo del Congreso estaba compuesto por los siguientes integrantes:

- Presidente Ejecutivo: José Guadalupe Aguilera
- Secretario general: Ezequiel Ordóñez
- Secretarios: Emil Böse, Carl Burckhardt
- Tesorero: Juan D. Villarelo
- Miembros: Rafael Aguilar y Santillán, Teodoro Flores, Eduardo Martínez Baca, Faustino Roel, Víctor de Vigier, Andrés Villafaña y Paul Waitz

Como era costumbre desde el segundo Congreso, se solía designar a la máxima autoridad del país sede como “Alto protector del Congreso”,⁴⁰⁶ así que en México este honor recayó

⁴⁰² El siguiente congreso se realizó en Suecia, en 1910, y Canadá tuvo el suyo hasta el año de 1913.

⁴⁰³ *Compte rendu X session*, Actas de sesiones, p. 93.

⁴⁰⁴ MORELOS, Lucero y Omar Moncada, “Las exploraciones geológicas”, p. 140.

⁴⁰⁵ “En efecto, a cada paso que damos aquí [México] podemos darnos cuenta de los enormes progresos que este país ha dado en los últimos 30 años, y estamos convencidos de que México no detendrá su marcha hacia el progreso”. *Compte rendu*, Actas de Sesiones, p. 114.

⁴⁰⁶ En Bolonia, la designación recayó en S. M. Humbert I, rey de Italia. *Compte rendu, Bologne 1881*, p. 14.

en el presidente Porfirio Díaz; por su parte, el ingeniero Andrés Aldasoro, director de la Secretaría del Ministerio de Fomento, fue designado como “Presidente honorario”. A ellos se unió un Comité de Organización encabezado por el Ministerio de Fomento, que solicitó el concurso de “todos los geólogos, nacionales y extranjeros, que residieran en México; a los profesores de Geología de los institutos científicos de todos los estados de la unión, un cierto número de gerentes de compañías industriales y mineras y, en fin, de las autoridades de varios estados que más tarde nos prestarían su apoyo y nos mostrarían su dedicación, en particular en la preparación de las excursiones”.⁴⁰⁷

En el párrafo precedente contamos con una asociación de personas de distinto perfil, reunidas en torno del ejercicio científico porque estaban seguros de recibir un beneficio; el desarrollo conceptual de la Geología es el nudo que los mantuvo unidos, trabajando cada cual desde su ámbito de acción. Al inicio del Congreso, este Comité de Organización estaba constituido por un total de 91 personas, mismas que relacionamos en las siguientes páginas, en cuadros diferenciados conforme a su actividad principal.

En estos cuadros procuramos reflejar la actividad predominante de los actores, de acuerdo con lo señalado en las memorias, pero hay que recordar que las categorías no son exclusivas; es decir, algunos de los mencionados podían ser profesores, miembros del Instituto Geológico Nacional y empresarios a la vez. Lo que deseamos destacar es la distribución de representantes de las esferas política, científica y empresarial. Señalamos que en todos los ámbitos había egresados de la ya Escuela Nacional de Ingenieros, hecho que muestra su articulación para incidir en los ámbitos de la vida pública de México.

Así, observamos que 17 gobernadores participaron en el Comité de Organización, de los estados por donde pasaron las expediciones del Congreso; también dueños o administrativos de empresas mineras, e incluso petroleras, pues para este tiempo ya se había comenzado a buscar este combustible en el territorio, con el apoyo de ingenieros como Ezequiel Ordóñez.⁴⁰⁸

⁴⁰⁷ *Compte rendu México, 1906*, p. 4.

⁴⁰⁸ Para mayor información sobre la búsqueda de petróleo y la participación de hombres como Ezequiel Ordóñez, véase RUBINOVICH Kogan, Raúl y María Lozano (Estudio introductorio), *Ezequiel Ordóñez, vida y obra (1867-1950)*, El Colegio Nacional, México, 1998, pp. 64-65.

Miembros del Comité de Organización que ocupaban un cargo público
(excepto en el Instituto Geológico Nacional)

Nombre	Cargo
Coronel Miguel Ahumada	Gobernador de Jalisco
Pedro Argüelles	Gobernador de Tamaulipas
Miguel Cárdenas	Gobernador de Coahuila
Eduardo Pankhurst Luis G. Córdova*	Gobernador de Zacatecas Jefe político de Zacatecas
Francisco González de Cosío	Gobernador de Querétaro
Enrique Creel	Gobernador de Chihuahua
Teodoro A. Dehesa Méndez	Gobernador de Veracruz
José Espinosa y Cuevas	Gobernador de San Luis Potosí
Guillermo de Landa y Escandón	Gobernador de Distrito Federal
Gral. Br. Fernando González	Gobernador del Estado de México
Enrique O. de la Madrid	Gobernador de Colima
Gral. Mucio P. Martínez	Gobernador de Puebla
Aristeo Mercado	Gobernador de Michoacán
J. Obregón González	Gobernador de Guanajuato
Emilio Pimentel	Gobernador de Oaxaca
Bernardo Reyes	Gobernador de Nuevo León
Pedro Ladislao Rodríguez	Gobernador de Hidalgo
Andrés Aldasoro	Subsecretario de Fomento, Colonización e Industria
Ramón Corral	Vicepresidente de la República, Ministro del Interior
Jose Yves Limantour	Ministro de Finanzas
J. M. Ramos*	Subjefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento

Nombre	Cargo
Justo Sierra	Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes
E. Chávez	Subsecretario de Educación Pública y Bellas Artes
L. Espinosa*	Inspector General de Caminos de Hierro
Justino Fernández	Ministro de Justicia
Leandro Fernández*	Ministro de Comunicaciones y Trabajos Públicos
Manuel Fernández Leal*	Director General de la Moneda
Gral. Br. A. García Peña	Director de la Comisión Geográfico-Exploradora
C. A. González*	Director General de la Red Telegráfica Federal
Gral. Manuel González Cosío	Ministro de Guerra y Marina
J. R. de Ibarrola*	Director de la Commission Hydrographique
M. Leal	Director del Observatorio Meteorológico de León
Ángel Anguiano*	Director de la Comisión Geodésica Mexicana
Miguel Macedo	Subsecretario del Interior
Ignacio Mariscal	Ministro de Asuntos Extranjeros
Eduardo Martínez Baca*	Jefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento
Gilberto Montiel Estrada*	Subsecretario de Comunicaciones y Trabajos Públicos
M. Pastrana*	Director del Observatorio Meteorológico Central
Guillermo Beltrán y Puga*	Director General de Trabajos Públicos
M. Ramos*	Subjefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento
F. Valle*	Director del Observatorio Astronómico Nacional
N. Domínguez*	Director Nacional de Correos

Fuente: Elaboración propia con base en el *Compte rendu* 1906, pp. 6-10.

* Ingenieros de minas, ensayadores, geógrafos, civiles, etcétera.

Miembros del Comité de Organización que eran profesores y/o formaban parte de sociedades científicas

Nombre	Profesión	Institución de enseñanza	Adscripción a sociedad científica
Ponciano Aguilar	Ingeniero de minas	Instituto del Estado de Guanajuato	Sociedad Geológica Mexicana (miembro)
J. Árbol y Bonilla	Ingeniero de minas	Profesor del Instituto Científico de Zacatecas	
Miguel Bustamante	Ingeniero de minas	Profesor de Mineralogía y Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros	Sociedad Geológica Mexicana (miembro)
L. Carrión	Ingeniero de minas	Profesor de la Escuela Práctica de Minas de Pachuca	
P. Espejo	Ingeniero de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
J. Fleury	Ingeniero inspector de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
S. Navia		Profesor de Mineralogía del Instituto de Guanajuato	
Sir Weetman D. Pearson			Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
M. Peña	Ingeniero inspector de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
R. Robles	Ingeniero de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana, Pachuca
A. Romo		Profesor del Instituto Científico de Zacatecas	
U. Samaniego		Profesor del Instituto Civil del Estado de Querétaro	Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
Carlos Sellerier	Ingeniero inspector de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
R. Servín	Ingeniero inspector de minas		Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana
Manuel María Villada	Doctor en medicina	Profesor de Mineralogía y Geología en el Museo Nacional	Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana

Fuente: Elaboración propia con base en el *Compte rendu 1906*, pp. 6-10.

**Miembros del Instituto Geológico Nacional y/o de la Sociedad Geológica Mexicana (SGM)
que formaron parte del Comité Organizador**

	Nombre	Profesión	Cargo en el IGN	Adscripción a sociedades científicas
1	José Guadalupe Aguilera	Ingeniero	Director	Presidente de la SGM
2	Rafael Aguilar y Santillán	Ingeniero	Secretario	Secretario Perpetuo de la SCAA
	Maximino Alcalá	Ingeniero inspector de minas		Miembro de la SGM
3	Eugenio Almazán	Ingeniero de minas	Ayudante de Geólogo	
4	E. Angermann	Doctor en Filosofía	Colaborador	Miembro de la SGM
5	Emilio Böse	Doctor en Filosofía	Geólogo Jefe de Sección	
6	Carl Burckhardt	Doctor en Filosofía	Geólogo Jefe de Sección	
7	Teodoro Flores	Ingeniero de minas	Geólogo	Miembro de la SGM
8	Jesús García y García	Ingeniero de minas	Ayudante de Geólogo	
9	C. F. de Landero	Ingeniero de minas		Miembro de la SGM
10	R. Muñoz	Ingeniero de minas		Miembro de la SGM
11	Ezequiel Ordóñez	Ingeniero	Subdirector	
	Trinidad Paredes	Ingeniero de minas	Ayudante de Geólogo	
12	F. Roel	Químico	Químico	Miembro de la SGM
13	V. de Vigier	Dr. en Filosofía	Asistente de Químico	Miembro de la SGM
14	A. Villafaña	Ingeniero de minas	Geólogo	Miembro de la SGM
15	Juan D. Villarelo	Ingeniero de minas	Geólogo Jefe de Sección	Presidente de la SCAA
16	Paul Waitz	Dr. en Filosofía	Geólogo	Miembro de la SGM

Fuente: Elaboración propia con base en el *Compte rendu 1906*, pp. 6-10.

Representantes de empresas dentro del Comité Organizador

	Nombre	Cargo	Empresa
1	M. Baralezo*	Director	Mina "Sta. Brígida"
2	J. Brittingham	Director General	Compañía Industrial de La Laguna
3	W. J. Browling	Gerente	Mazapil Cooper Co.
4	H. M. Dieffenbach	Presidente	Compañía Minera de Peñoles
5	Ed. Doheny	Presidente	Compañía Mexicana de Petróleo
6	V. Ferrara	Presidente	Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey
7	Aug. Genin	Consejero Delegado	Compañía N. Mexicana de Dinamita y Explosivos
8	Edm. Girault*	Director de Minas	Negociación de S. Rafael y Anexas, Pachuca
9	H. J. Hammond	Gerente General	Guggenheim Exploration Co.

	Nombre	Cargo	Empresa
10	E. H. Ludlow	Gerente General	Mexican Coal & Coke Co.
11	M. E. McDonald	Gerente	Guanajuato Consolidated Mining y Milling Co.
12	E. Madero	Director General	Compañía Metalúrgica de Torreón
13	G. Mancera	Presidente	Compañía del Ferrocarril de Hidalgo
14	W. C. Potter	Gerente	Guggenheim Exploration Co.
15	G. Purcell	Presidente	Mazapil Cooper Co.
16	F. Rodríguez Orozco	Propietario de minas	
17	O. F. Westlund		American Smelting & Refining Co.

Fuente: Elaboración propia con base en el *Compte rendu 1906*, pp. 6-10.

* Ingenieros de minas, ensayadores, geógrafos, civiles, etcétera.

La unión de intereses es visible en los cuadros anteriores, pero también en las notas de prensa que fueron dando a conocer los preparativos, las actividades y los resultados, pues además de los *diarios oficiales* de la capital y de provincia, los periódicos dieron seguimiento a los acontecimientos sociales y científicos (en ese orden) del Congreso; entre ellos están *La Voz de México*, *El Popular*, *El Siglo Diez y Nueve* y *El Tiempo*. De igual forma, esto queda patente en las fotografías de la época, como las dos que se muestran en la página siguiente. En la primera, observamos al general Porfirio Díaz con guardia de honor, en el Congreso Geológico. En la segunda, apreciamos la llegada en coche al Instituto Geológico Nacional del empresario y gobernador del Distrito Federal, Guillermo de Landa y Escandón (1842-1927).

Otro elemento que destaca como símbolo de la unión de intereses es el edificio del Instituto Geológico, que había iniciado su construcción en 1900 y fue terminado a tiempo para el inicio de las sesiones.⁴⁰⁹ Este inmueble constituye el espacio físico donde se ubicó el nuevo *laboratorio* a partir del cual se realizarían las transformaciones en la sociedad, sin pasar por las necesidades de antaño, cuando estaba montado en la Escuela Nacional de Ingenieros. También se aprecia su fachada en las fotografías de la página siguiente.

El X Congreso Geológico internacional fue inaugurado el día 6 de septiembre de 1906, y concluyó el 14 del mismo mes. La sesión inaugural se llevó a cabo en el Colegio de Minería pero el resto se celebró en el edificio del Instituto. Varios de los inscritos llegaron con anticipación para acomodarse y para participar en las excursiones previas a la inauguración del evento, que comenzaron en agosto. Para ellas el personal había elaborado los libros-guía que ya se mencionaron; estos contenían los itinerarios, los sitios de interés e información acerca de los sitios seleccionados para el recorrido.

⁴⁰⁹ Sobre las notas periodísticas que informan el término de la construcción, puede consultarse el “Informe leído por el C. presidente de la República, al abrirse el primer periodo de sesiones del 23° Congreso de la Unión, el 16 de septiembre de 1906”, en *El Popular*, lunes 17 de septiembre de 1906, p. 1; y con título casi idéntico, “El informe presidencial. Informe leído por el C. presidente de la República al abrirse el primer periodo de sesiones del 23° Congreso de la Unión el 16 de septiembre último”, *Diario Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de Yucatán*, Mérida, martes 2 de octubre de 1906, Núm. 2699, Año IX, p. 1. El edificio debió terminarse en 1904, de acuerdo con Lucero Morelos, quien se apoya en E. González Loya y en Y. Zamora. Véase MORELOS Rodríguez, Lucero, “Las exploraciones”, nota al pie 80, p. 140.



FOTOTECA INAH. “Porfirio Díaz en el Congreso Geológico”, Archivo Casasola, MID 77_20140827-134500:34673, año 1906. Disponible en: <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A52972> (Fecha de consulta: 13 de mayo de 2019).



MEDIATECA INAH. “Guillermo de Landa y Escandón llegando al Instituto Geológico Nacional”, Colección Casasola, MID 77_20140827-134500:34919, Ciudad de México, 1906. Disponible en: [https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/search/catch_all_fields_mt%3A\(X%20congreso%20geol%C3%B3gico%20internacional\)](https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/search/catch_all_fields_mt%3A(X%20congreso%20geol%C3%B3gico%20internacional)), (fecha de consulta: 13 de mayo de 2019).

Integración del territorio a través de los libros-guía

En cuanto a los contenidos preparados por el equipo de José G. Aguilera para los asistentes, y como había quedado establecido desde la primera sesión del Congreso Geológico en 1878, debía entregarse un libro-guía sobre las excursiones a celebrar antes, durante y después de cada Congreso, así como una Memoria, o *Compte rendu*, cuya publicación no podía dilatarse. Además del libro-guía, durante el Congreso los mexicanos entregaron una Carta Geológica de América del Norte elaborada en Estados Unidos pero con participación de los tres países integrantes de la zona, a la cual nos referimos más adelante, y un croquis a color de la Ciudad de México.

El libro-guía elaborado por el Comité siguió la pauta de congresos anteriores. Se tituló *Guía de las excursiones del X Congreso Geológico Internacional*⁴¹⁰ y fue impreso “en forma de fascículos numerados, independientes y fáciles de separar para ser consultados por separado”.⁴¹¹ En el Prefacio se refiere que una de las mayores dificultades para la elaboración de los itinerarios fue la insuficiencia de medios de transporte hacia las localidades y “la imposibilidad de hacerlos más confortables para un gran número de personas”. Pero las dos excursiones más grandes se organizaron aprovechando las líneas de ferrocarril más importantes del país, que también proporcionaban temas de estudio para varias especialidades.⁴¹²

Las excursiones se dividen en tres tiempos: antes del congreso, durante el congreso y después del congreso, cuyos itinerarios fueron notificados con anterioridad mediante las circulares de los preparativos. En la página siguiente se muestra un cuadro con el itinerario de las exploraciones.

⁴¹⁰ Cabe recordar que todos los textos del Congreso se escribieron en francés. Para facilitar la lectura, se presentan traducidos.

⁴¹¹ *Guide des excursions du Xe. Congrès Géologique International. México, 1906*, México, Imprimerie du Ministère de Fomento, 1906, p. VI.

⁴¹² *Guide des excursions*, p. V.

Guía Geológica de México

Excursión		Responsable	Itinerario/actividades de interés geológico	Días	Descripción del contenido
Excursiones antes del Congreso					
<i>Excursión del Este (limitado a 250 personas)</i>					
I.	De México a Jalapa	Ezequiel Ordóñez	De México a Jalapa en camino de hierro. Sobre la ruta: rocas neovolcánicas. Fenómenos neovolcánicos.	Cuatro	11 páginas
II.	Excursiones a Chavarrillo, Santa María Tatetla, Veracruz y Orizaba	Emilio Böse	Localidad fosilífera del Plioceno marino de Santa María Tatetla.		11 páginas y 1 plano de perfil
III.	De Esperanza a México	Ezequiel Ordóñez	Pasan por una sierra constituida por calcáreas cretáceas, volcanes y el "Gran Canal" de drenaje de la ciudad de México, obra técnica colosal.		2 páginas
<i>Excursión del Sur (limitado a 30 personas)</i>					
IV.	De México a Tehuacán (Tehuacán, Puebla,	J. G. Aguilera	Pasan por encima de las margas arcillosas lacustres recientemente formadas que cubren la toba de un gran número de especies, entre ellas: <i>Equus crenidens</i> Cope, <i>E. Taw</i> Owen. <i>E. Excelsus</i> Leidy, <i>E. Barcenai</i> Cope, <i>Platygonus</i> cf. <i>Compressus</i> Leconte, <i>Holomeniscus hesternus</i> Leidy, <i>Eschiastus conides</i> Cope, <i>Palauchenia magna</i> Owen, <i>Auchenia</i> cf. <i>minima</i> Leidy, <i>Bison Latifrons</i> (Harl), <i>Glyptodon mexicanus</i> , Cuapataro y Ramirez, <i>Elephas imperator</i> Leidy, <i>Elephas Columbi</i> Falconer, <i>Mastodon Shepardi</i> Leidy, <i>Mastodooon tropicus</i> Cope. Manantiales de Tehuacán	Nueve	17 páginas
V.	El arcaico cañón de Tomellín	Ezequiel Ordóñez	Visita a las rocas arcaicas con gran uniformidad en la serie de pizarras cristalinas que las componen.		30 páginas y un perfil geológico
VI.	Las ruinas de Mitla	Eduard Seler	Excursión a las ruinas de Mitla por camino de hierro y en coche		26 páginas, 19 placas y 5 figuras
VII.	Excursión de Tehuacán a Zapotitlán y San Juan Raya	J. G. Aguilera	Fósiles del Cretáceo inferior (localidad fosilífera muy conocida)		27 páginas y 1 carta geológica

Excursión		Responsable	Itinerario/actividades de interés geológico	Días	Descripción del contenido
<i>Excursión del Jorullo (limitado a 30 personas)</i>					
VIII.	De México a Pátzcuaro y Uruapan	Ezequiel Ordóñez	Excursión a caballo al volcán de Toluca, visita a los cráteres. De Toluca a Morelia por el camino de hierro, reunión con los miembros del Congreso que llegan de Oaxaca. De Morelia a Pátzcuaro por camino de hierro (visita al lago) A caballo hasta Ario, luego a Mata de Plátano, al pie del Jorullo. Visita al cono y al cráter. Visita a Malpaís y Hornitos. De regreso hasta Ario a caballo, y de ahí a Pátzcuaro, también a caballo.	13 días	18 páginas y 1 corte geológico
IX.	El Xinantecatl o Volcán Nevado de Toluca	Teodoro Flores			16 páginas, 4 planos
XI.	El Jorullo	Ezequiel Ordóñez			55 páginas, 1 carta geológica, 1 figura y 11 fotografías
<i>Excursión a San Andrés y a Colima (limitado a 30 personas)</i>					
X.	Fenómenos post-paroxísmicos de San Andrés	Paul Waitz	Salida de Irimbo en camino de hierro y a caballo. A caballo por Agua Fría. Recorrido por domos basálticos. Visita a las aguas termales de Agua Fría. A caballo hacia Huingo. Visita a los géiseres de San Andrés. Regreso a Morelia por camino de hierro.	12 días	29 páginas, 4 fotografías y 3 croquis
XII.	Los géiseres de Ixtlán	Paul Waitz	Salida por camino de hierro hacia Yurécuaro. A Caballo para Ixtlán. Visita a los pequeños géiseres y sales.		22 páginas, 1 croquis geológico y 5 fotografías
XIII.	El Volcán de Colima	Paul Waitz	Salida hacia Zapotlán, en camino de hierro. Salida a caballo hacia el volcán de Colima. Visita al volcán. Descenso a Zapotlán y regreso a Guadalajara por camino de hierro.		28 páginas, 1 carta y 3 planos

Excursión	Responsable	Itinerario/actividades de interés geológico	Días	Descripción del contenido
Excursiones después del Congreso				
<i>Excursión del Norte (limitado a 250 personas)</i>				
XIV.	Los cráteres de explosión de Valle de Santiago	Ezequiel Ordóñez	20 días	8 páginas y 1 croquis
XV.	Estudio de la Sierra de Guanajuato	J. D. Villarelo, Teodoro Flores y R. Robles		33 páginas, 1 carta geológica y 1 plano de cortes
XVI.	Geología de los alrededores de Zacatecas	C. Burckhardt y S. Scalia		25 páginas, 1 carta geológica, 1 plano de perfil y 10 figuras
XVII.	Estudio minero del distrito de Zacatecas	Teodoro Flores		25 páginas, una plancha de perfil y 11 figuras
XVIII.	El mineral de Mapimí	J. D. Villarelo		18 páginas y 2 planos
XIX.	Excursión a la minas de azufre de la Sierra de Banderas	Emilio Böse		8 páginas
XX.	Excursión al Cerro de Muleros	Emilio Böse		24 páginas, 1 carta geológica, 1 plano de perfiles y 4 planos
XXI.	Bosquejo geológico y petrográfico de los alrededores de Parral	Paul Waitz		21 páginas, 1 carta geológica, 2 planos de perfil y 3 planos
XXII.	Estudio minero de la "Veta Colorada" de Minas Nueva a Hidalgo del Parral	R. Robles		15 páginas, 1 plano de cortes

Excursión		Responsable	Itinerario/actividades de interés geológico	Días	Descripción del contenido
XXIII.	Excursiones por los alrededores de Parras, Coahuila	Emilio Böse	Cretáceo superior. Tectónica.		16 páginas, 1 plano de perfiles y 4 planos
XXIV.	Geología de la Sierra de Concepción del Oro	C. Burckhardt	Salida de Saltillo en camino de hierro. A pie o a caballo por Mazapil. En ruta: relaciones entre la tectónica y la masa eruptiva. Estratos jurásicos y cretáceos.		24 páginas, 1 carta geológica
XXV.	El Mineral de Aranzazú	J. D. Villarelo	Visita a mina de cobre.		29 páginas, 3 planos de proyecciones
XXVI.	Geología de la Sierra de Mazapil y Santa Rosa	C. Burckhardt	Visita a la sierra de Santa Rosa. Serie suprajurásica y cretácea fosilífera. Relaciones entre la tectónica y la masa eruptiva.		40 páginas, 1 ilustración, 2 cartas geológicas y 15 planos (1 de perfil)
XXVII .	Los depósitos carboníferos de Coahuila	J. G. Aguilera	Geología de Las Esperanzas, cretáceo superior fosilífero.		17 páginas y una tabla
XXVII I.	Los depósitos carboníferos de Coahuila	E. Ludlow	Visita a mina de carbón.		17 páginas y una carta
XXIX.	Excursiones por los alrededores de Monterrey y Saltillo	Emilio Böse	Cretácico superior. De Monterrey a Ramos Arispe por camino de hierro. Tectónica cretácea superior fosilífera. Salida a Saltillo por camino de hierro.		17 páginas, 1 plano de perfil y 2 planos
XXX.	De San Luis Potosí a Tampico	Emilio Böse	Cretáceo superior fosilífero. En ruta a Tampico, Tectónica de la Sierra Madre Oriental. Visita (voluntaria) a los pozos petroleros de El Ébano bajo la conducción de E. L. Doheny y Ezequiel Ordóñez. Regreso a San Luis Potosí. Visita a la caverna de Choy. Calcáreas con caprinides.		16 páginas

Excursión		Responsable	Itinerario/actividades de interés geológico	Días	Descripción del contenido
Excursión al Istmo de Tehuantepec (limitado a 60 personas)					
XXX I.	Istmo de Tehuantepec	Emilio Böse	<p>Salida de México. En ruta: tectónica de la Sierra Madre Oriental.</p> <p>A pie o a caballo hacia Paso Real y regreso a El Hule. Plioceno fosilífero.</p> <p>Plioceno fosilífero de Santa Rosa.</p> <p>En camino de hierro hacia Coatzacoalcos. En ruta: Mioceno superior fosilífero.</p> <p>Por camino de hierro a Rincón Antonio. En ruta: Mioceno superior fosilífero; Cretáceo medio fosilífero.</p> <p>Tectónica de la sierra el Istmo.</p> <p>De Rincón Antonio a Chivela por camino de hierro. En ruta: tectónica de la sierra del Istmo. A pie hasta el kilómetro 246. En ruta: esquistos cristalinos.</p> <p>En camino de hierro para San Jerónimo, rocas graníticas y porfíricas.</p> <p>Visita a los alrededores de Tehuantepec. Arcaico.</p> <p>Por Salina Cruz, en camino de hierro. Visita a los alrededores del puerto. Rocas graníticas.</p>	8 días	40 páginas, 1 perfil geológico

(Traducción propia). Fuentes: *Guide des Excursions du X^e Congrès Géologique International México 1906*, Imprimerie du Ministère de Fomento, 1906; *Compte rendu México 1906*, pp. 23-28. Cabe anotar que en la *Guide* no se incluyen las excursiones realizadas durante el Congreso.

Si observamos el cuadro anterior salta a la vista la diferencia de páginas entre cada documento; esto se debe a que algunos son itinerarios, otros comentarios y los que tienen más contenido son estudios. Varían en función de las distancias recorridas en las excursiones, su duración y el nivel descriptivo empleado. Fueron elaborados por el personal del Instituto mencionado en los cuadros anteriores; esto es: José Guadalupe Aguilera, Emilio Böse, Ezequiel Ordóñez, Carl Burckhardt, Paul Waitz, Teodoro Flores, Juan D. Villarelo, R. Robles y Eduard Seler.⁴¹³

En la redacción de los libros-guía notamos que la plantilla del Instituto de Geología ya contaba con el conocimiento y la experiencia geológica y paleontológica requerida para dar soporte al Congreso; los ingenieros mexicanos encabezaban exploraciones científicas desde su paso por el Ministerio de Fomento y las comisiones temporales, mientras que los geólogos de origen extranjero que habían sido contratados aportaban gracias a su formación profesional realizada en el extranjero. Por su parte, para la visita a Mitla, el antropólogo alemán Eduard Seler (1849-1922) fue quien redactó el texto.

Los participantes recorrieron lugares de interés geológico como volcanes, géiseres, registro de temblores, minas y minerales, explotaciones petrolíferas, cañones y, por supuesto, sitios de interés paleontológico, como Puebla y la cuenca de México, pues el tren pasó por encima del lugar donde fueron encontrados los fósiles cuaternarios descritos por Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y los otros ingenieros que vimos en el Capítulo III.

Anexaron cartas geológicas, croquis, planos, figuras, con las que acompañaron el texto. También, fotografías de los sitios de interés. Visitaron San Juan de Raya, en Puebla, muy conocido por sus fósiles desde que Henri Galeotti lo exploró y junto con Nyst refirió los terrenos al Jurásico, aunque más tarde fueron referidos al Urgo-Aptiano.⁴¹⁴ También incluyeron en los libro-guía una Tabla de relaciones homotáficas entre la división San Juan Raya y el Aptiano europeo, así como una Carta Geológica de la Sierra entre Tehuacán y San Juan Raya, misma que presentamos en la siguiente página. Cabe mencionar que la simbología de la carta incluye una figura para demarcar las localidades fosilíferas.

⁴¹³ Emilio Böse, Carl Burckhardt y Paul Waitz habían sido contratados para trabajar en el Instituto, como se vio en el Cuadro correspondiente al Personal del Instituto que asistió al Congreso, en este mismo capítulo.

⁴¹⁴ Véase el primer capítulo de esta tesis.

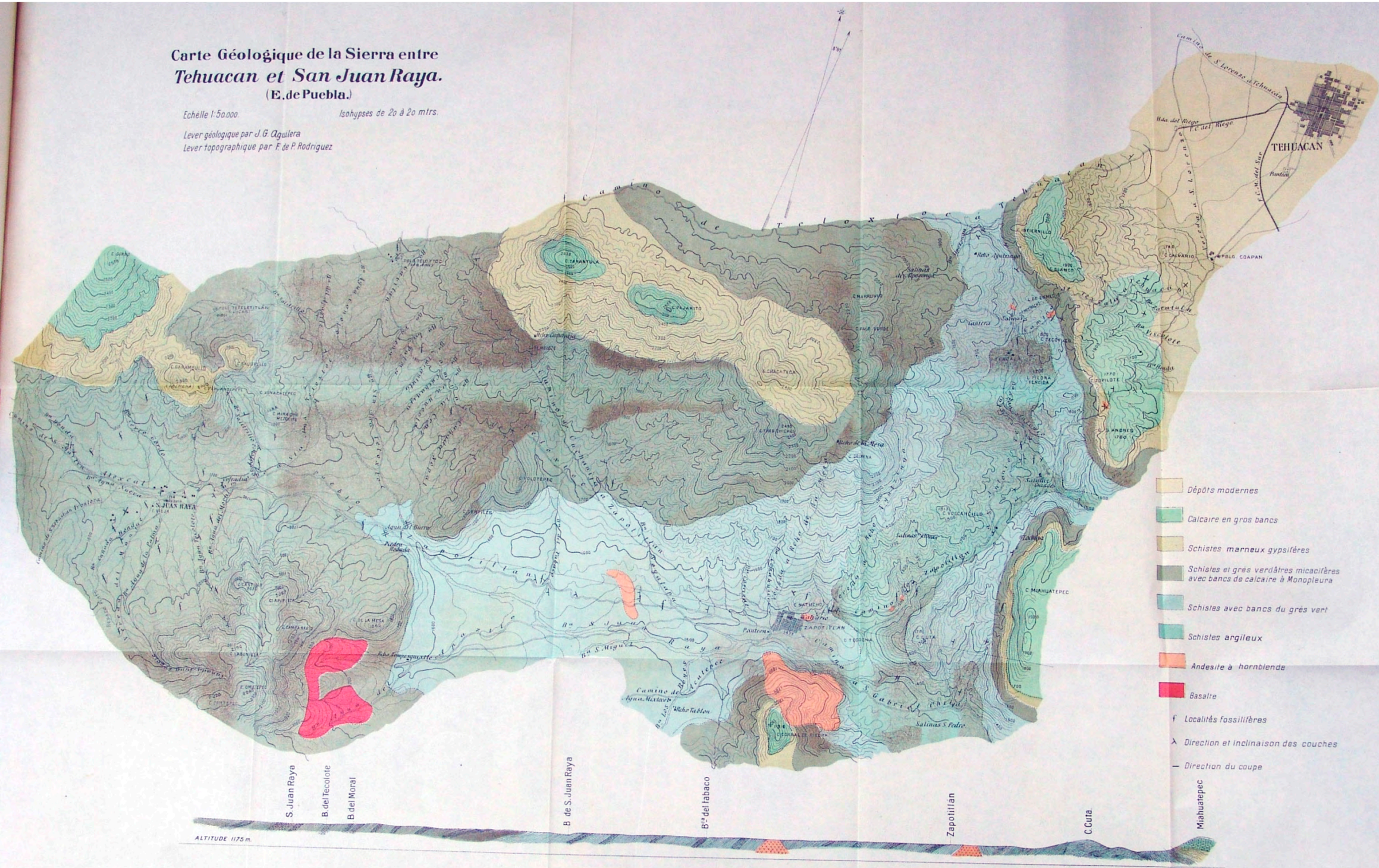
**Carte Géologique de la Sierra entre
Tehuacán et San Juan Raya.
(E. de Puebla.)**

Echelle 1:50,000

Isophyses de 20 à 20 mtrs.

Lever géologique par J. G. Aguilera

Lever topographique par F. de P. Rodriguez



- Dépôts modernes
- Calcaire en gros bancs
- Schistes marneux gypsifères
- Schistes et grès verdâtres micacifères avec bancs de calcaire à Monopleura
- Schistes avec bancs du grès vert
- Schistes argileux
- Andésite à hornblende
- Basalte
- f Localités fossilifères
- λ Direction et inclinaison des couches
- Direction du coupe

Echelle 1:50,000.

Paleontología en los contenidos del Congreso

- Carta geológica de América del Norte

Como ya mencionamos, El gobierno mexicano repartió en la primera Sesión General del Congreso una carta geológica de América del Norte, elaborada con la participación de los tres países y explicada tanto por la delegación norteamericana como por la mexicana. En ella se observan todavía algunos espacios en blanco dentro de los tres países, pero presenta un cuadro general de la región.

De acuerdo con la explicación adjunta presentada por el norteamericano Bailey Willis, la geología de Canadá fue preparada por M. James White, geógrafo del Departamento del Interior de Ottawa, quien se apoyó en trabajos ya publicados o todavía inéditos del Bureau Géologique. El Director de la Oficina, G. M. A. P. Low, y el profesor F. D. Adams también cooperaron en esta labor de manera especial, así como todos los geólogos de la Oficina.⁴¹⁵

Por su parte, la carta geológica de México y de América Central hasta el norte de Panamá, fue elaborada bajo la dirección del Sr. José Guadalupe Aguilera y entregada al compilador en su totalidad. Aunque Estados Unidos pagó la impresión de la carta, México compró las necesarias para repartir en el Congreso, como una forma de cooperar con el gasto.⁴¹⁶

En la descripción de la Carta, el norteamericano explica que tuvieron problemas de coordinación y de tiempo, por lo que hay errores que se pueden corregir. Cuando hace la descripción del periodo Cretáceo, dice que en México y en América Central no se documentó la división entre Cretáceo superior e inferior, debido a que “no existen documentos para una configuración distinta”, así que en México los periodos cretáceo superior e inferior son representados como Cretáceo inferior.⁴¹⁷

⁴¹⁵ WILLIS, Bailey, “Carte Géologique de l’Amérique du Nord”, *Compte rendu 10e, México*, p. 212.

⁴¹⁶ WILLIS, Bailey, “Carte Géologique”, p. 212.

⁴¹⁷ WILLIS, Bailey, “Carte Géologique”, p. 221.

La página 225 contiene las erratas de este texto, una de ellas se refiere a México, particularmente a Tamaulipas, correspondiente a la hoja del Sureste. Dice: “dos pequeños lugares dejados en blanco, deberán ser atribuidos al Cretáceo”.

Por su parte, José G. Aguilera presentó también un texto sobre esta carta, titulado “Panorama de la Geología en México, para servir de explicación a la Carta Geológica de la América del Norte”, mediante el cual –y como su título menciona– describe la geología de México. Al tratar el periodo Cretáceo, explica la razón de lo comentado por Willis acerca de que no presentaron la división entre Cretáceo Superior e Inferior:

...el límite entre la Serie Eocretácea y la Mesocretácea corresponde a la base de las calizas compactas que forman las montañas mexicanas, donde es imposible separar el Albiano del Cenomaniano, ya que el primero aún no se ha encontrado, paleontológicamente caracterizado, en México, por lo que la Serie Eocretácea está limitada por el Apto. La serie mesocretácea se extiende desde el Albiano al Cenomaniano inclusive, y la serie Eocretácea consiste en el Turonio, el Emscheriano, el Aturiano y el Daniano.⁴¹⁸

Sin embargo, el representante de Canadá, M. Adams, no se vio muy contento con el resultado obtenido. En la Segunda Sesión General fue el primero en tomar la palabra para exponer el descontento que le habían causado ciertas decisiones en la construcción de la Carta, entre ellas la nomenclatura empleada, que era la utilizada por el servicio geológico de los Estados Unidos y no vinculaba en modo alguno a los estudios geológicos de México y Canadá. Además, objetó el uso del término “Algokian” para la clasificación de las rocas precámbricas canadienses porque el nombre no era aceptado por el Servicio Geológico de su país, y porque “se utilizaba en el mapa de una manera completamente nueva”.⁴¹⁹

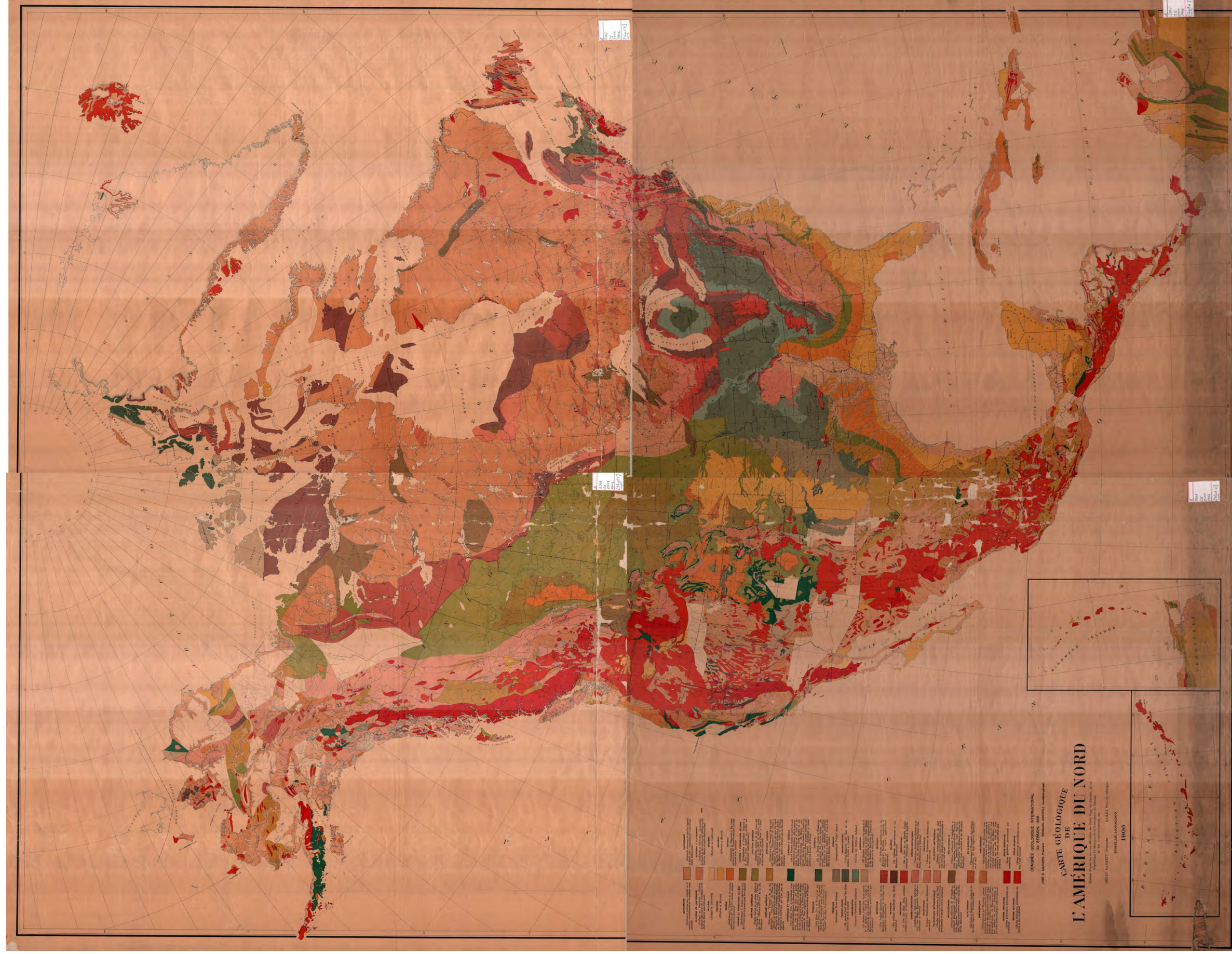
M. Lawson se unió a él y concluyeron que era peligroso el empleo de la carta porque podría confundir y proporcionar datos erróneos a los estudiantes, así que sugirió una nueva impresión, cuidadosamente revisada, lo más pronto posible.⁴²⁰ Para darnos una idea de lo que estaban hablando y para apreciar el trabajo conjunto de los tres países, presentamos a continuación la Carta, que fue entregada en cuatro partes que unimos.

⁴¹⁸ AGUILERA, José G., “Panorama de la Geología en México, para servir de explicación a la Carta Geológica de la América del Norte”, *Compte rendu Xe*, 1906, México, p. 285.

⁴¹⁹ *Compte rendu Xe*, 1906, México, p. 127.

⁴²⁰ *Compte rendu Xe*, 1906, México, p. 129.

Carta geológica entregada en el X Congreso Geológico Internacional



La Carte Géologique de l'Amérique du Nord fue elaborada por los tres países representados y entregada a los participantes del Congreso Geológico en cuatro partes, que aquí unimos para facilitar su visualización. Fuente: Library Catalogue, University of Toronto Libraries. Disponible en: <http://search.library.utoronto.ca/details> (fecha de consulta: 10 de enero de 2020).

Escala: 1:5,000,000

- Memorias científicas contenidas en el *Compte rendu*

Los asistentes al congreso presentaron un total de 70 conferencias pero no todas las memorias científicas fueron publicadas en el *Compte rendu*, puesto que una comisión seleccionaba las que debían incluirse. En el listado siguiente presentamos los títulos incluidos en esta edición, de acuerdo con el primer fascículo del *Compte rendu*. No hemos tenido acceso al segundo fascículo, pero estas conferencias son suficientes para dar idea de los temas presentados, algunos de los cuales fueron discutidos.

Por ejemplo, Carl Burckhardt se inscribió y participó en la discusión sobre las condiciones del clima en las épocas geológicas. Expuso las conclusiones a que había llegado después de su estudio de las faunas jurásicas en México y en Sudamérica, mismas que diferían de lo expuesto por Melchor Neumayr (1845-1890) en lo referente a estas regiones. Los ejemplos que sustentaron sus ideas provenían de la fauna suprajurásica de Mazapil para el caso de México. Recordemos que estaba programada una excursión después del Congreso a este lugar, donde el mismo Burckhardt había preparado el mismo tema.⁴²¹

Además de la participación de Burckhardt en la discusión y de la presentación de la Carta Geológica de América del Norte por parte de Aguilera, observamos que Juan de Villarelo también se integró como ponente, Juan D. Villarelo, con el tema Sobre el relleno de algunos depósitos metalíferos. Aunque no está en el listado, Ezequiel Ordóñez, José G. Aguilera y el padre Severo Díaz Galindo expusieron por separado sobre los volcanes mexicanos. De esta manera, subieron a la tribuna a compartir el conocimiento en un foro mundial.

En la página siguiente presentamos el Cuadro mencionado.

⁴²¹ *Compte rendu Xe, México 1906*, pp. 180-182.

Cuadro con los temas y autores publicados en el primer fascículo del *Compte rendu* de 1906

	Autor y origen	Título
1	Prof. Angelo Heilprin Estados Unidos	The concurrence and interrelation of volcanic and seismic phenomena
2	Dr. phil. Carl Renz Alemania (Breslau)	Ueber das altere Mesozoicum Griechenlands*
3	M. Bailey Willis Estados Unidos	Carte géologique de l'Amérique du Nord*
4	José Guadalupe Aguilera México	Aperçu sur la Géologie du Mexique pour servir d'explication à la Carte Géologique de l'Amérique du Nord*
5	Richard John Anderson Irlanda	Notes on the Drift Period in Galway
6	D. ph. George Frederick Kunz Estados Unidos	The printed catalogue of the Heber R. Bishop collection of Jade
7	Dr. J. W. Edgeworth David Australia	Glatiation in lower Cambrian, possibly in pre-cambrian time
8	Dr. J. W. Edgeworth David Australia	Australasie. Les conditions du climat aux époques géologiques
9	Prof. Dr. Fritz Frech Alemania	Ueber die klima-Aenderungen der Geologischen Vergangenheit
10	General de Lamothe Francia	Le climat de l'Afrique du Nord, pendant le pliocène supérieur et le pleistocène
11	M. Marsden Manson Estados Unidos	Climats des temps Géologiques, leur developpement et leur causes
12	Prof. J. W. Gregory Gran Bretaña	Climatic variations, their extend and causes***
13	Prof. Gr. Stefanescu Rumania	Quelques mots sur le dinotherium gigantessemum (imágenes)
14	E. W. Hilgard Alemania	The causes of glacial epoch
15	T. W. Edgeworth David Australia	Conditions of climate at different geological epochs, with special reference to glacial epochs
16	H. Foster Bain Estados Unidos	Some relations of paleogeography to ore deposition in the Mississippi Valley
17	Béla de Inkey Hungría	De la relation entre l'état propylitique des roches andésitiques et leurs filons minéraux
18	James F. Kemp Estados Unidos	Ore deposits at the contacts of intrusive rocks and limestones; and their significance as regards the general formation of veins

	Autor y origen	Título
19	Juan D. Villarelo México	Sur le remplissage de quelques gisements métallifères
20	L. de Launay Francia	1. La métallogene de l'Italie et des regions avoisinantes. II. Notes sur la Toscane et l'île d'Elbe

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados en el primer fascículo del *Compte rendu de la X session*, pp. 227-694.

Como corolario, la participación de los mexicanos en la organización del Congreso sirvió para darles proyección internacional. Un indicador sería la afiliación a sociedades extranjeras. Buscamos en el *Boletín* de la Sociedad Geológica de Francia las listas de nuevos miembros antes y después del Congreso, y nos encontramos con que para 1905 (esto es, un año) se sumaron seis miembros del Instituto Geológico, como se muestra en el cuadro siguiente.

Miembros mexicanos en el Boletín de la Sociedad Geológica de Francia alrededor de 1906

Año de afiliación	Cargo	Nombre
1905	Secretario Bibliotecario del Instituto Geológico Nacional	Rafael Aguilar y Santillán
1889	Director del Instituto Geológico Nacional	José G. Aguilera
1905	Geólogo jefe de sección en el Instituto Geológico Nacional	Carl Burkhardt
1905	Geólogo del Instituto Geológico Nacional	Teodoro Flores
1893	Subdirector del Instituto Geológico Nacional	Ezequiel Ordóñez
1905	Geólogo del Instituto Geológico Nacional	Ramiro Robles
1905	Auxiliar de geólogo	Andrés Villafaña
1905	Geólogo jefe de sección en el Instituto Geológico Nacional	Juan D. Villarelo

Fuente: *Bulletin de la Société Géologique de France*, Quatrième série, Tome Séptième, Paris, Au Siège de la Société Géologique de France, 1907, pp. X, XIV, XX, XXX, XXXII, XXXVI.

Conclusiones del Capítulo IV

Desde el título mismo del capítulo planteamos que el X Congreso Geológico Internacional pudo ser celebrado en México gracias a la articulación de un entramado social y técnico, pero también político, que comenzó a forjarse en el Colegio de Minería. Resaltamos el papel de este centro educativo para la ciencia geológica y paleontológica del país, dado que fungió como centro de acopio de las colecciones y los materiales que se iban colectando a través de las exploraciones científicas en el territorio, y como laboratorio desde donde se ordenaba y clasificaba este conocimiento.

Los egresados del Colegio pasaron a formar parte de otras instituciones, que en algunos casos se convirtieron en nodos de la misma red para el estudio del subsuelo. Desde puestos de poder, estos actores aprovecharon la estructura para crear el patrimonio de ambas ciencias en el transcurso de un siglo, desde que inició la cátedra de Mineralogía y hasta la constitución de un instituto abocado exclusivamente al estudio de la Geología, a finales del siglo XIX.

Mientras se esperaba que prosperase la propuesta de instituto, el gobierno de Porfirio Díaz organizó una Comisión Geológica que comenzaría los trabajos para presentar en la Exposición Internacional de París de 1889 un bosquejo de carta geológica y una carta minera. Observamos que esta iniciativa dejó de lado la carta paleontológica que también había sido planteada por Antonio del Castillo en 1882 como parte de los objetivos del primer servicio geológico nacional; seguramente esto se debió a la falta de presupuesto – recordemos que en esos años se vivía la crisis de la plata ya mencionada en otro capítulo–.

Pese a las dificultades para conformar este cuerpo exclusivo de estudios geológicos, una vez establecida la Comisión y posteriormente el Instituto, los principales actores trabajaron en forma ardua mediante exploraciones organizadas ahora sí bajo objetivos geológicos y paleontológicos, como se sigue en las publicaciones de la Sociedad Geológica Mexicana. También buscaron darle visibilidad a México en el ámbito científico internacional.

Antonio del Castillo continuó haciéndose presente en las exposiciones y en los primeros congresos geológicos de carácter internacional que se empezaron a organizar a partir de 1878. Ya fuera con réplicas en papel maché de las rocas meteóricas caídas en el territorio o

con un bosquejo de Carta Geológica bajo el brazo, el ingeniero de minas autodenominado geólogo se esforzó por cambiar la imagen del país en el extranjero, y mostrar que los tiempos de revueltas habían dado paso al progreso, expresado en este caso en el ámbito científico.

El punto culminante de este trabajo sucedió cuando México tuvo la responsabilidad de organizar el siguiente Congreso Geológico, programado para el año 1906. Correspondió al nuevo director, José Guadalupe Aguilera, organizarlo junto con un equipo de trabajo conformado por los mexicanos Ezequiel Ordóñez, Teodoro Flores, José María Villada, entre otros, y por geólogos europeos contratados para apoyar con sus conocimientos: Emilio Böse, Paul Waitz y Carl Burckhardt.

Como productos de valor científico destacamos los itinerarios establecidos en el libro-guía que se entregó a los asistentes y que además de informes incluye croquis, cartas geológicas, fotografías, perfiles geológicos e ilustraciones acerca de las localidades visitadas o por las que los miembros del Congreso pasaron mientras se desplazaban por los caminos de hierro. Cabe recordar que estos materiales fueron elaborados por personal del Instituto y circularon en diferentes países a través de sus representantes en el congreso.

Destacamos también que el estudio de los fósiles para este año había logrado adelantos en el país, pues como se observa en las excursiones, varias visitas fueron hacia lugares abundantes en vestigios, mismos que debieron haber estudiado con gran interés los excursionistas. Por otra parte, la participación de Burckhardt en el debate sobre los periodos geológicos y el clima debió despertar la curiosidad de más de uno para integrarse a la excursión y seguir *en vivo* la explicación proporcionada.

Con respecto a los mapas mostrados en el transcurso del capítulo, quisimos contrastar el Bosquejo Geológico, el Atlas Mundial de Berghaus y la Carta Geológica de América del Norte como elementos de comparación y reflexión acerca del conocimiento alcanzado por los mexicanos en el lapso de 17 años, pues el Bosquejo se publicó en 1889, el Atlas en 1892 y la Carta Geológica en 1906. ¿Corresponden estas tres representaciones con la práctica científica llevada a cabo en ese periodo? Consideramos que así es, y que esta cartografía puede observarse como índice de la evolución en el trabajo de los mexicanos,

que fue acelerado al pasar de un bosquejo con varias partes en color blanco y con errores detectados por el uso de las fuentes disponibles,⁴²² a aportar conocimiento geológico válido para estar en condiciones de dialogar con sus vecinos en la construcción de la Carta Geológica de América del Norte.

Sobre la experiencia en la organización del Congreso, podemos concluir que a los mexicanos les sirvió para tomar la tribuna y participar más en comisiones de carácter internacional derivadas del propio Congreso, como la integración de Böse y Burckhardt a la comisión para la revista *Paleontologia Universalis*,⁴²³ representando al Instituto Geológico de México

Por otra parte, el gobierno se vio beneficiado para proyectarse hacia el extranjero y difundir la riqueza minera y las posibilidades de inversión en suelo mexicano, así como el orden y el progreso alcanzados en ese periodo. Los empresarios que asistieron, por su parte, pudieron establecer contactos para buscar capitales extranjeros o compradores para sus productos. Podemos por lo tanto decir que fue un escaparate para México, su gobierno, sus geólogos y sus empresarios, en un siglo que apenas iniciaba, y que en el caso de los geólogos, proyectaron su trabajo con mayor amplitud de miras, con una institución fortalecida y con la culminación exitosa de un evento de carácter internacional.

⁴²² Las cartas de Weidner consideradas para el Bosquejo, por ejemplo, habían sido elaboradas desde la mitad del siglo, así que mucho debía haber cambiado el conocimiento geológico y paleontológico en ese lapso.

⁴²³ *Compte rendu Xe, 1906, México*, p. 106.

CONCLUSIONES GENERALES

No hay duda de que podremos detener el deslizamiento hacia las profundidades y volver sobre nuestros pasos, conservando a un tiempo la historia de la implicación humana en la realización de los hechos científicos y la implicación de las ciencias en la realización de la historia humana.

Bruno Latour, *La esperanza de Pandora*, p. 23

En la primera página de nuestra Introducción comentamos que uno de los caminos para el estudio de una especialidad desde sus inicios hasta conformar su cuerpo de conocimientos es dar seguimiento a la práctica que le otorga significación, efectuada por los actores que tejen una red en torno a ella. También expresamos que nuestros ejes articuladores para la tesis serían las exploraciones, los espacios geográficos y los actores de esos reconocimientos, los cuales dejamos en claro que son tanto humanos como no humanos.

Una vez concluida la tesis, observamos que la información presenta tres niveles de lectura: textos, imágenes y cartografía, así que en este apartado nos centramos en ellos pensando aportar lo suficiente para construir una metodología que pueda ser empleada en otras investigaciones. Para ello, antes partimos de retomar los principales hilos de la investigación y hacer una síntesis.

Si bien el periodo de estudio fijado corresponde a 1841-1906, en el primer capítulo nos remontamos hasta la prehistoria para tomar el objeto de estudio de la Paleontología desde sus inicios. Esta visión de largo alcance nos permitió observar el proceso mediante el cual las osamentas y las petrificaciones fueron adquiriendo su propia conceptualización y ampliando su campo semántico para incluir nuevos miembros; conforme se descubrían, describían y clasificaban, se articulaban con otros elementos, en un camino hacia la automatización de la especialidad geológica, y más tarde de la paleontológica.

El ser humano comenzó a verlos como evidencias de seres vivos de épocas pasadas; al avanzar en la extracción de minerales fue encontrando más y más especies distintas cuya presencia o ausencia en la estratigrafía pudo asociar con la presencia o ausencia de minerales específicos como oro, plata, cobre y coque. Conforme exploraba diferentes espacios geográficos, observó correlaciones constantes en la disposición de las petrificaciones y los estratos.

Este conocimiento se incorporó a las nacientes escuelas de minas, donde se hicieron esfuerzos por sistematizarlo y conocer la historia de la corteza terrestre, en una visión que fue alejándose de las cosmogonías religiosas para encontrar sustento en la observación de la naturaleza. Por otro lado, el estudio de las osamentas y petrificaciones como restos de seres vivos del pasado adquirió esta misma sistematización con los trabajos de Georges Cuvier, considerado el padre de la Paleontología.

Algunos acontecimientos previos a 1841 en México fueron puntos diacrónicos en el itinerario que tratamos de cubrir. Fue conveniente observar que a inicios del siglo XIX el virreinato de la Nueva España formaba parte de un proyecto de introducción de las ciencias modernas en el imperio español, al poseer un colegio de minas que fue determinante como primer nodo de una red que se construiría a lo largo del siglo, conformada por sus alumnos pero también por las osamentas y petrificaciones fósiles que arribaron a sus gabinetes para ser estudiadas.

Por lo tanto, estos saberes comenzaron su institucionalización en el Seminario de Minería. Nos preguntamos acerca de la aproximación a las petrificaciones por parte de los profesores, y observamos que Andrés del Río, Joaquín Velázquez de León y Antonio del Castillo fueron quienes se dedicaron a su estudio; para el primero fue un problema epistemológico acomodar los significados que otros comenzaban a referir al concepto debido a sus conocimientos previos, pero esto no le impidió su estudio, al incorporarlos en algunos de sus trabajos y al escribir su *Manual de Geología*.

Joaquín Velázquez de León vio en ellos herramientas auxiliares para el trabajo minero porque ayudaban a resolver dudas y a determinar clasificaciones de los terrenos, de modo que impulsó su estudio como primer profesor de Geología en el ya Colegio de Minería.

Posteriormente, desde puestos de poder se articuló con Antonio del Castillo para organizar la Geología con un enfoque práctico, ya como director de un nuevo instituto: el Ministerio de Fomento.

Esta institución organizó la exploración del territorio a través de comisiones de carácter temporal, encabezadas por ingenieros egresados del colegio minero. Esta nueva articulación proporcionó espacios de investigación para las ciencias geológicas en los sitios que fueron apropiándose mediante su estudio, si bien cabe aclarar que solamente consideramos como laboratorios *in situ* aquéllos donde hicieron un inventario de sus fósiles.

Con el fin de siglo la Geología pudo finalmente automatizarse a través de un instituto propio, que ejerció la función de laboratorio donde se prosiguió con su sistematización. La organización de un congreso internacional proporcionó el pretexto ideal para que al poco tiempo de su fundación el Instituto Geológico dispusiera de mayores recursos para la contratación de personal, ejecutar exploraciones científicas, adquirir herramientas y se terminara de construir su edificio. Ese mismo Congreso puso a México en el camino para el intercambio de conocimientos e interacción con los geólogos de otras partes del mundo en forma más directa.

En cuanto a los hombres que participaron en estas instituciones y que formaron parte de la red, se trata de un grupo conformado por individuos de distintas generaciones de ingenieros que, como reiteramos en cada capítulo, habían estudiado en el Colegio de Minería o Escuela de Ingenieros, así que poseían formación similar y profesiones como ingenieros de minas, ensayador, geógrafo o metalurgista.

Después de su educación, por lo común ejercían su práctica profesional en el gobierno, mediante encargos de comisiones temporales para estudiar determinado territorio. Algunos pasaron a ocupar puestos directivos en ministerios o secretarías. Otros trabajaron para empresas privadas. Otros más, hicieron ambas actividades o se encargaron de la docencia.

Se vinculaban entre sí a través de sociedades científicas, como la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, desde donde realizaban actividades de divulgación y difusión de la ciencia. Para inicio de la década de los setenta, crearon nuevos espacios de sociabilidad en

el seno de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, la Sociedad Humboldt y la Sociedad Científica “Antonio Alzate” y a través de nuevos órganos de divulgación científica.

El grupo al que nos referimos, o al menos sus cabezas más visibles, entendieron que parte de su tarea consistía en explicarla, ya sea en el aula, en sus reportes o en medios impresos, así que publicaron regularmente. Entre ellos encontramos a Mariano Bárcena, Santiago Ramírez, Antonio del Castillo, José Guadalupe Aguilera, Pedro L. Monroy, Ezequiel Ordóñez, Rafael Aguilar y Santillán. Hacia el fin de siglo, a este grupo se integraron algunos actores que no compartían la profesión, como el médico Manuel María Villada.

Aunque no fue el propósito de esta investigación, no podemos dejar de lado un comentario acerca de la relación de los científicos con el *poder* y los aparatos estatales que lo sustentan, incluso si solamente se desea seguir el itinerario de los actores en un ámbito determinado. En este caso observamos a los ingenieros traducir sus necesidades a quienes representaban o detentaban cierto grado de poder, para alcanzar el apoyo necesario en sus proyectos. En ocasiones el diálogo era con otros egresados del Colegio de Minería, así que se tornaba más fácil conseguir el apoyo, si bien los recursos económicos eran difíciles de asignar.

Quienes detentaban el poder en el siglo XIX buscaron una reestructuración en el modo de coordinar el país, que pasó de las regiones virreinales a conseguir el dominio centralizado de ellas, tanto en lo político como en lo militar y científico. Esto se logró hasta el Porfiriato, cuando se consiguió ejercer una expansión capitalista de dominio e integración del territorio que se trató de conectar a través de caminos y vías férreas. Este proceso de conexión requirió exploraciones e intervenciones físicas en ciertos lugares, los cuales se volvieron espacios de ciencia tras ser analizados e incorporados en un documento para, finalmente ser apropiados, conocidos e inventariados para mutar en laboratorios desde donde se partió para la investigación geológica.

Podemos en estas líneas ver la relación del estudio geológico con otras necesidades del capitalismo y su injerencia en los procesos políticos, económicos, sociales y culturales, en un esfuerzo de largo alcance para tratar de dominar el país en lo político, económico, militar y científico.

Exploraciones

Vemos las exploraciones científicas como vehículos para poner en marcha los acontecimientos que dan pie a los primeros estudios sobre osamentas y petrificaciones en México. En esta tesis, dimos importancia a las efectuadas a solicitud del gobierno a través del Ministerio de Fomento porque ahí podemos observar la práctica científica de los mexicanos que se encargaron de la automatización de la disciplina. Observamos que, en tanto movilizaciones, fueron originadas a partir de una interacción entre intereses diversos, que a su vez favorecería un dominio del espacio geográfico y de sus riquezas.

Esta suma propició el avance de los estudios paleontológicos cuando los exploradores comenzaron a encontrar petrificaciones de moluscos extintos y a recogerlos como objetos de curiosidad, cuando aún no les eran exigidos como parte de su investigación. Con el avance del siglo pasaron a crear colecciones, a compararlas y estudiarlas. En asociación con el terreno donde habían sido encontradas, se usaron para determinar la estructura de las formaciones y posteriormente, la forma como se desenvolvía la vida a lo largo del tiempo, si bien esta última vertiente fue poco considerada en México para esta temporalidad.

Las exploraciones que revisamos en los capítulos segundo y tercero fueron organizadas por el Ministerio de Fomento, mientras que las relacionadas en el cuarto capítulo dependieron del Instituto Geológico Nacional, en el marco del X Congreso. Denominamos a estas últimas *expediciones* debido a sus características disímiles en cuanto a objetivos, organización, miembros involucrados, entre otros parámetros. También dedicamos, en el primer capítulo, algunas líneas a la exploración de Henri Galeotti y su práctica en campo. Quedaron en el tintero otras realizadas por extranjeros que esperamos retomar más adelante.

Al observar el cuadro completo vemos diferencias y semejanzas. En primer lugar hay que ponderar que la exploración de Galeotti se realiza en los años treinta del siglo XIX; las que se describen en *Anales del Ministerio de Fomento* abarcan de los años cincuenta a los ochenta del mismo siglo, y los trabajos del Congreso Geológico Internacional fueron a inicios de la nueva centuria. Por otra parte, los contingentes de exploradores son diferentes.

A los 21 años Henri G. Galeotti arribó solo a México con el cometido de hacer reconocimientos y formar colecciones para la institución donde se había formado como naturalista, *L'Établissement géographique de Bruxelles*, fundado y dirigido por Philippe Vander Maelen, quien lo financió porque tenía el objetivo de que su establecimiento contara con colecciones e información geográfica de todo el mundo. Durante cinco años, Galeotti viajó principalmente por el centro del país, exploró volcanes y formó numerosas colecciones de aves, plantas, animales, minerales y fósiles, que enviaba regularmente a Bélgica. También encontró petrificaciones de moluscos, algunos de ellos aún no catalogados.

Por su parte, los exploradores mexicanos fueron los ingenieros descritos, quienes recibían encargos del gobierno a través del Ministerio de Fomento, para encabezar exploraciones con fines y periodos establecidos. Por lo regular el presupuesto era insuficiente y en muchas ocasiones tuvieron que utilizar su ingenio para conseguir resultados. Realizaron varias comisiones pero difícilmente con la profundidad deseada.

Gracias a sus conocimientos y al roce internacional, los mismos hombres (salvo por el relevo generacional) encabezados por Antonio del Castillo, estaban conscientes de la necesidad de contar con un organismo dedicado exclusivamente a las exploraciones geológicas. Después de insistir por años, consiguieron la creación de una Comisión que se tornó Instituto Geológico y tuvo la oportunidad de organizar en 1906 el X Congreso Internacional. Como parte de la sesión, hicieron varias exploraciones previas para preparar un libro-guía sobre los puntos a estudiar. Las conferencias de los mexicanos se centraron en los volcanes.⁴²⁴

Pese a las dificultades para conformar este cuerpo exclusivo de estudios geológicos, una vez establecida la Comisión y posteriormente el Instituto, los principales actores trabajaron en forma ardua mediante exploraciones organizadas ahora sí bajo objetivos geológicos y paleontológicos, como se sigue en las publicaciones de la Sociedad Geológica Mexicana. También buscaron darle visibilidad a México en el ámbito científico internacional.

⁴²⁴ Cuando mencionamos mexicanos no nos referimos a la nacionalidad sino a la representación.

Observamos un relevo entre la ya Secretaría de Fomento y el nuevo Instituto de Geología, pues este último comenzó a organizar y ejecutar las exploraciones encaminadas hacia su disciplina. Como consecuencia, los fósiles fueron mejor estudiados. Los mexicanos dejaron en claro durante el Congreso Geológico, que para ese momento ya tenían la capacidad para interactuar con otros geólogos en un nivel teórico, como hizo Burckhardt en la discusión acerca del clima y los periodos geológicos.

Documentos utilizados

Clasificamos los documentos que dan soporte a esta investigación en tres tipos, de acuerdo con su propósito principal: *a)* textos para la enseñanza, *b)* reportes de exploraciones, *c)* descripciones científicas producto de la inquietud intelectual de su autor. Aunque la última puede estar contenida en las dos primeras, preferimos diferenciarlas de acuerdo con su propósito principal.

a) Textos para la enseñanza. Fueron redactados conforme a los objetivos a cubrir en la materia donde se emplearían, que para este caso fue la *Cátedra de Orictognosia* encabezada por Andrés del Río, quien trataba de *aclimatar* estos estudios a la realidad mexicana y por eso incorporó lo que hasta ese momento tenía por cierto acerca de las petrificaciones y osamentas encontradas en el territorio mexicano. Sus obras fueron empleadas como libros de texto para el estudio de la superficie terrestre en el Colegio de Minería durante la mayor parte del siglo XIX.

Mariano Bárcena, por su parte, también redactó un Tratado de Geología para su cátedra en la Escuela Nacional de Agricultura. Aunque ambos autores redactaron sus obras a pedido de las instituciones donde trabajaban, destacamos el compromiso que tenían con la disciplina de estudio y sus estudiantes, ya que sabemos que otros catedráticos no presentaron sus textos. Recordemos que Velázquez de León estaba elaborando uno que aparentemente no pudo concluir.

b) Reportes de exploraciones. Se elaboraron para presentar a los superiores los resultados obtenidos en la comisión encomendada y forman parte de lo que se esperaba recibir de ellos, así que son diferentes a una obra que pudiera ser de interés propio. En este caso, las que abordamos corresponden a informes que por su importancia el Ministerio de Fomento decidió incluir en las páginas de los *Anales del Ministerio de Fomento* e incluso algunos fueron publicados como obras independientes. El objetivo era mostrar las riquezas o los sitios de interés para alguna actividad económica o para colonizar el territorio.

Hubo autores que también eligieron determinados artículos para difundirlos en publicaciones de las sociedades científicas donde participaban, lo que nos da una idea de quiénes estaban interesados en difundir su trabajo fuera del ámbito laboral. Las obras a que hacemos referencia en esta tesis y entran en esta categoría corresponden a todas las que abarca el capítulo segundo, publicadas en los *Anales*, y algunas consideradas para el capítulo tercero, como la *Memoria para la Carta Geológica del Distrito de Zumpango*, de Juan N. Cuatáparo y Santiago Ramírez.

Las revistas y periódicos donde repitieron la publicación de sus artículos son las pertenecientes a las sociedades científicas de ese tiempo: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, *La Naturaleza*, *periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, *Revista de la Sociedad Científica*, *Bibliográfica de la Sociedad Científica Antonio Alzate* y los *Anales del Museo Nacional*, entre otras que se mencionan.

c) Descripciones científicas. En este tipo podemos clasificar las obras que se redactaron para su discusión con los pares y su integración en el cuerpo de conocimientos de la disciplina. Si en ellas el autor describió alguna especie nueva, también buscó difundir su descubrimiento y ser reconocido. Es el caso de las publicaciones presentadas por Henri G. Galeotti en el capítulo primero y por Edward D. Cope, en el tercero. Corresponden también los intercambios realizados por Antonio del Castillo con sir Richard Owen y con la Sociedad Geológica Alemana, el estudio acerca del *glyptodon* de Cuatáparo y Ramírez, la obra de Manuel M. Villada acerca de los fósiles del Cuaternario, el estudio sobre rocas mesozoicas y sus fósiles característicos de Mariano Bárcena. Sobre los dos últimos

podemos destacar su inquietud intelectual por estar presentes en la discusión a través de obra propia y, junto con Antonio del Castillo, el interés por sistematizar y documentar los conocimientos geológicos y antropológicos que revelan en sus obras.⁴²⁵

Centrándonos en los mexicanos, no debemos olvidar que los informes publicados en los *Anales del Ministerio de Fomento* formaban parte del trabajo de la comisión, así que deben verse como reportes pensados para satisfacer a la autoridad y dar cuenta de lo acontecido, antes que como textos libres. Sin embargo, una de las ventajas es que los ingenieros a cargo solían reproducir las instrucciones recibidas, lo que nos permite conocer mejor el punto de mira desde donde partían y cómo las atendían. Gracias a ello podemos ver una escasa actividad en la búsqueda de fósiles todavía en los años cincuenta, que hacia los años setenta muestra un incremento en el interés por recabarlos en las exploraciones, más patente conforme se acerca la década de los ochenta del siglo XIX, periodo en el cual ya pueden ser vistos como objetos de estudio en sí, pero todavía no tan necesario, como sucedió cuando se creó la Comisión Geológica Mexicana pero la Carta paleontológica salió temporalmente de los objetivos principales.

Los itinerarios del libro guía para el X Congreso Internacional que presentan estudios sobre los lugares visitados corresponden asimismo a esta categoría, además de todas las ponencias y discusiones presentadas que, además, permitieron a México insertarse en el discurso internacional.

Espacios geográficos-espacios de ciencia

Para los casos estudiados en esta tesis, con esto nos referimos a todos los sitios donde los exploradores encontraron y describieron el objeto de estudio –petrificaciones y osamentas, inicialmente, y fósiles después, cuando el cambio conceptual ya se había realizado–, o los buscaron y no encontraron en su momento. Incluyen los sitios explorados por Galeotti, por las exploraciones cuyas memorias fueron publicadas en los *Anales de Fomento* y los recorridos realizados en el X Congreso Geológico Internacional. Sabemos que no son todas

⁴²⁵ Antonio del Castillo con su descripción de los fósiles de mamíferos y Mariano Bárcena a través de su obra y comentarios sobre la sistematización de la Paleontología.

las exploraciones realizadas en el periodo de estudio pero preferimos observar con más detalle las que elegimos antes de abarcar mayor cantidad pero con menor profundidad.

Entendemos el espacio geográfico como un actante más debido a su capacidad para articularse con otros miembros de la red. Hemos seguido el itinerario y señalado algunos puntos en mapas elaborados por nuestros actores para entender su relación con él y corroborar si podemos emplear el término de “laboratorio” para el objeto de estudio de una comisión. La respuesta sigue siendo afirmativa, siempre y cuando se cumplan las condiciones de descripción, medición y representación cartográfica.

Una forma de recordar y plasmar para que la memoria pueda preservar el conocimiento acerca de los espacios visitados, es la elaboración de representaciones visuales. En ellas, los hechos se concentran y transforman en signos que proveen información. En esta tesis, utilizamos los mapas, croquis, planos y perfiles diseñados en las mismas comisiones de investigación, o bien cartografía de la época, para visualizar el espacio explorado y los sitios de hallazgo de fósiles que pudimos mapear, con el objetivo de integrar la cartografía en las investigaciones históricas como otra herramienta de análisis.

Al hacerlo, incorporamos en la investigación histórica de la ciencia aquello que simbolizan, es decir, los propios espacios estudiados. Incluso estas representaciones, tomadas en conjunto, representan un tercer nivel de análisis que muestra una evolución de la representación de los espacios geográficos en la que vale la pena profundizar en futuras investigaciones.

Para sistematizar la información registrada en estos espacios de ciencia, construimos cuadros donde presentamos los avances en materia paleontológica e incluso las representaciones visuales elaboradas para los informes del Ministerio de Fomento. Este material visual es otro tipo de traducción del referente para que pueda ser insertado en los informes y estudios, y proporciona un segundo nivel de estudio para los interesados en profundizar en los estudios históricos sobre la ciencia, al comparar las representaciones de un mismo objeto a través del tiempo.

Podemos decir que las representaciones visuales de los fósiles y su entorno, junto con las descripciones, fueron construyendo significados a lo largo del siglo XIX en el estudio de la

Geología en México, pero en una construcción no lineal, como se observa al dar seguimiento a las comisiones mediante sus informes, donde se les ve dudar, crear hipótesis, comparar, esperar a recabar mayor cantidad de datos, e incluso estableciendo nuevos nodos en la red que les apoyasen a resolver lo que ellos no eran capaces en ese momento, como fue el caso de Antonio del Castillo y sus consultas con los especialistas en la materia.

Consideraciones finales

El propósito inicial de esta tesis fue explicar el itinerario seguido por los conocimientos geológicos y paleontológicos en México desde 1841 hasta 1906, a partir de la revisión de los informes de las exploraciones científicas en los espacios geográficos, y seguir las acciones de los actores que construyeron la red para el estudio de la Geología y la Paleontología. Para cumplirlo, reunimos material de diversas fuentes y tratamos de sistematizarlo a través de los textos, las imágenes y la cartografía. Dejamos pendiente para otra investigación dar seguimiento a las colecciones recabadas.

Encontramos en este camino un proceso de resignificación de la palabra fósil que nos llamó la atención y nos permitió darnos cuenta de la importancia de incorporar actores humanos y no humanos como objetos de estudio, y aventurarnos aunque sea –como en este caso– a proporcionar un esbozo de lo que puede resultar de un análisis de tipo conceptual que acompañe el discurso histórico, así como de sus representaciones.

Aunque en numerosos estudios se han incorporado herramientas lingüísticas, a nosotros nos parece importante rescatar para futuras investigaciones las que son propias de la Semiología porque su campo de acción va más allá del discurso, ya que abarca el estudio de las representaciones, de los signos convencionalizados y de los símbolos, que siempre están presentes en el discurso histórico a través de dibujos, esquemas, cartografía, ilustraciones, fotografías, películas, colecciones, herramientas, objetos varios y todo elemento social y cultural creado o conocido por el hombre, que pueda ser articulado para ofrecer algo nuevo.

Así, en estas líneas presentamos un esbozo metodológico que puede ser perfeccionado y que, ampliado con otras investigaciones, podría emplearse como base para estudios

comparativos. Puede también ser un aliciente para profundizar en metodologías aplicadas a la historia de la ciencia –y a cualquier otra subdivisión de la historia– como una forma de incluir otros actores y sus representaciones en el análisis histórico de la generación y difusión del conocimiento de cualquier especialidad. La información proporcionada en esta tesis, si bien es modesta, puede servir de base para profundizar en un estudio de esas características.

FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

Fuentes de la época

AGRICOLA, Georgius, *De Re Metallica, Translated from the first Latin Edition of 1556, with Biographical Introduction, Annotations and Appendices upon the Development of Mining Methods, Metallurgical Processes, Geology, Mineralogy & Mining Law from the earliest Times of the 16th Century*, by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, New York, Dover Publications, 1950.

-----, *De natura fossilium (Textbook of mineralogy)*, translated from the first Latin Edition of 1546 by Mark Chance Bandy and Jean A. Bandy, New York, Dover Publications, 2004.

AGUILAR y Santillán, Rafael, *Bibliografía geológica y minera de la República Mexicana completada hasta el año de 1904*, México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, 1908, 330 p.

AGUILERA, José Guadalupe, “Bibliografía geológica y minera de la República Mexicana formada por..., Profesor en la Escuela Militar y en la Escuela Normal para Profesores, Socio fundador y Secretario perpetuo de la Sociedad Científica ‘Antonio Alzate’, etc.”, *Boletín del Instituto Geológico de México*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1898.

-----, *Bosquejo Geológico de México*, Instituto Geológico de México, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1896, pp. 4-5.

-----, “Reseña del desarrollo de la Geología en México”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 1, Núm. 1, julio-diciembre de 1904, México, Sociedad Geológica Mexicana, 1905, pp. 35-117.

-----, “The Instituto Geológico de México”, en: *The Engineering and Mining Journal*, vol. LXXXVIII, no. 18, New York, Octorbe, 30, 1909, pp. 857-859.

ALFONSO X Rey de Castilla, *Lapidario*, disponible en la página de Cristalografía del CSIC: http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_01/lapidario.pdf (fecha de consulta: 31 de noviembre de 2016).

ANDA, Manuel de, *Informe relativo a la exploración del Distrito de Coalcomán presentado al Sr. Ministro de Fomento por..., Jefe de la Comisión nombrada al efecto*, México, Imprenta de la Secretaría de Fomento, 1883.

ARISTÓTELES, *Meteorológicos*, En línea, obtenido en: https://thevirtuallibrary.org/index.php/en/?option=com_djclassifieds&format=raw&view=download&task=download&fid=3149 (consultado el 15 de junio de 2017), s.p.

-----, *Obra biológica. De Partibus Animalium, Motu Animalium, De Incessu Animalium* (trad. del griego, Rosana Bartolomé, introducción y notas, Alfredo Marcos), Madrid, Luarna, 2010.

BÁRCENA, Mariano, “Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875. México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875.

-----, “Materiales para la formación de una obra de Paleontología mexicana, por...”, en: *Anales del Museo Nacional*, Tomo I, 1877.

-----, “Memoria de la comisión exploradora del volcán del Ceboruco”, *Anales del Ministerio de Fomento tomo I*, 1877.

-----, Descripción de un hueso labrado, de llama fósil, encontrado en los terrenos posterciarios de Tequixquiac, Estado de México. Estudio por..., profesor de Paleontología en el Museo Nacional”, en *Anales del Museo Nacional de México*, Tomo II, México, Imprenta de Ignacio Escalante, 1882.

- y Antonio del Castillo, “Noticias acerca del hallazgo de restos humanos y prehistóricos en el Valle de México”, en *La Naturaleza*, Tomo VII, 1886, pp. 257-265.
- , “Nuevos datos acerca de la antigüedad del hombre en el Valle de México”, *La Naturaleza*, Tomo VII, 1886, pp. 265-270.
- , Contestación a las “Discusiones acerca del hombre del Peñón, por el prof. Newberry”, en *La Naturaleza*, Tomo VII, 1886, pp. 286-288.
- , *Tratado de Geología, elementos aplicables á la agricultura, á la ingeniería y á la industria por...*, Profesor de Geología en las Escuelas Nacionales Preparatoria y de Agricultura de México, Miembro de varias academias científicas de México, Europa, Guatemala y Estados-Unidos de América, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885.
- BARREDA, Gabino, “Memorias”, *Anales de la Sociedad Metodófila Gabino Barreda*, Vol. I, México, pp. 97-186.
- BUFFON, Le Comte de, *Les époques de la Nature*, por Monsieur..., Intendant du Jardin & du Cabinet du Roi, de l’Académie Française, de celle de Sciences, Etc. Tome Premier, a Paris, de l’Imprimerie Royale, MDCCLXXX.
- CASTILLO, Antonio del, “Discurso pronunciado por el señor ingeniero de minas... presidente de la sociedad, en la sesión inaugural verificada el día 6 de septiembre de 1868”, en *La Naturaleza, periódico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 1869, pp. 1-5.
- , “Säugethierreste aus der Quartär Formation des Hochthales von México” (Mamíferos fósiles del Cuaternario del Valle Alto de México), *Zeitschrift der Deutsch en geologischen Gesellschaft (Revista de la Sociedad Geológica Alemana)* XXI. Band, Berlín, 1869, pp. 479-482. Disponible en línea, en: [https://www.kreidefossilien.de/literatur/e-book-der-woche/zeitschrift-der-deutschen-geologischen-gesellschaft-\(1850-1962\)](https://www.kreidefossilien.de/literatur/e-book-der-woche/zeitschrift-der-deutschen-geologischen-gesellschaft-(1850-1962)) (fecha de consulta: 6 de enero de 2019).

-----, “Adelantos en la geología y paleontología del Valle de México”, *El Minero Mexicano*, 1880, p. 485.

CEPEDA, F. de, F. A. Carrillo y J. Álvarez Serrano, *Obras públicas en México, documentos para su historia, Tomo I. Relación universal – 1637, por...*, México, edición de la Secretaría de Obras Públicas, 1976.

CIEZA de León, Pedro de, *Crónica del Perú. El señorío de los incas*, Franklin Pease G. (selección, prólogo, notas, modernización del texto, cronología y bibliografía), Caracas, Biblioteca Ayacucho, 2005.

CUATÁPARO, Juan N. y Santiago Ramírez, “Descripción de un mamífero fósil de especie desconocida perteneciente al género ‘Glyptodon’, encontrado entre las capas post-terciarias de Tequisquiac, en el Distrito de Zumpango. Estudio presentado á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por sus socios honorarios los ingenieros de minas que suscriben, miembros de la Comisión Geológica del Estado de México”, *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a 1874 y 1875, México, Imprenta de Díaz de León y White, 1875.

CHAVERO, Alfredo, “La piedra del sol. Estudio arqueológico por...”, *Anales del Museo Nacional de México*, Tomo II, México, Imprenta de Ignacio Escalante, 1882.

CONGRÈS International de Géologie tenu à Paris du 29 au 31 août et du 2 au 4 septembre 1878, N° 21 de la Série, Paris, Imprimerie Nationale, MDCCCLXXX.

CONGRÈS Géologique International, Compte rendu de la 2me Session, Bologne, Bologne, 1881.

COMPTE rendu de la VII Session, St. Petesburg, 1897, St. Petesburg, Imprimiere de M. Stassuléwitsch, 1899.

CONGRÈS Géologique International, Compte rendu de la 9me Session, Viena, Viena, 1903, pp. 142-145.

- COPE, Edward Drinker, “Los mamíferos del Valle de México ya extinguidos”, *Anales del Museo Nacional*, No. 3, Tomo III, 1ª época, 1886.
- CRESPO y Martínez, Gilberto, *México. Industria minera. Estudio de su evolución por...*, para la grande obra “México.- Su evolución social”. Editada y publicada por J. Balleca y sucesores, México, Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1903.
- CUVIER, Georges, “Sur le megatherium”, *Annales du Muséum National d’Histoire Naturelle*, Paris, 1804.
- CUVIER, Georges, *Discours sur les les Révolutions de la surface du globe, et sur les changemens qu’elles ont produits dans le règne animal, par...*, Paris, Chez G. Dufour et Ed. D’Ocagne, 1826.
- DARWIN, Charles, *El origen de las especies por medio de la selección natural*, México, Editorial Diana, 1953.
- DARWIN, Charles, *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*, London, Nora Barlow, 1958.
- DIARIO del Imperio*, Variedades: “Noticias estadísticas sobre el Partido de Coalcomán, y condiciones favorables del mismo para la colonización regnícola o extranjera, escritas por J. G. R.”, *Diario del Imperio*, p. 39.
- “DICTAMEN presentado a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por la mayoría de la Comisión nombrada para estudiar la cuestión relativa al desagüe de la Ciudad de México”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, Tercera época, Tomo II, correspondiente a los años de 1874 y 1875.
- DICTIONARY of National Biography*, Vol. I, edited by Leslie Stephen, Vol. VII, London, Smith, Elder & Co., 1885.
- Discursos pronunciados en la velada fúnebre que para honrar la memoria del distinguido Ingeniero Geógrafo D. Francisco Díaz Covarrubias se verificó la noche del 8 de Julio de 1899, en el Salón de Actos de la Escuela Nacional de Ingenieros*, México, Imp. de la Secretaría de Fomento, 1889, 42 p.

EL POPULAR, “Informe leído por el C. presidente de la República, al abrirse el primer periodo de sesiones del 23° Congreso de la Unión, el 16 de septiembre de 1906”, *El Popular*, lunes 17 de septiembre de 1906, p. 1.

EL SIGLO Diez y Nueve, “Revista de los Estados. Michoacán”, Séptima época, año 25, Tomo VI, Núm. 323, lunes 1° de junio de 1868.

“*Equus conversidens* Owen, 1869 (horse)”, in *Fossilworks, Gateway to the Paleobiology Database*. On line: http://fossilworks.org/bridge.pl?a=taxonInfo&taxon_no=46262.

FERNÁNDEZ Leal, Manuel, “Informe sobre el Reconocimiento del Istmo de Tehuantepec presentado al gobierno mexicano por..., ingeniero topógrafo y jefe de la comisión que practicó el reconocimiento”, en *Anales del Ministerio...*, Tomo III.

GARAY, Francisco de, *El Valle de México, apuntes históricos sobre su hidrografía desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, por..., ingeniero*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1888.

GALEOTTI, Henri G., “Coup d’oeil sur la Laguna de Chapala au Mexique, avec notes géognostiques, par...”, *Bulletin de l’Académie Royale de Belgique*, 1839.

GAMBOA, Francisco Javier, *Comentarios a las Ordenanzas de minas, dedicados al católico rey, nuestro señor, don Carlos III. (Que Dios guarde) Siempre magnánimo, siempre feliz, siempre augusto, por...*, Madrid, Ofician de Joachin Ibarra, Calle de las Urofas, 1761.

GUIDE des excursions du Xe. Congrès Géologique International. México, 1906, México, Imprimerie du Ministère de Fomento, 1906.

HUMBOLDT, Alexander von, *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, México, Porrúa, 698 p.

IGLESIAS, Miguel, Mariano Bárcena y Álvaro Matute, “Memoria de la comisión exploradora del volcán del Ceboruco”, *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo I, México, Imprenta de 1877.

- LA REDACCIÓN, “El Sr. D. Juan N. Cuatáparo”, en: *El Minero Mexicano*, vol. IX, núm. 2, México, 9 de marzo de 1882, pp. 13-15.
- LAGUERENNE, Teodoro Luis, “Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas..., como resultado de su exploración a los criaderos metalíferos de la Sierra del Estado de Guerrero”, en *Anales del Ministerio...*, Tomo VII
- LAMARCK, caballero de (Jean-Baptiste Monet), *Filosofía zoológica*, Editorial Alta Fulla “Mundo científico”, Barcelona, 1986, pp. 62-63.
- LOBATO, J. G., “Meteorología de México, Geología e Hidrografía del Valle del México. Geología”, en: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, Tomo III, pp. 464-616.
- LUC, F. R. S., J. A. de, *An Elementary Treatise on Geology: Determining fundamental points in that Science, and containing an examination of some Modern Geological Systems, and particularly of the Huttonian Theory of the Earth, by...*, translated from the French manuscript by the Rev. Henry de la Fite, M. A. of Trinity College, Oxford, London, printed for F. C. and J. Rivington, 1809.
- LYELL, Charles, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes on the Earth's surface, by reference to causes now in operation, by...*, Vol. I, London, John Murray, 1830
- MARTÍNEZ Baca, Eduardo, “Informe sobre los Placeres auríferos de Calamahí (Baja California), presentado por..., al Sr. Ingeniero D. Joaquín M. Ramos, Jefe de la Comisión Exploradora de la Baja California”, en *Anales del Ministerio...*, Tomo VIII, 1884.
- y R. Servín Laceybrón, “Informe que rinden los ingenieros que suscriben, sobre las minas de cobre del ‘Boleo’, en 1896”, *Anales...*, Tomo XI, 1898.
- MAZA, F. “Reseña de los ministros y oficiales mayores que ha habido en el Ministerio de Fomento desde su creación hasta la fecha”, *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo I, 1877.

MEMORIA histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1449-1900, publicada por la Junta Directiva del mismo desagüe, vol. I, México, Tipografía de la Oficina de Estampillas de Palacio Nacional, 1902.

MONROY, Pedro L., “Las minas de Guanajuato, memoria histórico-descriptiva de este distrito minero, escrita por disposición de la Secretaría de Fomento, por Pedro L. Monroy, ingeniero de minas”, en *Anales del Ministerio de Fomento* tomo X, 1888, pp. 69-721.

OTERO, Mariano, “Biografía de Francisco Javier Gamboa”, *El Museo Mexicano*.

OWEN, Richard, “XVII. On fossil remains of equines from central and South America referable to *Equus conversidens*, Ow., *Equus tan*, Ow., and *Equus arcidens*, Ow.”, *Phil., Trans. Of the Royal Society*, Vol. 159, 01 January 1869, pp. 559-573. In: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1869.0020>.

RAMÍREZ, Santiago, “La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística”, en *El Explorador Minero*, Tomo I, Núm. 1, 4 de noviembre de 1876.

-----, “Informe sobre el mineral de Guadalcázar”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo III, 1878.

-----, (redactor en turno), “Metales”, *El Minero Mexicano*, 1º de mayo de 1884, p. 108.

-----, *Biografía del señor don Joaquín Velázquez de León, escrita por el ingeniero..., antiguo alumno del Colegio de Minería*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885.

-----, *Datos para la historia del Colegio de Minería, recogidos y compilados bajo la forma de efemérides por su antiguo alumno el ingeniero de minas...*, México, edición de la Sociedad “Alzate”, Imprenta del gobierno federal en el ex arzobispado, 1890.

-----, “Informe que como resultado de su exploración en la Sierra Mojada, rinde al Ministerio de Fomento el Ingeniero de Minas...”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, México, Tomo III, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1878.

- , “Informe que el ingeniero de minas Santiago Ramírez rinde á la Secretaría de Fomento como resultado de su exploración á los distritos de Matamoros, Izúcar, Chiautla y Acatlan en el estado de Puebla, y del estudio de sus criaderos de carbón mineral”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo VII, 1882.
- , “Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas que suscribe sobre su exploración en la Municipalidad de Tlaquiltenango perteneciente al Distrito de Tetecala del Estado de Morelos para el reconocimiento de unos supuestos criaderos de carbón”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo VII, 1882.
- , “Informe sobre los depósitos carboníferos del cerro del Tambor en el distrito de Huauchinango rendido á la Secretaría de Fomento por el ingeniero de minas que suscribe”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo VII, 1882.
- , “Informe sobre la exploración hecha en los yacimientos carboníferos del distrito de Huetamo, en el Estado de Michoacán que presenta á la Secretaría de Fomento el ingeniero de minas que suscribe”, en *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo VII, 1882.
- , *Elogio fúnebre del profesor Don Mariano de la Bárcena. Secretario perpetuo de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1901, 27 p.
- , *Estudio biográfico del Señor Don Miguel Velázquez de León*, México, Imprenta de Ignacio Escalante, 1902, 112 p.
- RAMOS, Joaquín M., “Informe relativo á los trabajos ejecutados por la Comisión exploradora de la Baja California el año de 1884. Presentado á la Secretaría de Fomento por el Ingeniero de minas..., jefe de la expresada comisión”, *Anales del Ministerio de Fomento*, Tomo VIII, 1887.
- RÍO, Andrés del, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes é ilustradas con notas por D. L. G. Karsten, consejero de minas del rey de Prusia, profesor de mineralogía é inspector del Real Gabinete, socio y correspondiente de*

muchas academias, para el uso del Real Seminario de Minería por..., México, Imprenta de don Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1804.

-----, *Elementos de Orictognosia ó del conocimiento de los fósiles, según el sistema de Berzelio; y según los principios de Abraham Gottlob Werner, con la sinonimia Inglesa, Alemana y Francesa, para uso del Seminario Nacional de Minería de México, por...*, profesor de Mineralogía del mismo y socio y corresponsal de algunas academias nacionales y extranjeras (sic). *Parte Práctica*, Segunda Edición, Filadelfia, Imprenta de Juan F. Hurtel, 1832.

-----, *Manual de Geología con 27 estampas de los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, mas característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de la República mexicana, por...*, profesor de Mineralogía, México, Impreso por Ignacio Cumplido, 1841.

-----, *Elementos de Orictognosia ó sea Mineralogía ó del conocimiento de los fósiles, según el sistema del barón Berzelio, y según los principios de Abraham Gottlob Werner, para uso del Seminario Nacional de Minería. Por el c...., Parte preparatoria.-* Segunda edición, México, Imprenta de R. Rafael, 1846, Prólogo, p. s.n.

RIVA Palacio, Vicente, *Anales del Ministerio de Fomento* (carta manuscrita anexa), Tomo I. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1877.

SELLERIER, Carlos, “El mineral de Huitzucó”, en: *Anales del Ministerio de Fomento...*, Tomo XI.

SILICEO, Manuel, *Memoria de la Secretaría y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, escrita por el ministro del Ramo...*, para dar cuenta con ella al Soberano Congreso Constitucional, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857.

TERREROS y Pando, Estevan, *Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes y sus correspondientes de las tres lenguas francesa, latina e italiana: su autor...*, Tomos II y III, Madrid, Imprenta de la viuda de Ibarra, hijos y compañía, 1787.

- THEOPHRASTUS, *On Stones* Caley, Earle R. and John F. C. Richards (Introduction, Greek text, English translation, and commentary), Columbus, The Ohio State University, 1956.
- URQUIZA, Manuel, “Informe del Ingeniero encargado de reconocer la sierra de Ucareo, para averiguar las probabilidades de una erupción volcánica”, *Bol. Soc. Geog.* 2ª e. IV, 1872.
- URQUIZA, Manuel, “Exploración del Distrito de Coalcomán”, *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1882, t. VII, pp. 195-261.
- VELÁZQUEZ de León, Joaquín, “La caverna de Cacahuamilpa”, *El Minero Mexicano* 8, Núm. 50, 1882, pp. 607-610.
- VETANCURT, Fray Agustín de, *Teatro mexicano, descripción breve de los sucesos ejemplares, históricos, políticos, militares y religiosos del nuevo mundo occidental de las Indias, por...*, Tomo I. México, Imprenta de I. Escalante y C^a., 1870.
- VILLADA, Manuel María, “Apuntes acerca de la fauna fósil del Valle de México”, *Anales del Museo Nacional*, Tomo VII, 1903.
- WEIDNER, Federico, *El cerro de Mercado de Durango o compendio de noticias mineralógicas, geognósticas, históricas, estadísticas y metalúrgicas del dicho cerro y la ferrería de San Francisco, por...*, México, Imprenta de Andrade y Escalante, 1858.
- , “Informe científico sobre El cerro de Mercado de Durango”, *Anales del Ministerio de Fomento*, tomo III, 1878, pp. 155-182.
- WELDA, Othón, *Michoacán y la introducción de mejoras, memoria escrita por...*, Morelia, edición del “Constitucionalista”, periódico semi-oficial del Gobierno del Estado, 1869.

Bibliografía general

- ACZEL, Amir D., *Por qué la ciencia no refuta a Dios*, España, Taurus, 2014.
- ALENCÁSTER, Gloria, “Nuevo rudista (bivalvia-hippuritacea) del Cretácico Inferior de Pihuamo, Jalisco”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo XLVII, núm. 1, 1986.
- AMORÓS Portolés, José Luis, “Andrés del Río y su obra, introducción a la edición facsimilar”, en *Andrés Manuel del Río, 1795-1805, Elementos de Orictognosia*, Madrid, Universidad Complutense, 1985.
- ARROYO-Cabrales, Joaquín, Óscar J. Polaco, Eileen Johnson & A. F. Guzmán, “The distribution of the genus *Mammuthus* in Mexico”, *Advances of Mammoth Research, DEINSEA-Annual of the Natural History Museum Rotterdam*, 9, 2003, pp. 27-40. On line in: https://www.hetnatuurhistorisch.nl/fileadmin/user_upload/documents-nmr/Publicaties/Deinsea/Deinsea_09/DSA9_003_Arroyo-Cabralis_27-39.pdf
- AMNH, “Amonitas asombrosas”, Noticias y blogs, *American Museum of Natural History*, obtenido en www.amnh.org/explore/news-blogs/on-exhibits-posts/amazing-ammonites (consultado el 01 de octubre de 2015).
- ARGÜELLO, Graciela, “¿Cuál es la diferencia entre la Geología y la Geodesia”, en *Locos por la Geología. Divulgación científica*, <http://www.locosporlageologia.com.ar/diferencia-geodesia-y-geologia/>
- ARGUETA, Jorge Quetzal, *La Revista Ciencia, 1940-1975, contribuciones a la ciencia mexicana del siglo XX*, Morelia, UMSNH, Academia Mexicana de Ciencias, 2010.
- ARIAS Álvarez, Beatriz, “Alfonso X el Sabio, Lapidario y Libro de las formas e imágenes que son en los cielos. Introd., est. y aparato crít. de Pedro Sánchez-Prieto Borja. Biblioteca Castro-Fundación José Antonio de Castro, Madrid, 2014; 483 pp. (Reseña)”, en: *Nueva Revista de Filología Hispánica*, vol. LXIV, núm. 1, México, El Colegio de México, 2016, pp. 214-221.

- ASIMOV, Isaac, *Breve historia de la Química*, introducción a las ideas y conceptos de la Química, Madrid, Alianza Editorial, 2003.
- AZUELA Bernal, Luz Fernanda, “La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la organización de la ciencia, la institucionalización de la Geografía y la construcción del país en el siglo XIX”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, Núm. 52, 2003, pp. 153-166.
- , “Capítulo I. Conocimiento situado: la Geografía y las ciencias naturales en la Ciudad de México del siglo XIX”, en: Luz Fernanda Azuela Bernal y Rodrigo Vega y Ortega, *Espacios y prácticas de la Geografía y la Historia Natural de México (1821-1940)*, México: Instituto de Geografía de la UNAM, pp. 15-36.
- , *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería/UNAM, 2005, 186 p.
- BARRERO, Álvaro, “El aporte de Aristóteles a la meteorología”, *Meteorología Colombiana*, Núm. 8, Bogotá, 2004.
- BECERRA Osorio, Édgar, *Las redes y las influencias de la comunidad científica de la Ciudad de México en la segunda mitad del siglo XIX. El estudio de la Historia Natural*, Tesis de licenciatura, UNAM, 2007, 312 p.
- BERNAL, John D., *La ciencia en la historia* (trad. Eli de Gortari), México, UNAM/Dirección General de Publicaciones, 1959.
- BLANCO Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya, “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”, en: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 74, 2011, pp. 74-91.
- BRAVO Cuevas, Víctor M., Eduardo Jiménez Hidalgo y Jaime Priego Vargas, “Taxonomía y hábito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla, Equidae) del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México”, en *Revista Mexicana de*

Ciencias Geológicas, vol. 28, no. 1, México (abril 2011), s.p., versión en línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742011000100005 (fecha de consulta: 9 de enero de 2019).

BUFFETAUT, Eric, “Cuvier y la Historia Natural”, París, *Centre National de la Recherche Scientifique* (conferencia cargada por la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia). Obtenido en: <https://es.scribd.com/document/28617693/Cuvier-y-la-Historia-Natural-ERIC-BUFFETAUT-CENTRE-NATIONAL-DE-LA-RECHERCHE-SCIENTIFIQUE-PARIS>.

CALVO Sorando, José Pedro, “Introducción”, en: Charles Lyell, *Elementos de Geología* (edición de José Pedro Calvo Sorando), Colección Clásicos de la Ciencia y la Tecnología, Barcelona, Crítica, 2011.

CAPEL, Horacio, *La física sagrada. Creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la Geomorfología española*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 1985.

CAPONI, Gustavo, “los taxones como tipos: Buffon, Cuvier y Lamarck”, *História, Ciências, Saúde*, Río de Janeiro, vol. 18, Núm. 1 (jan.-mar. 2011), pp. 15-31.

CAPONI, Sandra, “El impacto del evolucionismo en la teoría de la degeneración: Emil Kraepelin y la biologización de los hechos sociales”, en: Miguel Ángel Puig-Samper, Francisco Orrego, Rosaura Ruiz y J. Alfredo Uribe (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Madrid, Ediciones Doce Calles/Universidad Nacional Autónoma de México/Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile)/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Universidad Austral (Chile), 2015, entre otros.

CARREÑO, Ana Luisa y Marisol Montellano-Ballesteros, “La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro”, en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Volumen Conmemorativo del Centenario. Aspectos Históricos de la geología en México, Tomo LVII, Núm., 2, 2005, pp. 137-147. En línea: <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/component/content/article/134-sitio/articulos/cuarta-epoca/5702/289-5702-2-carreno> (fecha de consulta: 12 de enero de 2017).

- CERTEAU, Michel de, *La escritura de la historia*, México, Universidad Iberoamericana, 2006.
- CIFUENTES Espinoza, Daniel, “Científicos extranjeros en Nuevo León. Siglo XIX”, *Ciencia UANL*, vol. VII, No. 1, enero-marzo 2004.
- COCHET, Hubert, *Alambradas en la sierra*, México, CEMCA/El Colegio de Michoacán/ORSTOM, 1991.
- CHÁVEZ Cardona, María del Consuelo, *Un científico mexicano y su sociedad en el siglo XIX. Manuel María Villada, su obra y los grupos de los que formó parte*, Pachuca, Universidad Autónoma del Estado de Puebla/Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2002.
- CSERNA, Zoltán de, “La evolución de la Geología en México (1500-1929)”, en: *Revista del Instituto de Geología de la UNAM*, vol. 9, núm. 1, 1990, pp. 1-20.
- BOUYASSE, Philippe, “La Commission de la Carte Géologique du Monde Genèse et trajectoire sur un siècle d’existence”, *Supplément au Bulletin No. 57* (2013), Numéro commémoratif du centenaire de la CCGM, p. 4. Disponible en <https://ccgm.org/img/cms/Histoire%20de%20la%20CCGM.pdf>
- BRAVO Cuevas, Víctor M., Eduardo Jiménez Hidalgo y Jaime Priego Vargas, Taxonomía y hábito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla, Equidae) del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México, en *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* vol. 28, no. 1, México (abril 2011), s.p., versión en línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742011000100005
- DAVIDSON, Jane P., *The Bone Sharp: The Life of Edward Drinker Cope*, Philadelphia, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1997, 241 p.
- DÍAZ y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana, crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, Tomo II. México, Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1998.

DOSSE, Francois, *El arte de la biografía, entre historia y ficción*, México, Universidad Iberoamericana, 2011.

ENCICLOPAEDIA Britannica, disponible en: <http://global.britannica.com>.

ESCAMILLA González, Francisco Omar, “La Escuela Práctica de Minas en Fresnillo, Guanajuato y Pachuca (1858-1863), una institución itinerante”, en: José Alfredo Uribe Salas y Eduardo Flores Clair (coords.), *Comercio y minería en la historia de América latina*, Morelia, UMSNH/INAH/Editorial Morevalladolid/Fundación Vueltabajo, A. C., 2015, pp. 465-482.

----- y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas, 225 años del Real Seminario de Minería*, México, UNAM, 2017.

“*Equus conversidens* Owen, 1869 (horse)”, in *Fossilworks, Gateway to the Paleobiology Database*. On line: http://fossilworks.org/bridge.pl?a=taxonInfo&taxon_no=46262

FAMILY Search, “México bautismos, 1560-1950”, *Family Search* (<https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:JM63-X8G> : 2 January 2015), Jose Manuel Maria Urquiza Balbuena, 27 Sep 1836; citing San Juan, Maravatio de Ocampo, Michoacan, Mexico, reference ; FHL microfilm 651,285.

FILKORN, H. F. and J. Pantoja-Alor, “Cretaceous corals from the Huetamo region, Michoacan and Guerrero states”, *Boletín del Instituto de Geología*, UNAM, núm.116.

GÁMEZ Rodríguez, Moisés, “Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, 1880-1910”, Tesis de doctorado, *Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Economia i d'Història Econòmica*, 262 p.

GIMÉNEZ, Gilberto, “Territorio y cultura”, *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, diciembre, año/vol. II, núm. 004, Universidad de Colima, Colima, pp. 9-30.

-----, “Territorio, cultura e identidades, la región sociocultural”, *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, Época II, Vol. V, Núm. 9, Colima, junio 1999.

- GIRAUD, Pierre, *La semiología*, México, Siglo XXI Editores, 1986, 134 p.
- GÍO Argáez, F. Raúl, “Presentación. Los fósiles”, *Ciencia* (enero-marzo 2004).
- y Hugo E. Yunuén Rodríguez Arévalo, “Panorama general de la Paleontología mexicana”, en: *Ciencia Ergo Sum*, marzo 2003, volumen 10, número 1, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, pp. 85-95.
- GONZÁLEZ-Arreola, Celestina, “Phylloceras del Cretácico inferior de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla. Méx.”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, XXXV, 1974.
- GONZÁLEZ Cruz, Edith e Ignacio Rivas Hernández, “LA MINERÍA DE LA PLATA Y EL COBRE, UNA ACTIVIDAD DESARROLLADA POR EXTRANJEROS EN BAJA CALIFORNIA SUR, 1856-1910”, EN IGNACIO DEL RÍO Y JUAN DOMINGO VIDARGAS (COORDS.), *INTERESES EXTRANJEROS Y NACIONALISMO EN EL NOROESTE DE MÉXICO 1840-1920*, MÉXICO, UNAM, 2014.
- GUEVARA Fefer, Rafael, *Los últimos años de la Historia Natural y los primeros días de la Biología en México: la práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*, México, UNAM, 2002.
- HARARI, Yuval Noah, *De animales a dioses, breve historia de la humanidad*, México, Debate, 2018.
- HARRISON, J. M., “Naturaleza y significado de los mapas geológicos”, Claude C. Albritton, Jr., *Filosofía de la Geología*, México, Cía. Editorial Continental, 1970.
- HUBP, José Lugo, *La superficie de la Tierra, II. Procesos catastróficos, mapas, el relieve mexicano*, Colección La Ciencia para Todos, Núm. 101, Fondo de Cultura Económica, 3ª edición, 2002.
- IMAZ, Mireya, “Historia natural del Valle de México”, en *Ciencias*, UNAM, núm. 15, julio 1989, pp. 15-21.

- IZQUIERDO, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958.
- KUHN, Thomas S., *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 2007.
- LAFUENTE, Antonio y Nuria Valverde, *Los mundos de la ciencia en la Ilustración española*, Madrid, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2003.
- LARA Mimbrenra, Iván Rubén, *Reacciones, colaboraciones y proyectos científicos. Los ingenieros de Minería durante la Intervención francesa y el Segundo Imperio en México (1862-1867)*, Tesis de licenciatura inédita, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 2006.
- LATOUR, Bruno, *Ciencia en acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Editorial Labor, 1992, 287 p.
- , *La esperanza de Pandora, ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona: Gedisa, 2001.
- , *Reensamblar lo social, una introducción a la teoría del actor-red*, Buenos Aires, Manantial, 2005.
- , “Dadme un laboratorio y moveré el mundo” (versión castellana de Marta I. González García), en: *Ciencia, Tecnología y Sociedad* CTS-OEI, página principal de la OEI, pp. 1-68. Disponible en: www.brunolatourenespanol.org/03_escritos_02_laboratorio.pdf (fecha de consulta: 4 de noviembre de 2016).
- LAUDAN, Rachel, *From Mineralogy to Geology: The Foundations of a Science 1650-1830*, Chicago and London, University of Chicago Press, 1987.
- LEMOINE Villicaña, Ernesto, *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*, México, UNAM, 1978.
- LÉVI-Strauss, Claude, *Mito y significado*, Alianza Editorial, 2002.

- LÓPEZ Leyva, Santos, Aída Alvarado Borrego y Ana Bárbara Mungaray Moctezuma, *La comunicación de la ciencia a través de artículos científicos*, México, Universidad de Occidente/San Pablos Editor, 2011.
- LÓPEZ Piñeiro, José María y Thomas F. Glick, *El megaterio de Bru y el presidente Jefferson, una relación insospechada en los albores de la paleontología*, Valencia, Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia, Universitat de Valencia, 1993.
- LUCERO González, Santiago Amadeo, *Más allá del espejo de la memoria, los estudiantes universitarios de Durango: trayectorias institucionales, y manifestaciones en la vida política y social, 1950-1966*, México, Universidad Juárez del Estado de Durango, Grupo Seminario (Sujetos-Institución-Historia), Plaza y Valdés, 2002.
- MALDONADO-Koerdell, Manuel, “Los vertebrados fósiles del cuaternario en México”, *Ciencias*, UNAM, 1948.
- , “Linnaeus, Darwin y Wallace en la bibliografía mexicana de Ciencias Naturales, I. Primeras referencias a sus ideas en México”, en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. 19.
- MAYOR, Adrienne, *The first fossil hunters, paleontology in Greek and Roman times*, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 2000.
- MOLES Batllevell, Alberto *et al.*, *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*, Sociedad de Ex alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, México, 1991.
- MONCADA Maya, J. Omar, “La Geografía en el siglo XIX”, en: Rosaura Ruiz, Arturo Argueta, Graciela Zamudio (coords.), *Otras armas para la Independencia y la Revolución, Ciencias y humanidades en México*, UNAM/ UAS/UMSNH/ Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C./Fondo de Cultura Económica, 2010, pp. 153-171.
- MONMONIER, M., *How to lie with maps*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1996.

- MORALES Moreno, Humberto y Alberto Soberanis Carrillo, “El nuevo impulso a la Historia de la Ciencia y de la Tecnología en los desequilibrios actuales”, *Graffylia, Revista de la Facultad de Filosofía y Letras*, no. 5, 2005, pp. 43-51.
- MORALES, Erica Adán, “Una historia desconocida: la primera expedición científica mexicana (1827-1832)”, en: *Bicentenario, el ayer y hoy de México*, vol. 3, núm. 12, Instituto Mora, 2011.
- MORELOS Rodríguez, Lucero, *Ciencia, Estado y científicos. El desarrollo de la geología mexicana a través del estudio de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843-1902)*, Tesis de Maestría, México, UNAM, 2010.
- , *La geología mexicana en el siglo XIX, una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, Morelia, Secretaría de Cultura de Michoacán/Plaza y Valdés, 2012, 356 p.
- MORELOS Rodríguez, Lucero y J. Omar Moncada Maya, “Capítulo 6. Las exploraciones geológicas en el marco del X Congreso Geológico Internacional (1906)”, en Luz Fernanda Azuela Bernal y Rodrigo Vega y Ortega (Coords.), *Naturaleza y territorio en la ciencia mexicana del siglo XIX*, México, Instituto de Geografía-UNAM, 2012.
- , “El elogio de los hombres ilustres en la obra de Santiago Ramírez”, en: Lucero Morelos Rodríguez y Rodrigo Vega y Ortega (coords.), *Estudios históricos sobre la cultura mexicana (siglos XIX y XX)*, México, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C., 2014, pp. 45-70.
- , *Historia de las Ciencias Geológicas en México. De entidad gubernamental a Instituto universitario (1886-1929)*, Tesis de Doctorado, UNAM, México, 2014.
- y José Omar Moncada Maya, “ del Instituto Geológico de México”, *Asclepio*, Vol. 67, No. 2, 2015, Dossier: Geología, historia y cultura. Las ciencias de la tierra y la historia de la geología en México. Disponible en: <http://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/view/657/901>.
- MORENO, Pedro, *El explorador del tiempo: Charles Lyell*, México, Pangea Editores, 1988.

- MORENO Corral, Marco Antonio, *Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*, SEP/FCE/Conacyt, Tercera edición, 2001, 144 p.
- MOULTON, Forest Ray y Justus J. Schifferes, *Autobiografía de la ciencia*, versión española de Francisco A. Delpiane, 1ª edición en español, Fondo de Cultura Económica, México, 1947.
- NAVA Pichardo, Alejandro, *La inquieta superficie terrestre*, México, Fondo de Cultura Económica, 2009.
- OBERMAIER, Hugo, *El hombre prehistórico y los orígenes de la humanidad* (estudio preliminar de Carlos Cañete y Francisco Pelayo), Navarra, Urogoiti Editores, 2014.
- OSORIO Viniegra, Francisco, *Geología histórica de México*, México, Universidad Autónoma de México, 1992.
- ORTIZ, Carmen, “Darwin en Canarias. Controversias antropológicas sobre el origen de los antiguos habitantes de las Islas Canarias en el final del siglo XIX”, en Miguel Ángel Puig-Samper *et al.* (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Ediciones Doce Calles, UNAM, Dirección de Archivos, Bibliotecas y Museos (Chile), Universidad Michoacana, Universidad Austral, 2015.
- PELAYO, Francisco, “Catastrofismo y actualismo en España”, *Llull*, vol. 7, 1984, España, pp. 47-68.
- , “Las teorías geológicas y paleoantropológicas durante el siglo XIX”, *Akal, historia de la ciencia y de la técnica*, 40, Coruña, Universidade da Coruña, 1991.
- , “Teorías de la Tierra y sistemas geológicos: un largo debate en la historia de la Geología”, *Asclepio*, 1996, vol. 48, núm. 2, pp. 21-52.
- , *Del diluvio al megaterio. Los orígenes de la paleontología en España*, Madrid, CSIC, Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia no. 16, 1996, 310 p.
- , “Evolución humana, Paleoantropología y Teología en España durante el franquismo (1939-1975)”, en: Miguel Ángel Puig-Samper, Francisco Orrego, Rosaura Ruiz y J.

- Alfredo Uribe (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Madrid, Ediciones Doce Calles/Universidad Nacional Autónoma de México/Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile)/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Universidad Austral (Chile), 2015, entre otros.
- PÉREZ Ransanz, Ana Luisa, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999.
- PERLÓ Cohen, Manuel, *El paradigma porfiriano: historia del desajuste del Valle de México*, Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM/Miguel Ángel Porrúa, librero-editor, 1999, 314 p.
- PINAR, Susana, “El peso del carácter. Algunas consideraciones sobre la historia de la botánica española en el tránsito de sistemas”, en *Asclepio*, Vol. XLVIII, Núm. 2, 1996, pp. 7-20. En: <http://asclepio.revistas.csic.es> (consulta: 22 de mayo de 2014).
- PIAZZINI Suárez, Carlo Emilio, “Geografías del conocimiento: transformación de los protocolos de investigación en las arqueologías latinoamericanas”, *Geopolíticas*, Vol. I, núm. 1, 2010, pp. 115-136.
- POSSEMIERS, Jean, “Las relations Belgique-Mexique (1830-1864)”, en Florence Loriaux (colaborador), *Les Belges et le Mexique: dix contributions à l’histoire des relations Belgique-Mexique*, vol. III de Avisos de Flandes, Europalia, 93. México, Leuven, Leuven University Press, 1993.
- , “Naturalistes belges au Mexique (1830-1840)”, en: *Les Belges et le Mexique: dix contributions à l’histoire des relations Belgique-Mexique*, vol. III de Avisos de Flandes, Europalia, 93. México, Leuven, Leuven University Press, 1993.
- RAMÍREZ Galicia, Alfonso, *Historia de la construcción del campo epistémico de la prehistoria en México (Elementos teóricos e históricos preliminares)*, Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, 2014.

- RAMOS Lara, María de la Paz, “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, en: David Piñera Ramírez (coord.), *La educación superior en el proceso histórico de México*, Tomo II, Siglo XIX/Siglo XX, SEP, UABC, ANUIES, 2001, pp. 188-195.
- RAMOS Maldonado, Sandra I., “La Naturalis Historia de Plinio el Viejo: lectura en clave humanística de un clásico”, en *Ágora. Estudios Clásicos em Debate*, 15, 2013, pp. 51-94.
- REAL diccionario de la lengua española en línea, www.rae.es (fecha de consulta: 5 de enero de 2019).
- REBOK, Sandra, “Estudio introductorio”, en Alexander von Humboldt, *Cosmos, ensayo de una descripción física del mundo*, Madrid, Editorial La Catarata, 2011, 1000 p.
- RIGUZZI, Paolo, “México, Estados Unidos y Gran Bretaña, 1867-1910: una difícil relación triangular”, *Historia Mexicana*, vol. 41, No. 3 (Jan.-Mar.), 1992, pp. 365-436.
- RODRÍGUEZ-Sala, María Luisa, *Letrados y técnicos de los siglos XVI y XVII*, México, UNAM, 2002.
- RUIZ-Angulo, Ángel y Érika Danaé López-Espinoza, “Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI, un experimento numérico”, en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 67, Núm. 2, 2015, pp. 215-225.
- RUBINOVICH Kogan, Raúl, “Estudio introductorio”, en Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia 1795-1805*, edición y estudio introductorio por..., UNAM, México, 1992, pp. 3-70.
- y María Lozano (Estudio introductorio), *Ezequiel Ordóñez, vida y obra (1867-1950)*, El Colegio Nacional, México, 1998,
- SAGREDO, Rafael, “De ‘sublime espectáculo’ a ‘cordilleras paralelas’. Darwin, Fitz Roy, Domeyko, Steffen y Holdich en los Andes”, en: Miguel Ángel Puig-Samper, Francisco Orrego, Rosaura Ruiz y J. Alfredo Uribe (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Ediciones Doce Calles,

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Universidad Austral (Chile), 2015, 352 p.

SALDAÑA, Juan José, “Ciencia y libertad, la ciencia y la tecnología como política de los nuevos estados americanos”, en: Juan José Saldaña (coord.), *Historia social de las ciencias en América Latina*, México, Coordinación de Humanidades y Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, 1996, pp. 283-298.

-----, “Acerca de la historia de la Ciencia Nacional”, en Juan José Saldaña (coordinador), *Los orígenes de la ciencia nacional* (Cuadernos de Quipu 4), Sociedad Latinoamericana de historia de las ciencias y la Tecnología/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992.

SÁNCHEZ DÍAZ, Gerardo, “Las contribuciones michoacanas a la ciencia mexicana del siglo XIX”, en: Gerardo Sánchez Díaz y Eduardo Nomelí Mijangos Díaz, *Las contribuciones michoacanas a la ciencia mexicana del siglo XIX*, Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morevallado Editores, Morelia, 1996.

-----, “Exploraciones científicas del territorio michoacano en el siglo XIX”, en: *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos*, No. 14, julio-diciembre 1991, pp. 43-71.

-----, “Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana. Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX”, en: *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos*, No. 50, julio-diciembre 2009, pp. 11-60.

-----, “Fierro y armas para la libertad. La Ferrería de Coalcomán y la guerra de Independencia”, en: Rosaura Ruiz, Arturo Argueta *et al.*, *Otras armas para la Independencia y la Revolución, ciencias y humanidades en México*, México, UNAM, UAS, UMSNH, Historiadores de las ciencias y las humanidades, Fondo de Cultura Económica, pp. 75-90.

- SÁNCHEZ-Prieto Borja, Pedro, “Introducción, estudio y aparato crítico”, en: Alfonso X el Sabio, *Lapidario y libro de las formas e imágenes que son en los cielos*, Madrid, Biblioteca Castro-Fundación José Antonio de Castro, 2014.
- SANTOS, Milton, *La naturaleza del espacio*, España, Ariel, 2000.
- SARIEGO, Juan Luis, Luis Reygadas, Miguel Ángel Gómez, Javier Farrera, *El Estado y la minería mexicana: política, trabajo y sociedad durante el siglo XX*, México, FCE/SEMIP/INAH, Comisión de Fomento Minero, 1988.
- SARMIENTO Pérez, Marcos, “La experiencia española de Haeckel antes de su recepción en España”, en Miguel Ángel Puig-Samper *et al.*, “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Ediciones Doce Calles, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Universidad Austral (Chile), 2015, 352 p.
- SERRANO Bosquet, Francisco Javier, “Actores e intereses encontrados en las rutas expedicionarias del siglo XVIII. Ensayo de una nueva perspectiva de análisis”, en: Francisco Javier Dosil Mancilla y Gerardo Sánchez Díaz (coords.), *Continuidades y rupturas, una historia tensa de la ciencia en México*, Morelia, UMSNH/UNAM, 2010, pp. 97-114.
- SEQUEIROS, Leandro, Pedro Berjillos, Carmen Dieguez *et al.*, “Historia del conocimiento de los ammonites (moluscos fósiles) del Jurásico de España”, en *Llull*, vol. 21, 1998, pp. 517-545.
- y Francisco Pelayo, “Introducción”, en *Joseph Torrubia, Aparato para la Historia Natural Española*, de..., España, Universidad de Granada/CSIC, 2007.
- SOLÓRZANO Ramírez, José Manuel, *Redes sociales e instituciones científicas en México durante el siglo XIX*, Tesis de licenciatura, UMSNH, Morelia, 2011, 207 p.

- SOUR Tovar, Francisco y Sara A. Quiroz Barroso, “Mitos y leyendas sobre los fósiles”, *Ciencia, revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, enero-marzo de 2004, vol. 55, núm. 1.
- STENONIS, Nicolai, *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Ad Serenissimum Ferdinandum II. Magnum Etr vriae ducem*, Florentie, Ex Typographia Fub figno Stellae, MDCLXIX, Superiorum Permissv.
- THE TAXONOMICON, “Taxon: Phylum Mollusca, Linnaeus, 1758 –molluscs (molluscs)”, *The Taxonomicon*, disponible en línea, en: <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx?src=0&id=34361>.
- TRABULSE, Elías, *Historia de la ciencia en México (versión abreviada)*, México, Fondo de Cultura Económica, 2017 (primera edición electrónica), s.p.
- TRABULSE, Elías, *Arte y ciencia en la historia de México*, México, Fomento Cultural Banamex.
- TORRES Martínez, Adriana, *Descripción de Mastodon Americanum (Proboscídea Mammutidae) y Mammuthus Columbi (Proboscídea Elephantidae) del Pleistoceno tardío de Apaxtla, Gro., Palpan, Mor., y del Valle de axamilpa, Pue.*, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2001.
- URIBE Salas, José Alfredo y María Teresa Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José Guadalupe Aguilera en el desarrollo de la Ciencia mexicana”, *Revista de Indias*, vol. 66, núm. 237, 2006, pp. 491-518.
- , *Empresas ferrocarrileras, comunicación interoceánica y ramales ferroviarios en Michoacán, 1840-1910*, Morelia, Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Fundación Cultural Vueltabajo, A. C., 2008.
- , “Exploración y estudios geológicos del territorio michoacano en el siglo XIX”, en: Luz Fernanda Azuela Bernal (coordinadora), *La Geografía y las Ciencias Naturales en algunas ciudades y regiones mexicanas, 1787-1940*, México, UNAM, 2013.

----- y Laura Valdivia Moreno, “Historia, literatura y ciencia en la exploración de las cavernas de Cacahuamilpa en el siglo XIX”, en: Dossier. Geología, historia y cultura. Las ciencias de la tierra y la historia de la geología en México, en: *Asclepio, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, vol. 67, No. 2, 2015, s.p. Disponible en: <http://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/view/654/892> (fecha de consulta: 10 de enero de 2016).

-----, *Los albores de la geología en México, mineros y hombres de ciencia*, UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C., 2015.

-----, “La Paleontología mexicana en la época de Darwin”, en: Miguel Ángel Puig-Samper, Francisco Orrego, Rosaura Ruiz y J. Alfredo Uribe (eds.), “*Yammerschuner*”, *Darwin y la darwinización en Europa y América Latina*, Madrid, Ediciones Doce Calles/UNAM/Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (Chile) /UMSNH /Universidad Austral (Chile), 2015, entre otros.

VALDIVIA Moreno, Laura, *Las ciencias de la Tierra en México (1846-1906). Teoría y práctica científica*, Tesis de maestría, UMSNH, Morelia, 2013.

VARGAS Chávez, Jaime Alberto, *El ingeniero Guillermo Wodon de Sorinne, su vida y producción arquitectónico-urbanística en la Morelia de la segunda mitad del siglo XIX*, Morelia, El Colegio de Michoacán, 2012.

VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio, “Instrucción, utilidad, especulación y recreación geológicas en las revistas de la ciudad de México (1840-1861)”, en *Trashumante. Revista Americana de Historia Social*, 2013.

VEGA y Ortega Báez, Rodrigo Antonio y José Daniel Serrano Juárez, “Los estudios sobre el carbón en las revistas minero-mineralógicas de la ciudad de México, 1870-1879”, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, Vol. 54, julio-diciembre de 2017.

VIESCA, Carlos y José Sanfilippo, “Las ciencias en el México independiente”, en: Ruy Pérez Tamayo (coordinador), *Historia de la ciencia en México*, México, Conaculta/Fondo de Cultura Económica, 2010.

VILCHIS Reyes, Jaime y Graciela Zamudio Varela, “José Mariano Mociño y la tradición de la monarquía universal hispánica”, en: Rosaura Ruiz, Arturo Argueta y Graciela Zamudio (coords.), *Otras armas para la Independencia y la Revolución, Ciencias y humanidades en México*, México, UNAM/UAS/UMSNH/Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C./Fondo de Cultura Económica, 2010, pp. 24-29.

VOVIDES, Andrew P., “México, segundo lugar mundial en diversidad de cícadas”, en CONABIO, *Biodiversitas*, Núm. 31, 2000, pp. 6-10.