



Andrés Manuel
del Río



Andrés Manuel del Río
TRATADO DE VETAS

TRATADO DE VETAS

MÉXICO

1795

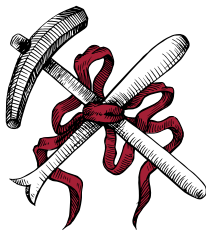


Transcripción, estudio preliminar
y edición crítica

por

Lucero Morelos Rodríguez
Francisco Omar Escamilla González





Para visualiza la obra
te sugerimos



Andrés Manuel
del Río
**TRATADO
DE VETAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA

Este libro fue dictaminado positivamente bajo el sistema de revisión de pares doble ciego, solicitado por el Comité Académico de la División de Educación Continua y a Distancia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

QE201

R35

Río, Andrés Manuel del, 1764 – 1849

Tratado de vetas / Andrés Manuel del Río ; Lucero Morelos Rodríguez, comp.; Francisco Omar Escamilla González, comp. -- México : Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Educación Continua y a Distancia, 2022.

288 p. : il. col.

“Transcripción, estudio preliminar y edición crítica por Lucero Morelos Rodríguez y Francisco Omar Escamilla González”

1. Geología -- México -- Historia I. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. División de Educación Continua y a Distancia II. Morelos Rodríguez, Lucero, comp. III. Escamilla González, Francisco Omar, comp. IV. T.

TRATADO DE VETAS

Transcripción, estudio preliminar y edición crítica
por

Lucero Morelos Rodríguez y Francisco Omar Escamilla González

Primera edición: octubre de 2022

D.R. 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria,
Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, C. P.: 04510

Imagen de portada

Retrato de Andrés Manuel del Río, por Rafael Ximeno y Planes.
Óleo sobre tela, 1823. Museo Manuel Tolsá, Facultad de Ingeniería de la UNAM.
Fotografía: Javier Otaola.

ISBN 978-607-30-6550-4

Primera edición electrónica de un ejemplar (21 MB) Formato PDF
Publicado en línea el 5 de octubre de 2022.

Facultad de Ingeniería: <http://www.ingenieria.unam.mx>
Prohibida la reproducción total a parcial por cualquier medio sin la autorización
escrita del titular de los derechos patrimoniales

Hecho en México

Andrés Manuel
del Río

TRATADO DE VETAS



M É X I C O

1795



Transcripción, estudio preliminar y edición crítica

por

Lucero Morelos Rodríguez

Francisco Omar Escamilla González

✿ Directorio ✿

DR. ENRIQUE LUIS GRAUE WIECHERS

Rector

DR. LEONARDO LOMELÍ VANEGAS

Secretario General

DR. LUIS ÁLVAREZ ICAZA LONGORIA

Secretario Administrativo

DRA. PATRICIA DOLORES DÁVILA ARANDA

Secretaria de Desarrollo Institucional

LIC. RAÚL ARCENIO AGUILAR TAMAYO

Secretario de Prevención, Atención
y Seguridad Universitaria

DR. ALFREDO SÁNCHEZ CASTAÑEDA

Abogado General

DR. CARLOS AGUSTÍN ESCALANTE SANDOVAL

Director de la Facultad de Ingeniería

MTRO. GERARDO RUIZ SOLORIO

Secretario General de la Facultad de Ingeniería

MTRO. VÍCTOR MANUEL RIVERA ROMAY

Jefe de la División de Educación Continua y a Distancia

LIC. ANABELL BRANCH RAMOS

Secretaria Académica de la División de Educación
Continua y a Distancia

✿ Índice ✿

Presentaciones

Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval
Director de la Facultad de Ingeniería-UNAM

Mtro. Víctor Manuel Rivera Romay
Jefe de la División de Educación Continua
y a Distancia de la Facultad de Ingeniería-UNAM

Introducción

Agradecimientos

I

Estudio preliminar

ABRAHAM GOTTLOB WERNER (1749-1817): EL HISTORIADOR DE LA NATURALEZA

29

SURGIMIENTO DE LA EDUCACIÓN MINERA TEÓRICA Y PRÁCTICA EN EUROPA CENTRAL	29
WERNER Y LA CÁTEDRA DE MINERALOGÍA EN LA ACADEMIA DE MINAS DE FREIBERG	31
LA NUEVA TEORÍA SOBRE EL ORIGEN DE LAS VETAS, DE WERNER, 1791	40
<i>La disputa del basalto</i>	40
<i>Orígenes del concepto Geognosia</i>	50
<i>Planteamiento y contenido de la Nueva Teoría</i>	57
<i>Traducciones de la Nueva Teoría</i>	62
Las ediciones en francés, 1802	62
La edición inglesa, 1809	68

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO ENTRE FREIBERG Y LA CIUDAD DE MÉXICO, SIGLO XVIII

72

FAUSTO DE ELHUYAR Y LA COMISIÓN SAJONA EN NUEVA ESPAÑA, 1788-1799	72
EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA DE MÉXICO	74
ANDRÉS MANUEL DEL RÍO (1764-1849) Y SU CÁTEDRA	76

EL *TRATADO DE VETAS*, 1795

80

LA CULTURA DEL MANUSCRITO EN LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA DEL SIGLO XVIII	80
DERROTEROS DE LA <i>NEUE THEORIE</i> , TRADUCCIÓN Y USO EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA	82
CONTENIDOS DEL <i>TRATADO DE VETAS</i>	86

LA DIFUSIÓN Y APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS NEPTUNISTAS EN LA OBRA DE ANDRÉS DEL RÍO

92

LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA DE ANDRÉS MANUEL DEL RÍO (1797-1799)	93
LAS DESCRIPCIONES MINERALÓGICAS DE SONNESCHMID Y LA TRADUCCIÓN DE LAS <i>TABLAS MINERALÓGICAS</i> , DE KARSTEN	100
LOS DISCURSOS DE DEL RÍO SOBRE GEOGNOSIA, 1800-1803	111

CONCLUSIONES

126

II

Transcripción anotada del *Tratado de vetas*

<i>Tratado de vetas</i>	134
De la masa de las vetas	137
De la relación de las vetas entre sí	140
Relación de las vetas con el exterior de las montañas	141
Relación de las vetas con el interior de las montañas	142
De la diversa antigüedad de los fósiles	145
De la antigüedad de las vetas respecto de las rocas	148
Efectos de la diversa antigüedad de las vetas y de las rocas	148
De la teoría de las vetas y de su formación	150
Pruebas de que las vetas fueron primero rajadas abiertas	153
Primera*	153
Primera*	154
Segunda	154
Tercera	155
Cuarta	156
Quinta	156
Sexta	156
Séptima	159
Octava	160
Nona	162

Pruebas de que las rajadas abiertas de las vetas se llenaron de un sedimento húmedo de arriba abajo	162
Primera	163
Segunda	165
Tercera	165
De los cúmulos o vetas acumuladas	166
De la formación de los fósiles	166

III

Anexos

Anexo 1. SOBRE CUMPLIMIENTO DE LA REAL ORDEN con que se remitió a examen la teoría del origen de las venas metálicas, escrita por el profesor Werner, 1794	175
Anexo 2. DISCURSO SOBRE LOS VOLCANES, Que para dar principio al acto de Mineralogía que tuvieron los alumnos del Real Seminario de Minería en la tarde del 31 de octubre [de 1798], leyó Don Andrés Manuel del Río	183
Anexo 3. DISCURSO DE LAS VETAS. Pronunciado por Don Andrés Manuel del Río en los Ejercicios del Real Seminario de Minería [el 8 de noviembre de 1800]	193
Anexo 4. DISCURSO DE LAS VETAS leído en los Actos del Real Seminario de Minería por Don Andrés Manuel del Río [el 22 de octubre de 1802]	204
Anexo 5. DESCRIPCIÓN DE UNA PIEDRA PERLADA	219
Anexo 6. DISCURSO SOBRE LAS FORMACIONES DE LAS MONTAÑAS en algunos Reales de Minas [1803]	224
Anexo 7. INTRODUCCIÓN DE ANDRÉS MANUEL DEL RÍO a las <i>Tablas mineralógicas</i> , de D.L.G. Karsten [1804]	237

IV

Índice de figuras

V

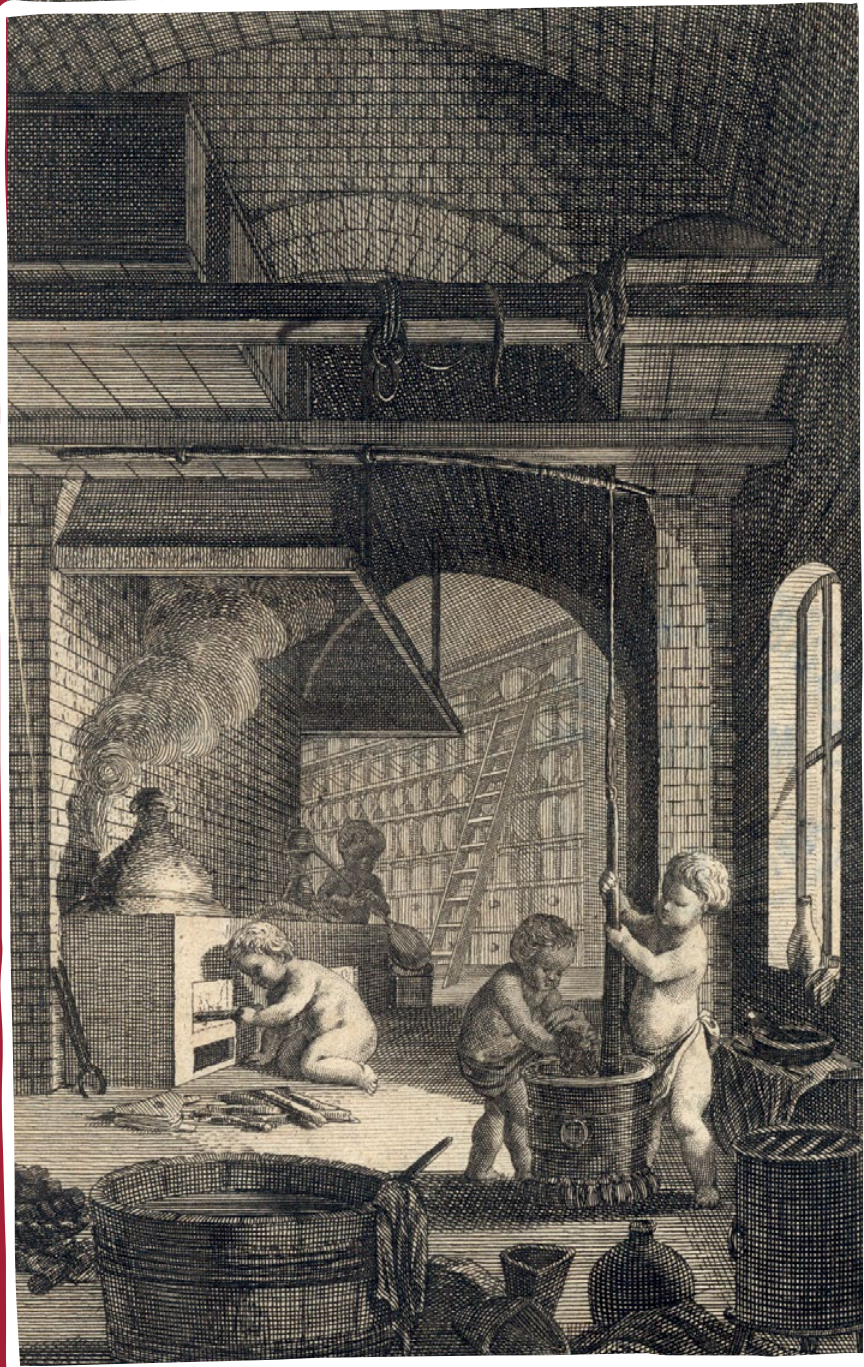
Índice de tablas

VI

Fuentes de consulta

VII

Índice onomástico





❁ Presentación del director ❁ de la Facultad de Ingeniería

En este 2022, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cumple 230 años de ser la primera escuela de ingeniería de América y de formar a grandes profesionales que con sus contribuciones han ayudado al desarrollo y progreso de México.

Los orígenes de la Facultad de Ingeniería se remontan a la fundación del Real Seminario de Minería el 1 de enero de 1792, institución que tenía como propósito preparar a personas para la explotación de los recursos minerales de la entonces Nueva España, sustentados en conocimientos científicos de las Matemáticas, la Física, la Química y la Mineralogía.

En la primera etapa del Real Seminario de Minería, la Mineralogía, en particular, era la cátedra principal, la cual estuvo a cargo del mineralogista madrileño Andrés Manuel del Río (1764-1849) y quien la impartió por más de 50 años (del 27 de abril de 1795 hasta 1846). A su vez, la Mineralogía estaba conformada por tres ramas: Orictognosia, Geognosia y Arte de minas.

Del Río fue un profesor muy productivo que además de impartir su cátedra se dedicó a la investigación de los minerales, situación que lo llevó a descubrir, en 1802, el elemento químico denominado vanadio, pero también redactó tratados para cada una de las ramas de la Mineralogía como apoyo a sus cátedras, los cuales transmitía y hacía que sus alumnos copiaran de manera manuscrita estos tratados y sobre ellos tomaran sus propias notas en clase.

De los tratados que Andrés Manuel del Río escribió, solo llegó a la imprenta el titulado *Elementos de Orictognosia* (1795-1805), dedicado a la clasificación sistemática de los minerales; quedando inéditos varios, entre los cuales está el *Tratado de vetas*. Cabe destacar que el concepto *Geognosia*, elaborado por Abraham Gottlob Werner (1749-1817), precursor de las Ciencias de la Tierra, comprendía el estudio de las montañas y la dirección de las vetas metalíferas para realizar estudios comparados del potencial minero en diferentes locaciones geográficas y buscar constantes que facilitarían su localización, constituyéndose así la teoría de vetas.

El presente libro tiene como objetivo sacar a la luz el *Tratado de vetas*, de Andrés Manuel del Río, documento que se fraguó en el Real Seminario de Minería, pero que permaneció inédito por más de 200 años. Su hallazgo fue fortuito, ya que se localizó una reproducción de un texto original en la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en la Ciudad de México, realizada por Arturo Arnaiz y Freg, quien a su vez tomó el manuscrito original del alumno Mariano Goyzueta que data de 1816, el cual se alberga en la colección de manuscritos latinoamericanos de la Universidad de Yale en los Estados Unidos. Durante años, los estudiosos de Andrés Manuel del Río hicieron menciones de esta obra, pero no habían logrado localizarla.

Con la edición de este libro se conmemoran los 230 años de la Facultad de Ingeniería y se pone de manifiesto que, hoy como desde sus inicios, nuestra institución está comprometida con brindar a su alumnado conocimientos de vanguardia y las mejores herramientas para su preparación profesional, cumpliendo de esta forma con su misión de formar personas que ayuden a integrar una mejor sociedad.

Por mi raza hablará el espíritu.

✿ **Dr. Carlos Agustín** ✿
Escalante Sandoval

• Presentación del jefe • de la División de Educación Continua y a Distancia de la Facultad de Ingeniería

Este libro es una obra conmemorativa de los 230 años de la hoy Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que tuvo su origen en el Real Seminario de Minería en 1792 y nace gracias a la iniciativa de Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, quienes con su entusiasmo y dedicación sacan a la luz el *Tratado de vetas*, de la autoría de Andrés Manuel Del Río, estudio que permaneció perdido por más de 200 años.

Los autores del estudio introductorio de este proyecto son grandes expertos de la historia de las Ciencias de la Tierra y de la construcción, siendo Francisco Omar Escamilla González el responsable del Acervo Histórico del Palacio de Minería, función que ha desempeñado por más de 20 años; por su parte, Lucero Morelos Rodríguez es la responsable del Archivo Histórico del Museo de Geología, adscrito al Instituto de Geología de la UNAM.

El hallazgo del *Tratado de vetas* y la consecuente publicación de esta obra vienen a develar los estudios que realizó Del Río de la *Geognosia* que es una rama de la Mineralogía que se dedica al estudio de la corteza terrestre y sus frutos minerales. Esto es relevante porque durante años los estudiosos de Del Río y de las Ciencias de la Tierra solo hacían referencias de este tratado, pero no tenían ninguna evidencia, por lo que sus investigaciones quedaban incompletas.

Por tal motivo, esta obra presenta la transcripción fiel del *Tratado de vetas*, pero además, incluye comentarios que los estudiosos del *Tratado* aportan para una mejor comprensión, y presentan un contexto histórico de las primeras escuelas científicas europeas que se dedicaban al estudio de la Mineralogía y cómo

estos conceptos llegaron a la Nueva España y en particular al Real Seminario de Minería, de la mano de Fausto de Elhuyar, su primer director y de Andrés Manuel Del Río, primer profesor de Mineralogía, puesto que ejerció por más de 50 años. Así también se da cuenta de cómo estaban estructurados los planes de estudio y cómo se llevaban a cabo las actividades académicas a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX.

Es interesante saber cómo en un principio los poquísimos alumnos, no más de 25, que osaban estudiar en el Real Seminario de Minería anhelaban convertirse en peritos facultativos de minas o peritos beneficiadores de metales, y tenían que cursar distintas áreas de conocimiento para poderse titular, entre las que se encontraban las Matemáticas, la Física, la Química y la Mineralogía, asignaturas que hoy siguen vigentes en los planes de estudio de las carreras de Ciencias de la Tierra que se ofrecen en la Facultad de Ingeniería, lo que es muestra de una formación científica sólida.

Esta obra es un motivo de orgullo para la comunidad ingenieril, porque en sus páginas se advierte la grandiosidad de una institución educativa como lo fue el Real Seminario de Minería (hoy Facultad de Ingeniería), que a través de los años no solo ha formado a grandes profesionales, sino que también en sus aulas y laboratorios se han desarrollado conocimientos e investigación que han aportado soluciones en ingeniería a México y al mundo. Además, este libro es un esfuerzo conjunto entre la Secretaría General y la División de Educación Continua y a Distancia, ambas, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Gran parte de la información que se presenta proviene del Acervo Histórico del Palacio de Minería, donde se resguarda la colección científica de libros y documentos más grande de Latinoamérica, pero en especial se resguardan los archivos históricos de la Facultad de Ingeniería, que son la fuente de este libro y que seguramente serán la fuente de publicaciones futuras que permitirán seguir conociendo la historia de esta gran institución.

Deseo agradecer de manera muy especial al doctor Francisco Omar Escamilla González y a la doctora Lucero Morelos Rodríguez por haber realizado un trabajo excepcional. Fui testigo del cuidado que pusieron en todos los detalles de esta obra, desde la calidad del contenido hasta la selección del papel y el diseño de sus interiores y portada. Un elemento que distingue a esta obra conmemorativa es que se entrega en un estuche, el cual fue elaborado en el Taller de Restauración de Libros Antiguos del Acervo Histórico del Palacio de Minería, por lo que el portador del libro no solo se lleva una gran contenido histórico

y técnico, sino también un objeto editorial hecho por las manos del personal del Taller de Restauración, que coordina la licenciada Laura Milán Barros y su equipo de trabajo.

Con esta publicación se honra a un gran profesor como lo fue Andrés Manuel del Río y a su obra, y se salda la deuda histórica que se tenía con él al hacer del conocimiento público su *Tratado de vetas*.

La comunidad que pertenece a esta gran institución que hoy es la Facultad de Ingeniería *es heredera de una gran dinastía*, cuyo legado es formar profesionales con identidad y orgullo y con un compromiso que impulse el mejoramiento del país y que considere, además, los valores universales que hoy en día son indispensables para ejercer la profesión ingenieril como la ética, la equidad, la igualdad y el cuidado ambiental. El alumnado es quien construye el prestigio de su escuela y no al revés.

Por mi raza hablará el espíritu.

Mtro. Víctor Manuel
* Rivera Romay *

Fig. 22.
Ech. 1/40.



✿ Introducción ✿

El virreinato de Nueva España, desde el siglo XVI, destacó como productor principal de plata en el mundo; sus fronteras se expandieron gracias a la búsqueda del metal precioso, toda vez que el desarrollo económico regional respondía en parte a las bonanzas experimentadas en el territorio, pues, los diferentes insumos —sal, cuero, cobre, hierro, mercurio, madera— para la extracción y beneficio mineral creaban redes de comercio, migraciones de fuerza laboral y poblaciones. El gran volumen de metal extraído requirió la creación de técnicas novedosas como el beneficio por **amalgamación** en patios abiertos. En este proceso se utilizaban dispositivos de invención local como el **arrastre** para el molido fino del mineral o la capellina u horno para separar el mercurio o azogue de la plata, asimismo la mano de obra especializada se hizo cada vez más importante y los diferentes tipos de operarios se organizaron en un escalafón gremial.¹

El conocimiento minero, es decir, la explotación o la extracción de los frutos minerales de la Tierra y el beneficio o separación de las materias útiles contó, tanto en Europa como en América, con libros de consulta desde el siglo XVI. El más notable fue *De re metallica libri XII [Los doce libros de los metales]*, publicado por el médico alemán Georg Bauer (1494-1555), conocido como Georgius Agricola, en Basilea en 1556, el cual tuvo cinco ediciones en un siglo y circuló ampliamente en Nueva España. Esta obra cuenta con más de 100 grabados que explican la explotación de los minerales, por lo que podía ser útil aún para quien no dominaba el latín o incluso no sabía leer.



1. Cf. Modesto Bargalló, *La Minería y la Metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, Fondo de Cultura Económica, 1955.

Los conocimientos de los mineros, paralelamente, se heredaron a través de manuscritos celosamente resguardados por los gremios de operarios o por el saber heredado de maestros a aprendices. Fue hasta 1765 cuando se fundó la primera escuela técnica superior para el entrenamiento de mineros en Freiberg, Sajonia, cuyo modelo se replicó en otros territorios como Austria, Rusia, Francia, España y sus colonias. En 1769, se mandó imprimir el *Bericht vom Bergbau [Informe de la minería]* de Johann Gottlieb Kern (¿?-1745), que representa el primer libro editado por una institución educativa formal para la enseñanza teórica y práctica de las ciencias mineras. Entre los primeros estudiantes de esta escuela se encontraba Abraham Gottlob Werner (1749-1817), quien, desde 1775 y hasta su muerte acaecida en 1817, se convirtió en el principal catedrático y líder intelectual de la institución. Durante más de cuatro décadas formuló teorías, métodos y textos que son considerados parte de los cimientos de la Geología moderna, en los que asoció la explotación minera a sus conceptos teóricos de Orictognosia y Geognosia.

La **Orictognosia** era la ciencia del conocimiento de los fósiles, es decir, la descripción de los minerales a partir de sus propiedades físicas externas, tales como el olor, sabor, untuosidad, dureza, textura, entre otros aspectos. La **Geognosia**, la ciencia de las montañas, estudiaba los cuerpos sólidos de la Tierra a través de las distintas capas de minerales, su origen y relación entre sí. Werner publicó nuevos textos sustentados en la teoría y la experimentación científicas, que junto con los generados en otras academias de minas durante el siglo XVIII remplazaron el libro de Agricola y el conocimiento práctico generado por los operarios.

Los conceptos creados en la Academia de Minas de Freiberg en la cátedra de Mineralogía impartida por Werner suscitaban fenómenos interesantes en la circulación de la ciencia y la técnica a través de impresos comentados o traducidos que facilitaron la implantación de su aparato teórico en tierras novohispanas. Esto ocurrió a través de la difusión que hicieron muchos de sus alumnos, entre los que destacan para el caso americano Alexander von Humboldt (1769-1859), Fausto (1755-1833), Juan José de Elhuyar (1754-1796), Andrés Manuel del Río (1764-1849) y Friedrich Traugott Sonneschmid (1763-1824).

El 1 de enero de 1792 fue inaugurado el Real Seminario de Minería de México, bajo la dirección de Fausto de Elhuyar. Los alumnos seguían cuatro cursos principales: la cátedra de Matemáticas fue ocupada, desde el inicio, por Andrés José Rodríguez (1749-1802), la de Física por Francisco Antonio Bataller (1751-1800) en 1793, la de Química por Luis Fernando Lindner (ca. 1763-1805) en 1797 y la principal, Orictognosia, Geognosia y Arte de minas, por Andrés Manuel

del Río a partir de abril de 1795 y hasta 1846, con algunos intervalos derivados de las comisiones científicas y cargos políticos que desempeñó a lo largo de su vida.²

La transferencia de conocimientos entre Europa y América tuvo distintos mecanismos para cada una de las ramas de la cátedra que Del Río impartió. Respecto a la Orictognosia, Werner publicó el libro *Sobre los caracteres exteriores de los fósiles* en 1774, fecha en la que aún no había desarrollado completamente este concepto. El libro tuvo traducciones contemporáneas al francés, inglés y húngaro, aunque no incluyeron adiciones significativas. Entonces, correspondió a los alumnos de Werner la publicación de libros originales que difundieron los conceptos **neptunistas**, que afirmaban la existencia de un gran océano, cuya precipitación había dado lugar a la sedimentación de las rocas, lo que explicaba la secuencia de los materiales depositados en la costra terrestre y su antigüedad relativa. El profesor hacía entrega a cada estudiante de un libro encuadernado con hojas intercaladas en blanco para que hicieran sus anotaciones y copiaran las del maestro.³ A partir de ellas, elaboraron nuevos textos para la enseñanza y difusión de esta disciplina. Hasta hoy en día se han encontrado cinco ejemplares con estas características, uno de ellos perteneció a Andrés del Río.⁴ En este tenor, deben señalarse el *Manual de la parte orictognóstica de la mineralogía*, de Johann Friederich Widenmann (1764-1798) de 1794 y los *Elementos de Orictognosia*, de Andrés Manuel del Río, cuya primera edición fue publicada en México en dos tomos de 1795 y 1805,⁵ obra



2. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958.
3. Existen ejemplares anotados de las dos ediciones impresas en alemán en el siglo XVIII, Leipzig en 1774 y Viena en 1785. Cf. Werner Hafner, “Schneeweis und Rosenroth-Wie ab 1774 ein Freiburger Geologe die Grundlagen der modernen Wissenschaften schuf”, en Susanne Kandler (ed.), *Abraham Gottlob Werner und die Geowissenschaften seiner Zeit*, Freiberg, 2020. Freiburger Forschungshefte, D250, pp. 353-369.
4. Propiedad del doctor Jan Cornelius Schulz-Sawade, residente en Ciudad de México.
5. Cf. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa, op. cit.*; Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia 1795-1805*, edición y estudio introductorio por Raúl Rubinovich Kogan, México, Universidad Nacional Autónoma de México, primera edición facsimilar de 1992; Octavio Puche Riart y Francisco Javier Ayala Carcedo, “La ‘Orythología’, de Juan José Elhuyar (1754-1706) y la ‘Orictognosia’, de Andrés Manuel del Río (1764-1849), primeros tratados geológicos escritos por españoles en América”, *Boletín Geológico y Minero*, vol. 104, núm. 1, 1993, pp. 72-108.

redactada para la enseñanza de la Mineralogía en el virreinato y utilizada prácticamente durante todo el siglo XIX.

Para la enseñanza del Arte o Explotación de minas, Del Río escribió también en 1795 un texto basado en los contenidos de la *Introducción al Arte de minas*, de Christoph Traugott Delius (1728-1779), publicado en Viena en 1773 y utilizado en la Academia de Minas de Schemnitz (Austria, hoy Banská Štiavnica, Eslovaquia), la segunda del mundo, fundada en 1770. Esta obra no es realmente una traducción comentada, sino un texto propio inspirado en el original europeo, y también utilizado durante varias décadas en México.

En cuanto a la transmisión de la Geognosia, la ciencia que describe la formación de la costra terrestre, se experimentó en Nueva España un proceso distinto. Para esta rama, Werner publicó dos obras: la *Descripción de los diferentes tipos de rocas*, de 1787 y la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas*, de 1791, donde explicaba la historia de la costra terrestre y el origen de las **vetas minerales** a partir de ejemplos observados en Europa central. Al igual que para la Oricognosia, estos libros no contaron con otras ediciones realizadas por el autor. Sin embargo, uno de sus alumnos, el mineralogista francés Jean François d'Aubuisson de Voisins (1769-1841) publicó una versión francesa en 1802 con adiciones tomadas durante su clase. También, siete años después se imprimió una traducción inglesa a cargo del cirujano escocés Charles Anderson (ca. 1775-1855).

Una diferencia sustancial de la Geognosia respecto de la Oricognosia es que esta última podía ser aplicada sin importar el origen de la muestra a clasificar, dado que se refería a la descripción de los diferentes tipos minerales y no a sus condiciones de ocurrencia u origen. La Geognosia, por el contrario, proponía la explicación de las formaciones montañosas en un contexto local. Desde estas premisas, las teorías de Werner debían ponerse a prueba en distintos puntos del orbe, lo que implicó que una traducción americana del libro no estaría completa sin los ejemplos del Nuevo Mundo.

En 1795, Andrés Manuel del Río hizo una traducción parcial de la *Nueva teoría de la formación de las vetas* (1791) que tituló **Tratado de vetas**, la cual contiene la explicación teórica de los conceptos de Werner y algunos de los principales ejemplos europeos que el traductor seleccionó, con la idea de que resultaran familiares a los alumnos del Real Seminario de Minería de México. Sin embargo, la aplicación de ese conocimiento precisaba la exploración del territorio novohispano y la colecta de muestras mineralógicas y geognósticas para su estudio en el gabinete.

Un pionero en la exploración y acopio de especímenes americanos fue Friedrich Traugott Sonneschmid, alumno de Werner y comisario de la Corona española, quien entre 1788 y 1799 recorrió parte de los actuales estados de México, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Jalisco, a quien podemos considerar como el primer experto minero con formación académica en realizar un viaje mineralógico en Nueva España. Antes de su regreso a Sajonia en 1800, entregó al Tribunal de Minería un manuscrito con los resultados de sus viajes. Estos reportes fueron parte del fundamento práctico que Del Río utilizó para probar las teorías de Werner, y los que derivaron en los discursos originales presentados por el catedrático entre 1800 y 1804 como parte de los Actos Públicos anuales del Seminario de Minería. Estas disertaciones constituyeron un complemento para probar los postulados expuestos en la *Teoría de vetas* y fueron las primeras reflexiones sobre la formación geológica en América, que incluso serían retomadas por Alexander von Humboldt en su *Ensayo político sobre el reino de Nueva España*, de 1811.

Para ampliar la explicación de los conceptos geognósticos, Del Río, un científico que estaba al día, obtuvo las últimas publicaciones hechas por otros alumnos de Werner. Con este fin, en 1802 el Colegio de Minería adquirió, de Hamburgo, una serie de impresos alemanes. Entre estos se encontraban el *Manual de la parte orictognóstica de la mineralogía*, de Widenmann y las *Tablas mineralógicas*, de Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810) en la edición de 1800.⁶ Esta última obra fue traducida y publicada en 1804 por Del Río y utilizada para la redacción de la segunda parte de los *Elementos de Orictognosia*, de 1805. Por estas fechas, Humboldt visitó la Ciudad de México y redactó la *Introducción a la Pasigrafía geológica* que fue incluida en esta obra.

Así, los discursos de Del Río enriquecidos por los viajes de Sonneschmid, su traducción de las *Tablas*, de Karsten, la inclusión de la *Pasigrafía* de Humboldt en sus *Elementos de Orictognosia*, la consulta de la obra de Widenmann, todos escritos por estudiantes de Werner, fueron la materia prima que incidió en los complementos a la traducción que hiciera del *Tratado de vetas*, de 1795, que nunca llegó a



6. Archivo Histórico del Palacio de Minería [en adelante, AHPM], 1802/III/115/d.13, ff. 2-3. “Factura de los libros enviados por el librero Juan Miguel Melquiond al Real Tribunal de Minería de México, 13 de noviembre de 1802”.

la imprenta. Entre los factores que influyeron para que se mantuviera inédita, podemos señalar que la Geognosia era una disciplina en formación, de modo que cada hallazgo implicaba la posibilidad de diferentes interpretaciones sobre un hecho mismo. Aunado a que el territorio novohispano estaba prácticamente inexplorado desde el punto de vista de los expertos mineros, por lo que una obra definitiva de Geognosia no era posible aún. De ese modo, bastaba la transmisión de sus postulados a través de la fuente manuscrita que servía como guía para el estudio de la naturaleza por parte de los alumnos, quienes realizaban las exploraciones sin la guía del profesor. Esta situación se modificaría muchos años más tarde con la creación y puesta en marcha de la Escuela Práctica de Minas del Fresnillo en 1853.⁷

La circulación del *Tratado de vetas* se dio mediante copias manuscritas realizadas por los alumnos de un modo similar a lo ocurrido con los textos de Werner en la Academia de Minas de Freiberg, de tal suerte que cada estudiante debía tener su ejemplar, lo que sugiere la existencia de al menos una treintena de ellos. Sin embargo, hasta el momento solo hemos logrado localizar una. Sobre este punto, queremos señalar que nuestra búsqueda inició en el Acervo Histórico del Palacio de Minería, lugar natural para ubicarla, dado a que en él se resguardan los documentos generados por el Real Seminario de Minería y el fondo bibliográfico de la Sociedad Científica Antonio Alzate, en donde ya se habían ubicado dos manuscritos inéditos de Del Río, sin embargo, el *Tratado de vetas* no apareció.

Existe una copia que consta de 58 páginas, realizada en 1816 por Mariano Goyzueta, único estudiante de Del Río en el curso de Orictognosia, Geognosia y Arte de minas del Colegio de Minería ese año, cuyo original se encuentra en la Biblioteca de la Universidad de Yale en los Estados Unidos.⁸ Fue imposible obtener una copia de ella, dados los estrictos reglamentos de reproducción de los materiales que allí se conservan. No obstante, en la colección Arnaiz y Freg de la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito



7. Cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas. 225 años del Real Seminario de Minería*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2017, en particular el capítulo IV, pp. 185-250.
8. Pedro Guibovich, Philip S. MacLeod and Christine Weideman, *Guide to the Mexico Collection MS 1776*, Manuscripts and Archives, Yale University Library, New Haven, Conn., 2015, caja 29, fólter 512, rollo 27.

Público en la Ciudad de México ubicamos una copia en papel hecha a partir de un microfilm, la cual fue solicitada en 1964 por el doctor Arturo Arnaiz y Freg (1915-1980) con el objeto de su posterior publicación en el marco de la conmemoración del bicentenario del natalicio de Del Río, situación que por motivos que desconocemos nunca se llevó a cabo y que representa el objetivo de la presente edición.⁹

El periodo que corre de 1795 a 1805 fue la primera y más productiva etapa en la vida profesional de Andrés del Río, y estuvo caracterizada por la consulta de autores del ámbito de la Geología werneriana y la preparación de textos para la enseñanza en el Colegio de Minería, que concluyó cuando la Corona española lo comisionó para establecer una ferrería en el poblado de Coalcomán, Michoacán. A su regreso a la capital en 1810 y después de tres fallidos intentos de trasladarse a Guatemala, fue designado diputado a las Cortes de Cádiz, donde permaneció entre 1820 y 1821, fecha en la que regresó a un país independiente. Como consecuencia de las leyes de expulsión de los españoles peninsulares emitidas en 1825, 1826 y 1827, viajó a Filadelfia donde residió entre 1829 y 1834.¹⁰



9. Cf. Carlos Prieto, Manuel Sandoval Vallarta, Modesto Bargalló y Arturo Arnaiz y Freg, *Andrés Manuel del Río y su obra científica*, México, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, s. a., 1966; Modesto Bargalló, “Andrés Manuel del Río en el bicentenario de su nacimiento (1764)”, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, núm. 25, 1964, pp. 255-262. La biblioteca personal del doctor Arturo Arnaiz y Freg fue donada a la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, donde constituye una colección especial.
10. Vito Alessio Robles, *El ilustre maestro Andrés Manuel del Río*, México, s/e, 1937, p. 20; José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op cit.*, 1958, pp. 203-204; José Alfredo Uribe Salas, “Labor de Andrés Manuel del Río en México: profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías”, *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, vol. LVIII, núm. 2, julio-diciembre de 2006, pp. 231-260; Gerardo Sánchez Díaz, “Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana. Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX”, *Tzintzun*, núm. 50, Morelia, julio-diciembre de 2009, pp. 11-60; Gerardo Sánchez Díaz, “La ferrería de Coalcomán y la guerra de Independencia”, en José Antonio Serrano, Luis Jauregui (eds.), *La Corona en llamas. Conflictos económicos y sociales en las Independencias Iberoamericanas*, Castelló, Universitat Jaume I, 2010, pp. 273-294; Emma Elizabeth Ferry, “Andrés Manuel del Río (1764-1849). The father of Mexican Mineralogy”, *Mineralogical Record*, vol. 42, núm. 5, 2011, pp. 487-492 y Octavio Puche Riart, *Andrés Manuel del Río Fernández (1764-1849)*, Madrid, Biblioteca Virtual de Polígrafos, 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.18558/FIL142>.

En 1846, el profesor Del Río se jubiló y fue sustituido por uno de sus alumnos, el ingeniero michoacano Antonio del Castillo (1820-1895), quien inauguró una nueva etapa en la enseñanza de las ciencias mineras y geológicas en México. Esta se caracterizó por la modificación en los planes de estudio, el énfasis en la práctica minera y científica, la organización de viajes geológicos por el territorio con sus alumnos y la introducción de nuevas explicaciones que se alejaban de los postulados neptunistas. Como lo ha señalado el geólogo Anthony Hallam, las obras de Werner y de sus alumnos quedaron gradualmente en el olvido cuando la comunidad geológica adoptó los fundamentos de Charles Lyell (1797-1875) expuestos en sus *Principios de Geología*, en 1830.¹¹ A pesar de pertenecer a una escuela de pensamiento marginada, ya para mediados del siglo XIX, el *Tratado de vetas*, de Del Río, fue el primer libro de Geología moderna escrito y utilizado en América, vigente al menos durante cuatro décadas.

La historiografía de la historia de las ciencias mexicanas no había reparado en la importancia del *Tratado de vetas*, de Andrés del Río, dado que como se expuso, se trata de una obra inédita y de difícil acceso. Pese a que el doctor Arnaiz y Freg ya la había localizado y copiado, permaneció desapercibida más de medio siglo en su colección. El libro que el lector tiene en sus manos es una edición crítica que contiene la transcripción de la obra original con una introducción, comentarios y un apéndice conformado por siete textos complementarios a las investigaciones que Del Río hizo sobre la Geognosia, como resultado de los datos obtenidos a partir de descripciones y muestras recolectadas en el territorio novohispano, sus análisis químicos y las lecturas de obras novedosas sobre la clasificación de los minerales y rocas.¹²



11. Anthony Hallam, “Neptunistas, vulcanistas y plutonistas”, en Jorge Llorente, Rosaura Ruiz, Graciela Zamudio y Ricardo Noguera (comps.), *Fundamentos históricos de la Biología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008, pp. 243-270.
12. Una versión preliminar de la investigación del *Tratado de vetas*, iniciada en diciembre de 2015, se presentó en el *Simposio Abraham Gottlob Werner (1749-1817) y las Ciencias de la Tierra de su tiempo*, llevado a cabo en Freiberg en junio de 2017. Cf. Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, “Teaching Werner to the New World: Geognosy in the School of Mines of Mexico, 1795-1805”, en Susanne Kandler (ed.), *Abraham Gottlob Werner und die Geowissenschaften seiner Zeit*, Freiberg, 2020. Freiburger Forschungshefte, D250, pp. 255-265.

En el marco de la conmemoración de su 230 aniversario, este libro busca honrar la memoria y rendir homenaje a la constelación de personajes visionarios e ingenieros, que a lo largo de dos siglos y cuarto han formado parte de la institución pionera en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra y de otras ramas de la ingeniería en América: el Real Seminario de Minería, hoy Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.



✿ Agradecimientos ✿

Queremos hacer patente nuestro agradecimiento a quienes hicieron posible esta investigación y nos apoyaron en diferentes aspectos: maestros Víctor Manuel Rivera Romay y Gerardo Ruiz Solorio, licenciada Anabell Branch Ramos y maestra María Teresa Martínez López, de la Facultad de Ingeniería; doctor Ricardo Barragán Manzo y doctor Dante Morán Zenteno del Instituto de Geología. Al arquitecto José Ramón San Cristóbal Larrea, maestro Ángel González Amozorrutia, doctor José Alfredo Uribe Salas, doctora Inés Herrera Canales, maestra Alma Parra Campos, ingeniero Óscar Irazaba, maestro Luis Espinosa, licenciada Laura Milán Barros, licenciado Héctor Pineda Sánchez, licenciada María Isabel Chávez, Dip. Bibl. Angela Kugler-Kiessling, Dip. Bibl. Susanne Kandler, doctor Ferdinand Damaschun, doctor Rolf Thomas-Schmitt, geólogo Karsten Eckert, doctora Ulrike Leitner, Annett Wulkow, doctor Herbert Kaden y Carolina Chimoy. También a nuestros compañeros de trabajo, amigos y editores, licenciados Concepción Contreras e Iván Pérez, así como a nuestros amigos y familiares que nos acompañaron en esta travesía, en especial a María Silvia Rodríguez Torres; Katia Méndez Flores; Anabel Velasco Reynaga; Ángel Mireles Estrada; Mónica Estrella Aguilar Rocha y Fausto Escamilla.

✿ **Lucero Morelos Rodríguez**
Francisco Omar Escamilla González ✿

*Palacio de Minería
octubre de 2022*



I

✿ Estudio preliminar ✿

Casi se puede decir de Werner lo que se ha dicho de Linneo: la Tierra está cubierta por sus discípulos, y de un polo a otro la naturaleza ha sido interrogada en nombre de un solo hombre. Aquello que Linneo hizo en la Botánica, Werner lo ha hecho incontestablemente en la Mineralogía: como él, fundó una escuela a la que se ha atado su nombre.¹

ABRAHAM GOTTLÖB WERNER (1749-1817): EL HISTORIADOR DE LA NATURALEZA SURGIMIENTO DE LA EDUCACIÓN MINERA TEÓRICA Y PRÁCTICA EN EUROPA CENTRAL

En los inicios del siglo XVIII, en Europa central, se crearon las primeras escuelas de educación técnica para la formación de operarios mineros. En el último tercio de esa centuria con miras a establecer una explotación racional, las monarquías europeas promovieron la fundación de escuelas superiores denominadas Academias de Minas, con el objetivo de



1. “On peut presque dire de Werner ce qu’on dit de Linné: la terre a été couverte de ses disciples, et d’un pôle à l’autre la nature a été interrogée au nom d’un seul homme. Ce que Linné fut dans la botanique, Werner l’est incontestablement dans la minéralogie: comme lui, il a fondé une école, à laquelle il a attaché son nom”. Cf. Jean François d’Aubuisson de Voisins, “Suite de la lettre de M. d’Aubuisson à M. Berthollet sur les travaux de M. Werner; en minéralogie”, *Annales de Chimie où Recueil de mémoires concernant la Chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la Pharmacie*, t. 69, París, 31 de marzo de 1809, pp. 239-240.

entrenar por la vía científica a burócratas expertos que dirigieran los trabajos técnicos y administrativos.²

Los **egresados de las Academias de Minas** habrían de poseer conocimientos y habilidades especiales que ninguna otra escuela o universidad de la época enseñaba. Contaban con los saberes de un maestro gremial, es decir, el conocimiento que ejercían los prácticos encargados de la explotación de metales como hacía siglos; los de un ingeniero, encargado de la ubicación de los yacimientos más productivos y de proponer las mejores técnicas de extracción y beneficio de los minerales; y los de un científico de la Tierra, que investigara la conformación e historia del orbe y las especies constituyentes de la costra terrestre.³

Friedrich von Oppel (1720-1769), consejero superior de minas de Sajonia, logró en 1765 el apoyo de Federico Augusto I, príncipe elector de ese reino para establecer una Academia de Minas (*Bergakademie*) en la ciudad minera de Freiberg, fundada en el siglo XI. Esta institución fue creada el 13 de noviembre de ese año e inició actividades en 1766 con cinco estudiantes.⁴ La planta académica estaba conformada por Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795), catedrático de Química metalúrgica; Johan Friedrich Charpentier (1738-1805), de Matemáticas y Física; otros dos profesores para la enseñanza de la Topografía y ensayos y un inspector de la academia, quien tendría también bajo su cargo la curaduría de las colecciones. Después de ser ocupado por Christian Lommer (1741-1786), este empleo recayó en 1775 en Abraham Gottlob Werner por recomendación de Carl Eugenius Robertus Pabst von Ohain (1718-1784), consejero superior minero (*Oberberghauptmann*) de Sajonia.⁵



2. Cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas, op cit.*, pp. 37-66.
3. La historiadora de la ciencia Ursula Klein ha definido a este nuevo actor bajo la categoría de *artisanal-scientific expert* [perito científico-oficial de gremio], cuyo entrenamiento era proporcionado por el Estado para que una vez graduado, desempeñara labores directivas, operativas, de investigación y administrativas en su servicio. Cf. Ursula Klein, “Artisanal-scientific Experts in Eighteenth-century France and Germany”, *Annals of Science*, vol. 69, núm. 3, July, 2012, pp. 303-306.
4. Helmut Albrecht, *Die Bergakademie Freiberg. Eine Hochschulgeschichte im Spiegel ihrer Jubiläen 1765 bis 2015*, Halle, Mitteldeutscher Verlag, 2016.
5. Alexander M. Ospovat, *Abraham Gottlob Werner and his Influence on Mineralogy and Geology*, Dissertation submitted to the Graduate Faculty for the degree of Doctor of Philosophy, The University of Oklahoma, 1960, p. 92.

WERNER Y LA CÁTEDRA DE MINERALOGÍA EN LA ACADEMIA DE MINAS DE FREIBERG

Abraham Gottlob Werner (1749-1817) nació el 25 de septiembre de 1749 en Wehrau bei Bunzlau (zona de Görlitz, hoy Osiecznica en Baja Silesia, Polonia a 120 km al este de Dresde). Su familia estaba dedicada a la minería y a la metalurgia desde el siglo XVI. A la edad de 20 años, ingresó a la Academia de Freiberg donde mostró especial interés en la Mineralogía. Posteriormente se matriculó en la Universidad de Leipzig para completar su educación y tomar la cátedra de esa disciplina en su *alma mater*, institución que desde su creación, adquirió gran prestigio en el mundo, debido a que este personaje convocó a jóvenes de diversas nacionalidades que al tiempo se convirtieron en los principales difusores de sus postulados. En 1788 Werner planteó un esquema de organización de los conocimientos mineros teóricos y prácticos en el que definió un nuevo concepto que los alumnos debían poseer para la ubicación, extracción, administración y estudio de los recursos del subsuelo:

El estudio [la ciencia] de la minería [**Bergwerkskunde**] es aquel conocimiento [arte] científico que nos enseña cómo encontrar, poner en marcha y favorecer el uso de las minas tanto de particulares como del Estado. Se puede dividir en las partes mineralógica, técnica, económica, matemática, jurídica e histórica (tabla 1).⁶



6. Abraham Gottlob Werner, “Umfang und Abteilung der Bergwerkskunde, oder Skizze zu einer Encyclopädie der Bergwerkswissenschaften”, en Abraham Gottlob Werner, *Kleine Sammlung mineralogischer Berg-und Hüttenmännischer Schriften*, Erstes Stück, Leipzig, bey Friedrich Christian Wilhelm Vogel, [1811], p. 161. Lo que define Werner es la *Bergwerkskunde*; menciona que es un *wissenschaftliche Kunst*, donde la última palabra se define como arte o conocimiento necesario para hacer algo, pero considera que debe tener base científica.



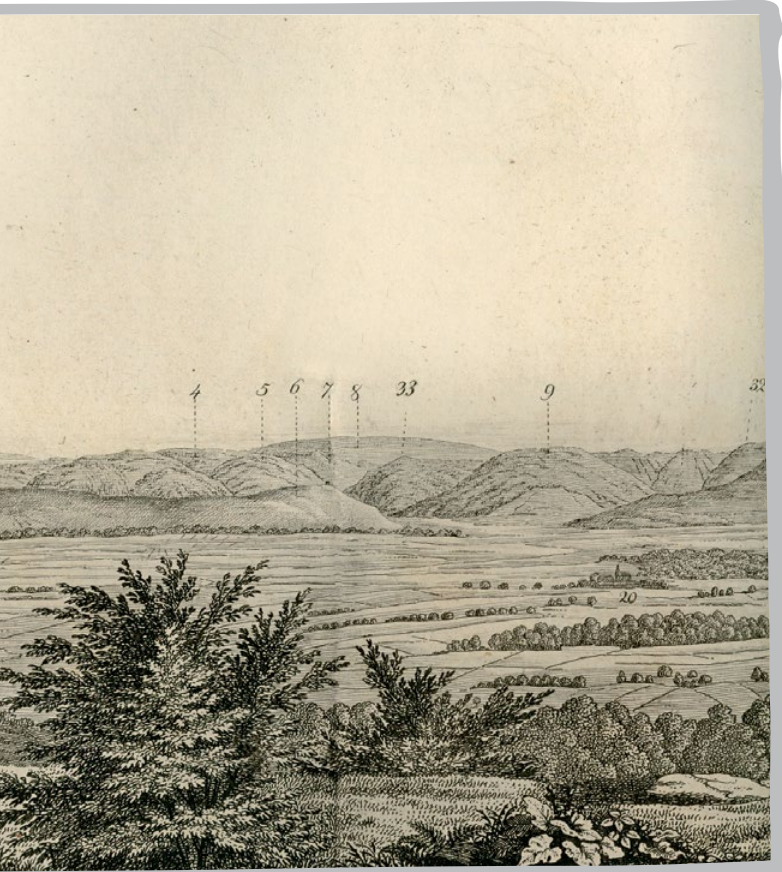


Figura 5

Dos exploradores observan y dibujan con su ojo entrenado la litología de las montañas del Harz, cerca de Goslar, Alemania. Sin autor, *Ansicht des Harzgebirges von der Nordseite eine Stunde von Goslar*, fragmento. [Vista de las montañas del Harz desde el lado norte, a una hora de Goslar]. Christian Zimmermann, *Das Harzgebirge in besonderer Beziehung auf Natur und Gewerbskunde geschildert*, Darmstadt, Carl Wilhelm Leske, 1834, t. 2. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Tabla 1

ESQUEMA DE LAS CIENCIAS Y CONOCIMIENTOS AUXILIARES DE LA MINERÍA
(BERGWERKSKUNDE), SEGÚN A. G. WERNER, 1788

Estudio de la minería o Bergwerkskunde	
Parte mineralógica	<ul style="list-style-type: none"> Orictognosia Química mineralógica Geognosia Geografía mineralógica Mineralogía económica
Parte técnica	<ul style="list-style-type: none"> Tumbe del mineral Ademación Transporte del mineral Maquinaria Preparación del mineral Beneficio del mineral
Parte económica	<ul style="list-style-type: none"> Presupuestos para minas Presupuestos para instalaciones de beneficio Lenguaje minero Contabilidad minera Conocimientos comerciales para la minería
Parte matemática	<ul style="list-style-type: none"> Medición de minas (Geometría subterránea) Mecánica para minería Construcción para minería
Parte jurídica	<ul style="list-style-type: none"> Derecho minero Interpretación de las leyes mineras El arte de redactar leyes mineras
Parte histórica	<ul style="list-style-type: none"> Historia minera Geografía minera

Fuente: Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas. 225 años del Real Seminario de Minería*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, 2017, p. 43.

La *Bergwerkskunde* incluía todo conocimiento minero, desde el punto de vista teórico y práctico. La parte mineralógica estaba conformada por cinco partes, entre las que se incluían la Oricognosia y la Geognosia, fundamentos integrales del saber minero, en tanto que las partes técnica y matemática correspondían a los conocimientos aplicados como medición, ventilación, iluminación, ademación, tumbe, transporte y desagüe de las minas. El concepto *Bergwerkskunde* no tiene una traducción literal al castellano, pues se entiende como la unión de las ciencias y los conocimientos teórico-prácticos de la minería y disciplinas afines. En Nueva España en el siglo XVIII, este concepto era entendido como “la minería”, término que no refleja la sistematización de las distintas actividades y saberes que confluyen en un concepto propio de Werner. De allí, que utilicemos de aquí en adelante este término en su acepción original.

Los métodos de enseñanza en la Academia de Minas fundamentados en la instrucción teórica y práctica se integraban de lecciones orales, investigaciones teóricas, trabajos y exámenes prácticos durante las excursiones y en los laboratorios, además de descripciones geognósticas de las vetas, dirección de los túneles, cálculos de los costos de operación, maquinaria y trabajo en las minas, entre otros aspectos.⁷ Según esta concepción, la Mineralogía era la parte de las ciencias mineras que “da a conocer la naturaleza de los fósiles [minerales], es decir, los cuerpos naturales que constituyen la razón de la Minería”. Por este motivo, Werner ubicó dentro de ella la Oricognosia, la Química mineralógica, la Geognosia, la Geografía mineralógica y a la Mineralogía económica.⁸

Sin embargo, la cátedra del sabio sajón no las incluía todas, puesto que había otros cursos auxiliares en la Academia. El profesor se enfocó primordialmente en la **Oricognosia** o “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



7. Martin Guntau, *Abraham Gottlob Werner*, Leipzig, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, núm. 75, 1984, pp. 24-27; Alexander M. Ospovat, *Abraham, op cit.*, pp. 102-103.
8. *Loc. cit.*; *Ibidem*, pp. 103-104.

está hecha y mediante la producción y comportamiento de los fósiles en la misma”.⁹ También incluyó las disciplinas que dentro de su categorización se encontraban en la parte técnica de las ciencias mineras y que en conjunto conformaban el **Arte de minas**, que “nos muestra los diferentes trabajos de los operarios mineros en general: cómo busca, disfruta y extrae a la superficie los fósiles útiles y cómo se separan mecánica y químicamente, así como la manera en que resuelve los problemas físicos que encuentra en su camino durante el trabajo”.¹⁰

El concepto de *Bergwerksunde* fue desarrollado paulatinamente por Werner y hacia 1790 había alcanzado un estado que el profesor consideró definitivo.¹¹ Fue en ese momento que destacados alumnos se inscribieron en la Academia de Minas de Freiberg, quienes ocuparían cátedras, realizarían viajes y publicarían diversas obras inspiradas en las enseñanzas de su mentor. Destacan entre ellos Andrés Manuel del Río (1764-1849), Johann Friedrich Wilhelm Widenmann (1764-1798), Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810), Alexander von Humboldt (1769-1859), Leopold von Buch (1774-1853), Jean François d’Aubuisson (1769-1841) y Robert Jameson (1774-1854).¹²

Werner escribió textos para cada uno de los temas principales de su cátedra, pero no todos llegaron a la imprenta y de los que sí lo hicieron nunca publicó ediciones revisadas o aumentadas. Para comprender la evolución de los conceptos *Orictognosia* y *Geognosia* es necesario revisar los 89 legajos manuscritos que conforman el Legado Werner [*Werner Nachlass*] en el Fondo Antiguo Científico de la Biblioteca Georgius Agricola de la Universidad Técnica-Academia de Minas de Freiberg, que resguarda además los libros de la colección privada del profesor.¹³ Para la *Orictognosia*, publicó en 1774 la obra que le aseguró su cátedra en la Academia de Freiberg, *Von den äusserlichen*



9. *Ibidem*, p. 105.

10. *Loc. cit.*

11. Martin Guntau, *Abraham, opt cit*, pp. 28-29.

12. Bill Jenkins, “Neptunism and Transformism: Robert Jameson and other Evolutionary Theorist in Early Nineteenth-Century Scotland”, *Journal of the History of Biology*, núm. 49, 2016, pp. 527-557.

13. Karl Fritz Zillmann, *Bestandsübersicht des Handschriftlichen Wissenschaftlichen Werner-Nachlasses*, Freiberg, 1967 (Veröffentlichung der Bücherei der Bergakademie Freiberg, 24) y Peter Schmidt, “Zur Kenntnis des Wissenschaftlichen Altbestandes der Bibliothek der Bergakademie Freiberg”, *Neue Bergbautechnik*, núm. 7, 1977, pp. 305-313.

Kennzeichen der Fossilien (*Sobre los caracteres exteriores de los fósiles*, en adelante *Kennzeichen*), libro en el que explica los conceptos básicos de la descripción de los minerales por sus caracteres exteriores;¹⁴ 10 años después se imprimió una traducción húngara realizada por el religioso Ferenc Benkő (1745-1816).¹⁵ En 1790 apareció una versión francesa en la que participó Fausto de Elhuyar por medio de la traducción de las tablas de caracteres exteriores, fundamentales para la descripción mineral, que entregó a Claudine Picardet de Morveau (1735-1820), traductora de la obra.¹⁶ Finalmente, en 1805 fue impresa en Dublín una versión inglesa a cargo de Thomas Weaver (1773-1855), exalumno de Werner y geólogo e ingeniero de minas activo en Irlanda, EE. UU. y México.¹⁷

Aunque Elhuyar y Weaver, discípulos de Werner, jugaron un papel importante en las traducciones del *Kennzeichen*, allí no se incluyeron los conceptos que el profesor perfeccionaba paulatinamente en su cátedra; por ello, no pueden considerarse nuevas ediciones con adiciones sustanciales. No obstante, fueron las obras propias de los alumnos las que subsanarían esta falta, puesto que estuvieron basadas en los apuntes de clase. Werner entregaba a cada uno de sus estudiantes un ejemplar de los *Kennzeichen* con hojas blancas intercaladas para que pudieran copiar las anotaciones del profesor e incluir las propias.¹⁸



14. Francisco Omar Escamilla González, “¿Orictognosia o Mineralogía? La influencia de Abraham Gottlob Werner en el Real Seminario de Minería”, en Alma Montero Alarcón (coord.), *Plata: Forjando México*, Toluca, Gobierno del Estado de México, 2011, pp. 524-560.
15. Abraham Gottlob Werner, *A’Kövekek és Értzeknek Külső Megesmértető Jegyeikről*, Cluj-Napoca [Kolozsvár], Nyomt. A’Reform. Koll. Betüivel, 1784. Cf. Miklós Kázmér, “Werner’s First Translator: Ferenc Benkő, Hungarian Priest, Mineralogist, Professor”, en H. Albrecht y R. Ladwig (eds.), *Abraham Gottlob Werner and the Foundation of the Geological Sciences*, Freiberg, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, 2002, pp. 161-171, Freiburger Forschungshefte, D-207.
16. *Idem*, *Traité des caractères extérieurs des fossiles/traduit de l’allemand de M. A. G. Werner... Par le traducteur des Mémoires de Chymie de Scheele*, Dijon, De l’Imprimerie de L.N. Frantin, 1790.
17. *Idem*, *A Treatise on the External Characters of Fossils*, Dublín, M. N. Mahon, 1805; Martin J. S. Rudwick, *The Great Devonian Controversy*, The University Chicago Press, Chicago, 1985, p. 79.
18. *Idem*, *On the External Characters of the Fossils*, Urbana, University of Illinois Press, 1962. Traducción y anotaciones por Albert V. Carozzi.

Esto quiere decir que cada alumno tenía una copia distinta de la obra, ya que cada una está conformada según sus criterios individuales, haciendo de ellas documentos únicos que ofrecen información detallada sobre la evolución de la cátedra y los conceptos.¹⁹ Entre las obras más destacadas podemos mencionar el *Manual de la parte orictognóstica de la Mineralogía*, de Johann Friedrich Wilhelm Widenmann de 1794,²⁰ el *Método analítico de los fósiles, fundado en sus caracteres exteriores* de Henri Struve (1751-1826) de 1797²¹ y los *Elementos de Orictognosia* de Andrés Manuel del Río de 1795 y 1805.

Para la segunda parte de su cátedra, la Geognosia, Werner dio a la luz en 1787 la *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten* (*Breve clasificación y descripción de los distintos tipos de rocas*) y cuatro años más tarde, en 1791, la *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge* (*Nueva Teoría sobre la formación de las vetas*). En esta última calculó las edades relativas para la formación de vetas y las montañas así como los elementos que se deberían considerar para la ubicación y explotación eficaz de los yacimientos minerales. A diferencia de la Orictognosia, la Geognosia no contó con un texto definitivo publicado, pues Werner lo circuló en forma manuscrita entre sus alumnos, quienes publicaron sus propias obras, por ejemplo, Karl Christoph Schmieder (1778-1850) y Franz Ambrosius Reuss (1761-1830).²²



19. Existen al menos cinco ejemplares de ese tipo (llamados en alemán *erschossene Exemplare*), y el que probablemente perteneció a Andrés Manuel del Río forma parte de la colección particular del doctor Jan-Cornelius Schulz en la Ciudad de México.
20. Johann Friedrich Wilhelm Widenmann, *Handbuch des Oryktognostischen Theils der Mineralogie*, Leipzig, Crusius, 1794.
21. Henri Struve, *Méthode analytique des fossiles: Fondée sur leurs caractères extérieurs*, Lausana, Aux dépens de l'Auteur, 1797.
22. Karl Christoph Schmieder, *Die Geognosie nach chemischen Grundsätzen dargestellt*, Leipzig, 1802; Franz Ambrosius Reuss, *Lehrbuch der Geognosie*, Leipzig, Friedrich Gotthold Jacobäer, 1805, 2 vols.

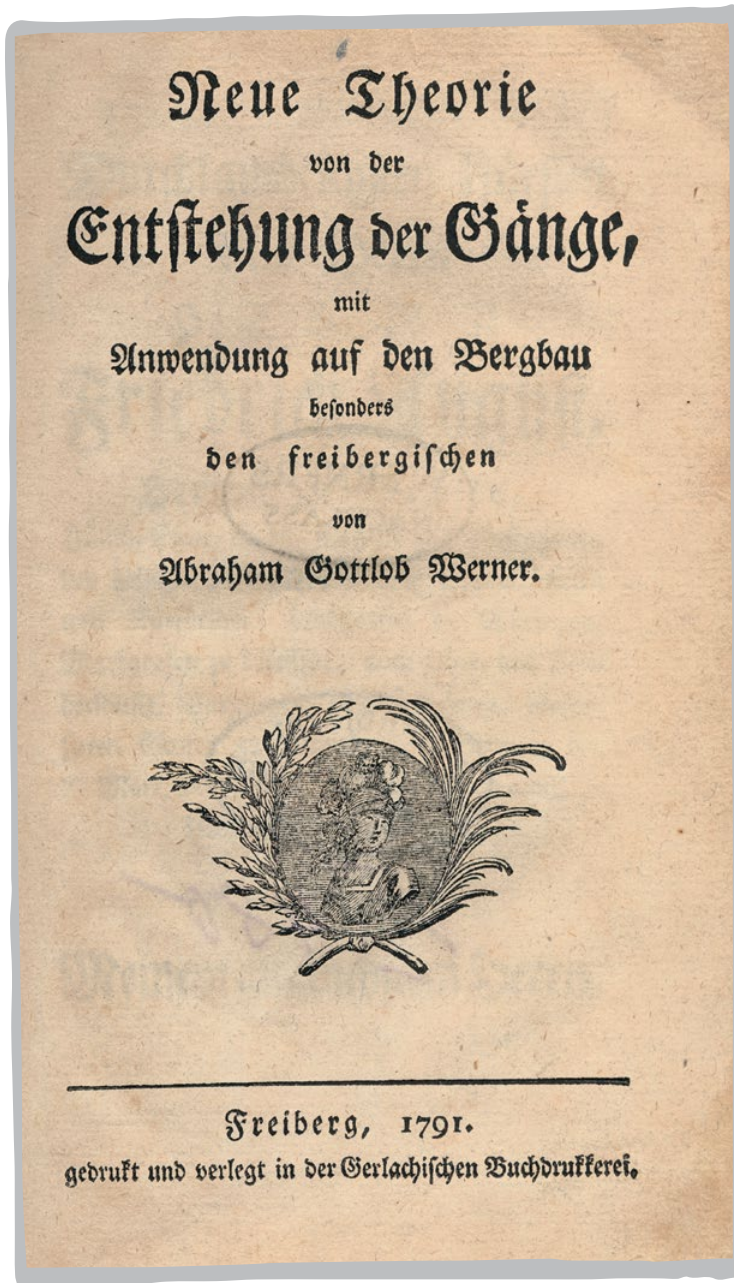


Figura 6

Abraham Gottlob Werner, *Nueva Teoría sobre la formación de las vetas y su uso en la minería, en especial en la de Freiberg*, 1791. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

LA NUEVA TEORÍA SOBRE EL ORIGEN DE LAS VETAS, DE WERNER, 1791

En 1791, Werner publicó la *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge* (*Nueva Teoría sobre la formación de las vetas*), obra que representa la síntesis de la escuela neptunista, profesada y continuada por Humboldt, Von Buch, Jameson, Widenmann, d'Aubuisson y Del Río. Desde 1787 Werner inició una controversia con otros autores que defendían el origen volcánico del **basalto**, debate que se extendió durante varios años a través de artículos publicados en revistas suizas y alemanas y que sirvió de fundamento para redactar su nueva teoría.²³

La disputa del basalto

Patriotismo mineralógico

*Todos buscan en su tierra basaltos y lava
porque no suena nada mal: ¡Esta es una montaña volcánica!*²⁴
Johann Wolfgang von Goethe y Friedrich von Schiller, 1795.

Para finales del siglo XVIII predominaban dos teorías para explicar el origen de la Tierra y la formación de los minerales. Por un lado, se encontraban los **plutonistas-vulcanistas** que seguían a James Hutton (1726-1797), cuyos postulados inferían que el calor de la Tierra liberado periódicamente a través de los volcanes causaba el levantamiento de tierras, por lo que el globo no tenía miles, sino millones de años de antigüedad; enunciando el **tiempo profundo** como categoría de las ciencias geológicas.²⁵ En contraparte, los neptunistas apoyaban las ideas de Werner que afirmaban la existencia de un gran océano cuya precipitación



23. Cf. Alexander M. Ospovat, *Abraham, op. cit.*, p. 257, ofrece en el apéndice III una secuencia de eventos en el marco de la controversia del basalto.
24. Mineralogischer Patriotismus/Jedermann schürfte bei sich auch nach Basalten und Lava/ Denn es klinget nicht schlecht: Hier ist vulkanisch Gebürg! De la serie poética "Xenien", de Johann Wolfgang von Goethe y Friedrich von Schiller, escrita en diciembre de 1795 y publicada en *Musen-Almanach für das Jahr 1797, herausgegeben von Schiller*, Tubinga, in der J. G. Cottaischen Buchhandlung [1796], p. 239.
25. José Alsina Calvés, *Historia de la Geología. Una introducción*, España, Ediciones de Intervención Cultural, Montesinos/Biblioteca de Divulgación Temática, 2006, pp. 128-135; Carmina Virgili, *El fin de los mitos geológicos. Lyell*, col. Científicos para la Historia, 13, España, Nivola Libros Ediciones, 2003, pp. 21-55.

había dado lugar a la sedimentación de las rocas, lo que explicaba la secuencia de los materiales depositados y su antigüedad relativa,²⁶ calculada en **1 millón de años** (tabla 2).²⁷

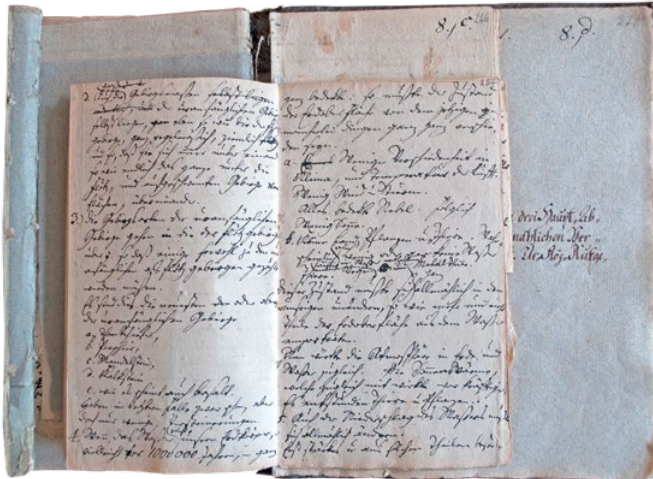


Figura 7

Nota manuscrita de Werner en la que estima la edad de la Tierra en 1 millón de años. Abraham Gottlob Werner, *Einleitung in die Geognosie*, Werner Nachlass, t. 2, f. 256v.

Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.



26. Karl von Zittel, *Geschichte der Geologie und Palaeontologie*, München und Leipzig, 1899, pp. 76-215; *Idem, History of Geology and Palaentology*, translated by Maria M. Ogilvie-Gordon, London, 1901, pp. 46-145; Frank Dawson Adams, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, New York, Dover Publications, Inc., 1938, pp.209-249; Anthony Hallam, *Great Geological Controversies*, Oxford University Press, 1989; Rachel Laudan, *From Mineralogy to Geology. The Foundations of a Science, 1650-1830*, The University of Chicago Press, 1987, pp. 87-131; Bernhard Fritscher, “Die Verwissenschaftlichung der Geologie: Zur Bedeutung phänomenologischer und konstruktiver Erfahrungsbegriffe im Vulkanismusstreit”, *Sudhoff’s Archiv*, t. 74, núm. 1, 1990, pp. 22-24; Francisco Pelayo, *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*, Ediciones Akal, Historia de la Ciencia y de la Técnica, 1991; Martin Guntau, “The Rise of Geology as a Science in Germany Around 1800”, en C. L. E. Lewis y S. J. Knell (eds.), *The Making of the Geological Society of London, Londres*, The Geological Society, Special Publications, núm. 317, 2009, pp. 163-177; Dante Morán y Gabriela Guzzy, “Ciencias de la Tierra. Antecedentes históricos y panorama actual”, en Óscar Monroy Hermosillo (coord. gral.), *Cosmos. Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México. Ciencias de la Tierra*, México, Conacyt, UAM, Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2011, pp. 11-41; Martin J. S. Rudwick, *Earth’s Deep History*, The University of Chicago Press, 2014, pp. 79-102.
27. *Werner Nachlass*, t. 2, f. 256v.

En 1785 Hutton había presentado dos conferencias que dieron como resultado el artículo “Teoría de la Tierra, o investigación de leyes observables en la composición, disolución y restauración de la tierra sobre el globo” aparecido en 1788²⁸ y que ampliado fue la base para su obra *Teoría de la Tierra*, de 1795.²⁹ Sin embargo, fue su discípulo John Playfair (1748-1819) quien reelaboró el texto para su mejor comprensión y a partir de su libro *Explicaciones de la teoría buttoniana de la Tierra*, de 1802 se vigorizó la difusión de sus postulados.³⁰ Ya en el siglo XIX, el asunto sería uno de los puntos en los que los vulcanistas tomarían ventaja sobre los neptunistas en la explicación de la historia del globo, que derivó en el olvido de Werner y sus explicaciones.

En este tenor, resulta relevante anotar que el inicio de esta gran controversia se encuentra en la determinación del origen volcánico o no volcánico del basalto, propuesta en 1787 por el farmacéutico suizo Albrecht Höpfner (1759-1813), editor de la *Magazin für Naturkunde Helvetiens [Revista de Historia Natural de Suiza]*. Este personaje había ofrecido un premio unos años antes a quien presentara la mejor descripción y clasificación de las areniscas, barros y grauvacas;³¹ dado el éxito obtenido en el concurso, el 1 de octubre de 1787 convocó a un segundo premio a quien mejor resolviera la pregunta: “¿Qué es el basalto? ¿Es volcánico o no es volcánico?” Los textos debían ser remitidos a la redacción de la revista antes del 31 de octubre de 1788 para ser evaluados por la Sociedad Privada de Naturalistas de Berna.³²



28. James Hutton, “Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe”, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. 1, 1788, pp. 209-304.

29. *Idem*, *Theory of the Earth, with Proofs and Illustration. In four Parts*, Londres, Cadell junior y Davies; Edinburgh, William Creech, 1795.

30. John Playfair, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*, Londres, Printed for Cadell and Davies; Edinburgh, Creech, 1802.

31. Charles Lyell, *Elementos de Geología*, edición de José Pedro Calvo Sorando; traducción castellana de Joaquín Ezquerro del Bayo, Barcelona, Editorial Crítica, 2011, p. 375: “En el orden descendente a las rocas sedimentarias más antiguas, que yo he llamado fosilíferas primarias, y que Werner llamaba de transición [...]”. Varios geólogos han aplicado también a todos estos antiguos estratos el nombre de “Grauvaca” (*Grauwacke*) con el cual suelen designar los mineros alemanes una variedad de arenisca cuarzosa, o una reunión de pequeños fragmentos de cuarzo, trozos de pedernal (o piedra lidia) y pedazos de pizarra arcillosa, cementado el todo por una sustancia arcillosa.

32. Albrecht Höpfner, “Zweite mineralogische Preisfrage”, *Magazin für die Naturkunde Helvetiens*, t. 3, 1788, p. 440.

Mientras se esperaban las respuestas para el concurso, Werner remitió al periódico *Allgemeine Literatur-Zeitung* un escrito que tituló “Nuevo descubrimiento”, firmado el 20 de octubre de 1788.³³ En él afirmó que tras su visita a la colina Scheibenberg, ubicada en las Montañas de mineral (*Erzgebirge*) en Sajonia, el basalto debía ser de origen acuoso y perteneciente a un solo estrato de antigüedad relativamente reciente que se fue fracturando con el tiempo y que se presentaba mezclado con otros materiales como arcillas, areniscas y grauvacas, demostrando así la sedimentación del gran océano. Terminaba su escrito con la siguiente interrogante: “¡Ahora! ¿Qué tendrán que decir aquí la mayor parte de nuestros *mineralogistas a favor de la vulcanidad del basalto?*”.³⁴

Johann Karl Wilhelm Voigt (1752-1821), exalumno de Werner, comisario minero en Weimar y preceptor mineralógico de Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), redactó la contestación a Werner que nombró “Corrección al nuevo descubrimiento del Sr. Inspector Profesor Werner, firmada en Weimar el 23 de noviembre de 1788”. Inició su refutación con otra pregunta: “¿Qué es lo que la mayor parte de nuestros *mineralogistas a favor de la vulcanidad del basalto tendrán que decir sobre este nuevo descubrimiento?*” Para él, “lo que el Inspector Werner llama basalto, en realidad es lava”.³⁵

Enseguida, el 19 de diciembre de 1788, Werner reaccionó y publicó ambos escritos comentados en el *Periódico Minero* de la Academia de Minas de Freiberg en el que incluyó un tercer escrito titulado “Respuesta al Sr. Comisario de Minas Voigt a la *Corrección* publicada en el número 60 de la *Intelligenzblatt* del *Allgemeine Literatur-Zeitung*, año de 1788, a mi *Nuevo descubrimiento*, publicado en el



33. Abraham Gottlob Werner, “Neue Entdeckung”, *Intelligenzblatt der Allgemeine Literatur-Zeitung*, 1788, núm. 57, pp. 484-485.
34. “Nun! Was wird aber der grosse Theil unserer für die Vulkanität des Basaltes so sehr ingenommenen Mineralogen hierzu sagen?”, Cf. Karl von Zittel, *History of Geology*, *op. cit.*, pp. 59-60; Alexander M. Ospovat, Abraham, *op. cit.*, pp. 164-166.
35. Johann Karl Wilhelm Voigt, “Berichtigung ueber die neue Entdeckung von dem H. Academie-Inspector Werner”, *Intelligenzblatt der Allgemeine Literatur-Zeitung*, 1788, núm. 60, pp. 510-512. A través de Voigt, Goethe abrazó las teorías vulcanistas y esto lo inspiró a escribir el epígrafe de esta sección.

núm. 57 de la misma *Intelligenzblatt*".³⁶ En él incluyó sus argumentos para probar el origen no volcánico del basalto, los cuales fueron refutados una vez más por Voigt un año más tarde.³⁷ Estos intercambios complicaron el concurso propuesto por Höpfner, quien publicó los resultados en 1789. En el mes de mayo, el editor escribió en la introducción al número cuarto de su revista: "Me es penoso, muy penoso, que sin la más mínima intención haya sido la causa y dado la ocasión de una disputa tan desagradable entre tan connotados mineralogistas".³⁸

El premio fue otorgado a Johann Friedrich Wilhelm Widenmann,³⁹ antiguo alumno de Werner y autor de un libro de Orictognosia con el sistema de su profesor. En el mismo número de la revista también apareció el texto de otro de los postulantes, que resultó ser Voigt.⁴⁰ Dado el problema suscitado, fue necesario que el editor aclarara que para evitar malentendidos la premiación del escrito "antivolcánico" no era porque él estuviera de acuerdo con ese punto de vista, sino que era el texto en el que se notaba mayor argumentación.⁴¹ Incluso, agregó un resumen



36. Abraham Gottlob Werner, "Werners Bekanntmachung einer von ihm am Scheibebeger Hügel über die Entstehung des Basaltes gemachten Entdeckung, nebst zweien zwischen Herrn Voigt darüber gewechselten Streitschriften; alle dreye aus den Intelligenzblättern der allgemeinen Litteraturzeitung genommen, und von ihm noch mit einigen erläuternden Anmerkungen, wie auch einer in den noch besonders angehängten Schlussanmerkungen enthaltenen weiteren Ausführung seiner letztern Schrift begleitet", *Bergmännisches Journal*, año 1, t. 2, parte 9, diciembre de 1788, pp. 845-907; el *Neue Entdeckung* se encuentra en pp. 846-855; la *Berichtigung* en pp. 856-871; finalmente está la "Antwort auf Herrn Bergsekretär Voigts im Intelligenzblatte der Allgemeinen Litteraturzeitung Jahrgang 1788, Num. 60 eingedruckte sogenannte Berichtigung meiner in Num. 57 desselben Intelligenzblattes eingerückt gewesenen neuen Entdeckung", pp. 871-887; concluye Werner con una "Schluss-Anmerkung, welche die weitere Ausführung meiner vorstehenden Antwort enthält", pp. 887-907.
37. Martin Guntau, *Abraham*, *op. cit.*, pp. 82-83.
38. Albrecht Höpfner, "Vorrede", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, p. v.
39. Johann Friedrich Wilhelm Widenmann, "Beantwortung der Frage: Was ist Basalt? Eine gekrönte Preisschrift", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, pp. 139-212.
40. Johann Karl Wilhelm Voigt, "Zweite Beantwortung der Frage: Was ist Basalt?", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, p. 213-232.
41. Albrecht Höpfner, "Anmerkung", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, p. 136.

de los autores que con anterioridad habían abordado temas afines.⁴² Para concluir, permitió a Werner añadir un cuarto escrito firmado el 12 de enero de 1789 llamado “Ensayo de una explicación del origen de los volcanes a través de la inflamación de gruesas capas de carbón de piedra como una contribución a la historia natural del basalto”.⁴³



Figura 8

Monumento a Wener en Löbtau, Dresde, Alemania. Traugott Leberecht Hasse, *Denkschrift zur Erinnerung an die Verdienste des in Dresden am 30. Juni 1817 verstorbenen K.S. Berggrath's Werner und an die Fortschritte bei der Bergakademie zu Freiberg nebst einer übersichtlichen Nebeneinanderstellung der Mineral Systeme Werners und seiner Nachfolger bei dieser Akademie*. Dresden und Leipzig, 1848, p. 25. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg



42. *Idem*, “Anhang zu den Preisschriften über den Basalt”, *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, pp. 233-238.
43. Abraham Gottlob Werner, “Versuch einer Erklärung der Entstehung der Vulkanen durch die Entzündung mächtiger Steinkohlenschichten, als ein Beitrag zur Naturgeschichte des Basalts”, *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789, p. 239-254.

Todavía en 1793 Widenmann y Voigt continuaban con la disputa,⁴⁴ por lo que la *Neue Theorie* surgió en medio de toda la agitación y representó la gran declaratoria de las concepciones neptunistas de la formación de la costra terrestre. A partir de la publicación de Playfair en 1802,⁴⁵ la discusión continuó hasta la edición de los *Principios de Geología* (1830-1833), del inglés Charles Lyell, libro en el que propone el **uniformitarismo**, retoma el tiempo profundo, establece un método científico riguroso basado en la observación y expresa que “cuando los geólogos empezaron a estudiar con reflexión la estructura de las regiones septentrionales y occidentales de Europa, se puede decir que no tenían la menor idea de los fenómenos volcánicos actuales. Encontraron cierta clase de rocas que, por lo común, no estaban estratificadas y eran de una composición mineralógica particular, a las cuales dieron diferentes nombres”.⁴⁶ Durante las siguientes décadas, algunos alumnos de Werner, tras visitar diversas zonas volcánicas, abandonarían la idea del gran océano, tales fueron los casos de Leopold von Buch y Alexander von Humboldt. Por el contrario, Jean François d’Aubuisson de Voisins y Andrés Manuel del Río permanecieron fieles a sus explicaciones neptunistas hasta sus últimos días.



44. Johann Friedrich Wilhelm Widenmann, “Schreiben an der Hr. Bergrath Voigt in Ilmenau über den Basalt als eine Flözgebirgsarte betrachtet”, *Bergmännisches Journal*, año 4, t. 2, parte 7, julio de 1791, pp. 347-371; Johann Karl Wilhelm Voigt, “Antwortschreiben an den Herrn Bergrath und Professor Widenmann in Stuttgart, über den Basalt”, *Bergmännisches Journal*, año 6, t. 2, parte 9, septiembre de 1793, pp. 185-238.

45. Para un seguimiento de la disputa del basalto y las publicaciones derivadas de la controversia entre vulcanistas y neptunistas, véase Alexander M. Ospovat, *Abraham Gottlob Werner and his Influence on Mineralogy and Geology*, tesis de doctorado en Filosofía, Universidad de Oklahoma, 1960, pp. 173-231.

46. José Pedro Calvo Sorando, “Introducción”, en Lyell, *Elementos de Geología*, p. 121; Virgili, *El fin*, 2003, pp. 175-186.

Tabla 2

EVOLUCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GEOLÓGICOS ENTRE 1756 Y 1872

Lehman, Arduino ⁴⁷ 1756	Füchsel 1761	Werner 1786	Smith 1815	Lyell 1872	Denominación actual
TERCIARIO				3RIO. O CENOZOICO	CENOZOICO (1834, Sedgwick)
(arenas y gravas poco consolidadas) (Arduino observó que los materiales 3rios. provenían en muchos casos de los 2rios.)		Serie volcánica ?		Posterciario	<i>Cuaternario</i> (1829, Desnoyers) (Holoceno, Pleistoceno)
				Plioceno	<i>Terciario</i> (1756, Arduino)
				Mioceno	Neogeno (Plioceno, Mioceno)
		Serie Aluvial (<i>Aufgeschwemmte</i>)	Arcilla de Londres	Mioceno	Paleogeno (Oligoceno, Eoceno, Paleoceno) (1833, Lyell)
			Tierra de ladrillos	Eoceno	
.....65 M.A...
				2RIO. O MESOZOICO	MESOZOICO (1838, Sedgwick)



47. Giovanni Arduino (1713-1795), geólogo nacido en Verona considerado el padre de la Geología italiana. En 1735 desarrolló el primer sistema de clasificación geológica en el que reconocía cuatro “divisiones de la corteza terrestre”: Montañas primarias o primitivas, montañas secundarias, montañas terciarias y montañas cuaternarias.

Lehman, Arduino 1756	Füchsel 1761	Werner 1786	Smith 1815	Lyell 1872	Denominación actual
	(esquema general de la Geología de Turingia)		Creta (Chalk)		
			Arena (Sand)	Cretácico	<i>Cretácico</i> (1820, D'Halloy)
				
SECUNDARIO (rocas fosilíferas y estratificadas)			Caliza	.....	.....140 M. A..
			Arena		
			Arcilla		
		Serie estratificada (<i>Flötz</i>)	Mármol de Forest	Jurásico	<i>Jurásico</i> (1799, von Humboldt)
			Cornbrash		
			Piedra suelta		
	Muschel- kalkrothe		Marga azul	.....	.....195 M.A...
	Gypslager Sand- gebürge				
	Glühsand, Hüt- tensandlag		Lías	Triásico	<i>Triásico</i> (1834, von Alberti)
	Meelbatzen	?	.....	
	Brennkalkgraue Gyos oder Alabast Flötze		Marga roja		

Lehman, Arduino 1756	Füchsel 1761	Werner 1786	Smith 1815	Lyll 1872	Denominación actual
	Flötzgebürge		.....	.....	.....230 M.A...
				PRIO. O PALEZOICO	PALEOZOICO (1838, Sedgwick)
	Sandflötzweia Gebürge,		Caliza	Pérmico	<i>Pérmico</i> (1841, Murchison)
	Schalgeb roth	Serie de Transición (<i>Übergangs- gebürge</i>)	Estratos carboníferos	Carbonífero	<i>Carbonífero</i> (1822, Conybear & Phillips)
	Schalgebürge schwarz-blau Schalgebür		Caliza	Devónico	<i>Devónico</i> (1839, Sedgwick & Murchison)
	Alaunschiefer, schwarz		Arenisca roja antigua	Silúrico	<i>Silúrico</i> (1835, Murchison)
	Steinkohlicht				<i>Ordovícico</i> (1879, Lap- worth)
	Gebürgerothe tode Lager		Killas y pizarra	Cámbrico	<i>Cámbrico</i> (1835, Sedgwick)
				.....	.....570 M.A..
PRIMITIVO (rocas cristalinas sin fósiles)	Grundegebürge, Gängegebürge (Ambitus funda- mentus)	.....	Granito	Laurenciano	PRECÁMBRICO
		Serie Primitiva (<i>Urgebürge</i>)			

Fuente: Evaristo Álvarez Muñoz, *Filosofía de las Ciencias de la Tierra. El cierre categorial de la Geología*, Oviedo, España, Fundación Gustavo Bueno, 2004, p. 260.



Figura 9

Imagen que representa un corte longitudinal sistemático con los principales accidentes de las capas del globo; destaca un volcán que reposa sobre una formación de basaltos prismáticos. En la parte inferior de la cuenca se encuentran capas de origen ígneo. V.

Baudrimont del, Ollivier s.c y N. Rémond imp., *Coupé et perspective systématiques des principaux terrains*. Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, Paris, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 1 de Geología.

Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Orígenes del concepto Geognosia

Fue en 1761 cuando la voz **Geognosia** se utilizó por vez primera en el artículo “Historia de la tierra y el mar de Turingia a partir de las descripciones de las montañas”, escrito por el médico alemán Georg Christian Füchsel (1722-1773)⁴⁸ en una sección titulada Usos de la



48. Georg Christian Füchsel, “Historia terrae et maris ex historia Thuringiae per montium descriptionem eruta”, *Acta Academiae Electoralis Moguntinae Scientiarum Utilium quae Erfordiae est*, t. II, Erfurt, 1762, pp. 44-208. Cf. Gumprecht, “Ueber den Urheber des Namens Geognosie und die Einführung einiger anderen Namen, Begriffe und Bestimmungen in die Geognosie”, *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde*, vol. 24, núm. 2, Berlín, 1850, pp. 468-494. Esta obra es el primer balance historiográfico sobre el origen del término *geognosia*; Richard J. Howarth, “Etymology in the Earth Sciences: From ‘Geology’ to ‘Geoscience’”, *Earth Sciences History*, vol. 39, núm. 1, 2020, pp. 1-27.

historia de la tierra y el mar,⁴⁹ aseveró que “no podría proponer un uso para los teóricos, más que para aquellos que estén dedicados a la *ciencia geognóstica [scientia geognostica]*, que pudieran deducir principios generales a partir de observaciones en todas las regiones para comprobarlos luego por experiencia”.⁵⁰

Con estas deducciones, Füchsel señaló la importancia de establecer principios generales a partir de los conocimientos aprendidos en los viajes en regiones determinadas del orbe: “En tanto a los físicos, los metalurgistas y otros, en tanto sea más común que se repita la información podrán determinarlos mejor y en mayor grado, y así comparar fácilmente regiones extranjeras con las suyas y conocer con éxito las diferencias específicas y generales y así obtener conclusiones seguras y ciertas”.⁵¹

A partir de 1761 el término fue adoptado por otros estudiosos germanos como el mineralogista y geólogo Johann Gottlob Lehmann (1719-1767).⁵² Sin embargo, se debe a Werner su sustento teórico y difusión del término *Gebirgslehre* [Conocimiento de las montañas] en 1779, al que finalmente denominó *geognosia* en 1786 y lo incorporó a la enseñanza en su cátedra tres años más tarde.⁵³ Según su definición era la “Ciencia de las montañas [*Gebirgskunde*] que nos enseña en general sobre los cuerpos sólidos de la Tierra a través de las distintas capas [yacimientos] de fósiles [minerales] de los que está hecha y mediante la producción y comportamiento de los fósiles en la misma”.⁵⁴



49. *Idem*, “Eiusdem usus Historiae suae terrae et maris”, *Acta Academiae Electoralis Moguntinae scientiarum utilium quae Erfordiae est*, t. II, Erfurt, 1762, pp. 209-254.

50. *Ibidem*, p. 209.

51. *Ibidem*, p. 253.

52. David Oldroyd, “Historicism and the Rise of Historical Geology, part I”, David Oldroyd, *Sciences of the Earth. Studies in the History of Mineralogy and Geology*, Great Britain, Variorum Collected Studies, 1998, pp. 198-209; Marianne Klemun, “Geognosie versus Geologie: Nationale Denkstile und kulturelle Praktiken bezüglich Raum und Zeit im Widerstreit”, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, núm. 38, 2015, pp. 227-242.

53. Guntau, *Abraham*, *op. cit.*, p. 67. Cf. Richard J. Howarth, “Etymology”, *op. cit.*, pp. 1-27. Disponible en <https://doi.org/10.17704/1944-6187-39.1.1>, consultado el 23 de mayo de 2022.

54. Abraham Gottlob Werner, “Umfang”, *op. cit.*, p. 162. En un inicio Werner utilizó el término *Gebirge* para hablar de rocas, ya a inicios del siglo XIX había mudado al significado actual de montaña.

Abunda sobre los cambios acontecidos a lo largo de la historia de la Tierra, señalando que

todavía otras características de los fósiles [minerales] afectan a simple vista las condiciones de aparición de estos cuerpos. La contemplación de su más diversa ocurrencia en el cuerpo sólido de la Tierra pueden compararse con las leyes mecánicas físicas y químicas, lo que origina el que todos los días en parte ante nuestros ojos se desarrollan los mencionados cambios, nos haga conscientes de ellos y los conozcamos.⁵⁵

Si bien, en 1818 la Sociedad Mineralógica de Dresde publicó unas lecciones de Geognosia tomadas de su clase, no contenían las definiciones y postulados fundamentales.⁵⁶ Incluso, Samuel Gottlob Frisch (1765-1829), uno de sus primeros biógrafos lamentaba que “no tenemos ni una obra amplia, ni un libro de texto sobre esta ciencia de su propia pluma”, y afirmaba que en su legado documental no existían más que hojas sueltas sobre el tema.⁵⁷ No obstante, la revisión del catálogo actual del *Werner Nachlass* confirma la existencia de nueve volúmenes de manuscritos dedicados a esta disciplina. En términos generales, la documentación contiene notas de clases individuales y borradores de temarios e incluso cursos completos, tal vez como material de consulta para profesor y alumnos o bien versiones previas de libros de texto que no llegaron a la imprenta. Además, existen notas sobre las formaciones de las montañas, las rocas y las vetas, que ofrecen nueva luz sobre el desarrollo de los conceptos y los cursos de Werner.⁵⁸



55. *Werner Nachlass*, t. 10, f. 59, cit. en Guntau, p. 67.
56. Abraham Gottlob Werner, “Allgemeine Betrachtungen über den festen Erdkörper. Eine Vorlesung des Berggrahts Werner”, en *Auswahl aus den Schriften der unter Werner's Mitwirkung gestifteten Gesellschaft für Mineralogie zu Dresden*, Leipzig, bei J. F. Gleditsch, 1818, t. 1, pp. 39-56.
57. Samuel Gottlob Frisch, *Lebenbeschreibung Abraham Gottlob Werners von... Nebst zwei Abhandlungen über Werners Verdienste um Oryktognosie und Geognosie*, Leipzig, F. A. Brockhaus, 1825, p. 107.
58. Kalliope Verbund (Staatsbibliothek zu Berlin-Preussischer Kulturbesitz). Disponible en <https://acortar.link/QAjtLD>, consultado el 2 se septiembre de 2016.

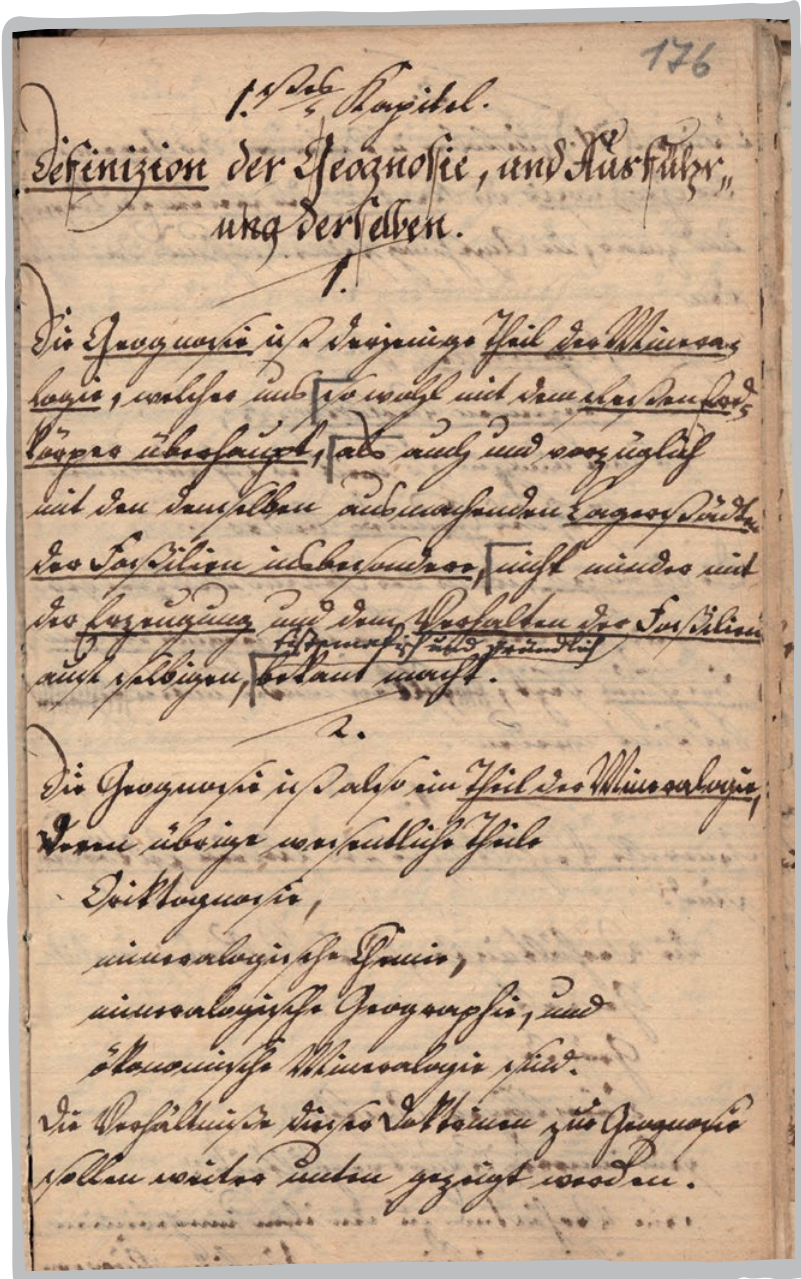


Figura 10

Abraham Gottlob Werner. Definición de Geognosia. Werner Nachlass, t. 1, f. 176. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

Una tarea pendiente es el análisis profundo de la colección para determinar la fecha de redacción de los contenidos, ya que Werner no acostumbraba anotar este dato. A pesar de ello, podemos citar como ejemplo los tomos uno y tres de los nueve que el autor dedicó a la Geognosia y que demuestran la evolución de su pensamiento (figura 10). El primer tomo consta de 368 fojas e inicia con un documento titulado *Contenido y división de la Geognosia*,⁵⁹ en el que el profesor muestra el plan del curso en ocho apartados. Después de la definición y la introducción al tema, se propone explicar el globo terrestre, su origen, la conformación de su costra, los efectos de los factores atmosféricos en el cuerpo sólido del planeta, las cadenas montañosas, las capas de minerales y su disposición; concluye con una sección sobre la utilidad de esa disciplina. A continuación, el volumen incluye algunos folios en que Werner escribió el título de cada uno de los apartados, dejando intercaladas varias hojas en blanco para colocar paulatinamente la información que los conformaría. En algunos casos llenó esos espacios⁶⁰ y en otros las secciones quedaron completamente vacías.⁶¹ Enseguida presenta un segundo intento titulado “Introducción a la Geognosia”, que inicia con una definición temprana y confusa:

La Geognosia es aquella parte de la Mineralogía que estudia y nos da a conocer tanto la parte sólida del globo, como principalmente los yacimientos específicos de minerales que allí se encuentran, pero no el origen y forma de esos minerales.⁶²

Esta versión preliminar está inconclusa y repleta de notas que habría que utilizar en el futuro. La evolución del concepto se observa



59. *Werner Nachlass*, t.1. ff. 1-19. *Inhalt und Abtheilung der Geognosie*.

60. Por ejemplo el apartado 1, capítulo 2, *Betrachtung des Erdkörpers als Weltkörper und Planet des Sonnensystems [Reflexión sobre el globo terrestre como cuerpo y planeta del sistema solar]*, que incluye tablas con los diámetros de los planetas y sus distancias medias al Sol, *Werner Nachlass*, t. 1, ff. 20-32.

61. Un caso es el séptimo apartado, *Von den besondern Laagerstätten der Fossilien [Sobre los yacimientos particulares de los minerales]*, *Werner Nachlass*, t. 1, ff. 153-158v.

62. *Werner Nachlass*, t. 1, f. 176, *Einleitung in die Geognosie*. Incluso, desde el punto de vista lingüístico, resulta complicada, además de incluir una frase con lo que no es la Geognosia al final de la definición. El original dice: “Die Geognosie ist derjenige Theil der Mineralogie, welcher uns sowohl mit dem festen Erdkörpers überhaupt, als auch und vorzüglich mit den demselben ausgefundnen Lagerstätten der Fossilien insbesondere, nicht mindes mit der Erzeugung und der Gestalten der Fossilien auch selbigen, bekannt macht”.

en otros ensayos del tomo tercero del *Nachlass* de 497 fojas, que contiene dos propuestas de unas *Lecciones de Geognosia*,⁶³ textos que se presentan de manera mucho más acabada. Aunque la definición de Geognosia se mantiene similar a la del primer volumen, su redacción es mucho más precisa y la complementa con la etimología del término que proviene, a decir del autor, de “*γεια contra γη*, que significa ‘tierra’ y *γνωσις* que significa ‘conocimiento’, y entonces se tiene conocimiento del globo [cuerpo] terrestre [*Erdkörper*]”. Werner aclara que no debía confundirse con la **Geología**, que tenía un sufijo *-logia*, que implicaba un razonamiento científico integral y que, por tanto, podía considerarse como el “conocimiento completo del cuerpo sólido de la Tierra”. Es decir, que la Geognosia implicaba el estudio de la conformación de la costra terrestre y la Geología de todo lo contenido en su cuerpo.⁶⁴

La introducción de las *Lecciones de Geognosia* incluye las metodologías y la historia de la disciplina y continúa con el esquema temático propuesto en el tomo I. El texto incluye llamados a figuras, que en pocos casos están presentes, además de tener numerosas apostillas con correcciones. Sin duda, la evolución más significativa es la introducción de la clasificación y estudio de los distintos tipos de rocas (*Gebirgsarten*) como parte de la Geognosia,⁶⁵ de hecho, estas ideas fueron vertidas en su obra *Breve clasificación y descripción de los diferentes tipos de rocas*, de 1787.⁶⁶ En la historiografía de la Geología, dicha obra ha sido considerada la más importante de Werner, ya que contiene el sistema de clasificación de rocas que hoy día tiene repercusiones en la Mineralología.⁶⁷



63. Werner *Nachlass*, t. 3, *Vorlesungen über die Geognosie*, ff. 1-333 y ff. 334-497.

64. *Ibidem*, t. 3, ff. 7v-8.

65. *Ibidem*, t. 3, ff. 112-156.

66. Abraham Gottlob Werner, *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*, Dresde, In der Waltherischen Hochbuchhandlung, 1787.

67. Karl von Zittel, *History of Geology*, *op. cit.*, 1901, pp. 46-59; Archibald Geiki, *Landscape in History and other Essays*, London, Macmillan and Co., Limited, 1905, pp. 154-169; Frank Dawson Adams, *The Birth*, *op. cit.*, 1938, p. 224; Martin Guntau, *Abraham*, *op. cit.*, 1984; Francisco Pelayo, *Las teorías*, *op. cit.*, 1991, p. 8; M. S. J. Rudwick, “Objetos fósiles”, en Jorge Llorente, Rosaura Ruiz, Graciela Zamudio, Ricardo Noguera (comps.), *Fundamentos históricos de la Biología*, *op. cit.*, pp. 201-241; Anthony Hallam, “Neptunistas”, *op. cit.*, pp. 244-245; Sharad Master, “Plutonism versus Neptunism at the Southern Tip of Africa: the Debate on the Origin of Granites at the Cape, 1776-1844”, 2009, pp. 1-13; Rachel Laudan, *From Mineralogy*, *op. cit.*; Alexander M. Ospovat, *The Kurze Klassifikation und Beschreibung der Verschiedenen Gebirgsarten of Abraham Gottlob Werner*, Thesis to the Graduate Faculty for the degree of Master of Arts, Oklahoma, 1958.

Sin embargo, en su momento no fue la más destacada, ya que de las tres publicadas por él en el siglo XVIII *Breve descripción de lo caracteres* (1774) y *la Nueva Teoría de la vetas* (1791), fue la única que no tuvo una traducción contemporánea. Más de un siglo y medio después, en 1958, el historiador de la ciencia Alexander M. Osipov analizó la obra y la vertió al inglés. En su estudio, considera que en el mismo año de su publicación, Werner ofreció por vez primera el curso de Geognosia en la Academia de Minas de Freiberg y con ello su trabajo se posicionó como la piedra angular en la fundación de la Geología moderna.⁶⁸ Esta circunstancia hace manifiesta la relevancia de esta obra para la Mineralogía, mientras que en Geología, las teorías, conceptos y postulados por el profesor Werner quedaron a la saga tras el triunfo de otros paradigmas.

Por su parte, la *Neue Theorie*, su última contribución impresa en 1791, es una prueba contundente de los esfuerzos intelectuales más importantes de Werner para el sustento a sus conceptos y a las explicaciones sobre la deposición de los minerales en el gran océano primordial y la conceptualización de la Geognosia, toda vez que fue traducida a tres idiomas (inglés, francés, español) y tuvo una vigencia de medio siglo en México, a pesar del triunfo del uniformitarismo propuesto por Lyell. El origen de esta obra también se encuentra en las *Lecciones de Geognosia*, de Werner, quien después de describir los tipos de rocas, añadió secciones sobre la estructura interna de las montañas y su formación,⁶⁹ de las que destacan dos: “Reflexiones precisas sobre las diversas formaciones de las rocas”⁷⁰ y “Formación de las capas específicas de los fósiles [minerales]”,⁷¹ que contienen las ideas principales expuestas en la *Neue Theorie*. En este marco, la edición que el lector tiene en sus manos es una invitación a reivindicar a Werner, a rescatar del olvido esta contribución pionera en el estudio de la Tierra, dada la influencia que tuvo en la Geología en México y las instituciones abocadas a su estudio en el siglo XIX.⁷²



68. *Ibidem*, p. 2.

69. *Werner Nachlass*, t. 3, ff. 158-183v.; ff. 184-213v.

70. *Ibidem*, t. 3, ff. 214-276v. *Genauere Betrachtungen der verschiedenen Gebürge-Formationen*.

71. *Idem*, t. 3, ff. 279-333v. *Entstehung der besonderen Lagerstätte der Fossilien*.

72. Zoltan de Cserna, “La evolución de la Geología en México (1500-1929)”, *Revista del Instituto de Geología*, vol. 9, núm. 1, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990, pp. 1-20; Luz Fernanda Azuela, *De las minas al laboratorio: la demarcación*

Planteamiento y contenido de la Nueva Teoría

La introducción de la **Neue Theorie** es reveladora, toda vez que Werner expresa algunos puntos de vista sobre su concepción de la Mineralogía como ciencia principal y la Geognosia como disciplina experimental aplicada. Expone que a través de la observación directa realizada durante sus viajes inició el análisis de la estructura de las capas que conformaban la costra terrestre, circunstancia que lo llevó a poner especial atención en el estudio de las vetas minerales:

Al estudiar las vetas, intenté no solamente descubrir, en tanto que me fuera posible, su naturaleza y sus propiedades, así como las diferentes relaciones entre unas y otras y su relación con las masas de las montañas en que se encuentran; sino que también me puse a la tarea de buscar algunas luces sobre su origen y formación. De este origen, como principio fundamental, busqué derivar la explicación de los fenómenos que presentan.

Los descubrimientos, que tuve el honor de hacer en esta materia, sobrepasan todo aquello que podía suponer en un tema tan complicado y escondido. Presento aquí al público mineralógico y minero estos descubrimientos contruidos en forma de una *Nueva Teoría de vetas*, deducida a partir de ellos; será una adición tanto para nuestros conocimientos en la Geognosia, como en particular para la historia de nuestra Tierra y en el Arte de minas.⁷³

Werner advierte que su síntesis es consecuencia de la observación y que además de ser útil para el conocimiento teórico de la formación de la Tierra, tenía una aplicación práctica para que los mineros llevaran a cabo sistemáticamente la explotación de los recursos. En este



de la Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895), México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería, 2000; Lucero Morelos Rodríguez, *La Geología mexicana en el siglo XIX. Una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Plaza y Valdés, Secretaría de Cultura de Michoacán, 2012; José Alfredo Uribe Salas, *Los albores de la Geología en México. Mineros y hombres de ciencia*, México, UMSNH, HCH, 2015; Francisco Omar Escamilla González, Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas*, op. cit.

73. Abraham Gottlob Werner, *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge: mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freibergischen*, Freiberg, 1791, pp. XIII-XIV.

sentido, es evidente que para la época, las Academias de Minas incluido el Real Seminario de Minería, donde los alumnos recibían una formación como maestros de gremio mineros, ingenieros y científicos, conocimientos que hoy día reúne un ingeniero geólogo, son las antecesoras directas de las escuelas o facultades de ingeniería.⁷⁴

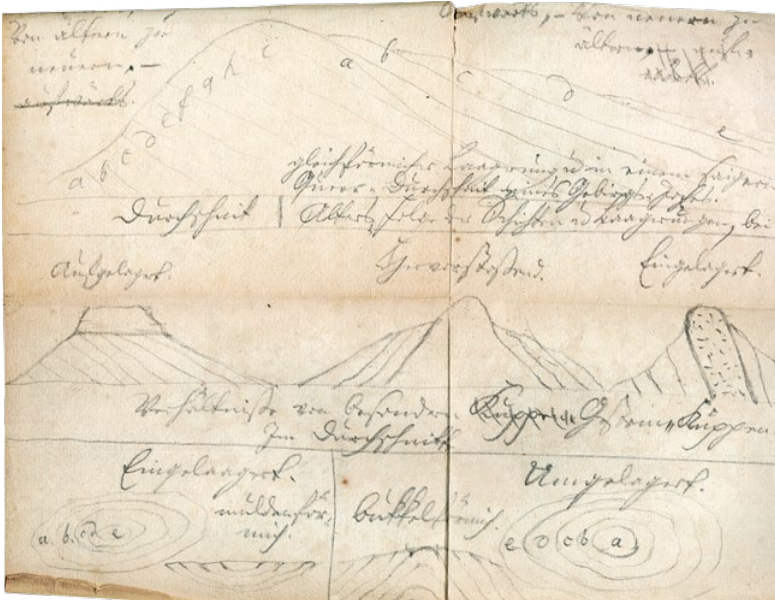


Figura 11

Abraham Gottlob Werner. Boceto que explica la formación de los criaderos minerales en las montañas. *Werner Nachlass*, t. 1, f. 140v.
Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

En cuanto a las propuestas concretas de su teoría de las vetas, Werner reconocía a los autores que le habían precedido y que sostenían que “los espacios ocupados por las vetas habían anteriormente sido grietas en las montañas que las contenían”, pero también estaba consciente de sus aportaciones:



74. Peter Lundgreen, “Engineering Education in Europe and the USA, 1750-1930: The Rise to Dominance of School Culture and the Engineering Professions”, *Annals of Science*, vol. 47, 1990, pp. 33-75.

Creo haber dado con mayor precisión las razones de la formación de estas grietas [rajas]... **Nueva** es la determinación detallada de la estructura interna de las vetas y la formación de las masas tan diferentes, de donde provienen y algunas conjeturas sobre su antigüedad. **Nueva** es la observación precisa y determinación de los cruces de las vetas y sobre todo el uso de estos para la determinación de su antigüedad relativa. **Nueva** es la determinación de las distintas vetas y en especial de las formaciones de vetas de mineral y cómo incide ello en su datación. **Nuevo** es el pensamiento de que el lugar donde están las vetas se llenó inmediatamente de disoluciones que dieron origen simultáneamente a las masas de las montañas y sus capas mediante precipitaciones. **Nueva** es la prueba de lo anterior, así como, hasta donde yo sé, la determinación de las diferencias de la composición interna de las vetas y las capas. **Nuevas** son las respuestas a las objeciones contra esta teoría y las razones en contra de las antiguas. **Nueva** es *en su mayoría* la aplicación de esta teoría a la minería.⁷⁵

Werner insistía que su teoría estaba fundamentada en los viajes y observaciones que había realizado, en los datos que había recogido en la literatura, así como en la información que sus pares le habían enviado; por ello, su obra incluía datos recabados más allá de la pequeña región centroeuropea que él recorrió. La introducción de la *Neue Theorie* fue firmada el 20 de noviembre de 1791; en ella, se disculpaba por los errores que podía haber en el libro, ya que lo había escrito en tres meses e incluso “cada pliego pasaba inmediatamente de la pluma a la imprenta”.⁷⁶

La *Nueva Teoría* quedó integrada por 256 páginas divididas en 10 capítulos. En el primero presenta las definiciones básicas de veta, filón y formación, necesarias para seguir los razonamientos del autor. En el segundo ofrece un recuento histórico de las teorías de las vetas existentes hasta el momento con información bibliográfica detallada de cada una. El tercer capítulo inicia la parte medular de la obra con una breve exposición de su propia teoría y la demostración de esta en el cuarto y quinto; allí explica nueve razones por las cuales considera que las vetas estaban contenidas en grietas previamente abiertas en las



75. Werner, *Neue Theorie*, *op. cit.*, pp. XIX-XX. Las negritas son de Werner.

76. *Ibidem*, 1791, p. XXIII.

montañas donde se encuentran. El sexto capítulo ofrece tres pruebas de que la formación de las vetas se dio a través de escurrimientos, de arriba hacia abajo, de los materiales que las constituyen, principio que da continuidad al expuesto en las secciones anteriores. Las conclusiones generales son presentadas en el séptimo capítulo, con el que cierra la parte central de la obra. Tras resumir sus ideas principales aprovecha para diferenciar su conclusión con la de otros autores. Finalmente dedica el capítulo noveno a la utilidad de su teoría para la minería, mientras que en el siguiente describe las principales formaciones y vetas del distrito de Freiberg. La última parte de la obra es un pequeño anexo con la información de algunos textos que conoció después de concluida la redacción del libro y que abonaron en la demostración de sus postulados.⁷⁷

El profesor Werner estaba convencido de haber propuesto una teoría comprobable mediante observaciones. Esta noción fue transmitida a sus alumnos, por ejemplo d'Aubuisson definía a la Geognosia como una ciencia que podía llamarse **Física mineralógica**, bajo la idea de que la Física era parte de las Matemáticas aplicadas o mixtas basadas en hechos demostrables y cuyo objeto “trata de las capas de las sustancias minerales, de la manera en que su agregación produce las grandes masas que, en su conjunto, componen la costra del globo terrestre; de la posición respectiva de estas masas, su edad relativa; en una palabra, de toda su historia natural”.⁷⁸

D'Aubuisson afirmaba que la existencia de esta ciencia se debía casi en su totalidad a Werner y, que su creación “le asegura un lugar eminente entre los hombres sabios que han ilustrado la ciencia de la naturaleza”.⁷⁹ Ese gran resumen teórico requirió de reiterados viajes y observaciones en el laboratorio de la naturaleza mediante exploraciones mineralógicas, que se harían una práctica a partir de 1791 con la comisión minera impuesta a Werner por Federico Augusto I, príncipe elector de Sajonia, quien ordenó a la Dirección de Minas que realizara un inventario de recursos minerales en el territorio.



77. Véase en el anexo 1 el resumen de la obra realizado por Fausto de Elhuyar en 1793.

78. Jean François d'Aubuisson de Voisins, “Suite de la lettre”, *op. cit.*, p. 227.

79. *Loc. cit.*

Tras dos décadas de trabajo, la misión de Werner concluyó con la entrega de un informe acompañado de una carta geognóstica de Sajonia, a color en 1811. De manera simultánea, seguía al frente de la cátedra en la Academia de Minas de Freiberg, de modo que correspondió a sus alumnos recabar los datos necesarios siguiendo las pautas impuestas por el profesor.⁸⁰ El cúmulo de información reunido y sistematizado sirvió como columna vertebral de su teoría sobre la formación de la Tierra. Uno de sus estudiantes colaboradores fue el minero y geólogo sajón Georg Gottlieb Pusch (1790-1846), quien plasmó los procedimientos a seguir en su *Catecismo geognóstico o instrucción para la geognosiación práctica para futuros mineros y geognostas*, de 1819. A partir del término **Geognosiación** (*Geognosieren*) acuñó el verbo *geognosear*, que dividió en cuatro objetivos principales necesarios para la realización de los viajes de exploración:

1. Se geognosia ya sea para conocer en la naturaleza el comportamiento de los yacimientos generales y particulares que interesan a la Geognosia y al Arte de minas –también para estudio propio y para practicar la observación–.
2. U observadores experimentados emprendan viajes para establecer los comportamientos desarrollados entre los tipos de rocas y formaciones conocidas que aún se ignoren –es decir para el avance de la ciencia–.
3. Un tercer objetivo de la geognosiación es iniciar la mineralogía topográfica y geográfica de una región o un país. En este sentido las investigaciones geognósticas se matizan con aspectos científicos y económicos.
4. Finalmente se trata la geognosiación también de objetivos económico-mercantiles, es decir, sobre la búsqueda de fósiles [minerales] y fuentes útiles para la minería, el comercio, la economía, la manufactura (*Fabrikwesen*) y la construcción.⁸¹

Esta parte práctica es la que debía llevarse a cabo en diversas partes del globo para la comprobación de la teoría neptunista. Pusch,



80. Samuel Gottlob Frisch, *Lebenbeschreibung*, *op. cit.*, pp. 179-182; Martin Guntau, *Abraham*, *op. cit.*, pp. 90-93.

81. Georg Gottlieb Pusch, *Geognostischer Katechismus oder Anweisung zum praktischen Geognosieren für angehende Bergleute und Geognosten*, Freiberg, bei Craz und Gerlach, 1819, pp. 2-3.

además de enlistar las herramientas necesarias, proponía siete principales puntos para la geognosición: orientación, recopilación de información oral, búsqueda de puntos de observación, observación de las estructuras al natural, determinación de la posición, recolección de especímenes y elaboración de un “diario geognóstico”.⁸²

En suma, los alumnos de Werner sintetizaron la obra de su profesor, formularon las pautas que seguir en los estudios del libro de la naturaleza, asuntos que no se trataban con la amplitud necesaria en la *Nueva Teoría*. Sus discípulos la consideraron la obra fundacional de la Geognosia que respaldaba la teoría neptunista y, por ello, se dieron a la tarea de traducirla, ampliarla, difundirla y comprobarla.

Traducciones de la Nueva Teoría

La *Neue Theorie* fue traducida al castellano en 1795 por Andrés Manuel del Río; al francés en 1802 por d’Aubuisson y al inglés en 1809 por Jameson. En las siguientes páginas se analizará panorámicamente el proceso de edición en cada uno de los casos.

Las ediciones en francés, 1802

La *Neue Theorie* tuvo una traducción al francés, editada en dos ocasiones por Jean François d’Aubuisson de Voisins (1769-1841). De formación militar, este personaje no se inscribió de manera oficial a la Academia de Minas de Freiberg, pero estudió con Werner durante la última década del siglo XVIII. A su regreso al país galo ocupó varios puestos de alta burocracia minera y en 1802 concluyó la redacción de dos obras, una sobre la explotación minera de Freiberg⁸³ y la versión francesa de la *Neue Theorie* que publicó en esa ciudad en la imprenta



82. *Ibidem*, pp. 81-141.

83. Jean François d’Aubuisson de Voisins, *Des Mines de Freiberg en Saxe et de leur exploitation*, Leipzig, Chez Pierre Phil. Wolf, 1802, 3 vols.

de Craz.⁸⁴ Ese mismo año viajó a París en compañía de Werner, quien recibió el nombramiento de socio de la Academia de Ciencias. Mientras tanto, el impresor Villier se reunió con el traductor para hacer una nueva edición en la que se corrigieron errores de imprenta y se abreviaron algunas de sus notas para dar mayor claridad al lector. El editor expresó en una nota al inicio del libro que “no podría encontrar una ocasión más favorable para publicar la segunda edición de la teoría de las vetas, que cuando el mineralogista del norte se encontrara en París junto con el traductor, su discípulo y alumno”.⁸⁵

El propio Werner discutió algunas notas adicionales con d'Aubuisson, gran admirador de su mentor, que afirmaba que la Geognosia era su ciencia favorita y que aún en Alemania era poco conocida, pues solamente sus alumnos la entendían, ya que se había conformado hacía poco tiempo:

La Geognosia de Werner no es un sistema de **Geogonía**, ni siquiera de Cosmología [no es un sistema azaroso sobre la formación de la Tierra y del Universo]: conoce la estructura de la corteza sólida del globo terrestre y la disposición recíproca de las masas que la componen, he ahí su objetivo; la observación, he ahí sus medios; los principios que deben dirigir al observador, los objetos en los que deben fijar su atención en sus investigaciones, las consecuencias que el autor ha determinado de sus propias observaciones, eso es lo que enseña: y, en tanto yo puedo juzgarla, pocas obras geológicas son de tan gran interés. Es cuando Werner aborda las grandes preguntas de la Geognosia, que en él vemos verdaderamente al Mineralogista en grande, al Historiador de la Naturaleza.⁸⁶



84. Abraham Gottlob Werner, *Nouvelle théorie de la formation des filons. Application de cette théorie à l'exploitation des mines particulièrement de celles de Freiberg. Par... Ouvrage traduit de l'allemand et augmenté d'un grand nombre des notes, dont plusieurs ont été fournies par l'auteur même*, Freiberg, Chez Craz, 1802.

85. *Ibidem*, p. iv. La visita a París en ese año es confirmada por Martin Guntau, *Abraham, op. cit.*, p. 33.

86. Abraham Gottlob Werner, *Nouvelle théorie, op. cit.*, pp. ix-x. Entre corchetes se colocaron las variantes de la edición parisina.

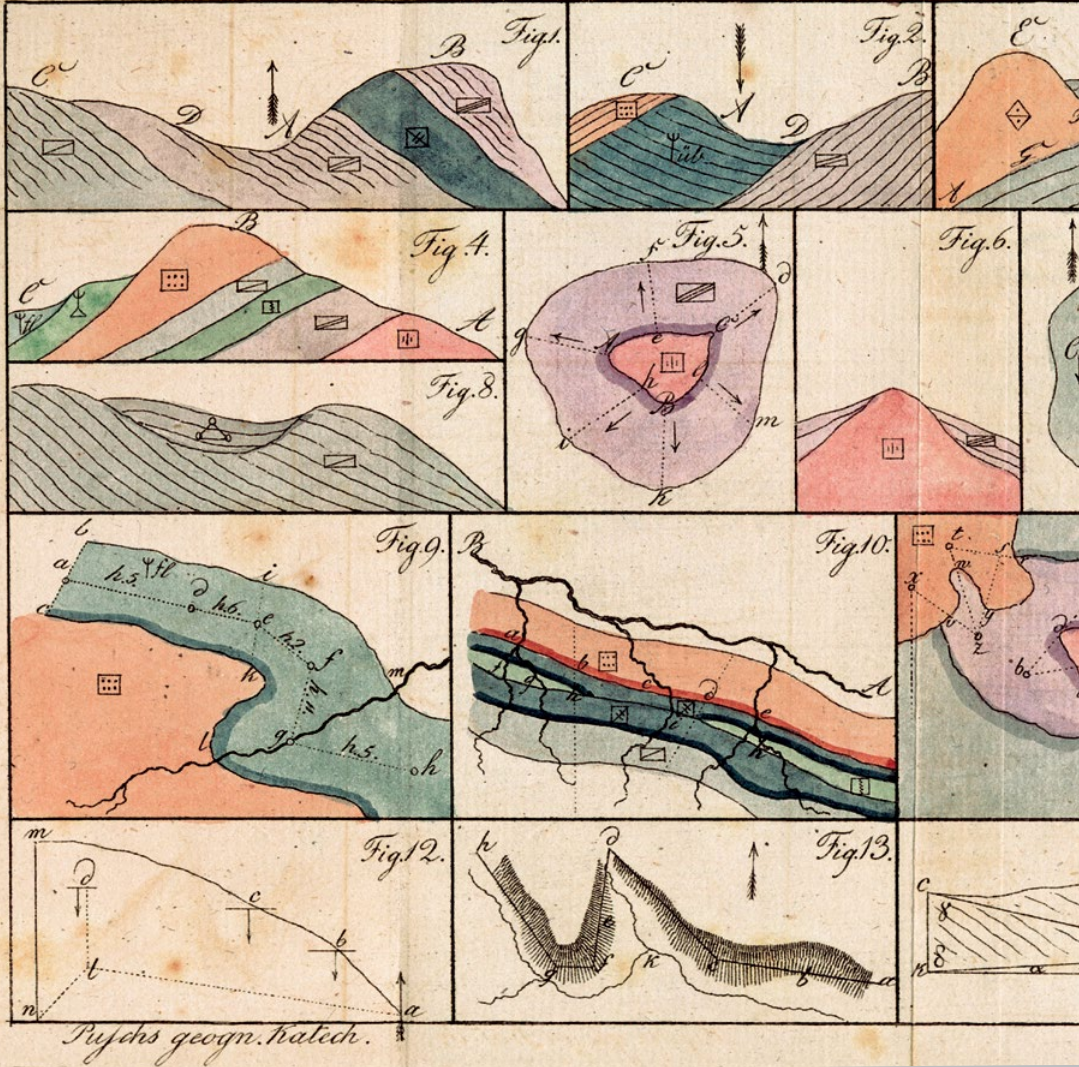


Figura 12

Georg Gottlieb Pusch. Lámina que muestra la gama de color para la representación de las rocas en los mapas geognósticos. Georg Gottlieb Pusch, *Geognostischer*, 1819. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.



Zeichen für die Gebirgsarten.

- | | | | |
|---|----------------------------|------|--|
| ▣ | Granit. und Weißstein. | ▣ | rother Sandstein. |
| ▤ | Gneis. | ▣ | bunter Sandstein. |
| ▥ | Glimmerschiefer. | ▣ | Quadersandstein. |
| ▦ | Mothonschiefer. | ◊ | Kohlen sandstein u. Kieselkonglomerat. |
| ▧ | Alaunschiefer. | ◊ | Thonstein. |
| ▨ | Falk- u. Chloritschiefer. | ▩ | Schieferthon. |
| ▩ | Kiefelschiefer. | △ | Steinkohlen. |
| ▪ | Quarzfels. | †1. | ältester Flötzkalkstein. |
| ▫ | Topasfels. | †2. | Muschelkalkstein. |
| ▬ | Serpentin. | †kr. | Kraidenkalkstein. |
| † | ur. Urkalkstein. | † | Flötzgips. |
| † | ur. Urtrapp. | ⊖ | Salzthon mit Steinsalz. |
| ▭ | Grünstein. | ▣ | Flötztrapp. |
| ▮ | Grünsteinschiefer. | ▣ | Basalt. |
| ▯ | Hornblendenschiefer. | ▣ | Mandelstein. |
| ◊ | ur. Porphyr. | ▣ | Porphyrschiefer. |
| ◊ | Syenit. | †t. | Kalktuff. |
| ▰ | Grauwacke. | ∴ | Sand. |
| ▱ | Uebergangsschiefergebirge. | ≡ | Lehm und Thon. |
| † | üb. Uebergangskalk. | △ | Braunkohlen. |
| † | üb. Uebergangsgips. | △ | Torf. |
| ▱ | üb. Uebergangstrapp. | ♂ | Raseneisenstein. |
| ◊ | üb. Uebergangsporphyr. | △ | pseudovulkanisches Gebirge. |
| | | △ | ächt vulkanisches Gebirge. |

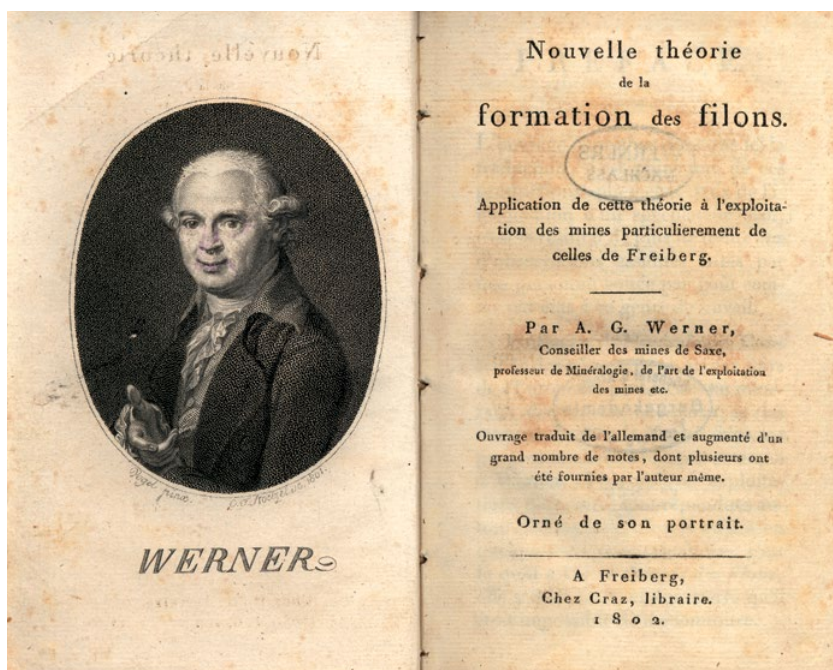


Figura 13

Abraham Gottlob Werner. Portada de la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas*, Freiberg, 1802. Edición francesa de Jean François d'Aubuisson de Voisins. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

Su apología no termina allí, menciona que la teoría de la formación de las vetas de Werner no era meramente la exposición de hipótesis, era un cuerpo de hechos comprobables a través de la observación directa. Incluso, equiparaba la síntesis werneriana con el proceso de oxidación formulado por Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) o la ley de gravitación universal de Isaac Newton (1643-1727). Sostiene que así como el inglés es el fundador de la Física, y el francés de la Química, Werner es el de la Geología.⁸⁷



87. *Ibidem*, pp. xii-xiv.

En cuanto a la traducción, se distancia de los métodos de trabajo utilizados en los tratados clásicos de explotación minera de Christoph Andreas Schlüter (1668-1743)⁸⁸ y Johann Gottlieb Kern⁸⁹ traducidos por Jean Hellot (1685-1766)⁹⁰ y Antoine Grimoald Monnet (1734-1817),⁹¹ respectivamente. Estas obras son muy distintas de sus originales alemanes, ya que incluyen apreciaciones propias de los editores y poca atención puesta en el vocabulario técnico que implica una comprensión deficiente de los textos. Respecto a la *Nueva Teoría*, d'Aubuisson expresó: “Pero este tratado me parece que hará época en la parte de la Geognosia que trata de los filones, además está destinada principalmente a aquellos que desean estudiar esta ciencia a fondo; por ello, hemos creído conveniente dar *el original, incluso escrito en francés* [dar *el original incluso* traducido literalmente, y con toda la exactitud posible]”.⁹²

Años más tarde, d'Aubuisson publicó en 1819, a dos años de la muerte de su mentor su propio *Tratado de Geognosia*,⁹³ con lo que la difusión de las teorías neptunistas en Francia comenzó a cerrar su ciclo. En 1835, el geólogo, ingeniero de minas y profesor francés Amédée Burat (1809-1883) dio a la imprenta una segunda edición de d'Aubuisson



88. Christoph Andreas Schlüter, *Gründlicher Unterricht Von Hütte-Werken, Worin gezeigt wird, Wie man Hütten-Werke auch alle dazu gehörige Gebäude und Oefen aus dem Fundament recht anlegen solle, auch wie sie am Hartz und andern Orten angeleget sind. Und wie darauf die Arbeit bey Gold-Silber-Kupfer-und Bley-Ertzen, auch Schwefel-Vitriol-und Aschen-Werken geführet werden müsse. Nebst einem vollständigen Probier-Buch, darin enthalten wie allerley Ertze auf alle Metalle zu probieren, die Silber auf unterschiedene Art fein zu brennen, Gold und Silber mit Vortheil zu scheiden und alles, so dazu gehöret, zu verrichten*, Braunschweig, F. W. Meyer, 1738.
89. Johann Gottlieb Kern, *Bericht vom Bergbau*, Freiberg, Verlag der Kurfürstlichen Bergakademie, 1769.
90. Christoph Andreas Schlüter, *De la fonte des mines, des fonderies, &c... Le tout augmentée de plusieurs procédés & observations; & publié par M. Hellot*, París, Chez la veuve Pissot..., Jean-Thomas Herissant..., Pissot, fils, 1750-1753, 2 vols.
91. Antoine Grimoald Monnet, *Traité de l'exploitation des mines; avec un Traité particulier sur la préparation et le lavage des mines*, París, Didot, 1773.
92. Abraham Gottlob Werner, *Nouvelle théorie*, *op. cit.*, p. xvi. Entre corchetes las variantes de la edición parisina.
93. Jean François d'Aubuisson de Voisins, *Traité de Géognosie, ou exposé des connaissances actuelles sur la constitution physique et minérales du globe terrestre*, Estrasburgo, Fr. G. Levraut; París, 1819, 2 vols.

y en 1843 un texto propio: *Geología aplicada o Tratado del estudio y de la explotación de los minerales útiles*; allí todavía reconoce que Werner es el fundador de la Geognosia, considerada como una ciencia, y a la Geología como su aplicación práctica.⁹⁴ Lo mismo ocurre en la segunda edición de 1846, no así en la tercera de 1855, en la que coloca al sajón como un autor secundario, ya que la estructura y contenido de la obra responde a la explotación minera práctica.⁹⁵

La edición inglesa, 1809

La versión inglesa de la *Neue Theorie* también está relacionada con un alumno de Werner, Robert Jameson (1774-1854), quien se inscribió en la Academia de Minas de Freiberg en 1800.⁹⁶ Cuatro años más tarde fue nombrado profesor de Historia Natural en la Universidad de Edimburgo, puesto que desempeñó por medio siglo.⁹⁷ Fue autor de libros de texto, entre los que destaca el *Sistema de mineralogía*, de 1808 en tres volúmenes, utilizado en su cátedra.⁹⁸ El primero y segundo están dedicados a la Oryctognosia y contienen las tablas de caracteres exteriores y de clasificación de los minerales. El tercero, publicado en 1808, está dedicado a la Geognosia y por lo tanto tiene mucha relación con la *Neue Theorie*, ya que el autor afirma en una nota introductoria que se trata de un bosquejo del estado actual de esa disciplina, que es el “enunciado de los hechos más acertados respecto a la superficie y la



94. Amédée Burat, *Géologie appliquée, ou Tratié de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, París, Langlois et Leclerq, Leipzig, Léopold Michelsen, 1843, p. 9.

95. Amédée Burat, *Géologie appliquée, ou Tratié du gisement et de l'exploitation des minéraux utiles*, Troisième édition divisée en deux parties Géologie-Exploitation, Première Partie Géologie Pratique, París, Langlois et Leclercq, 1855.

96. *Festschrift zum hundertjährigen Jubiläum der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg am 30. Juli 1866*, Dresde, Druck der K. Hofbuchdruckerei von C. C. Meinhold & Söhne, 1866, vol. 1, p. 240.

97. Bill Jenkins, “Neptunism and Transformism: Robert Jameson and other Evolutionary Theorists in Early Nineteenth-Century Scotland”, *Journal of the History of Biology*. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s10739-015-9425-4>, consultado el 24 de junio de 2016.

98. Robert Jameson, *System of Mineralogy, Comprehending Oryctognosie, Geognosie, Mineralogical Chemistry, Mineralogical Geography, and Oeconomical Mineralogy*, Edimburgo, C. Stewart, vol. I, 1804; vol. II, 1805; vol. III, 1808.

estructura de la costra de la Tierra, y unas pocas inferencias, que parecen ser legítimas, respecto al modo de su formación”⁹⁹

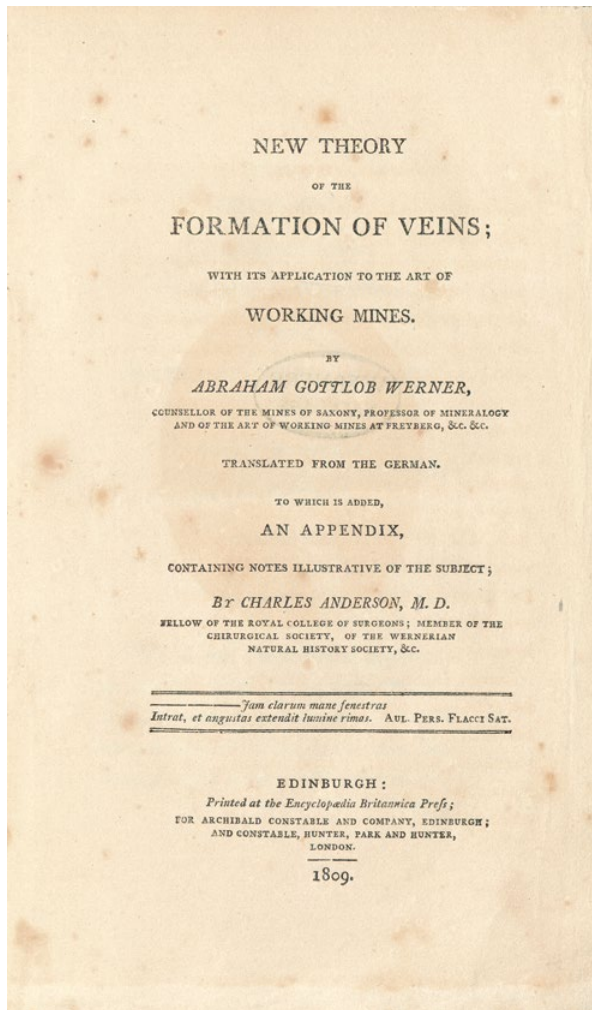


Figura 14

Abraham Gottlob Werner. Portada de la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas*, Edimburgo, 1809. Edición inglesa de Charles Anderson.

Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.



99. Robert Jameson, *System of Mineralogy*, *op. cit.* Edimburgo, C. Stewart, vol. III, 1808. Esta nota se encuentra después de la portada de este mismo libro.

En 1808 fundó en Escocia la Wernerian Natural History Society de la que fue presidente hasta su muerte; esta institución concluyó sus actividades en 1858 y tuvo una publicación periódica llamada *Memorias*, de las que se editaron ocho volúmenes entre 1808 y 1838. Entre los socios fundadores se encontraba Charles Anderson, traductor al inglés de la *Neue Theorie*. Destacan en la lista de miembros británicos “no residentes” y los extranjeros, varios exalumnos de Werner y otras personalidades científicas, como James Watt, Humphry Davy, Jons Berzelius, Scipion Breislack, Thomas Weaver, Jens Esmark, Georges Cuvier, René-Just Haüy (1743-1822), Johann Wolfgang von Goethe, Jean François d’Aubuisson de Voisins, Leopold von Buch, Christian Herrgen, Alexander von Humboldt y los residentes en Nueva España: Fausto de Elhuyar, Andrés Manuel del Río, Friedrich Traugott Sonnenschmid y Vicente Valencia.¹⁰⁰

Fue en este contexto de difusión de las teorías wernerianas desde la Universidad y la Sociedad en Edimburgo en que Charles Anderson, cirujano residente en Leith, y miembro fundador, realizó en 1809 la versión inglesa de la *Neue Theorie*.¹⁰¹ En una carta firmada el 20 de abril de ese año, el traductor presentó su trabajo ante la Sociedad Werneriana en la que menciona que, luego de 17 años de la publicación del original, poco hacía que se conocían los conceptos de Werner en territorio británico tras el regreso de Jameson a Escocia. Anderson argumentaba la posible utilidad de la obra tanto para el geognosta entrenado como para el minero práctico. Contrariamente a d’Aubuisson, este traductor no fue pupilo directo de Werner y es muy probable que nunca lo haya conocido en persona, pues sólo tenía las referencias indirectas de Jameson y tal vez muchos apuntes realizados por este durante su estancia en Freiberg. Al realizar su versión, consultó la traducción de d’Aubuisson e incluyó todas las adiciones realizadas por este. Destaca en sus conclusiones que “el traductor solicita a todos aquellos que, por su ubicación u ocupación personal, tuvieran la oportunidad de comparar los contenidos de este tratado con lo que ellos



100. “List of Members”, *Memoirs of the Wernerian Natural History Society*, vol. 1, 1808-1810, pp. xiii-xxi.

101. Abraham Gottlob Werner, *New Theory of the Formation of Veins; with its Application to the Art of Working Mines. By... Translated from the German. To which is added an Appendix, Containing Notes Illustrative of the Subject; by Charles Anderson, M. D.* Edimburgo, Printed at the Encyclopedia Britannica Press, 1809.

leyeran en el gran libro de la naturaleza, que ellos corregirían y rectificarían con sus observaciones lo que no correspondiera con los fenómenos reales de la naturaleza”.¹⁰²

Finalmente, subraya la poca información de los distritos mineros del territorio y la necesidad de la formación de exploradores con conocimientos prácticos y teóricos que reunieran los datos geognósticos faltantes. Como ya se señaló, en Escocia coexistió un grupo difusor de las teorías plutonistas de Hutton, encabezado por John Playfair; este personaje ocupó la cátedra de Matemáticas en la Universidad de Edimburgo, pero renunció a ella en 1805 para desempeñarse en la de Filosofía Natural¹⁰³ como contrapeso al nombramiento de Jameson en el curso de Historia Natural en 1804. Cabe destacar que estos dos profesores, promotores de las teorías de Werner y Hutton respectivamente, fueron coetáneos y sus actividades las desarrollaron en paralelo en la misma institución.

En 1807 se fundó la Real Sociedad Geológica de Londres, que tras un año de actividades se constituyó como la primera corporación especializada en las Ciencias Geológicas en el mundo. Su primer director, George Bellas Greenough (1778-1856) la impulsó sostenidamente durante seis años. Ya consolidada acogió a socios de la talla de Adam Sedgwick (1785-1873) en 1818, Charles Lyell (1797-1875) en 1819, Roderick Murchison (1792-1871) en 1824 y Charles Darwin (1809-1882) en 1836.¹⁰⁴ Tras la muerte de Jameson en 1854, los neptunistas perdieron su representación en Gran Bretaña, en donde además Lyell se posicionó como el líder de la Geología moderna con la publicación de los *Principios de Geología* (1830-1833).¹⁰⁵



102. Abraham Gottlob Werner, *New Theory*, *op. cit.*, p. xi.

103. James G. Playfair, “Biographical Account of the Late Professor Playfair”, en *The Works of John Playfair, Esq... with a Memoir of the Author*, Edimburgo, Printed for Archibald Constable & Co., 1822, vol. 1, p. xxi.

104. Martin J. S. Rudwick, “The Foundation of the Geological Society of London: its Scheme for Co-operative Research and its Struggle for Independence”, *British Journal for the History of Science*, vol. 1, núm. 4, diciembre de 1963, pp. 325-355.

105. Carmina Virgili, *El fin*, *op. cit.*, pp. 117-124.

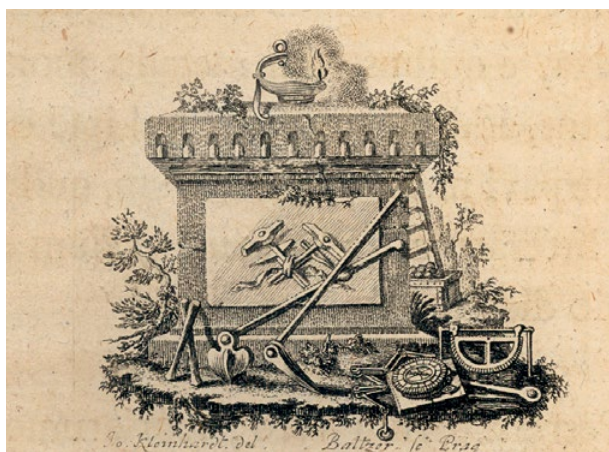


Figura 15

Alegoría de la minería. J. Kleinhardt, del y Balzer s.c., sin título, Ignaz von Born, *Index fossilium quae collegit, et in clases ac ordinies disposuit*, Praga, Wolfgang Gerle, 1772, s/n.

Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO ENTRE FREIBERG Y LA CIUDAD DE MÉXICO, SIGLO XVIII

FAUSTO DE ELHUYAR Y LA COMISIÓN SAJONA EN NUEVA
ESPAÑA, 1788-1799

La dinastía de los Borbones en España realizó una profunda modernización en todos sus territorios; la explotación minera novohispana, la fuente de riqueza más importante, precisaba de su optimización y control. Ello propició la fundación del Importante Cuerpo de la Minería de Nueva España el 24 de mayo de 1777, y la organización del gremio de los mineros bajo la guía del juriconsulto criollo Joaquín Velázquez de León (1732-1786) y el peninsular Juan Lucas de Lassaga (?-1786), director y administrador general de la corporación, respectivamente. Como consecuencia, se elaboraron unas *Reales Ordenanzas* que se publicaron en Madrid en 1783 y que serían la legislación minera vigente durante un siglo entero.¹⁰⁶



106. Santiago Ramírez, *Joaquín Velázquez de León*, México, SEFI, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 1983, primera edición, facsimilar de la de 1888, 76 p.; Juan Ramón Méndez Pérez, *El Tribunal de Minería de la Nueva España*, tesis para obtener el grado de doctor en Derecho, Facultad de Derecho-UNAM, 2012.

En 1786, tras la muerte de sus promotores, fue designado el 19 de julio como director general el metalurgista vasco Fausto de Elhuyar y Zubice (1755-1833), hijo de un médico que lo envió a París a estudiar Medicina.¹⁰⁷ Allí fue apoyado por la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País y después por la Corona española para estudiar en la Academia de Minas de Freiberg, entre 1778 y 1781. Posteriormente regresó a España, donde descubrió, junto con su hermano Juan José (1754-1796), el tungsteno o wolframio. Después de su nombramiento como director del Tribunal de Minería de la Nueva España, viajó por Europa central para estudiar el **sistema de amalgamación de metales preciosos** del consejero austriaco Ignaz Edler von Born (1742-1791). Durante su estancia, fue uno de los fundadores de la Sociedad Minera (Societät der Bergbaukunde) en Banská Štiavnica, actual Eslovaquia, primera en su tipo en el mundo; también se dio a la tarea de reunir a tres peritos mineros y ocho operarios germanos que pasarían con él a Nueva España para estudiar y mejorar la explotación minera.¹⁰⁸ El grupo de



Figura 16

Fachada del Real Seminario de Minería en República de Guatemala núm. 90, Centro Histórico de la Ciudad de México. Fotografía: Héctor Pineda Sánchez.



107. *Idem*, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Gobierno Federal en el ex Arzobispado, 1890, p. 53.
108. Francisco Omar Escamilla González, “Un reporte sobre la minería novohispana a fines del siglo XVIII: las cartas de Fausto de Elhuyar a Ignaz von Born”, *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País*, t. 65, núm. 1, Donostia-San Sebastián, 2009, pp. 225-264.

expertos arribó al Puerto de Veracruz el 4 de septiembre de 1788, mientras que Elhuyar luego de tomar posesión de su cargo se aprestó a redactar el plan de estudios del Real Seminario de Minería, inspirado en el de la Academia de Minas de Freiberg.¹⁰⁹

EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA DE MÉXICO

Entre las actividades que debía llevar a cabo el Cuerpo de Minería de Nueva España, estaba la formación por la vía científica moderna de jóvenes entrenados para la óptima explotación de los recursos mineros. Correspondió a Fausto de Elhuyar fundar el **Real Seminario de Minería**, primera escuela de ingeniería de América, el **1 de enero de 1792**. La enseñanza se planteó en cuatro años de estudios teóricos: Matemáticas, Física, Química y Metalurgia y Mineralogía, así como seis meses de práctica en un real minero. Además, los alumnos debían realizar un informe de los aspectos geognósticos, de explotación o beneficio para obtener el título de perito facultativo de minas o perito beneficiador de metales. Los catedráticos fundadores hicieron sus estudios académicos en Europa y buscaron transmitir los conocimientos más adelantados de la época.¹¹⁰ En esta institución fue donde se enseñó por primera vez el cálculo infinitesimal, se montó un gabinete demostrativo de Física, un laboratorio de análisis químicos para los minerales y se enunciaron los postulados que sirvieron para la fundación de las Ciencias modernas de la Tierra.¹¹¹

Esto último fue una realidad con la llegada de Andrés Manuel del Río, quien replicó las enseñanzas de Werner en Freiberg.¹¹² Así, fue la Ciudad de México el primer lugar fuera de Sajonia donde se enseñaron los principios de la formación de la costra terrestre propuestos



109. Santiago Ramírez, *Datos*, *op. cit.*, pp. 54-55.

110. Cf. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op. cit.*, pp. 41-43.

111. Santiago Ramírez, *Datos*, *op. cit.*, p. 176; José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op. cit.*, p. 76; Eduardo Flores Clair, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, INAH, Colección Científica, 2000; Clementina Díaz y de Ovando, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, t. 1, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 1998, 3 t.

112. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op. cit.*, pp. 139-147.

por Werner.¹¹³ Esta traducción es el objeto de esta investigación, en la que daremos algunos datos generales sobre la vida de Del Río y su cátedra para contextualizar la obra.¹¹⁴

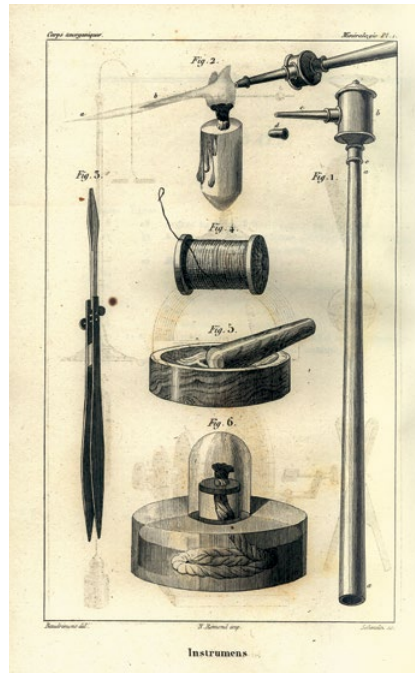


Figura 17

Soplete para análisis minerales húmedos. Se observan: 1. Soplete con su tubo y depósito; 2. Flamas para oxidación y reducción de los minerales; 3. Pinza de platina para sostener los fragmentos de minerales analizados al fuego; 4. Alambre de platina enrollado en una bobina y doblado en forma de ojo para el ensayo de las materias vítreas; 5. Mortero de ágata y 6. Lámpara de alcohol: *Instrumens*, V. Baudrimont del, Ollivier s.c. y N. Rémond imp., *Coupe et perspective systématiques des principaux terrains*.

Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, París, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 1 de Mineralogía. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.



113. Cabe notar que en Madrid, en el Real Estudio de Mineralogía dio inicio el curso de Orictognosia en 1800 a cargo de Christian Herrgen (1760-1816), traductor de la *Orictognosia*, de Widenmann, que se publicó en 1797 y 1798, Cf. Dolores Parra y Francisco Pelayo, “Christian Herrgen y la institucionalización de la Mineralogía en Madrid”, *Asclepio*, vol. XLVIII, núm. 1, 1996, p. 176.
114. La biografía más reciente de Del Río se encuentra en Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas*, op. cit., pp. 70-77; Octavio Puche Riart, *Andrés Manuel del Río*, op. cit.

ANDRÉS MANUEL DEL RÍO (1764-1849) Y SU CÁTEDRA

Andrés Manuel del Río Fernández nació el 10 de noviembre de 1764 en Madrid, sus padres fueron José del Río y María Antonia Fernández.¹¹⁵ Tras realizar sus primeros estudios en el Colegio de San Isidro en Madrid, obtuvo en 1781 los grados de bachiller en Leyes y bachiller en Artes por la Universidad de Alcalá de Henares.¹¹⁶ En 1782 se convirtió en alumno de la Academia de Minas de Almadén y a partir de 1784 fue becado por la Corona española para realizar estudios en el extranjero; ese año tomó el curso de Química de Jean D'Arcet (1725-1801) en el Collège de France.

Luego del ofrecimiento de la Corona austriaca para que expertos metalurgistas de Europa conocieran el método de beneficio por azogue en barriles ideado por Ignaz von Born (1742-1791), Fausto de Elhuyar se dirigió a mediados de 1786 a Hungría donde se harían las demostraciones. Se decidió que Del Río y otros jóvenes españoles lo acompañaran, pero después de determinar que aún requerían mayores conocimientos, este se matriculó en la Academia de Minas de Schemnitz en enero de 1787. Su estancia en esta institución fue importante, pues todo su aprendizaje respecto a la explotación minera, en particular la técnica de desagüe con una máquina de columna de agua, formarían parte de sus enseñanzas en el Nuevo Mundo años más tarde.

El 15 de diciembre de 1789 ingresó como alumno de la Academia de Minas de Freiberg, donde conoció a varios personajes relevantes de las Ciencias de la Tierra del siglo XIX: Alexander von Humboldt, Leopold von Buch y Dietrich Ludwig Gustav Karsten. Durante 1791, realizó varios viajes de reconocimiento de instalaciones mineras y metalúrgicas por Europa central, que incluyó uno a Inglaterra para conocer la región minera de Cornwall, famosa por la fabricación de bombas de vapor.¹¹⁷



115. La transcripción de su partida bautismal se encuentra en Santiago Ramírez, *Biografía del Sr. D. Andrés Manuel del Río. Primer catedrático de Mineralogía del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús, 1891, p. 55.

116. Archivo Histórico Nacional, Universidades, L410, fol. 84 y fol. 242.

117. Es importante señalar que algunos biógrafos de Del Río señalan que él estuvo en París durante la detención del químico Antoine Laurent Lavoisier, y que por ello debió huir a Inglaterra. No obstante, este hecho ocurrió en septiembre de 1793, cuando el español ya se encontraba en Madrid, de donde no se movió hasta su viaje a América. Es probable que a su paso por Francia a inicios de 1792, Del Río haya estado en medio de la toma del poder por la asamblea de Robespierre, justo antes de dirigirse a Cornwall.

En mayo de 1793 ya se encontraba de regreso en Madrid. Desde un año antes se había iniciado el proceso para contratar a los catedráticos del Real Seminario de Minería de México. Incluso, el 9 de abril de ese año, Del Río fue notificado de su nombramiento como profesor de Mineralogía y, en septiembre el Tribunal de Minería de Nueva España se dio por enterado de su aceptación. Aunque debió embarcarse en junio de 1793, la espera de algunos pertrechos para el Laboratorio de Química lo retrasó; partió de Cádiz el 30 de agosto de 1794 a bordo del navío San Pedro de Alcántara y arribó a Veracruz el 20 de octubre. Finalmente llegó a la Ciudad de México el 18 de diciembre y tuvo cuatro meses para preparar su curso de Mineralogía, que comprendía Orictognosia, Geognosia y Arte de minas, el cual inició con 10 alumnos el **27 de abril de 1795**. Ese mismo año se publicó la primera parte de los *Elementos de Orictognosia*, por lo que sus discípulos únicamente estudiaron un curso de esta parte de la Mineralogía.¹¹⁸

El primer acto público de la materia se celebró el 23 de octubre de 1795, sustentado por los estudiantes Casimiro Chovell y Vicente Herrera. Del Río también ocupó tiempo para redactar el *Tratado de vetas* y el *Arte de minas* que estuvieron listos para iniciar su cátedra en 1796. Ese fue el primer año en que impartió la parte de Geognosia; tuvo 21 alumnos dado que el año anterior no había podido enseñar esa disciplina y el Arte de minas, aunado a que la cátedra de Química, previa a la suya, no pudo abrirse por falta de profesor. Chovell, Herrera y Manuel Cotero participaron en el acto público el 16 de noviembre, allí detallaron las diferencias entre las montañas primarias y secundarias, así como las características de los distintos tipos de criaderos minerales.¹¹⁹

Del Río aprovechó el evento para pronunciar su primer discurso como catedrático, donde dejó claro que su curso incluía los componentes teórico y práctico de la *Bergwerkskunde*, de Werner:

Los ramos expuestos pertenecen a la parte teórica de la Mineralogía, y a la práctica el Arte de minas, que si no se ha de ejercer empíricamente (en cuyo caso es imposible conseguir el fin de disponer todos los trabajos subterráneos con la mayor economía posible), debe conformarse



118. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op.cit.*, p. 134.

119. AHPM, ML-90B, ff. 138v-140.

desde luego con las observaciones geognósticas para dirigir el arranque de piedras y corte de metal.¹²⁰

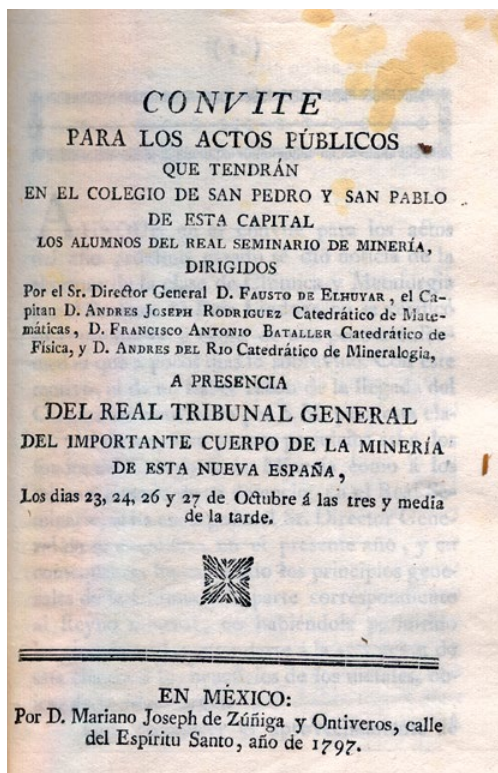


Figura 18

Convite de Actos Públicos que tendrán... los alumnos del Real Seminario de Minería, 1797.

Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Queda así de manifiesto el paralelismo entre los planteamientos de las cátedras de Werner y Del Río, por lo que es claro que este último planeó su enseñanza dentro de las Ciencias auxiliares de la minería o *Bergwerkskunde* de su profesor, y que para su cátedra tomó la Orictognosia y la Geognosia, divisiones de la Parte mineralógica y el Arte de minas, de la Parte técnica (tabla 1).



120. Andrés Manuel del Río, "Discurso que a presencia del Real Tribunal de Minería pronunció D. Andrés del Río, catedrático de Mineralogía, con motivo de los ejercicios públicos que tuvieron de tres ramos de esta ciencia los alumnos del Real Seminario de Minería de México en la tarde del 16 de noviembre de 1796", *Gazeta de México*, t. VIII, núm. 30, México, 18 de enero de 1797, pp. 245-252.

En cuanto a sus libros de texto, los *Elementos de Orictognosia*, el más conocido, fue impreso en dos volúmenes en 1795 y 1805.¹²¹

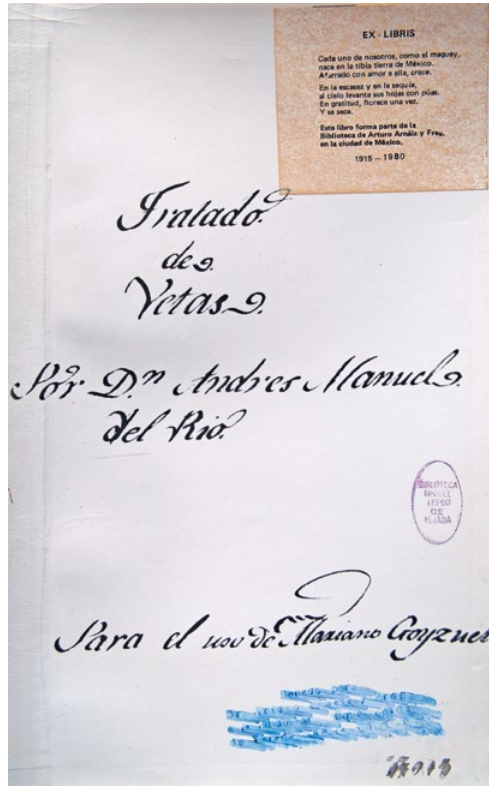


Figura 19

Andrés Manuel del Río. Portada del *Tratado de vetas*, 1795. Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólдер 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Se trató de una de las muchas obras publicadas por los alumnos de Werner que contenían los conceptos de Mineralogía como gran ciencia matriz y la Orictognosia, como la parte que estudiaba la clasificación y



121. Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia*, *op. cit.* Debemos destacar que esta es la obra más conocida de Del Río, primeramente por haber llegado a la imprenta, no como sus contemporáneas, y porque existen dos ediciones facsimilares, una publicada en Madrid en 1985 y otra en México en 1992. Cf. Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles*, Madrid, Universidad Complutense, 1985; Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia 1795-1805*, 1992.

descripción de los minerales por caracteres exteriores. Para el Arte de minas, Del Río redactó una obra con ese título, que aunque se trata de un texto original, está basado en el *Anleitung zu der Bergbaukunst*, de Christoph Traugott Delius, utilizado en la Academia de Minas de Schemnitz.¹²²

EL TRATADO DE VETAS, 1795

LA CULTURA DEL MANUSCRITO EN LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA DEL SIGLO XVIII

El historiador de la ciencia Thomas Morel ha demostrado que el gremio de los geómetras subterráneos de Sajonia, encargados de medir y levantar planos de las minas, transmitieron sus saberes por medio de manuscritos celosamente guardados y ocultos a todo individuo ajeno a la corporación hasta entrado el siglo XVIII. La apertura de instituciones de enseñanza superior originó la desaparición del gremio, pero no eliminó esta práctica, toda vez que profesores y alumnos de las academias continuaron con la difusión de conocimientos especializados en forma manuscrita.¹²³

Entre las décadas de 1780 y 1790, Werner había publicado sus dos primeras obras para impartir la parte de su cátedra sobre la Geognosia: *Breve clasificación de los diferentes tipos de rocas* (1787) y la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas* (1791). No obstante, a lo largo de los años como él mismo afirmó,¹²⁴ escribió varias versiones de un *Tratado de Geognosia* que nunca se llegó a imprimir. Sus alumnos realizaban notas que eran revisadas por el profesor, quien lamentaba que algunos de estos cuadernos, cuya calidad variaba según la habilidad del estudiante que los había realizado, “se han convertido en objeto de especulación mercantil, sobre todo en el extranjero”.¹²⁵ Al respecto,



122. El borrador de esta obra se encuentra en el Acervo Histórico del Palacio de Minería, encuadernado en el ejemplar personal de Del Río de las *Tablas mineralógicas*, de D. L. G. Karsten que él había traducido, aunque existe una copia del texto tal y como circulaba entre los alumnos en la Biblioteca de la Universidad de Yale.

123. Thomas Morel, “Le microcosme de la géometrie souterraine: échanges et transmissions en mathématiques pratiques”, *Philosophia Scientiae*, vol. 19, núm. 2, 2015, pp. 17-36.

124. Werner, *Neue Theorie*, *op. cit.*, p. xxv.

125. *Ibidem*, p. xxvi.

prometió la publicación de diversas obras sobre Orictognosia, Geognosia y Metalurgia del hierro, que nunca llegaron a la imprenta. Los textos impresos fueron parte importante del aprendizaje de Del Río y la base del *Tratado de vetas*, que redactó para uso de los alumnos del Real Seminario de Minería.

Sin duda, existió un manuscrito original del *Tratado de vetas*, de Del Río, aún no localizado, que era copiado por los estudiantes para su uso personal. Hasta el momento hemos logrado encontrar uno, perteneciente a Mariano Goyzueta, único alumno de dotación, es decir, que gozaba de una beca completa que le otorgaba educación, casa y alimentación, inscrito en el curso de Mineralogía en 1816.¹²⁶ La difusión manuscrita del conocimiento, práctica común desde al menos el siglo xvii, como referimos líneas arriba, Werner la replicó en cierto modo, pues sus obras tuvieron una edición única, a partir de las cuales sus alumnos integraban anotaciones que contenían las adiciones expuestas por el profesor en el curso. Cuando sus discípulos publicaron sus propias obras quedó manifiesta la evolución del pensamiento de Werner, de un modo explícito que no aparece en sus libros.¹²⁷ Del Río continuó con esta práctica, y así Goyzueta poseyó copias del *Arte de minas*, de la *Geometría subterránea* y del *Tratado de vetas*. Existen otras versiones de los dos primeros, no así del último que es único, cuyo original se encuentra en la Colección Latinoamericana de la Universidad de Yale.¹²⁸

A mediados del siglo xx, el historiador Arturo Arnaiz y Freg (1915-1980), el fisiólogo José Joaquín Izquierdo (1893-1974) y el químico Modesto Bargalló (1894-1981) formaron un grupo de estudio de la vida, obra y descubrimientos de Del Río. Con motivo de la celebración del bicentenario de su natalicio, Arnaiz había proyectado la publicación de los manuscritos resguardados en Yale, hecho que nunca ocurrió por motivos que desconocemos. Afortunadamente, mandó



126. AHPM, ML-368B, ff. 4-4v.; AHPM, 1816/I/165/d. 13, f. 1v. Mariano Goyzueta ingresó al Real Seminario de Minería en 1809 y ocupó una plaza de alumno de dotación abandonada por su hermano José María, según información del Tribunal de Minería del 5 de enero de ese año. En 1816, Goyzueta fue el único estudiante pensionista inscrito en el curso de Mineralogía, fue acompañado por los porcionistas Gregorio y Renato Ker.

127. Francisco Omar Escamilla González, “¿Orictognosia o Mineralogía?”, *op. cit.*, pp. 524-560.

128. Pedro Guibovich *et al.*, *Guide*, *op. cit.*, caja 29, fólter 512, rollo 27.

pedir copias de la *Geometría* y del *Tratado de vetas*, que se encuentran en la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, donde donó su colección personal. A partir de este ejemplar nos fue posible realizar la transcripción que el lector tiene en sus manos.

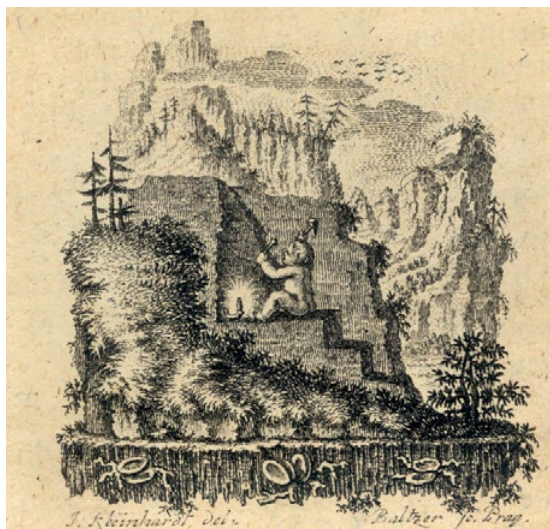


Figura 20

Alegoría de la minería. J. Kleinhardt, *del* y Balzer *s.c.*, *sin título*, Ignaz von Born, *Index fossilium quae collegit, et in clases ac ordinies disposuit*, Praga, Wolfgang Gerle, 1772, p. 157. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

DERROTOS DE LA *NEUE THEORIE*, TRADUCCIÓN Y USO EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA

Las traducciones francesa e inglesa de la *Neue Theorie* se hicieron para difundir las teorías de Werner en el mundo galo y para servir de complemento a los textos de Jameson en la Universidad de Edimburgo como parte de una cátedra de Historia Natural. En el mundo hispánico, la obra de Werner fue examinada por funcionarios de la Corona para evaluar su utilidad en la minería americana y, por tanto, en el entrenamiento de los alumnos del Real Seminario de Minería de México. En las siguientes páginas se relata el periplo de un ejemplar de la *Neue Theorie* entre Freiberg y México, su paso por Dresde y Madrid y cómo fue dictaminado para su uso y posterior traducción por Andrés Manuel del Río en 1795.

La forma en que la *Neue Theorie* se convirtió en el texto de Geognosia en el Real Seminario de Minería de México es una historia inédita que vale la pena contar. La obra llamó la atención de la Corona española desde su publicación en 1791, ya que Del Río fue testigo de la preparación e impresión, pues se encontraba en Freiberg a finales de octubre de ese año.¹²⁹ El manuscrito original de Werner contiene distintas versiones firmadas entre abril y junio de ese año, en tanto que la dedicatoria e introducción de la edición impresa están fechadas el 20 de noviembre.¹³⁰ De este modo, es muy probable que Del Río haya estado implicado en el envío de la *Neue Theorie* para su uso en España.¹³¹

Al iniciar el segundo semestre de 1791, el ministro de España en Sajonia, Luis de Onís (1762-1827) fue sustituido por José de Quiñones,¹³² quien desde Dresde envió un ejemplar de la *Neue Theorie*, de Werner al monarca español en los primeros meses del siguiente año por considerarla “útil y aumentar los conocimientos” de los mineros novohispanos. En respuesta, el rey Carlos IV instruyó a Diego Gardoqui (1735-1798), superintendente de la Real Hacienda para que el consejero de Indias Pedro Aparici remitiera el libro al director general de Minería en Nueva España y del Real Seminario de Minas, Fausto de Elhuyar, para que mediante examen determinara su posible aplicación en la minería americana. Aparici envió el despacho al virrey Revillagigedo el 3 de junio de 1792, quien a su vez emitió una Real Cédula el 30 de ese mes para que Elhuyar lo llevara a cabo; finalmente el 21 de octubre le hizo llegar el ejemplar.¹³³

Un año después, para el 24 de octubre de 1793, Elhuyar envió su dictamen, que en síntesis expresó que la *Nueva Teoría*, de Werner



129. Andrés Manuel del Río dirigió desde Freiberg una carta al naturalista austriaco Carl Maria Erenbert von Moll (1760-1838) con esa fecha. Cf. *Des Freiherrn Carl Erenbert von Moll Mittheilungen*, 1834, vol. 3, pp. 607-611.
130. *Werner Nachlass*, op. cit., t. 8, ff. 154-501; Abraham Gottlob Werner, *Neue Theorie*, op. cit., p. xxvi.
131. AHN, Estado, leg. 4671: “Instrucciones que de orden del rey se forman para que sirvan de gobierno a los tres pensionados dn. Josef Ricarte, dn. Andrés Manuel del Río y dn. Francisco Codón en los estudios y viajes que deben emprender a fin de completar sus conocimientos y regresar a España para ser empleados con proporción a su instrucción y adelantamientos”. San Lorenzo, 26 septiembre 1790). Citado en Sandra Rebok y Francisco Pelayo, “Un condiscípulo”, 2004, pp. 87-111.
132. *Idem*, Secretaría de Estado y Despacho del Estado, núm. 4430, exp. 160 y exp. 249.
133. *Ibidem*; Archivo General de la Nación [en adelante AGN], Instituciones Coloniales, Gobierno Virreinal, Reales Cédulas Originales, vol. 152, exp. 154, f. 215-215v.

era en realidad una adecuación de la obra de Agricola, pero que la forma como estaba presentada y demostrada a partir de las observaciones directas la hacía de interés para los naturalistas. Debemos hacer notar que cuando Elhuyar estudió en Freiberg entre 1778 y 1781, Werner no había aún desarrollado el concepto *Geognosia*, por lo que ni siquiera utiliza este término que solo sería retomado con la llegada de Del Río a América.

El director Elhuyar ofreció un resumen de los 10 capítulos de la obra (ver anexo 1) y advirtió que la teoría expuesta solo sería comprendida y asimilada por los peritos entrenados en las Academias de Minas, dada la complejidad de los procedimientos y reglas en los viajes de exploración, organizados para el estudio *in situ* de la historia del globo y los frutos en su superficie por los mineros. Es decir, los encargados de la asimilación y aplicación de la teoría debían ser los funcionarios mineros del Estado, egresados del Real Seminario de Minería.

En ese tenor, Elhuyar propuso que las diputaciones territoriales de minería eran las instancias indicadas para el fomento de esas labores en Nueva España, aunque lamentaba que estaban constituidas por hombres carentes de conocimientos, que permanecían muy poco tiempo en su cargo, que daban preferencia a sus negocios sobre los de otros mineros pertenecientes a la corporación y que no tenían un sueldo, por lo que no se comprometían con su empleo. Con ello, concluyó que las reglas de Werner no serían aplicables mientras no se reordenara la estructura y competencia de las diputaciones locales. Así pues, sería necesario que los egresados del Seminario de Minería ocuparan los cargos y recibieran un pago para llevar a cabo la administración territorial, tal y como ocurría en Europa.¹³⁴

En comunicación del 26 de octubre de 1793, el virrey Revillagigedo expresó a Elhuyar que debían tenerse tres copias de la *Neue Theorie*: una para la Secretaría de Cámara del virrey, otra para la Corte, donde al final debía regresarse el original, “por no haber otro” y una



134. AGN, Instituciones Coloniales, Real Hacienda, Minería, Contenedor 12, vol. 26, exp. 9. El sueño de Elhuyar nunca se llevó a cabo, toda vez que el número de egresados y los problemas políticos generados por la invasión napoleónica a España y el inicio de la Revolución de Independencia de México, impidieron el empleo de estos individuos en la dirección de los trabajos mineros. No obstante, el Colegio fue semillero de muchas de las instituciones de investigación y enseñanza científica de nuestro país a lo largo de más de dos siglos.

tercera para la biblioteca del Seminario de Minería.¹³⁵ Pese a las recomendaciones de Elhuyar realizadas el 21 de noviembre, respecto a que el impreso alemán sería de utilidad en el plantel, ya que los catedráticos que vendrían de Europa conocían el idioma y la materia, el virrey insistió el 5 de diciembre que el ejemplar debía quedar en la Secretaría de Cámara junto con todos los documentos del expediente que lo acompañaban y que estaría disponible para los catedráticos del Colegio si lo necesitaban.¹³⁶

Tras recibir la carta de Elhuyar, el ministro Gardoqui confirmó la utilidad de la obra de Werner, pero también recibió noticia del rey de que Andrés del Río, quien estaba por embarcarse en Cádiz, para desempeñarse como catedrático del Real Seminario de Minería de México tenía “un extracto en latín de la citada obra”, por lo que se había decidido que él la tradujera al español una vez llegado a México. El rey dispuso mediante una orden firmada en Aranjuez el 9 de abril de 1794, que además Elhuyar debía revisar el trabajo concluido para mandarlo a la imprenta con el objeto de “que se pasen ejemplares a todos los reales de minas para que los mineros se aprovechen de sus útiles reglas en los casos que ocurran”, incluidos los de Guatemala.¹³⁷ Finalmente el 14 de febrero de 1795, el Tribunal recibió la orden de parte del virrey Branciforte para llevar a efecto la comisión y solicitó el cálculo de los ejemplares necesarios que debían de imprimirse para su distribución.

Una semana más tarde, el 21 de febrero, el Tribunal de Minería consignó en su diario el envío de un “auto mandando acusar a S.E.E. el recibo de su oficio de 20 de este en que inserta la Real Orden de 9 de abril último acompañando el informe hecho por el Director D. Fausto de Elhuyar sobre la Nueva Teoría de vetas metálicas escrita por el Profesor Werner para que don Andrés del Río la traduzca al castellano y hecho vuelva al Tribunal”.¹³⁸ Así pues, el día 23 fue enviado el ejemplar del libro, el cual fue recibido por el Real Tribunal de Minería dos días más tarde,¹³⁹ es decir, mes y medio antes del inicio de la cátedra



135. *Idem*, Instituciones Coloniales, Gobierno Virreinal, Reales Cédulas Originales, vol. 157, exp. 242, f. 325.

136. *Ibidem*, f. 326.

137. *Ibidem*, ff. 324-324 v.

138. AHPM, ML-93B, f. 225.

139. *Ibidem*, f. 255 v, 256 v-257 y AHPM, ML-134B, ff. 60 v-61.

de Del Río. Ignoramos el tiempo que le haya tomado realizar la traducción, debido a que nunca llegó a la imprenta, por lo que no existen las aprobaciones y permisos ordinarios, aunque es muy probable que estuviera concluida para el inicio de cursos de 1796, de modo que puede fecharse en 1795.

CONTENIDOS DEL *TRATADO DE VETAS*

Andrés Manuel del Río generó un estilo propio para traducir y editar las obras científicas que utilizó para la enseñanza. Por ejemplo, cuando redactó su *Arte de minas* tomó como guía el capitulado de la *Introducción al Arte de minas*, de Delius. En el caso del *Tratado de vetas*, utilizó como base la estructura de la *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge*, de Werner. En este sentido tradujo únicamente 50 de las 256 páginas del original, es decir, apenas una quinta parte del total. Los capítulos que omitió en su versión fueron el segundo, el quinto, el séptimo, el octavo, el noveno y el décimo, pero fueron discutidos en los discursos que dictaba al fin del año en el Colegio de Minería. En la tabla 3 se incluye la comparación de los índices de ambas versiones y se aprecia claramente la ausencia de los capítulos recién mencionados y otras secciones, que parcialmente están tomadas de la *Vorlesungen über die Geognosie [Lecciones de Geognosia]*, obra inédita de Werner.

Tabla 3

CAPITULADO DE LAS OBRAS DE WERNER (1791) Y DEL RÍO (1795)

Abraham Gottlob Werner		Andrés Manuel del Río	
<i>Neue Theorie von der Entstehung der Gänge y Vorlesungen über die Geognosie</i> (en cursivas)	Pág	<i>Tratado de vetas</i>	Pág
1.2 Definition der Gänge	2-3	Su definición	1
<i>Zwietes Stück. Besondere Lagerstätte der Fossilien welche mit der Gebirgsmasse von ungleich ...und genau von anderen Erdschichtenind; Erste Gattung. Gänge</i>		<i>Cúmulos o vetas acumuladas*</i>	3
<i>Gänge, Sect. 33. Die Masse der Gänge</i>		<i>De la masa de las vetas*</i>	3
<i>Gänge, Sect. 53</i>		<i>De la relación de las vetas en sí*</i>	8
		<i>Relación de las vetas con el exterior de las montañas*</i>	10

		<i>Relación de las vetas con el interior de las montañas*</i>	10
		<i>De la diversa antigüedad de los fósiles***</i>	14
		<i>De la antigüedad de las vetas respecto de las rocas***</i>	19
		<i>Efectos de la diversa antigüedad de las vetas y de las rocas***</i>	20
<i>2. Kurze Geschichte der verschiedenen bisherigen Gang-Theorien**</i>	7-50		
<i>3. Kürzliche Ausstellung der neuen Theorie von den Gängen und ihrer Entstehung</i>	51-58	De la teórica de las vetas y de su formación	24
<i>4. Beweise, dass die Gangräume anfänglich offen Spalte der Gebirge waren</i>	59-61	Pruebas de que las vetas fueron primero rajas abiertas	27
<i>Erster Beweis für die Entstehung der Gangräume, durch Spaltung der Gebirge, aus der Notwendigkeit der Entstehung solcher Spalte</i>	61-63	Prueba primera	28
<i>Zweiter Beweis dafür, aus dem noch in unsern Tagen entstehenden solchen Spalten</i>	63-66	Segunda	30
<i>Dritter Beweis, aus der völligen Urvereinkunst der Gänge in ihrem Aussern mit Gebirgspalten</i>	66-67	Tercera	31
<i>Vierter Beweis, aus der ununterbrochenen Progression von den schmalsten Klüften zu den mächtigsten Gängen</i>	67	Cuarta	32
<i>Fünfter Beweis, aus den auf Gängen so häufig vorkommenden Drussen, und ihrer Beschaffenheit</i>	67-68	Quinta	32
<i>Sechster Beweis dafür, aus gewissen Ausfüllungs-Massen der Gänge, und zwar zuerst aus der Ausfüllung einiger Gänge mit wahren Geschieben (se subdivide en seis partes)</i>	68-81	Sexta	32
<i>Siebenter Beweis für die vorgetragene Entstehungsart der Gangräume, aus dem Verhalten der Gänge gegen einander</i>	81-84	Séptima	37
<i>Achter Beweis dafür, aus dem Verhalten der Gänge gegen die Gebirgslager</i>	84-87	Octava	39
<i>Neunter Beweis dafür, aus der innern Lagen-Struktur der mehresten Gänge</i>	87-88	Nona	41
<i>5. Weitere Erläuterungen der so eben vorgetragene Beweise, und der dadurch begründeten Theorie, und Wegräumung einiger dagegen gemachten Einwendungen**</i>	89-103		

6. Beweise über die Ausfüllung der offenen Gangräume durch nassen Niederschlag von oben herein	104-106	Pruebas de que las rajadas abiertas de las vetas se llenaron de un sedimento húmedo de arriba abajo	43
Erste Beweis für die Ausfüllung offener Gangräume durch nassen Niederschlag von oben herein, aus der Notwendigkeit derselben, bei den Bedeckungen solcher Gegenden mit nasser dergleichen Bestandtheile enthaltender Auflösung (en total tres apartados)	106-111	Primera prueba	44
Zweiter Beweis für die Vorgetragene Ausfüllung der Gangräume, aus den nur einigen Gängen vorkommenden Geschiben und Versteinerungen	111	Segunda	48
Dritter Beweis dafür, aus der innern Struktur der Gänge	111-113	Tercera	48
		De los cúmulos o vetas acumuladas*	49
		De la formación de los fósiles***	50
7. Beantwortung derjenigen Einwürfe, welche der vorgetragenen Theorie von der Ausfüllung der Gangräume theils gemacht werden, theils gemacht werden könnten; und weitere Ausführung sowohl der ganzen neuen Theorie von der Entstehung der Gänge überhaupt, als auch der von der Ausfüllung der Gangräume insbesondere**	114-168		
8. Kurze Widerlegung der ältern Theorien von der Entstehung der Gänge**	169-200		
9. Anwendbarkeit der neuen Gangtheorie auf den Bergbau**	201-223		
10. Kurze Beschreibung, der in der Freiburger Erz-Revier befindlichen wichtigsten Gang-Erz-Formationen**	224-251		
Anhang	252-256		

Elaboración propia con base en Werner, *Neue Theorie*, 1791, *Werner Nachlass*, t. 3 y Del Río, *Tratado de vetas*, 1795. El * indica las secciones que Del Río tomó de las *Lecciones de Geognosia*; ** señalan los capítulos de la *Neue Theorie* que omitió Del Río en el *Tratado de vetas*, pero que fueron discutidos en los discursos que dictaba al final de los cursos en el Real Seminario de Minería de México; *** indican pasajes cuyo origen no se ha determinado y que pueden ser de autoría de Del Río.

Tratado de Vetas.

Vetas: son los criaderos particulares de los trozos de figura aplastada q^e contienen siempre las lavas de la roca, y están llenos de una masa mas ó meno diversa de color.

Lavas: son las masas homogéneas de la roca divididas por comarcas paralelas en trozos aplastados tambien paralelos. Las rocas q^e están así divididas se llaman estratificadas pero no todas lo están.

Mas exactam.^{te} se determinan las Vetas diciendo q^e son ranas q^e se formaron en las montañas, y se llenaron visto.^{do} de diversos trozos mas ó meno diferentes de la roca, y así es menester distinguirlos de todos aquellos criaderos q^e tienen la misma posición q^e la roca en q^e se encuentran, y á q^e pertenecen, aunque el mineral se llama impropiam.^{te} Vetas, q^eo tienen el color q^e suelen tener color.

Sus dos mayores lavas q^e las determinan, y son por lo comun hoas, se llaman las quartas, la parte superior hacia las superficies de la tierra ó en ella misma abaxa, ó exterior, y la inferior color y castra mas los dos limites hacia dos partes opuestas del Mundo. Todas tres dimensiones tienen relación entre sí, aunque la longitud y profundidad son mucho mayores: la anchura es la q^e se toma para determinar con exactitud las Vetas, en razón á una vena de media pulgada la llaman ya Veta, q^e otras veces llega á 3 tocos, y rara vez á mas; á las q^e están debajo de media pulgada las llaman venas, de 6 ó 7 medidas

Figura 21

Andrés Manuel del Río, fragmento de texto del *Tratado de vetas*, 1795, p. 2.
Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólder 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

De las *Lecciones de Geognosia* existen cerca de una decena de versiones repartidas en los nueve tomos de Geognosia del *Werner Nachlass* en Freiberg. Tras consultar la contenida en el tercer volumen, cuya fecha es difícil de consignar debido a que su autor no acostumbraba escribirla, fue posible establecer las secciones que Del Río tomó de esta, también en forma de glosa.¹⁴⁰ Las páginas 3 a 13 y 49 del *Tratado de vetas* están inspiradas directamente en las *Lecciones*. Particularmente de una sección que aborda las distintas especies de criaderos minerales, entre los que se encuentran las vetas.¹⁴¹

Respecto a las páginas 14 a 24 y 50, no fue posible ubicar una fuente directa, por lo que podrían tratarse de textos originales de Del Río o de glosas tomadas a partir de otros escritos de Werner. El español estructuró de manera particular su tratado, integrando información de la *Neue Theorie* y las *Lecciones*. Por ejemplo, la séptima prueba de que las vetas habían sido originalmente rajadas abiertas coloca una serie de notas marginales: “F.D., F.E..., F.H.” que presumiblemente podrían ser el llamado a las figuras que acompañarían la explicación.¹⁴² Esta sugerencia está apoyada en las ilustraciones agregadas por Werner en sus *Lecciones*, de manera puntual en el pasaje en que describe la formación, características y antigüedad relativa de las vetas y que corresponden a lo expuesto por Del Río.¹⁴³

El español concluye con dos apartados: uno titulado “De los cúmulos o vetas acumuladas”, homónimo de otro añadido al inicio del tratado, aunque muy breve, y otro más extenso “De la formación de los fósiles”, que debe analizarse más a detalle, toda vez que sugiere ser un añadido posterior a la redacción original del *Tratado* de 1795 y expuestos en el discurso de clausura del año escolar del Seminario de Minería en 1799 (anexo 2). El texto inicia con la explicación del origen arcaico de los fósiles o minerales por dos vías: húmeda y seca; su transformación causada por el agua, el aire y otros agentes fisicoquímicos y geológicos; discute la presencia de petrificaciones en las cimas de las montañas, como lo había hecho Nicolaus Steno (1638-1686) en el



140. *Werner Nachlass, op. cit.*, t. 3, ff. 1-333. *Vorlesungen über die Geognosie*.

141. *Ibidem*, ff. 290 ss.

142. Andrés Manuel del Río, *Tratado de vetas*, 1795, pp. 38-39. Fondo Arturo Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México. Esta fuente es una copia impresa de un microfilm de la Latin American Collection de la Universidad de Yale.

143. *Werner Nachlass, op. cit.*, t. 3, ff. 303-314v.

siglo xvii y explica el origen de los edificios volcánicos mediante una clasificación en **volcanes** propios e impropios o pseudovolcanes, totalmente de su autoría, ya que ni Werner ni los autores que cita refieren esa denominación. Los primeros son aquellas montañas, cuyo origen es una erupción volcánica violenta en los que constata la formación de sublimados como la *sal ammoniac*, aunque sí afirmó que los materiales producidos por la actividad volcánica en realidad eran muy reducidos, incluido el basalto, que por su cercanía a los volcanes se creía su origen en él. En cuanto a los volcanes impropios, estos eran producidos por escurrimiento de material ígneo que no generaban un cono o elevación, y cuyos productos son los combustibles fósiles, como el carbón y la hulla.¹⁴⁴

Además enlista las causas que acompañan a una erupción como los temblores de tierra y las explosiones de material incandescente tales como bombas, lava y escorias a través del Etna y el Vesubio, los volcanes más célebres en la literatura y extrae las observaciones realizadas por William Hamilton (1731-1803), Giovanni Maria della Torre (1712-1782), Déodat de Dolomieu (1750-1801) y Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819). Para el caso americano, es posible que tras la expedición de Humbolt en septiembre de 1803 al volcán del Jorullo, y su posterior regreso a Ciudad de México, estos personajes intercambiaron ideas, testimonios materiales y experiencias en torno a los edificios volcánicos, que el barón había incluso estudiado en Italia y en las Islas Canarias.¹⁴⁵

En suma, Del Río, en su *Tratado de vetas*, tradujo en versión literal y resumida los ejemplos propuestos por Werner para comprobar la universalidad de los postulados de su teoría neptunista. Así como él plasmó en manuscritos la evolución epistemológica de su teoría, el español la expresó en los discursos anuales de fin de cursos durante los Actos Públicos de los alumnos del Real Seminario de Minería. En este sentido, el *Tratado de vetas* contiene los conceptos teóricos de la



144. Cf. Alan Cutler, *Una nueva historia de la Tierra: un relato sobre ciencia y Nicolaus Steno, el genio que descubrió la Geología*, Barcelona, RBA Libros, 2007, 255 p. *La sal ammoniac* es producto de la sublimación de algunos minerales contenidos en las fumarolas durante una erupción volcánica.

145. Marie-Noëlle Bourguet, “Escritura del viaje y construcción científica del mundo. La libreta de Italia de Alexander von Humboldt”, *Redes*, vol. 14, núm. 28, Buenos Aires, noviembre de 2008, pp. 81-95.

Geognosia y numerosos ejemplos ilustrativos situados en Europa, que tenían poca relación para los estudiantes novohispanos y lectores americanos. En este marco, el análisis de estos discursos nos permite comprender la evolución conceptual que Del Río concibió gracias a las exploraciones geognósticas llevadas a cabo en esos años en territorio americano, de modo que tanto el *Tratado de vetas* como las disertaciones escritas entre 1799 y 1805 conforman un *corpus*. Desde esta perspectiva, nos aventuramos a pensar que el contenido de esos textos equivale a los descritos por Werner sobre los casos locales de Sajonia incluidos en su *Nueva Teoría* y por ello consideramos su inclusión para su mejor comprensión (Apéndice).

LA DIFUSIÓN Y APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS NEPTUNISTAS EN LA OBRA DE ANDRÉS DEL RÍO

Los primeros 10 años de trabajo de Andrés del Río en México, de 1795 a 1805, representaron una etapa de profunda creatividad intelectual y pueden ser divididos en dos lustros: el primero se caracterizó por la redacción de sus libros de contenido teórico, la elaboración detallada de su propuesta de enseñanza apegada al modelo empleado por Werner en Freiberg y el adiestramiento de los primeros alumnos que recorrieron el territorio para realizar exploraciones geognósticas. El segundo lustro se distinguió por el desarrollo de la parte práctica de la Mineralogía a partir del acopio de descripciones, datos y especímenes por parte de los estudiantes del Colegio de Minería y por otros personajes como el arquitecto Luis Martín y el mineralogista Friedrich Sonneschmid (1763-1824); además de la incorporación de las ideas de René Haüy (1743-1822) y Dietrich Karsten (1768-1810) en la Cristalografía y análisis químicos de los minerales, respectivamente. En este periodo destaca la visita de Alexander von Humboldt, quien discutió distintos aspectos científicos con Del Río y elaboró un lenguaje universal, que llamó **Pasigrafía geológica**, para ayudar a los alumnos a representar mediante símbolos monocromáticos la incidencia de minerales y rocas en las formaciones geológicas del territorio.

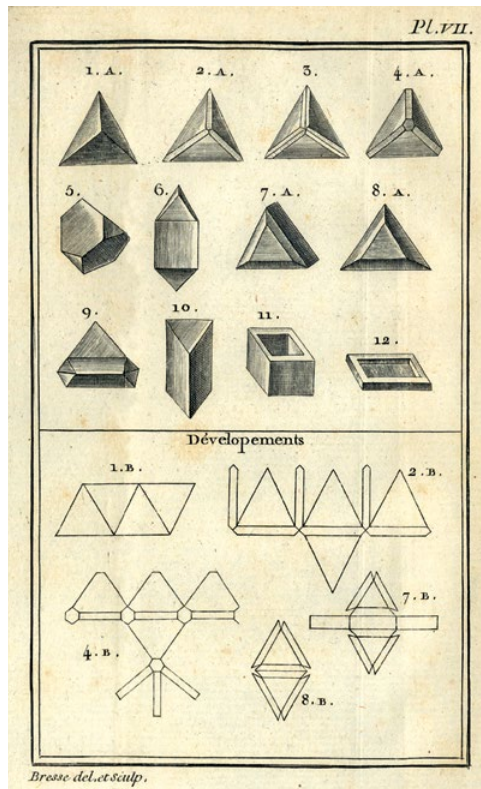


Figura 22

Bresse *del. et sculp.*, Modelos de cristales piramidales y rectangulares. Romé de L'isle, *Essais de cristallographie ou description des figures géométriques, propres à différents corps du règne mineral connus vulgairement sous le nom de cristaux*, Paris, Chez Didot jeune, 1772, lám. 7. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA DE ANDRÉS MANUEL DEL RÍO (1797-1799)

El 27 de abril de 1795 quedó formalmente inaugurada la cátedra de Mineralogía del Colegio de Minería. Tras la impartición del primer curso completo en 1796, Del Río continuó su curso con regularidad hasta 1805; por su cátedra pasaron 36 alumnos.¹⁴⁶ *La Gazeta de México*



¹⁴⁶. Para conocer los nombres y fechas de permanencia en la cátedra de los alumnos Cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, “Bringing Werner’s Teachings to the New World: Andrés Manuel del Río and the Chair of Mineralogy in the School of Mines of Mexico (1795-1805)”, *Earth Sciences History*, vol. 39, núm. 2, 2020, p. 250.

dio la noticia del acto público realizado el 26 de octubre de 1797 con la participación de los colegiales Vicente Valencia, Francisco Álvarez, José Joaquín Zavala y Vicente del Moral,¹⁴⁷ quienes explicaron respecto a la Geognosia:

La distinción de las montañas en primitivas, secundarias, de acarreo y volcánicas, manifestando las circunstancias peculiares de su formación, la diferencia en las materias de que se componen, y la diversa disposición que respectivamente observan entre sí, con otras pruebas de su diferente origen y antigüedad. Trataron igualmente de la diversidad de criaderos y los minerales propios de cada uno en las diferentes montañas, exponiendo la teoría de la formación de las vetas más conforme con los fenómenos que presentan.¹⁴⁸

En esta demostración queda manifiesto el uso de la *Teoría de las vetas* como texto, ya que contiene la clasificación de las montañas y la determinación de su antigüedad relativa. Aunque no hay más datos de lo ocurrido durante ese año en su curso, lo más relevante dentro de la enseñanza del Real Seminario fue la apertura de la cátedra de Química y Metalurgia a cargo de Fausto de Elhuyar. Para explicar la falta de registros del ejercicio profesional de Del Río entre finales de 1797 y principios de 1798, es que él estuvo dedicado a su vida personal, toda vez que contrajo matrimonio con Ignacia Gandiaga Garduño, originaria de Querétaro e hija de José Gandiaga y María de la Luz Garduño. Fruto de esta unión, el 23 de diciembre de 1798 nació la primera hija del matrimonio, María del Loreto Victoria Luisa, quien aparentemente no vivió muchos años, pues no es mencionada con posterioridad en ninguno de los documentos familiares.¹⁴⁹



¹⁴⁷. Santiago Ramírez, *Datos*, *op. cit.*, p. 140.

¹⁴⁸. “México”, *Gazeta de México*, t. VII, núm. 46, 29 de noviembre de 1797, pp. 374-375; AHPM, ML-90B, ff. 155v-156.

¹⁴⁹. El registro de matrimonio no se ha encontrado hasta el momento. “México, Distrito Federal, registros parroquiales y diocesanos, 1514-1970”, database with images, FamilySearch. Disponible en <https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:JMBZ-ZYV>, consultado el 26 de mayo de 2016. María del Loreto Victoria Luisa Río Gandiaga, 1798. Disponible en <http://gw.geneanet.org/sanchiz?lang=es&m=D&p=jose+joaquin&n=gandiaga&siblings=on¬es=on&t=T&v=6&image=on&marriage=on&full=on>, consultado el 26 de mayo de 2016.

De regreso a su vida académica, el curso de 1798 inició con 11 alumnos, de los cuales había siete repetidores.¹⁵⁰ Durante ese año los 10 primeros colegiales que habían concluido sus cursos teóricos en el Colegio salieron a realizar sus prácticas a los reales mineros durante dos años, aunque sin la guía de los catedráticos. Ante esta situación, el Tribunal de Minería, del que dependía el Colegio Metálico, propuso inicialmente que los diputados mineros locales se encargaran de los jóvenes estudiantes. Dicha situación no era idónea, pues esos funcionarios no “serían tal vez en muchas ocasiones jueces competentes, para que Vuestra Superioridad pudiese confiar completamente en su dictamen por faltarles las nociones teóricas que pueden ser muy al caso”, así se sugirió que quedaran bajo la tutela de algún perito minero titulado, si lo hubiere.¹⁵¹

El nuevo campo del estudio *in situ* del libro de la naturaleza por parte de los colegiales evidenció la falta de una colección mineralógica para la enseñanza, pues únicamente se contaba con una muy modesta y poco organizada que había sido comprada en 1794 a la testamentaria de Eugenio Santelizes (1733-1793), fiscal del Tribunal de Minería, y la colección particular del arquitecto español Luis Martín, formada por Friedrich Sonneschmid, que era facilitada a Del Río en calidad de préstamo para su uso en clase.¹⁵² Los cursos continuaron, de modo que en el acto público celebrado el 31 de octubre de 1798, los actuantes Gastañeta y Romero explicaron:¹⁵³

Por lo tocante a la Geognosia, que enseña a conocer los criaderos generales y particulares de los fósiles, hablarán de unos y otros. Los primeros comprenden las rocas primitivas, las secundarias, las de acarreo y las volcánicas, cada una de las cuales, excepto las últimas, afecta tener ciertas sustancias metálicas y no metálicas en vetas, cúmulos, mantos, capas, etc., y dando las distinciones de estos, expondrán la teoría de las vetas que mejor satisface a todos los fenómenos que se observan en sus relaciones con la superficie e interior de las montañas, en la identidad de sus formaciones en países muy remotos, en la variedad de ellas en un mismo distrito metálico.¹⁵⁴



150. AHPM, ML-90B, ff. 163-163v.

151. *Ibidem*, ff. 170-172v.

152. *Ibidem*, ff. 187v-188.

153. Santiago Ramírez, *Datos, op. cit.*, pp. 147-148.

154. AHPM, ML -90B, ff. 191-191v.

En su discurso, Del Río disertó sobre la Explotación o Arte de minas motivado en dar respuesta a las críticas a la ciencia minera alemana por el polígrafo novohispano José Antonio Alzate y Ramírez (1737-1799), publicadas el 12 de febrero de 1798 en sus *Gacetas de Literatura*.¹⁵⁵ Como se ha mencionado con anterioridad, el *Tratado de Minería*, de Kern de 1769, fue el primer texto del tema utilizado en la Academia de Minas de Freiberg, obra conocida en territorio novohispano a partir de la versión francesa de Antoine Grimoald Monnet aparecida en 1773. Del Río demostró que esta traducción tenía secciones añadidas y párrafos libremente vertidos al francés, por lo que podía ser considerado un libro distinto al original alemán. Finalmente, el profesor argumentó que parte de la ciencia minera y la búsqueda de las vetas era una de las tareas sustanciales de la Geognosia.¹⁵⁶

Tras la salida de otros siete alumnos a las prácticas y debido a que las primeras generaciones ya habían cumplido en su totalidad el curso de Mineralogía, en 1799 Del Río tuvo únicamente tres estudiantes repetidores. Silvestre Osoreo y José María Vela fueron examinados en Geognosia públicamente el 31 de octubre:

[...] distinguirán los criaderos generales de los fósiles, que son las montañas primitivas, de capas y de acarreo, por medio de las rocas que las caracterizan. Los volcanes merecen también la atención del minero, no como criaderos, sino para no confundir sus productos con los de la vía húmeda. Asimismo especificarán los criaderos particulares, como son vetas, cúmulos, mantos, capas, etc., satisfaciendo a las dos cuestiones tan interesantes a saber, por qué se encuentran siempre ciertos fósiles juntos y otros nunca, y por qué no se halla por ejemplo calamina en las montañas primitivas, ni estaño en las capas.¹⁵⁷



155. José Antonio de Alzate y Ramírez, *Gacetas de Literatura de México*, Puebla, Oficina del Hospital de San Pedro, 1831, t. 2, pp. 258-276.

156. Andrés Manuel del Río, “Discurso leído por Don Andrés del Río, Catedrático de Mineralogía, en la tarde del 31 de Octubre del año pasado, en que tuvieron el Acto de Oricognosia, Geognosia y Laborio de Minas, los Alumnos del Real Seminario de Minería de México, como se dijo en la Gazeta núm. 16 de este tomo”, *Gazeta de México*, t. IX, núm. 23, 11 de enero de 1799, pp. 177-184.

157. AHPM, ML-90B, f. 225v.

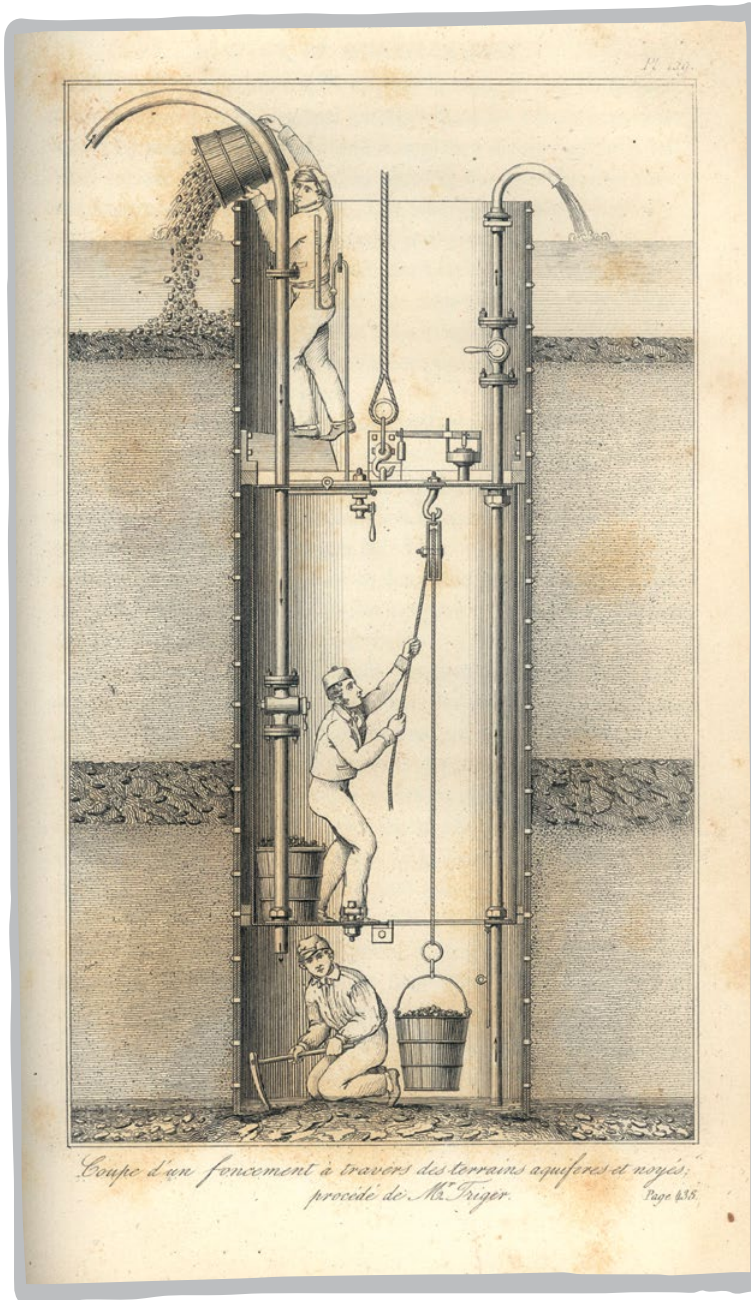


Figura 23

Procedimiento de excavación vertical mediante aire comprimido de Triger. (*Coupe d'un foncement à travers des terrains aquifères et noyés procédées de M. Triger*). Amédée Burat, *Géologie appliquée, ou Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, París, Langlois et Leclerq, 1846, 2ª ed., fig. 129. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Los tópicos de los orígenes de los criaderos y las montañas eran parte del examen desde 1796, aunque en esta ocasión se agregó un tema nuevo: los volcanes, el cual fue el objeto principal de su discurso. El profesor se aventuró por primera vez a disertar sobre su origen, en el marco de discusión entre los geognostas y circunscrito en la disputa del basalto (anexo 2). Como alumno de Werner, centró el debate como parte de la Geognosia, “ciencia experimental poco más antigua que su nombre, ha merecido su elevación a este grado por la gran masa de conocimientos que ha recogido, y por los principios que ha coordinado”.¹⁵⁸

En la parte medular de su disertación, elaboró argumentos sobre los tipos de productos de la superficie terrestre clasificándolos en volcánicos o no volcánicos, es decir, a partir de su origen húmedo o seco. Con ejemplos tomados de autores contemporáneos como William Hamilton (1731-1803), Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819) y Déodat de Dolomieu (1750-1801), arguyó que los volcanes arrojaban material incandescente como la piedra pómez, pero que el tezontle o la obsidiana encontrados en América debían su origen a los cuerpos de agua cercanos.¹⁵⁹ Incluso, cuestionó la exageración de los vulcanistas “que hasta en las manchas de la Luna se imaginaban cráteres abiertos, torrentes de lava y otros fenómenos semejantes”, lo que precisaba de dotar de explicaciones a la gama de productos volcánicos y no volcánicos conocidos y extraídos por los mineros.¹⁶⁰

De este modo, se mostró un férreo defensor de las explicaciones neptunistas del origen no volcánico del basalto hasta sus últimos días, como lo hicieron sus condiscípulos Jameson y Widenmann. Consiente que su discurso podría ser una aportación de valor para sus pares, lo envió para su publicación a los *Anales de Historia Natural* en Madrid, al igual que las subsecuentes contribuciones.¹⁶¹



158. Andrés Manuel del Río, “Discurso sobre los volcanes, que para dar principio al acto de Mineralogía que tuvieron, los Alumnos del Real Seminario de Minería en la tarde del 31 de octubre leyó D. Andrés Manuel del Río”, suplemento a la *Gazeta de México*, 11 de noviembre de 1799, t. x, núm. 3, p. 17.

159. Cf. Alejandro Pastrana, *La explotación azteca de la obsidiana en la Sierra de las Navajas*, México, INAH, 1998, col. Científica, serie Arqueología; José Julio Zerpa Rodríguez, “La obsidiana en la investigación de los volcanes europeos e hispanoamericanos (1783-1799)”, *Letras Históricas*, núm. 14, primavera-verano de 2016, pp. 51-86.

160. Andrés Manuel del Río, “Discurso sobre los volcanes”, *op. cit.*, p. 23.

161. *Idem*, “Observaciones de D. Andrés del Río sobre un tratado de minas”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. VII, núm. 19, marzo de 1804, pp.17-29. Debemos destacar el

Dentro de esta efervescencia intelectual, Del Río hizo la traducción de las *Tablas mineralógicas* del mineralogista pruso Dietrich Karsten (1804), condiscípulo en la Academia de Freiberg, y la redacción del tomo segundo de sus *Elementos de Oricognosia* (1805). Ambos libros, impresos en el segundo lustro de actividades académicas del profesor, concluyeron con la asignación por parte del gobierno virreinal para ocuparse en la construcción y la apertura de una ferrería en Coalcomán, Michoacán, hecho que lo alejó de las aulas. A continuación, se demostrará cómo los trabajos desarrollados por Del Río entre 1800 y 1805 abonaron en el entendimiento de los postulados geognósticos de Werner y por qué deben ser considerados como un complemento al *Tratado de vetas*, de 1795, razones por las cuales hemos decidido reunirlos todos en un solo volumen.

La introducción de las ideas de Werner a Nueva España inició en 1788, cuando Elhuyar arribó a México en compañía de una comisión integrada por tres metalurgistas y ocho mineros germanos que debían perfeccionar la técnica minera local e implantar el método de beneficio de plata inventado por el consejero de minas austriaco, Ignaz von Born (1742-1791). De los 11, tres fueron llamados “de primera clase”, pues contaban con estudios superiores: el médico Luis Fernando Lindner (1763-1805), el perito Franz Fischer (ca. 1760-1816), egresado de la Academia de Banská Štiavnica y Friedrich Traugott Sonneschmid (1763-1824), quien fue el más relevante de los comisionados, ya que publicó dos importantes obras, una sobre Mineralogía geográfica y otra sobre Metalurgia novohispana.



paralelismo existente en la Real Cátedra de Mineralogía en Madrid dirigida por Christian Herrgen y el curso de Del Río. Aunque el alemán nunca se matriculó en Freiberg fue seguidor incondicional de Werner y durante un cuarto de siglo enseñó sus postulados. Herrgen fue junto con el botánico Antonio José Cavanilles (1745-1804), y los químicos Joseph Louis Proust (1754-1826) y Domingo García Fernández (1759-1829) uno de los editores de los *Anales de Ciencias Naturales* (1801-1803), después *Anales de Historia Natural* (1804-1805) de Madrid y los utilizó como medio para publicar descripciones mineralógicas de España y sus propios discursos de cátedra. Del Río se percató que la difusión de los suyos en la metrópoli era necesaria, por lo que inició el envío de estos para su impresión en dicha publicación. Cf. Juan Miguel Casanova Honrubia, *La Minería y Mineralogía del Reino de Valencia a finales del periodo ilustrado (1746-1808)*, tesis para obtener el grado de doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Valencia, 2009, p. 71.

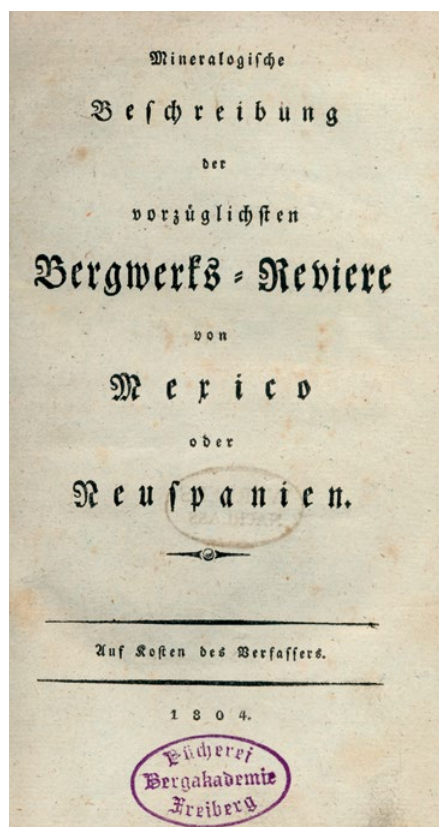


Figura 24

Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerks-Revier von Mexiko oder Neu-Spanien*, Mödlareuth, 1804, Portada. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

LAS DESCRIPCIONES MINERALÓGICAS DE SONNESCHMID Y LA TRADUCCIÓN DE LAS TABLAS MINERALÓGICAS, DE KARSTEN

Friedrich Traugott Sonneschmid nació el 1 de noviembre de 1763 en Jena. Su padre fue el juriconsulto Wilhelm Ernst Sonneschmid. Aunque poco se sabe sobre sus primeros años de formación, el primer dato comprobable es su ingreso a la Academia de Minas de Freiberg en 1785,¹⁶² después de los tres años de cursos previstos en el plan de estudios y los viajes geognósticos correspondientes, egresó de dicha



¹⁶². *Festschrift*, *op. cit.*, p. 231.

academia.¹⁶³ Para 1788 fue contratado por Fausto de Elhuyar, quien se encontraba en Europa central para asistir a la conferencia metalúrgica organizada por Ignaz von Born en Skleny, Eslovaquia, y reclutar a los especialistas que lo acompañarían a América por 10 años.¹⁶⁴ Al igual que Elhuyar, y más tarde Humboldt y Del Río, Sonneschmid fue alumno de Werner, de modo que compartían sus concepciones neptunistas de la formación de la Tierra y, por tanto, sus descripciones mineralógicas estaban basadas en el sistema de caracteres exteriores.

Sonneschmid y Elhuyar viajaron desde Europa central hacia Cádiz, pasando por París y Madrid en compañía de Fischer y Timothäus von Nordenpflucht (1752-1815); este último destinado a Nueva Granada para apoyar a Juan José, el mayor de los hermanos Elhuyar que se encontraba en América desde 1784.¹⁶⁵ Zarparon de Cádiz para dirigirse a su destino el 23 de junio de 1788 en la fragata Venus.¹⁶⁶ Tres meses más tarde arribaron al puerto de Veracruz e inmediatamente se dirigieron a la capital del reino. Elhuyar tomó la dirección del Real Tribunal de Minería, cuya primera tarea fue visitar el Real de Minas de Guanajuato para estudiar el estado de la extracción y beneficio del mineral. Mientras tanto, la comisión de alemanes se dividió en tres grupos: Sonneschmid se acercó en Sombrerete, Zacatecas, junto con Johann Samuel Suhr y Johann Gottfried Adler,¹⁶⁷ mientras que Taxco y Valladolid fueron las bases de operación de los demás. El 18 de julio de 1788, el virrey Manuel Antonio Flores publicó un bando para que los dueños de las minas solicitaran la ayuda de los alemanes cuando lo consideraran necesario.¹⁶⁸



163. Sonneschmid publicó un artículo sobre las expediciones geognósticas que realizó e incluso puso a la venta cajones con los minerales recolectados. Cf. Friedrich Traugott Sonneschmid, "Beschreibung eines Gebirges um Braunsdorf, seiner mannigfaltigen Steinarten, und ihrer sichtlichen Uebergänge in einander", *Crell's Chemische Annalen*, vol. 2, 1787, pp. 63-81.
164. Renée Gicklhorn, "Friedrich Traugott Sonneschmidt", *Der Anschnitt, Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, vol. 20, núm. 5, Bochum, 1968, p. 3.
165. Francisco Omar Escamilla González, "Ilustración alemana y ciencia novohispana: la biblioteca de Fausto de Elhuyar", en *Alemania y México, percepciones mutuas en impresos*, México, UIA, Centro de Estudios de Historia de México, Condumex, 2005, pp. 401-475.
166. Archivo General de Indias, Contratación, 5532, N.1, R.13
167. Walter Howe, *The Mining Guild of New Spain and its Tribunal General*, Cambridge, Cambridge University Press, 1949, p. 308.
168. AHPM, 1788/VI/37/d. 26.

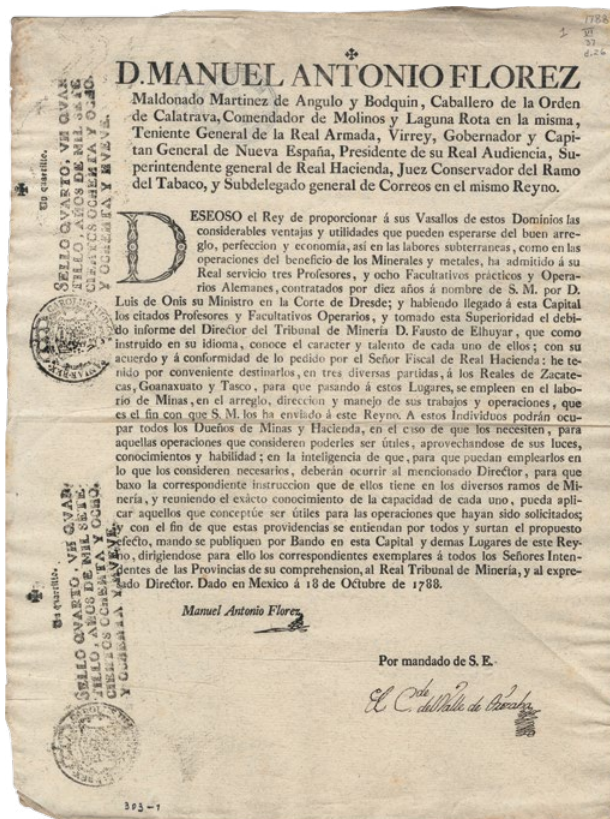


Figura 25

Circular en la que el superior gobierno novohispano ofrece los conocimientos de los alemanes para el mejoramiento de la explotación y beneficio de los minerales, AHPM 1788/vi/37/d. 26. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Siguiendo dicha orden, dieron inicio los viajes de Sonneschmid en Nueva España. A lo largo de 11 años, de 1788 a 1799, se dedicó primordialmente a dos tareas: lograr la introducción de la técnica alemana para el mejoramiento de la explotación del mineral e implantar el método de beneficio de plata inventado por Born. Este aspecto es el más conocido y ha sido ya discutido por varios autores.¹⁶⁹ La segunda



169. Véase Modesto Bargalló, *La Minería y la Metalurgia, op. cit.*, en particular el capítulo xvi: El beneficio de cazo y cocimiento de Barba (1590) y del Barón de Born (1780-1786); Roberto Moreno de los Arcos, “Introducción”; Federico Sonneschmidt, *Tratado de amalgamación de Nueva España*, México, SEFI, 1983, edición facsimilar de la de

tarea consistió en realizar la descripción mineralógica de algunos de los principales distritos mineros de Nueva España, asunto que ha sido dejado de lado en la historiografía mexicana debido a que los manuscritos que dejó en el archivo del Real Tribunal de Minería no han sido localizados, y a que la obra en la que publicó sus hallazgos fue de difícil acceso durante muchos años, pues fue impresa en un corto tiraje a sus expensas en Alemania en 1804, además de no estar traducida al español.

La obra en cuestión, *Descripción mineralógica de los más importantes reales mineros de México o Nueva España* fue elaborada con base en los informes realizados durante las visitas en las localidades descritas.¹⁷⁰ A partir de la correspondencia que sostuvo con el Tribunal de Minería, se deduce que en ellos se abordaban tres aspectos principales: la técnica de extracción del mineral (incluido el desagüe), la metalurgia y la descripción mineralógica del entorno. Desafortunadamente estos documentos no se han conservado, pero gracias a estas misivas podemos saber que entre 1791 y 1792 permaneció en Sombrerete y que visitó Guarisamey, Durango. En 1793 tras una larga estadía en Real del Monte, recorrió diversos minerales del actual estado de Hidalgo, los dos años siguientes se estableció en Pachuca y viajó a Zimapán.¹⁷¹ En febrero de 1796 emprendió el ascenso al Volcán del Fuego y al Nevado de Colima. A partir de abril de ese año se estableció en Guanajuato, donde residió un trienio, realizó experimentos de desagüe y amalgamación. Finalmente intentó escalar el Popocatepetl, aunque no llegó



1825; Roberto Moreno de los Arcos, “Las instituciones de la industria minera novohispana”, en Miguel León Portilla, Jorge Gurría Lacroix, Roberto Moreno, Enrique Madero Bracho, *La minería en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1978, pp. 69-164; Elías Trabulse, *Francisco Xavier Gamboa: Un político criollo en la ilustración mexicana (1777-1794)*, México, El Colegio de México, 1985, 169 p.; Elías Trabulse, *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, El Colegio de México, 1994, 181 p.; Bernd Hausberger, “El universalismo científico del Barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera entre Hispano América y Alemania a finales del siglo XVIII”, *Historia Mexicana*, vol. 59, núm. 2, octubre-diciembre de 2009, pp. 605-668.

170. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerksreviere von Mexiko oder Neu Spanien*, Schleiz, el autor, 1804.
171. Max Suter, “Early 19th Century Geologic Studies of the Zimapán Region, Central Mexico”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 68, núm. 2, 2016, pp. 215-230.

a la cima.¹⁷² Para el 12 de junio de 1799 dio por concluida su comisión en Nueva España y regresó a Sajonia, donde se encontraba ya en julio de 1800. Antes de su partida, entregó al Tribunal de Minería sus descripciones mineralógicas y una colección de muestras colectadas en diversos fondos mineros de los actuales estados de México, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Sinaloa y Jalisco, que fueron integradas al Gabinete de Mineralogía del Colegio.



Figura 26

Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen*, Berlín, 1800 y *Tablas mineralógicas*, México, 1804, trad. de Andrés Manuel del Río. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg/Acervo Histórico del Palacio de Minería.



172. Francisco Omar Escamilla González, “Sobre las cuatro primeras ediciones del *Tratado de amalgamación de México*, de Friedrich Sonneschmidt (1798-1831)”, Ponencia presentada en la X Reunión de Historiadores de la Minería Latinoamericana, 4-6 de noviembre de 2009, San Luis Potosí. Según Sonneschmidt, *Mineralogische*, 1804, p. 313, en el punto de la altitud máxima alcanzada, la lectura de su barómetro de mercurio fue de 16 [40 cm] pulgadas y 3 líneas, equivalente aproximadamente a 544.3 milibares o 4,950 m, es decir, más de las tres cuartas partes que él pensó haber escalado del volcán de 5,426 m.

En 1800 fueron impresas las *Tablas mineralógicas*, de Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810), un destacado mineralogista pruso nacido el 5 de abril de 1768 en Bützow (actual estado de Mecklemburgo-Pomerania), quien estuvo relacionado de manera cercana con los círculos científicos de Elhuyar y Del Río, por lo que vale la pena esbozar su semblanza biográfica. Fue hijo de Wenceslaus Johann Gustav Karsten, respetado profesor de Matemáticas en Halle, sus primeros estudios los cursó en su casa bajo la dirección de su padre. A los 10 años ingresó a una escuela pública en Halle y un año más tarde, al quedar huérfano de madre, fue enviado al *Pedagogium* donde permaneció hasta 1782. En este año ingresó a la Academia de Minas de Freiberg y para 1786 regresó a Halle, donde fue nombrado consejero minero por el rey Federico Guillermo II, empleo que incluyó un apoyo para continuar con sus estudios mineralógicos. Tras la muerte de su padre en abril de 1787, recibió el ofrecimiento de la Corona española para integrarse al cuerpo de peritos mineros que viajarían a América para apoyar a los hermanos Elhuyar, pero el infortunio familiar, que lo obligó a cuidar de su hermana, lo orilló a rechazar la oferta.¹⁷³

Después de obtener el título de doctor, en 1788 viajó a Marburgo (Hesse, Alemania) donde elaboró una descripción sistemática completa del Gabinete de Historia Natural. A lo largo de su carrera tuvo diversos nombramientos oficiales: asesor de la administración minera, consejero de Estado, caballero de la Noble Orden Roja de Tercera Clase, consejero privado del Ministerio Prusiano, consejero de Estado y jefe del Departamento Minero, Metalúrgico y Salino. Además, fue el fundador de la Real Colección Mineralógica de Berlín, que años más tarde sería enriquecida con los minerales llevados por Humboldt desde América, clasificados de acuerdo con el sistema de Werner.¹⁷⁴

Karsten formaba parte de una importante élite intelectual en Berlín, entre sus amigos cercanos se encontraba el químico Martin Heinrich Klaproth (1743-1817), quien además de ser reconocido como



173. Leopold von Buch, “Lobrede auf Karsten”, en *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin*, 1818 p. 13.

174. Thomas Thomson, “Biographical Account of Mr. Karsten, of Berlin, Councillor of State, and Knight”, *Annals of Philosophy; or Magazine of Chemistry, Mineralogy, Mechanics, Natural History, Agriculture, and the Arts*, vol. 1, núm. III, March, Londres, 1813, pp. 161-163. Traducción de un texto sin autor de la *Magazin der Gesellschaft der Naturforschender Freunde zu Berlin*, 1810.

el mejor en la realización de análisis minerales, era el maestro de la logia masónica “A la armonía” (*Zur Eintracht*),¹⁷⁵ a la que pertenecían ambos. Estas redes llevaron a Elhuyar a Berlín para consultar a Klaproth sobre algunas reacciones llevadas a cabo en los procesos de amalgamación de la plata a través del mineralogista Ignaz von Born, también destacado maestro masón en Viena.¹⁷⁶

Su cercanía con Klaproth, llevó a Karsten a reconocer la utilidad de los análisis químicos para la clasificación mineral, por lo que los incluyó en sus autofinanciadas *Tablas mineralógicas*, impresas en 1800, en una versión totalmente nueva respecto a las previas publicadas en 1791 y 1792.¹⁷⁷ Divide su obra en tres partes: la primera es “Caracteres exteriores de los fósiles [minerales] expuestos en doce tablas”, con base en los propuestos por Werner;¹⁷⁸ la segunda es el “Resumen en forma de tabla de los fósiles [minerales] mineralógicamente sencillos”,¹⁷⁹ que contiene las especies nuevas descritas por su amigo, y la tercera, el “Resumen en forma de tabla de los tipos de rocas”.¹⁸⁰

Karsten enuncia que “la relación de **estratificación** o antigüedad relativa de las rocas es una ley de la naturaleza y merece elevarse al grado de primer principio de la doctrina de las montañas”; por ello, en su obra excluyó los principios orictognósticos, pues solo era un “medio de representarnos ordenadamente la existencia de los diversos fósiles y de *aliviar la memoria*”.¹⁸¹ En contraparte, propone la clasificación por géneros [*Gattirungsgeschäft*] “porque da el *verdadero conocimiento de*



- 175. Günter Hoppe, “Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768 bis 1810). Mineraloge und Bergbaemter in Preussen”, en *Leben und Wirken deutscher Geologen im 18. Und 19. Jahrhundert*, Leipzig, Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, 1985, pp. 71-92.
- 176. Francisco Omar Escamilla González, “Un reporte”, *op. cit.*; Helmut Reinalter (ed.), *Die Aufklärung in Österreich. Ignaz von Born und seine Zeit*, Francfort del Meno, Peter Lang, 1991.
- 177. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen mit Rücksicht auf die neuesten Entdeckungen, ausgearbeitet und mit erläuternden Anmerkungen versehen*, Berlín, Auf Kosten des Verfassers und in Commission bei Heinrich August Rottman, 1800.
- 178. *Ibidem*, pp. 3-18. Estas tablas se encuentran también en Del Río, *Orictognosia*, *op. cit.*, 11 páginas después del prólogo del autor.
- 179. *Ibidem*, pp. 20-57.
- 180. *Ibidem*, pp. 60-67.
- 181. *Ibidem*, p. v; Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas, Tercer edición alemana de 1800 traducida al castellano para el uso del Real Seminario de Minería por Don Andrés Manuel del Río*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1804, s/p. Las cursivas son del autor.

las cosas”, la voz formación [*Formazion*], que divide en seis clases [*Haupt-Klassen*] por su antigüedad o por otras relaciones geognósticas y la división geográfica de las rocas volcánicas en correlación a los diferentes volcanes conocidos y distribuidos en el globo.¹⁸²

Para su factura, Karsten se auxilió de los textos mineralógicos de Leopold von Buch, Gregers Wad, Martin Heinrich Klaproth, Gustav Rose, Nikolai Abraham Abildgaard, Louis Vauquelin, Ludwig August Emmerling, José de Andrada, Johann Karl Wilhelm Voigt, Franz Anton von Reuss, Alexander von Humboldt, Johann Christian Freisleben, Jens Esmarck, Carl von Moll, Déodat de Dolomieu, Giuseppe Gioeni y, naturalmente, Werner. Para la cuarta columna de criaderos y países se basó en las obras de Horace de Saussure, Dolomieu, Barthélemy Faujas de St. Fond, Johann Wilhelm von Charpentier, Friedrich von Trebra, Nathanael Gottfried Leske, K. W. Nose, Carl Simon Pallas, J. G. Georgi, Leopold Gmelin, Herrman, Schangin, Georg Forster, Pierre Bouguer, Molina, J. D. Schöpf, Chritoph Daniel Ebeling, Martin Dobritzthoffer, Engelbert Kämpfer, Christian Friis Botböll Olofsen, Biarne Povelsen, Paulo Egede, John Hawkins, etc., todas contemporáneas a sus *Tablas*.

De esta pléyade, Karsten mantuvo una relación cercana con Leopold von Buch, antiguo discípulo de Werner y uno de los principales en negar la concepción neptunista de la formación de la costra terrestre debido a un viaje hecho a las cadenas montañosas suizas, en el que el origen volcánico del basalto le pareció evidente. Karsten abogó por la publicación de los textos de Von Buch en Berlín y aunque las observaciones de este lo hicieron dudar sobre las enseñanzas de su maestro, su prematura muerte, a los 42 años, acaecida el 20 de mayo de 1810,¹⁸³ impidió que llegase a cambiar su visión, negando los postulados vulcanistas hasta su muerte, lo mismo que Andrés del Río.

Un insumo importante para la traducción de las *Tablas*, de Karsten realizada por Del Río, fue la compra de libros y publicaciones periódicas alemanas por parte del Real Tribunal de Minería a través de su apoderado en Madrid al librero Juan Miguel Melquiond en 1802. Algunas de estas estaban destinadas a la biblioteca del Colegio, otras habían sido solicitadas por Elhuyar y Del Río. El 13 de noviembre de ese año, el comerciante anunciaba que el 29 de septiembre había hecho



182. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische*, *op. cit.*, p. vi y *Tablas*, *op. cit.*, s/p.

183. Günter Hoppe, “Dietrich Ludwig”, *op. cit.*, pp. 84-86.

entrega de un cajón con libros comprados en Hamburgo para el Tribunal de Minería y que para el 16 de diciembre se habían embarcado a América a bordo del bergantín El Caribe; finalmente fueron recibidos en la Ciudad de México el 30 de abril de 1803.¹⁸⁴

Factura de un Cajon de libros Alemanes p. el R.^o Tribunal de Minería de la Ciudad de Mexico, Comprados de Orñ y por Cuenta del Sr. D.^o Gaspar de Aménazar; Embarcado en Hamburgo Sobre la Nao Danesa Nombrada El Jupiter, Cap.^o John. Hinrich Steinmetz.

R. T. M. Co. Saber

Allgemeine Literaturzeitung; Jena, 1790. a 1801. Marcos.	276. "	
Schreders, Saughiiren G. ^a Con 451. Lamin. ^s Entlum. ^s	330. "	
Crebra, Erfahrungen vom Innern der Gebirge, in fol.	.. " .	
- Magno Con 8 lamin. ^s Mayor. Entlum. ^s	46. "	
BergbauKunde. 1 tom. in 4. ^o Leipzig 1790. Con 5 tom. ^s Mag. ^s	14. "	
Müller, Vermium, terrest. ^m & Fluat. ^m G. ^a in 4. ^o 2 part. ^s	40. "	
idem - Naturgeschichte G. ^a 1 tom. in 4. ^o Con lam. ^s Entlum. ^s	9. "	
Blöcher's, Naturgeschichte G. ^a 7 tom. in 8. ^o Con lam. ^s Entlum. ^s	50. "	
Ludwig Gustav Karsten, Mineralog. tabell. in fol. detg. Berlin 1800.	4. 8	
Lempe, Magazin BergbauKunde, tom. 5 a 15. incluido	23. 12	
Köhler Bergmannisches Journal, 15 tom. in 8. ^o Con lamin. ^s	86. "	
Cesler, Physikalisches Wörterbuch, 6 tom. in 8. ^o magno, en pasta	47. "	
Widenmann, Mineralogie, 1 tom. in 8. ^o mag. laminas 1794.	9. "	
Sukow, Mineralogie, 1 tom. in 8. ^o Leipzig 1790.	3. 12	
idem Chymie, 2 tom. in 8. ^o Leipzig 1789-1798. Con 7 tabl.	7. 12	
Lempe, Man Kochkunst, 1 tom. in 8. ^o mag. Con lam. ^s 1782 y 1792.	6. 12	
Leke, Naturgeschichte, 1 tom. in 8. ^o mag. Con 12 laminas	6. "	
JaKob, Erfahrungen Seelenlehre, 1 tom. in 12. ^o	3. 8	
Gmelin, Mineralogie, 1 tom. in 12. ^o Gollingen 1790.	3. "	
<u>936. "</u>		
<u>Gastos de hamburgo</u>		
Al Encuadernador p. ^a poner dhas Obras a la Rustica, 10.- "	} 30. 8	
Por el Cajon Enfardelado		6.- "
Ditos de Aduana, p. ^a la Salida		12.- "
Por el porte a Porto, de dho. Cajon		1. 8
<u>M^{os} 966. 8</u>		

.fines a la O.^a.

Figura 27

Listado de los libros alemanes comprados en Hamburgo para Andrés Manuel del Río, Fausto de Elhuyar y el Real Seminario de Minería a través del librero de Cádiz, Juan Miguel Melquiond, 1802, AHPM, 1802/III/115/d. 13, f. 10. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.



184. AHPM, 1802/III/115/d. 13, f. 10, Sobre la llegada de libros para el Colegio Metálico.

De los 18 títulos recibidos, destacamos los 15 primeros tomos del *Bergmännisches Journal* (1788-1794) y el *Neues Bergmännisches Journal* (1795-1816) editado por Alexander Wilhelm Köhler (1756-1832), lo mismo que la *Magazin für die Bergbaukunde*, de Johann Friedrich Lempe (1757-1801), personajes que tenían relación directa con la Academia de Minas de Freiberg. Del Río acaparó el pedido, ya que 14 títulos habían sido solicitados por él. Aquellos que son más importantes por haber sido utilizados en sus trabajos geognósticos son las *Mineralogische Tabelle*, 1800, de Karsten y *Handbuch des Oryktognostischen Theils der Mineralogie*, 1794, de Wiedenmann. También debe destacarse la *Gründliche Anleitung zur Markscheidekunst*, 1782, de Lempe, utilizado en sus clases de Geometría subterránea. La lista se complementaba con dos textos de Química y Mineralogía, de Georg Adolph Suckow (1751-1813).¹⁸⁵ Del Río puso manos a la obra en la traducción de las *Tablas* de Karsten, tan pronto la recibió y utilizó toda la información recopilada en los libros recibidos desde Hamburgo y por Sonneschmid en sus exploraciones. Las adiciones que el español hizo consistieron en

[...] agregar en las tablas de las rocas y en letras bastardillas, los cambios que le había sugerido Humboldt; en mencionar los criaderos de la otra América, que el mismo Humboldt le había comunicado, y en substituir algunos de los citados en la obra general, por otros de esta América, con el fin de que los completaran los alumnos, en agregar descripciones de fósiles nuevos, sacadas de las análisis químicas [*sic*] de Klaproth, aunque dudando de la fidelidad de la traducción inglesa, de la cual los había sacado, en agregar a las descripciones, los caracteres ópticos, en vista del increíble partido que había sabido sacar de ellos el ciudadano Haüy en su obra clásica, en señalar los fenómenos magnéticos y eléctricos observables en algunos fósiles, dar cuenta de sus resultados personales, y de los logrados por sus discípulos, en sus análisis por el método del soplete y en referirse con interés mayor que el que antes había mostrado, a las *petrificaciones* orgánicas que acompañan a los fósiles.¹⁸⁶



185. Francisco Omar Escamilla González, “Ilustración alemana”, *op. cit.*, pp. 474-475; Georg Adolph Suckow, *Von dem Nutzen der Chemie zum Behuf des bürgerlichen Lebens, und der Denomie*, Mannheim und Lautern, 1775; Georg Adolph Suckow, *Anfangsgrunde der Mineralogie*, Leipzig, 1790.

186. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op. cit.*, pp. 145-146.

Del Río permite vislumbrar que además de los libros adquiridos en Hamburgo como la *Orictognosia*, de Widenmann, contaba con otra bibliografía muy reciente, que debió haber obtenido por otros medios. De ella destacan: *Ensayes analíticos realizados para promover el conocimiento químico de las sustancias minerales*, de Martin Heinrich Klaproth, traducida al inglés y publicada en Londres en 1801¹⁸⁷ y *Tratado de mineralogía*, de René Just Haüy del mismo año.¹⁸⁸ Como se vio líneas arriba, la cercanía de Karsten y Klaproth y la traducción que haría de la obra del francés, indican que tanto el pruso como el español aquilataban las mismas obras y la utilidad de los análisis químicos y la Cristalografía dentro de los sistemas de clasificación mineral, además de la inclusión de la ubicación geográfica de las especies, aspecto que importaba a la Geognosia.

La versión de las *Tablas*, elaborada por Del Río, es una tercera parte más extensa que la original, debido a que añadió la ubicación de algunos minerales en territorio americano y una profusa cantidad de notas sobre análisis químicos hechos por él mismo o difundidos en las revistas francesas *Annales de Chimie*, de Lavoisier, *Journal des Mines*, de la Escuela de Minas de París y *Chemische Annalen*, de Lorenz von Crell, primera publicación especializada en el tema en lengua alemana.¹⁸⁹ Una obra multicitada por Karsten fue el *Tratado de mineralogía*, de Ludwig August Emmerling (1765-1842),¹⁹⁰ que Del Río omitió debido a que no tenía un ejemplar; por el contrario, citó los textos de Widenmann y Klaproth.



187. Martin Heinrich Klaproth, *Analytical Essays Towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances*, Londres, Printed for. T. Cadell jun. And W. Davies, 1801, es una antología de artículos publicados por Klaproth con anterioridad, Del Río utilizó esta edición, esto se comprueba con la nota que añadió a la descripción de la tobasiliza, Cf. Karsten, *Tablas*, *op. cit.*, p. 11, que incluye traducción directa de la realizada por el mismo Karsten y retomada por Klaproth en la obra mencionada, pp. 407-408.
188. René Just Haüy, *Traité de minéralogie*, París, Chez Louis, De l'Imprimerie de Delance, año x (1801), 5. vols.
189. José Joaquín Izquierdo, *La primera casa*, *op. cit.*, p. 146. Del Río excedió en 33% a las originales de Karsten.
190. Ludwig August Emmerling, *Lehrbuch der Mineralogie*, Giessen, Bei Georg Friedrich Heyer, 1793-1797, 3 vols.

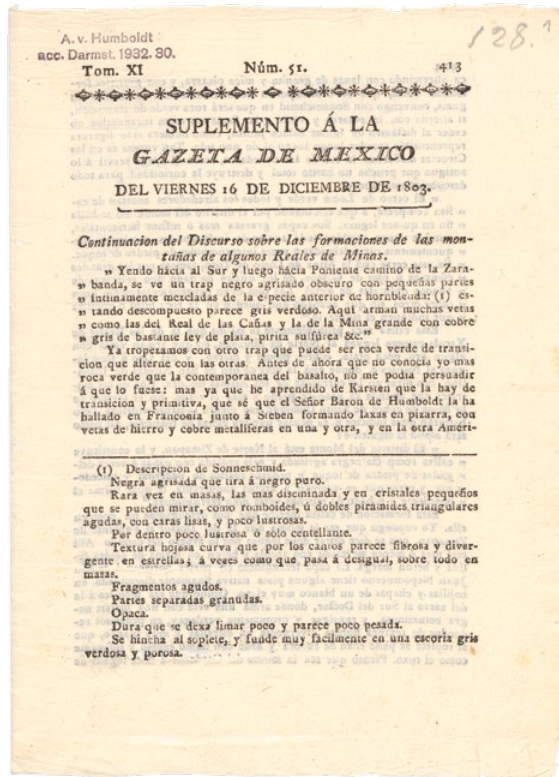


Figura 28

Andrés Manuel del Río. "Continuación del discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas", p. 413. Fuente: *Suplemento a la Gaceta de México*, t. XI, núm. 51, del viernes 16 de diciembre de 1803. Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Alexander von Humboldt Nachlass*, caja 5, núm. 128.

LOS DISCURSOS DE DEL RÍO SOBRE GEOGNOSIA, 1800-1803

Las exploraciones geognósticas de Sonnenschmid en Nueva España entre 1788 y 1799 dieron como resultado un manuscrito que contenía las "relaciones mineralógicas" de los lugares visitados. Este informe fue entregado al Tribunal de Minería junto con una colección de especímenes minerales para uso del Colegio. Desgraciadamente no hemos localizado este documento; sin embargo, tras su regreso a Alemania en 1800, el geognosta financió la impresión de su propia versión corregida. La *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerksreviere von Mexiko oder Neu Spanien* (*Descripción mineralógica de las principales regiones mineras de México o Nueva España*), vio la luz en Schleiz en 1804, cuatro años después de su llegada a Turingia. Aunque

este autor es más conocido por su *Tratado de amalgamación de Nueva España*, editado cinco veces en español y una en alemán entre 1805 y 1983, es necesario adentrarse en este escrito de contenido completamente geognóstico.¹⁹¹

Sonneschmid afirma que “durante mi estancia de doce años en Nueva España, la investigación mineralógica de las regiones mineras y otras zonas fue la más grata de mis ocupaciones”,¹⁹² lo que revela su especialización y predilección por la Mineralogía, no la Metalurgia. Es necesario destacar que las descripciones por él presentadas son las primeras realizadas en el actual territorio mexicano por un egresado de una Academia de Minas, de gran valor para la Historia de las Ciencias Geológicas en nuestro país.

Este personaje recorrió una región geográfica mucho más extensa que Alexander von Humboldt, de ahí que esos datos fueran de gran utilidad para la redacción del *Ensayo político de la Nueva España* del viajero pruso y fundamental para Del Río, quien por sus labores docentes no tenía tiempo de realizar exploraciones, de modo que visitó el territorio novohispano a través de los ojos de Sonneschmid. Los datos colectados por él eran necesarios para la comprobación de la teoría sobre la formación de las vetas, toda vez que estaba fundamentada “en observaciones y hechos que pueden ser corroborados fácilmente por cualquiera”, y cimentada “en teorías inexpugnables y generalmente aceptadas, fuerzas y acciones de la naturaleza, y finalmente basada en abstracciones y conclusiones razonables, excluyendo todo lo hipotético”.¹⁹³ Por lo que fueron un elemento indispensable para que Del Río acreditara la validez de esta teoría en suelo americano.



191. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Tratado de amalgamación de México*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontivero, 1805; *Beschreibung der spanischen Amalgamation oder Verquickung des in den Erzen verborgenen Silbers, so wie sie bey de Bergwerken in Mexiko gebräuchlich ist: mit ausführlicher Darstellung einer neuen Theorie*, Gotha, Becker, 1810; *Tratado de amalgamación de Nueva España*, y sacado a la luz por D. J.[osé] M.[ariano]. F[agoaga], París, Galeria de Bossage y Mégico, Librería de Bossange, 1825; *Minas en España. Tratado del beneficio de sus metales de plata por azogue, según el método más comúnmente usado en Nueva España*, Madrid, Imprenta de Don Ramón Vergés, 1831. Publicado por Juan López Cancelada; *Tratado de amalgamación de México*, México, Redacción de *El Minero Mexicano*, 1876, prólogo de Manuel María Contreras y *Tratado de amalgamación*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, edición facsimilar de la de 1825, 1983, prólogo de Roberto Moreno de los Arcos.

192. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische*, *op. cit.*

193. Abraham Gottlob Werner, *Neue Theorie*, *op. cit.*, p. xvii

Con los datos recopilados por Sonneschmid y los primeros alumnos que salieron a realizar sus prácticas, Del Río inició el curso de Mineralogía para 1800 con dos estudiantes.¹⁹⁴ El 8 de noviembre se realizó el acto público de la cátedra, respecto a la Geognosia expusieron la

diferencia de criaderos generales y particulares de los fósiles, darán a conocer la diversidad que se observa entre las montañas, así por la antigüedad de su formación, como por las materias que las componen, y criaderos particulares que comprenden; e indicarán la que igualmente se nota entre estas últimas y las sustancias que contienen, haciendo ver que las hipótesis de haber sido las vetas en su origen rajas abiertas en las montañas, que se llenaron de las materias contenidas en las disoluciones, por la mayor parte químicas, que cubrieron después aquellos parajes, explica bien los fenómenos que presentan.¹⁹⁵

En este evento, Andrés del Río pronunció su “Discurso de las vetas” (anexo 3), tema directamente relacionado con el *Tratado*, y en el que por primera vez realizó pruebas para la comprobación de los postulados neptunistas. El profesor inició su alocución con una reseña histórica de las teorías sobre la formación de las vetas a partir de los datos encontrados en el segundo capítulo de la *Neue Theorie*, de Werner, que no incluyó en su *Tratado de vetas*. Con ello queda claro que sus discursos son parte integral del contenido de su cátedra y que deben ser considerados continuación de su traducción. Las ideas vertidas en ellos habrían sido parte de un texto definitivo de Geognosia si Del Río se hubiese determinado a realizarlo; no obstante, en ello también replicó a su maestro y nunca lo publicó.

Tras esta introducción, Del Río tomó el manuscrito de Sonneschmid y extrajo pasajes en el orden que el germano los había presentado en su informe. Es necesario señalar que la *Descripción mineralógica* de 1804 contiene la misma secuencia, por lo que es relativamente fácil ubicar las secciones citadas aún con las variantes y adendas que Sonneschmid realizó antes de entregarlo a la imprenta.



194. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, “Bringing Werner’s Teachings”, *op. cit.*, p. 50.

195. AHPM, ML-90B, f. 276.

Para comprobar que las vetas en su origen fueron rajadas abiertas y posteriormente rellenadas mediante disoluciones y precipitados químicos,¹⁹⁶ Del Río usó parte de la información recogida por Sonneschmid en Zimapán, Tolimán, El Cardonal, Ovejera, Guanajuato, Comanjá y Zacatecas. Formuló una suerte de diálogo en el que, tras presentar los datos mencionados, cuestiona y corrige las observaciones del alemán e intenta explicar lo expuesto a través de la teoría y mediante analogías con datos recogidos en Europa. En algunos casos, el español echa de menos información detallada del entorno de las muestras recogidas por Sonneschmid, pero concluye que “esta teórica que explica tan felizmente todos los fenómenos de las vetas, que solo sí no explica las contradicciones en la observación, sino que nos dirige para quitarlas, conformándose con la naturaleza que nunca se contradice”.¹⁹⁷ Por último, cierra este discurso indicando la ventaja que ofrecería enviar a los alumnos del Colegio de Minería a realizar viajes geognósticos para el estudio del entorno, las caprichosas formaciones rocosas y las escarpadas montañas a regiones como Zimapán, en el actual estado de Hidalgo, sitio que reunía todas las hojas del libro abierto de la naturaleza.

Mientras tanto, el profesor español celebró el nacimiento de su segunda hija, Cristina María del Loreto Vicenta, el 24 de julio de 1800, quien sería la única de sus descendientes en alcanzar la vida adulta. Bautizada dos días después, fue apadrinada por el naturalista Vicente Cervantes (1755-1829), encargado del Real Jardín Botánico de México y traductor al español del *Tratado elemental de química*, de Antoine Laurent Lavoisier.¹⁹⁸

En 1801, Del Río no dictó el curso de Mineralogía debido a que para la sección de Arte de minas era indispensable contar con las nociones del Cálculo infinitesimal.¹⁹⁹ De hecho, en 1798 se decidió dividir la cátedra de Matemáticas en dos, con la finalidad de brindar una mejor instrucción a los estudiantes, resolución que implicó que algunos



196. Andrés Manuel del Río, *Tratado de vetas*, op. cit., p. 27.

197. *Idem*, “Discurso”, p. 224.

198. “México, Distrito Federal, registros parroquiales y diocesanos, 1514-1970”, database with images, FamilySearch. Disponible en <https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:-QJ8B-WC49>, consultado el 26 de mayo de 2016, Cristina María del Loreto Vicenta del Río Gandiaga, 1800.

199. Francisco Omar Escamilla González y Ruth López Alejandre, “Nociones generales de la teoría y práctica de la Geometría subterránea. Escrita para la enseñanza de los alumnos del Real Seminario de Minería de México”, *Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, núm. 27, enero-abril 2013, pp. 29-39.

seminaristas se retrasaran en los estudios de Física y Química y estuvieran impedidos para continuar con las lecciones del español. Este año libre de carga docente fue aprovechado por el profesor para realizar numerosos análisis.²⁰⁰

Un año después, en 1802, los tres alumnos del curso se vieron beneficiados con la adquisición de una pequeña colección de minerales, reunidos por el arquitecto español Luis Martín, quien por sus encargos de construcción recorrió el territorio de los actuales estados de Hidalgo, Querétaro, Morelos y Oaxaca, donde incluso trazó los planos arquitectónicos de las ruinas de Mitla que utilizó Humboldt para sus publicaciones sobre América.²⁰¹ En 1798 estuvo encargado de la construcción de un puente en Ixmiquilpan, por lo que Martín aprovechó el viaje para coleccionar obsidiana, piedra espumosa, cuarzo y basalto en Tecozautla, Cadereyta, El Doctor y Real del Monte.²⁰² Estas muestras fueron ofrecidas para el Colegio de Minería y fueron adquiridas en marzo del mismo año, gracias al dictamen emitido por Del Río, quien aconsejó hacer la compra de esos 155 fósiles y rocas de los que “algunos son muy curiosos, otros enteramente nuevos como el cuarzo hojoso, el pórfido de base de piedra espumosa, la obsidiana con casetones y cristalizada” y muy útiles para la enseñanza.²⁰³

A la par, Del Río se dedicó a realizar análisis químicos de las muestras colectadas por Sonneschmid, entre las que destaca el ejemplar del llamado plomo pardo, dados sus caracteres exteriores, ubicado en Zimapán, actual estado de Hidalgo. Su análisis lo llevó a aislar un elemento químico nuevo que en un inicio llamó “pancromo por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones, sales y precipitados y después eritronio por formar con los alcális y las tierras sales que se ponían rojas al fuego y con los ácidos”.²⁰⁴ Sin embargo, al poco tiempo



200. AHPM, ML-91B, f. 40. En 1800 no hubo participación del profesor Del Río en los Actos Públicos del Colegio.

201. Heinrich Berlin, “Luis Martín, inquieto arquitecto neoclásico”, *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*, núm. 22, Buenos Aires, 1969, pp. 140-152.

202. AHPM, 1802/1/113/d. 19; en 1799 se dirigió a Oaxtepec para buscar alabastro, jaspes y mármol para la capilla del Cristo de Santa Teresa, del Convento de Carmelitas Descalzas. Cf. Luis Martín, “Extracto de un viage hecho por el Arquitecto Don Luis Martín”, *Gazeta de México*, t. x, núm. 4, 30 de noviembre de 1799, pp. 28-29 y *Anales de Ciencias Naturales*, t. III, núm. 7, enero de 1801, pp. 111-112

203. AHPM, 1802/1/113/d. 19, f. 3.

204. Dietrich Gustav Ludwing Karten, *Tablas*, *op. cit.*, p. 62. Del Río detalla sobre el eritronio que fácilmente se funde y da un olor a ajo.

dudó de su descubrimiento y determinó que lo que había encontrado era un óxido de cromo. Del Río entregó a Humboldt un ejemplar del plomo pardo y los resultados de sus análisis para que fueran verificados en Europa, el químico Collet-Descotils determinó que lo encontrado no era un elemento nuevo. Fue en 1830 que el químico sueco Nils Gabriel Sefström (1797-1845) redescubrió la sustancia y la nombró vanadio. Ese mismo año, el científico alemán Friedrich Wöhler (1800-1882) demostró que ambos eran el mismo y que el primer descubridor fue Del Río.²⁰⁵ Resulta interesante aclarar que el profesor español comenzó a realizar análisis químicos tras la lectura del *Tratado de cristalografía*, de René-Just Haüy (1743-1822).

Estos experimentos los continuó después de analizar el contenido de las *Tablas*, de Karsten, ya que observó que este autor añadió al sistema de clasificación werneriano los componentes constitutivos de cada mineral o roca, una metodología que Del Río llamó el “Nuevo sistema de Karsten”, por lo que la investigación del español se realizó dentro del campo de la Mineralogía, utilizando a la Química únicamente como una ciencia auxiliar dentro del edificio conceptual werneriano de las *Bergwerkskunde*.



205. Existe una gran cantidad de textos en torno al descubrimiento del eritronio. A nuestro juicio, el más completo, a pesar de su antigüedad, es: Ernst Wittich, “El descubrimiento del vanadio”, *Boletín Minero*, t. XIII, México, enero de 1922, núm. 1, pp. 4-15. El estudio fue leído originalmente ante las Sociedades Científica Antonio Alzate y Mexicana de Geografía y Estadística el 13 de septiembre 1919 para conmemorar el 150 natalicio de Alexander von Humboldt. Wittich, quien estuvo empleado por el Instituto Geológico de México hasta 1914, fue un gran estudioso de la Historia de las Ciencias de la Tierra en nuestro país, a él corresponde el hallazgo en la colección mineralógica ahora situada en el Museo de Historia Natural de Berlín de la cédula original, de puño y letra de Humboldt, de la muestra de plomo pardo de Zimapán, que Del Río entregó personalmente al sabio pruso. A partir de ella se hizo en 1990 un análisis con un espectrómetro de Röntgen para determinar los componentes de esta y compararlos con los encontrados por el español, que son (los determinados en México entre 1801 y 1805): plomo: 73,21 (75,61); cloro: 2,50 (1,61); vanadio: 9,4 (9,77); arsénico: 0,8 (1,8) y fósforo: 0,5 (no reportado). Cf. Günter Hoppe, J. Siemroth y Ferdinand Damaschun, “Alexander von Humboldt und die Entdeckung des Vanadiums”, en *Chemie der Erde*, núm. 50, 1990, pp. 87, 88 y 91; Arturo Arnaiz y Freg, “Don Andrés del Río, descubridor del eritronio (vanadio)”, *Revista de Historia de América*, núm. 25, junio de 1948, pp. 27-48; Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas*, op. cit., 2017, pp. 109-113.

El 22 de octubre de 1802 correspondió a Mariano Reyes y a José Manuel Herrera responder en el acto del curso de Mineralogía: “Acerca de la Geognosia explicarán los criaderos generales de los fósiles, que son las montañas primitivas, de capas y de acarreo, señalando las rocas que las caracterizan, y los particulares, como vetas, cúmulos, mantos, etc., indicando las formaciones más comunes en cada uno de ellos”.²⁰⁶ Por su parte, el profesor Del Río disertó nuevamente sobre las vetas, como resultado de dos años de trabajo con las colecciones de Sonneschmid, Luis Martín y las muestras que los alumnos comenzaron a coleccionar en sus prácticas. En resumen, destaca la importancia del mineral de plomo amarillo del Real de Zimapán descubierto por Martín, discurre sobre la clasificación por él utilizada y cuestiona la de Herrgen, y replica el diálogo con la *Descripción mineralógica*, de Sonneschmid. Asimismo, enumera las ventajas de conocer la antigüedad relativa de las rocas y de una vetas respecto a otras.

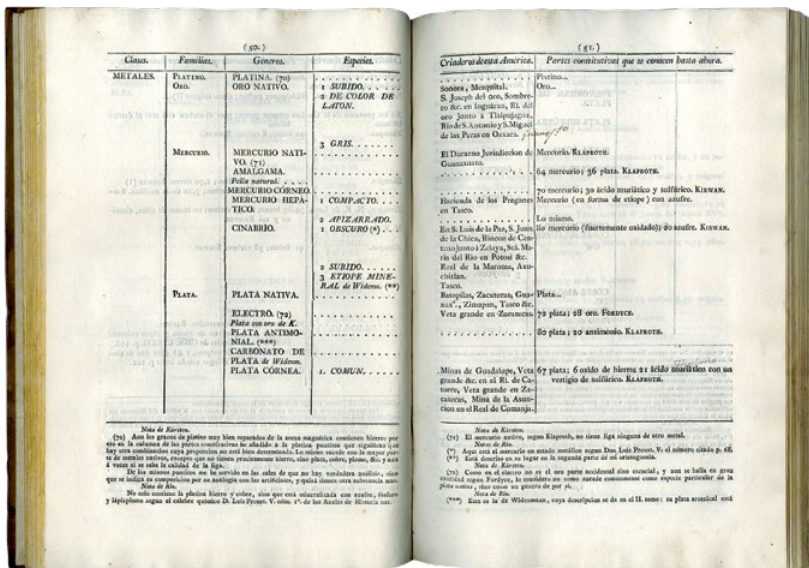


Figura 29

Las seis columnas propuestas por Del Río en la traducción de las *Tablas mineralógicas* de Karsten de 1804: Clases, Familias, Géneros, Especies, Criaderos de esta América, Partes constitutivas que se conocen hasta ahora. Fuente: Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas mineralógicas*, México, 1804, trad. de Andrés Manuel del Río, pp. 50-51. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.



206. AHPM, ML-91B, f. 80v.

El análisis de muestras y la literatura revisada por Del Río dieron como resultado un texto crítico con profusión de notas, que incluyen autores, descripciones, procedimientos de los análisis, experimentos, comparaciones que manifiestan su preparación intelectual a lo largo del año de 1801 en que no tuvo alumnos y que aprovechó para discutir con mayor profundidad. De tal suerte que Del Río fue el pionero en estudiar, describir, analizar, comparar y difundir en el mundo occidental los hallazgos orictognósticos y geognósticos americanos a la luz de las ciencias geológicas modernas. El profesor cerró su discurso expresando que “tanto importa conocer las excepciones como las reglas generales, y hay excepciones que examinadas todas sus circunstancias llegarán a ser reglas generales [...] porque la naturaleza no se contradice jamás”.²⁰⁷

Del Río continuó con la costumbre de enviar el texto del discurso para su publicación en los *Anales de Ciencias Naturales de Madrid*, donde apareció en febrero de 1804.²⁰⁸ Por primera vez, el profesor añadió notas que no existían en el original. La número uno se refiere al plomo pardo de Zimapán en la que explica los resultados del análisis químico de la muestra y en la número dos anuncia haber encontrado referencias de una raja rellena por una disolución que se rebosó y formó un manto en la cabeza de la veta.

El año de 1803 fue de gran furor intelectual para Del Río, ya que se dedicó a la traducción y ampliación de las *Tablas mineralógicas*, de Karsten, auxiliado por las lecturas las revistas mineras alemanas editadas por Köhler y Lempe, la *Orictognosia*, de Widenmann, la *Mineralogía*, de Haüy, la experimentación de nuevos análisis químicos y la llegada de Alexander von Humboldt a la Ciudad de México el día 12 de abril. Para concluir, en el ámbito personal vivió la desgracia de perder a un hijo recién nacido.²⁰⁹ Ocho días después de este suceso familiar, de los dos alumnos que cursaron Mineralogía en 1803 sustentaron el Acto Público el 21 de octubre en el que se



207. Andrés Manuel del Río, “Continuación del Discurso de las vetas”, *Gazeta de México*, núm. 23, viernes 19 de noviembre de 1802, p. 192.

208. *Idem*, “Discurso de las vetas”, *Anales de Ciencias Naturales*, Madrid, t. VII, núm. 19, febrero de 1804, pp. 30-48.

209. El varón recién nacido murió el 13 de octubre de 1803. Cf. “México bautismos, 1560-1950”. Disponible en <https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:NKR6-5JC>, consultado el 26 de mayo de 2016.

darán a conocer las seis clases principales de montañas según el sistema de Karsten, a saber, primitivas, de transición, de capas de trap, de acarreo y volcánicas, y de las formaciones propias de cada una, que antes se llamaban géneros. A las rocas de transición pertenecen la pizarra, la roca verde de transición (la hay también primitiva), la caliza y la vacia gris. A las de capas otra pizarra (aunque dudosa), la arenisca antigua, la caliza de los Alpes o alpina, la sal gema, el yeso antiguo (diverso del primitivo subordinado del gneis), la caliza del monte Jura, la arenisca moderna, el yeso moderno, la caliza moderna, la creta y la brecha de varias rocas, porfídosa y caliza. A cada una están subordinadas varias rocas, que Karsten llama especies. Los criaderos, como mantos, vetas, cúmulos, etc., se explicarán con algunos ejemplos de esta América.²¹⁰

El ambiente de efervescencia intelectual y la formulación de las conclusiones obtenidas a partir de los análisis de los minerales de la colección del Colegio llevó a Del Río a ir más allá de la comprobación de las teorías de formación de las vetas y se aventuró a dictar un “Discurso sobre las formaciones de las montañas...”, de noviembre de 1803, último trabajo académico producido durante la primera década de sus labores en el Colegio de Minería.

En términos generales, esta disertación demuestra el intercambio de información y conversaciones en torno a temas geognósticos que tuvieron lugar entre él, Humboldt y Aimé Bonpland (1773-1858). En ese tenor, realizaron junto con Fausto de Elhuyar una excursión al pueblo de San Agustín de las Cuevas, hoy Tlalpan, al sur de la Ciudad de México.²¹¹ La presencia de yacimientos de obsidiana en el cerro de las Navajas, actual estado de Hidalgo, fue un asunto que llamó la atención del viajero pruso. En su diario hizo una extensa descripción del entorno con numerosas notas marginales que incluyen la descripción mineralógica de Sonneschmid y otra en que dice “¡Andrés del Río también observó obsidiana que formaba una concha en el pórvido!”²¹²



210. AHPM, ML-91B, ff. 102 y 136.

211. Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Alexander von Humboldt, Nachlass, Tagebücher der Amerikanischen Reise*, vol. VIII, f. 212. (en adelante *Humboldt Tagebücher*).

212. *Ibidem*, f. 175v.

Las discusiones llevaron a Humboldt a escribir algunas reflexiones como “Geognosia de los trópicos. Resultados”, a las que llegó después de observar formaciones únicas como los prismas basálticos de Huasca.²¹³

Además de sus usuales citas al informe mineralógico de Sonneschmid, Del Río utiliza por primera vez en sus escritos el nuevo sistema de clasificación de las rocas propuesto por Karsten, advirtiendo que “tan viciosa es en las Ciencias modernas la sed de novedades, como el apego servil a lo antiguo que prueba un hastío total y destruye la curiosidad para todo descubrimiento nuevo”.²¹⁴



Figura 30

Obsidiana de la cima del cerro del Jacal en la Sierra de las Navajas, Hidalgo, acompañada de la cédula original de mano de Alexander von Humboldt, quien la colectó en su viaje americano en mayo de 1803 (Inv.-Nr. 2006-19286).

Fuente: Naturkunde Museum Berlin. Fotografía: Hwa Ja Goetz.

Humboldt y Bonpland asistieron al Acto Público del Colegio de ese año y por ello son mencionados explícitamente en el discurso de Del Río. Estos científicos coincidieron con él en que América representaba un **laboratorio vivo** que ofrecía a cada paso las pruebas de la universalidad



213. *Ibidem*, f. 92v y 94-95.

214. Andrés Manuel del Río, “Continuación del Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, *Suplemento a la Gazeta de México*, t. XI, núm. 51, viernes 16 de diciembre de 1803, p. 414.

de las teorías sobre la formación y acomodo de la corteza terrestre y también el escenario para aumentar el cúmulo de conocimientos sobre la naturaleza.

Otro de los resultados publicados por Del Río fue un texto sobre la “Piedra perlada” en los *Anales de Ciencias Naturales*, de Madrid, 1803 (anexo 6).²¹⁵ Se trata básicamente de la traducción de una sección del artículo publicado en 1795 y 1799 por el mineralogista danés, Jens Esmark (1763-1839), también alumno de Werner.²¹⁶ El ejemplar observado por él fue encontrado en Hungría durante sus exploraciones en Europa central mientras que Del Río contaba con otro espécimen recolectado por Sonneschmid en el cerro de las Navajas, cerca de Real del Monte, al que le atribuyó un origen volcánico y lo llamó pómez imperfecta. Sobre esto, el español arguyó que no lo era, pero que había observado su transición a obsidiana. Este artículo no fue publicado como acostumbraba en las *Gazetas de México*, debido a que tenía planeado incluirlo en su traducción de las *Tablas mineralógicas*, de Karsten.²¹⁷

Durante el año escolar de 1804, la escasez de alumnos continuaba, únicamente Juan José Rodríguez y Rafael Dávalos siguieron el curso de Mineralogía.²¹⁸ Del Río publicó las *Tablas mineralógicas* y preparó la segunda parte de los *Elementos de Orictognosia* que se imprimirían un año más tarde. El 19 de octubre correspondió a ambos estudiantes la defensa del Acto Público de Mineralogía, en el que explicaron “las seis clases de Montañas que establece Karsten en sus *Tablas mineralógicas* que se han empezado a imprimir, y los principales criaderos de las rocas que componen las montañas, ilustrándolos con algunos ejemplos de esta América”.²¹⁹ El profesor leyó un breve discurso sobre los análisis



215. Robert Jamenson, *A System of Mineralogy*, Edimburgo, 1816, 2ª ed. vol. 1, pp. 281-283; Charles Lyell, *Elementos*, *op. cit.*, 2011, p. 138, ofrece un listado que intitula: “Explicación de los nombres, sinónimos y composición mineralógica de las rocas volcánicas más abundantes de la corteza de la Tierra”, en el que define a la *Piedra-perlada=Perlita*. Roca volcánica que tiene el brillo del nácar; su estructura es por lo general nodulosa; está íntimamente relacionada con la obsidiana; pero es menos vidriosa.
216. Jens Esmark, “Kurze Beschreibung einer mineralogischen Reise durch Ungarn, Siebenbrürgen und das Bannat”, *Neues Bergmännisches Journal*, vol. 1, núms. 5 y 6, 1795, pp. 373-464 [la introducción está fechada en Freiberg en abril de 1797]; vol. 2, núm. 2, 1799, pp. 1-105.
217. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas*, *op. cit.*, pp. 16-17.
218. AHPM, ML-91B, f. 161.
219. *Ibidem*, f. 169.

realizados de un mineral nuevo, la alabandina sulfúrea, por él y Manuel Cotero, catedrático de Química.²²⁰ El espécimen les fue enviado desde el curato de Quezaltepec en la provincia de Mixes en Oaxaca debido a su similitud con el petlanque, mineral que contenía plata.²²¹

Para el curso de 1805, del Río tuvo cuatro alumnos que el 19 de octubre en el acto público explicaron:

[...] las diferencias de criaderos generales y particulares de los fósiles: darán cómo con la diversidad que se observa entre las montañas, así por la antigüedad de su formación, como por las materias que las componen, y criaderos particulares que comprenden; e indicarán la que igualmente se nota entre estos últimos y las sustancias que contienen, haciendo ver que la hipótesis de haber sido las vetas en su origen, rajadas abiertas en las montañas, que se llenaron de las materias contenidas en las disoluciones por la mayor parte química, que cubrieron después aquellos parajes, explica bien los fenómenos que presentan.²²²

Por primera vez el discurso principal de este evento no corrió a cargo de Del Río, si no de Juan José de Oteyza, catedrático sustituto de Física, quien se pronunció en contra de las observaciones del capitán de navío Joaquín de Zaráuz sobre las bombas de desagüe diseñadas por Fausto de Elhuyar.²²³ En este mismo año se publicó el segundo tomo de los *Elementos de Orictognosia*, dedicados a esa parte de la Mineralogía, particularmente a los combustibles y los metales, así como a su uso económico y ubicación. Los aspectos geognósticos fueron omitidos en este libro por encontrarse expuestos por Del Río en la traducción de las *Tablas mineralógicas*, de Karsten.²²⁴ Sin embargo, al final de la obra se incluyó la *Introducción a la Pasigrafía geológica del señor barón de Humboldt*, que tuvo como propósito crear un lenguaje



220. “México”, *Suplemento a la Gazeta de México*, México, 27 de octubre de 1804, pp. 208-210.

221. La denominación final del mineral fue *marganesa sulfúrea*. Cf. Andrés Manuel del Río, *Elementos*, op. cit., p. 6.

222. AHPM, ML-91B, ff. 193v-194.

223. Raúl Rogerio Fernández Bravo, “De malacates y socavones a la máquina de vapor”. *Las bombas hidráulicas para el desagüe de minas movidas con agua y por bestias, diseñadas por Andrés del Río y Fausto de Elhuyar: 1800-1891*, tesis para obtener el grado de licenciado en Historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2008, pp. 70-73.

224. Andrés Manuel del Río, *Elementos*, op. cit., p. 1.

universal de las formaciones geológicas y rocas presentes en la corteza terrestre a partir de símbolos.²²⁵ El pruso ejemplificó su sistema con dos perfiles que mostraban la disposición y altura de las rocas primitivas y secundarias en Europa y América (figura 17). Estas imágenes, para el caso novohispano, integran la representación gráfica más completa de los recorridos realizados por Humboldt, Sonneschmid y otros naturalistas hasta esa fecha. Destaca la inclusión de la piedra perlada y la obsidiana americanas, en específico las colectadas por Luis Martín en Zinapécuaro, Michoacán.

Posteriormente, Del Río fue notificado el 9 de noviembre de 1805 que una vez concluida la estación de lluvias iría a establecer una ferrería en Coalcomán, Michoacán, hacia donde partió el día 24.²²⁶ El curso de 1806 se tornó complejo en el Seminario de Minería, toda vez que el año anterior había fallecido Luis Lindner, catedrático de Química y Metalurgia y con la comisión de Del Río se acrecentaba el problema, pues para sustituirlo se decidió “destinar para su enseñanza en calidad de pasante, al alumno de dotación don Juan de Arezorena, que habiendo concluido sus estudios en el Seminario, está en disposición de destinarse a la práctica”.²²⁷

Los alumnos de Arezorena, primeros en seguir la cátedra sin la guía de Del Río, fueron Juan María Muñoz, Gerónimo Aldaco y José Coria, de dotación, y José Mariano Benítez, externo.²²⁸ Así finalizó la primera etapa intelectual de la vida de Del Río en América, en el marco de la invasión de Napoleón a España que demandó la participación de los expertos, para la fabricación de cañones y suministros indispensables



225. Pasigrafía proviene de raíces griegas y significa ‘escritura de todos’. Originalmente se trató de un lenguaje pictográfico concebido para ser entendido por cualquiera sin importar su lengua materna. Fue propuesto por el francés Joseph de Maimieux (1753-1820). Cf. Joseph de Maimieux, *Pasigraphie ou premiers éléments du nouvel art-science d’écrire et d’imprimer en une langue de manière à être lu et entendu dans toute autre langue sans traduction*, París, Au Bureau de Pasigraphie, 1797; Alexander von Humboldt, “Introducción a la Pasigrafía geológica”, en Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia*, México, Mariano José de Zúñiga y Ontiveros, 1805, pp. 160-173. El manuscrito original se encuentra en Berlín, Cf. Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Humboldt Nachlass*, caja 5, núm. 88, *Essay sur la de Pasigraphie geologique dressée à l’usage de l’Ecole Royale des Mines du Mexique*, 1803.

226. José Alfredo Uribe Salas, “Labor”, *op. cit.*; Gerardo Sánchez Díaz, “Los orígenes”, *op. cit.*, y Gerardo Sánchez Díaz, “La ferrería”, *op. cit.*

227. AHPM, ML-91B, f. 209v.

228. *Ibidem*, f. 208.

para enfrentar el conflicto armado. Cinco años después se reincorporó a su cátedra, tras dos viajes, uno como diputado a las Cortes de Cádiz en 1820 y 1821, y otro a Filadelfia entre 1829 y 1834, en el marco de las leyes de expulsión de españoles peninsulares; concluyó su vida académica en 1843. Tras su retiro todavía publicó la segunda edición de la parte práctica de su *Orictognosia* y un suplemento, además de fungir como consultor de la Junta de Fomento y Administrativa de la Minería.²²⁹

En esta época el concepto *geognosia* cayó en desuso; de hecho, desde los primeros años del siglo XIX comenzó a utilizarse el término *geología*.²³⁰ En la lengua española correspondió a Del Río difundir su significado, utilidad y método. Recordemos que Werner era muy cuidadoso para la elección de las palabras y recurría a las raíces griegas para determinar con precisión los conceptos, afición compartida por el español, quien poseía conocimientos de esa lengua, por ejemplo, la utilizó para designar el elemento químico aislado por él, primero como pancromo y luego como eritronio.

La primera vez que apareció el término *Geognosia* en el *Diccionario de la lengua española* fue en 1837 y su definición era simplemente como sinónimo de Geología, situación que se sostuvo hasta 1852. Por su parte, **Geología** apareció por vez primera en 1817 como “ciencia que trata de la naturaleza y generación de las diferentes partes de la Tierra”.²³¹ A partir de 1853 ambas palabras se diferenciaron y obtuvieron definiciones propias. La *Geognosia* fue descrita como la “parte de la historia natural que trata acerca de la estructura, la situación respectiva y la naturaleza de las grandes masas de materias petrosas, u otras sustancias minerales que entran en la composición del globo terráqueo”. Mientras que la *Geología* era “parte de la historia natural, que trata de la forma exterior del globo terrestre, y de la interior hasta donde alcanzan las excavaciones que puede hacer el hombre: de la naturaleza de los materiales que componen la tierra, y del modo en que han sido formados y colocados en su posición actual”. Hoy en día la palabra *geognosia* existe registrada en la edición más reciente del *Diccionario* como “parte de la Geología



229. Para conocer las visicitudes en la trayectoria socioprofesional de Del Río, cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas*, *op. cit.*, pp. 113-134.

230. Cf. Dennis Dean, “The Word Geology”, *Annals of Science*, núm. 36, 1979, pp. 39-43.

231. *Diccionario de la lengua castellana por la Real Academia Española*, 5ª ed., Madrid en la Imprenta Real, 1817, p. 422.

que estudia la estructura y composición de las rocas que forman la Tierra”, definición que se ha sostenido por más de un siglo.²³²

Pese haber publicado su *Manual de Geología* en 1841,²³³ Del Río siempre recurrió a la terminología creada por su maestro Werner. Cuando en 1843 se reformó plan de estudios del Colegio de Minería, se decía que dentro de las ciencias naturales habían de estudiarse:

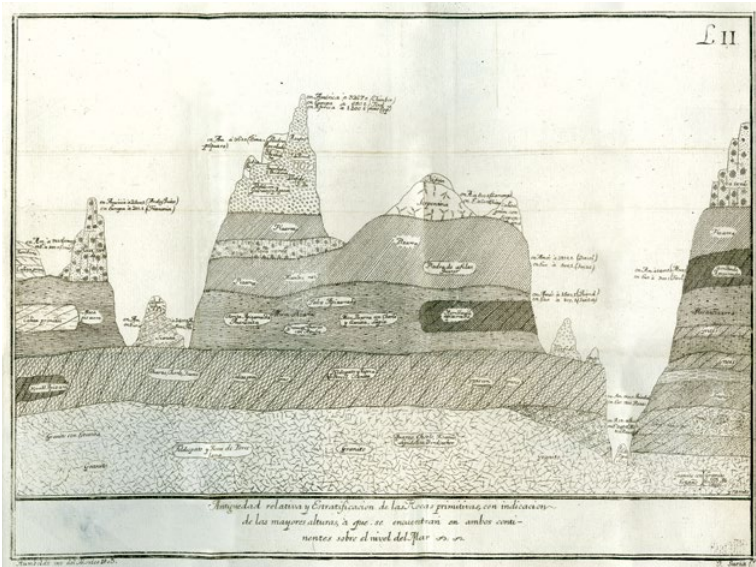


Figura 31

Alexander von Humboldt. *Perfil de las rocas primitivas que muestra la estratificación de las rocas primitivas con la indicación de sus alturas y ubicación geográfica*. En el punto más alto, se observan la obsidiana de Zinapécuaro, Michoacán y la piedra perlada. Humboldt, *Introducción...*, 1805. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Geología, Geodesia y Orictognosia, Mineralogía, etc. [El profesor replicó de manera irónica que] como la Geodesia no tiene relación



232. Real Academia Española, *Nuevo tesoro lexicográfico de la lengua española*. Disponible en <http://buscon.rae.es/ntlle/SrvltGUILoginNtllle>, consultado el 31 de agosto de 2016. Este recurso contiene todas las ediciones del *Diccionario de la lengua española*. Cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, “Bringing”, *op. cit.*, pp. 246-261.
233. Andrés Manuel del Río, *Manual de Geología: extractado de la Lethaea geognóstica de Bronn, con los animales y vegetales perdidos, o que ya no existen, más característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de esta República, para uso del Colegio Nacional de Minería*, México, Impreso por Ignacio Cumplido, 1841.

ninguna ni con la Geología ni con la Orictognosia, se sigue naturalmente que ha de ser yerro de imprenta por Geognosia. Esta y la Orictognosia son partes de la Mineralogía; mas no siéndolo ellas solas, yo habría dicho simplemente con los clásicos más modernos, Geología y Mineralogía, separándolas por el neologismo del día, como la ideología y la metafísica.²³⁴

Apegado y fiel a las ideas neptunistas concebidas por su maestro, murió el 23 de marzo de 1849 en la Ciudad de México.²³⁵

CONCLUSIONES

El *Tratado de vetas* de 1795 de Andrés del Río es el primer texto escrito para la enseñanza de la Geología en el continente americano. Su preparación se ubica en la etapa más productiva del profesor, entre 1795 y 1805, fechas en las que redactó libros expresamente para su cátedra, dictó sus discursos, estableció los postulados de Werner como el centro de la instrucción del Real Seminario de Minería y se consagró como su motor intelectual.

Para ilustrar la factura del *Tratado de vetas* y otros de sus textos, consideramos mostrar su genealogía (figura 33), dividida en las dos partes de la Mineralogía, según Werner, que desarrolló Del Río: Orictognosia y Geognosia. Como se aprecia, arriba a la izquierda nace la rama de la Orictognosia con los *Kennzeichen* (1774), de Werner. Del Río actualizó los conocimientos de esta rama mediante su ejemplar anotado en 1791, el cual dio origen al primer tomo de sus *Elementos de Orictognosia* (1795). Para otros alumnos de Werner, los *Kennzeichen* inspiraron otras obras, como las de Wiedenmann (1794) y Karsten (1800). Tres años más tarde, la primera fue traducida por el neptunista Christian Herrgen en España, obra que Del Río ignoró por considerar que sus propias traducciones eran superiores a esta.



234. *Idem*, “ERRATA del plan de estudios publicado el 19 de este en el Diario del gobierno”, *El Siglo Diez y Nueve*, México, 31 de agosto de 1843, p. 2. Nota escrita el 24 de ese mes.

235. Cf. Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas*, *op. cit.*, especialmente el capítulo 2 en el que se ofrece una biografía de Andrés Manuel del Río con datos inéditos.



Figura 32

Comisión Científica del Istmo de Tehuantepec. Plano geológico de la parte del Istmo de Tehuantepec, año de 1843, escala 1:500,000, lit. Calle de la Palma núm. 4.

La clasificación de las rocas colectadas para su representación en esta carta fue realizada por Andrés Manuel del Río. Cayetano Moro, Reconocimiento del Istmo de Tehuantepec, practicado en los años 1842 y 1843, con el objeto de una comunicación oceánica, por la Comisión Científica que nombró al efecto el empresario D. José de Garay, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1844, s/p.

Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

Abajo a la izquierda inicia la rama de la Geognosia con las *Lecciones*, de Werner, las cuales dieron origen a dos de sus obras impresas, la *Kurze Klassifikation*, 1787 y la *Neue Theorie*, 1791. Las tres influyeron directamente en el contenido del *Tratado de vetas*. Este junto con las descripciones de Sonneschmid fueron la fuente para los discursos dictados por Del Río en los actos públicos del Colegio de Minería entre 1800 y 1803. Hacia 1804, publicó la traducción de las *Tablas*, de Karsten, obra en la que integró el conocimiento geognóstico más actualizado. Ambas ramas, la Orictognosia y la Geognosia, confluyen en esta edición, mientras que en el segundo tomo de los *Elementos de Orictognosia* (1805), se vieron aumentados con la *Introducción a la Pasigrafía geológica*, de Humboldt.

Las obras manuscritas e impresas de Werner las trajo consigo Del Río en su viaje a América, el resto de ellas fueron adquiridas por él, a través del Seminario de Minería y el comercio libresco. De este modo, la transmisión y circulación de la teoría de las vetas de Werner se llevó a cabo mediante manuscritos, al alcance solo de los alumnos de Del Río. En Europa, los pupilos lograron imprimir sus propias obras, por lo que la difusión fue mucho más amplia que en el Nuevo Mundo.

En el Viejo Continente, los *Principios de Geología* (1830-1833), de Charles Lyell, marcaron la introducción y aceptación de otras teorías sobre la formación de las montañas, que estaba fundamentada en la premisa de que el estudio del presente es la llave del pasado; a esta teoría se le conoció con el nombre de uniformitarismo.²³⁶ En paralelo, la Mecánica industrial se consolidó como una profesión especializada de la Ingeniería, abandonando el Arte de minas. De allí que el concepto de *Bergwerkskunde*, de Werner ya no podía impartirse en una cátedra única, como él la había concebido. Otros de sus alumnos, Humboldt y von Buch, transitaron de su concepción neptunista sobre la conformación de la costra terrestre tras la observación de la naturaleza en sus viajes por el mundo a otras explicaciones universales del planeta como un sistema.²³⁷ Incluso, medio siglo después de haberlo escrito, Humboldt anotó en su diario de viaje a México (1803-1804) que su idea en torno



²³⁶. Cf. Carmina Virgili, *El fin*, op. cit.

²³⁷. Alexander von Humboldt, *Cosmos*, Santiago de Chile, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana, 2011.

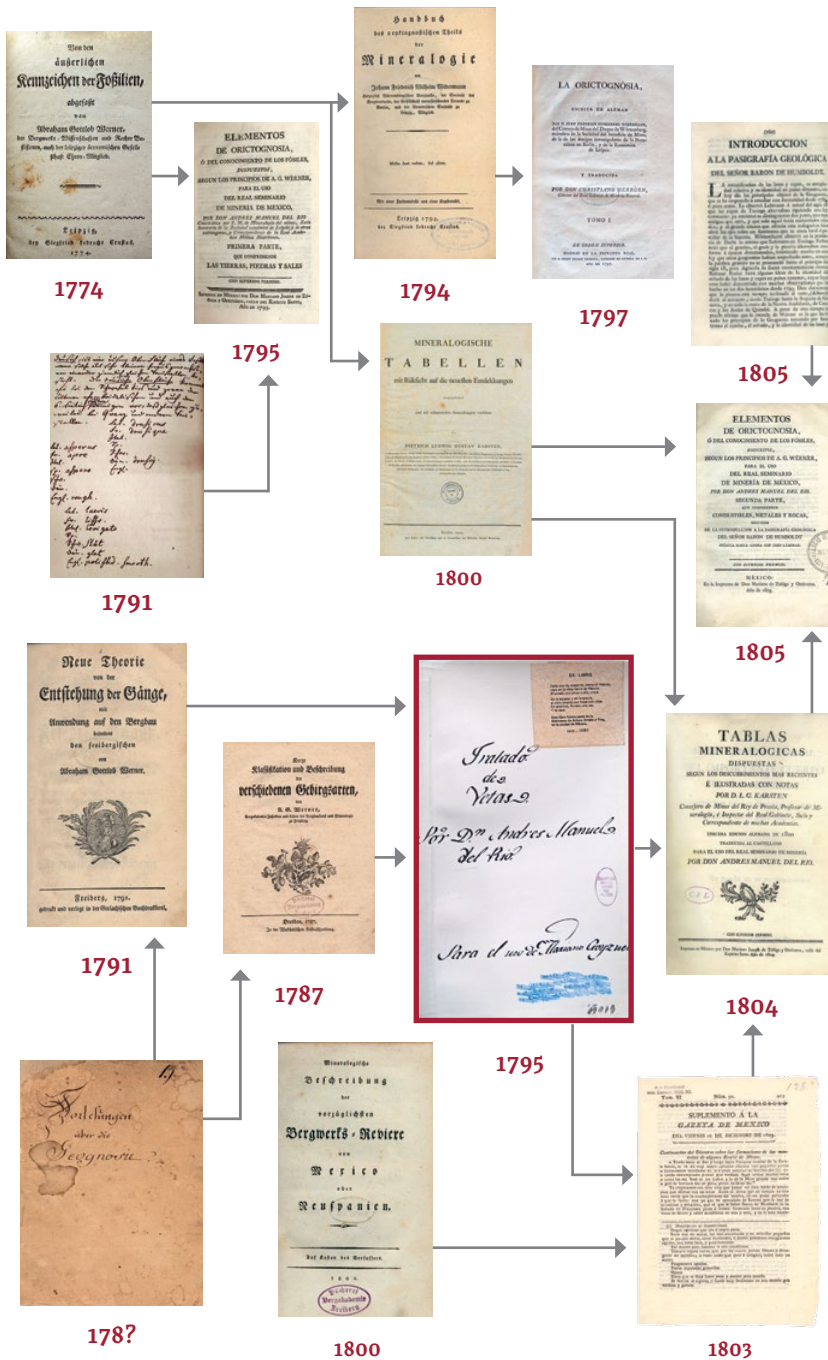


Figura 33

Esquema de la genealogía del *Tratado de vetas*, de Andrés Manuel del Río, 1774-1805. Elaboración propia. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, Staatsbibliothek zu Berlin y Jan Cornelius Schulz-Sawade.

al origen acuoso de las piedras pómez alrededor del Cofre de Perote eran *antiguas locuras neptunianas [anciennes folies neptuniennes]*.²³⁸

En México, tras la jubilación del profesor Andrés Manuel del Río en 1843, el joven ingeniero Antonio del Castillo (1820-1895), alumno del Colegio de Minería fue designado su sustituto. Aprovechó su nueva posición para publicar en la prensa fuertes críticas a la enseñanza de su antecesor; argumentó que los conocimientos de la formación de vetas estaban plagados de teoría y no tenían una práctica correspondiente, lo que impedía que los alumnos comprendieran adecuadamente los temas. Entre las innovaciones a la enseñanza que introdujo Del Castillo destacan el reemplazo del Arte de minas por la Mecánica aplicada a las minas, dividida en dos partes: la Mecánica práctica a las máquinas y la aplicación al Laborío de minas, así como la necesidad de que se redactara un tratado de explotación para el uso de los alumnos, la adopción de los *Elementos de laboreo de minas*, del español egresado de Freiberg Joaquín Ezquerro del Bayo (1793-1859) de 1839 y la realización de visitas a los principales establecimientos científicos de Europa y los Estados Unidos para analizar su modelo de aprendizaje.²³⁹ De hecho, estableció la enseñanza de nuevas teorías geológicas e hizo notar sus diferencias con Del Río; en el elogio del antiguo profesor que publicó en 1852, aseveró: “se mantuvo acérrimo partidario de las opiniones de Werner sobre la formación acuosa de toda la costra de la Tierra, o la teoría neptuniana; y sólo con grande esfuerzo pudo admitir, en el último tercio de su vida, la existencia bien comprobada de los estribos, vetas y diques de granito moderno volcánico, ingeridas por entre las capas de pizarra de formación acuosa”.²⁴⁰



238. Ulrike Leitner, “Anciennes folies neptuniennes!”, Über das wiedergefundene “Journal du Mexique à Veracruz” aus den mexikanischen Reisetagebüchern A.v. Humboldts”, en *Humboldt im Netz*, III, 5, 2002, p. 9.

239. AGN, México Independiente, Gobernación y Relaciones Exteriores, Gobernación, Gobernación sin sección, caja 811, exp. 11, ff. 3-3v.

240. Antonio del Castillo, “Elogio a D. Andrés del Río, profesor de Mineralogía jubilado por el supremo gobierno, corresponsal de la Real Academia de Ciencias del Instituto de Francia, de la Sociedad Werneriana de Edimburgo, de la de Medicina de Strasburgo, de la Linneana de Leipsick, de la Real Económica de Saxonía, de la Real Academia de Medicina Matritense, de la Sociedad Filosófica, de la Academia de Ciencias, y expresidente de la Sociedad Geológica de Filadelfia, del Instituto de Washington, del Liceo de Historia Natural de Nueva York y de otros: leído por..., en la solemne distribución de premios a los alumnos del Colegio de Minería, la noche del 12 de noviembre de 1852”, *El Siglo Diez y Nueve*, México, 9 de abril de 1853, p. 3.

Para 1854, la Escuela Práctica de Minas y Metalurgia del Fresnillo ya había abierto sus puertas, y Del Castillo, uno de sus principales promotores, ocupó la cátedra de Expediciones geológicas y mineras. Con ello, la antigua cátedra de Oricognosia, Geognosia y Arte de minas fue dividida en tres cursos, lo que solucionó la deficiencia formativa de los alumnos que realizaban sus prácticas sin la guía de un catedrático. A pesar de tener una historia convulsa, este establecimiento sobrevivió a lo largo de seis décadas gracias al constante impulso de este profesor, quien ocupó de manera definitiva la cátedra de Mineralogía, Geología y Paleontología, al igual que su antecesor, por casi medio siglo, del 13 de abril de 1846 hasta finales de abril de 1894.²⁴¹

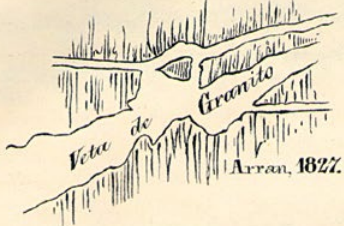
De tal manera que Del Castillo formó a las generaciones de ingenieros mexicanos de la segunda mitad del siglo XIX más destacados en las ciencias geológicas y mineras, quienes se detentarían como los protagonistas en el proceso de profesionalización de su especialidad. Desde la década de los cuarenta del siglo XIX, este ingeniero estableció un proyecto de investigación de largo aliento, manifiesto en la propuesta para fundar un escuela práctica en un distrito minero, consolidar la cátedra de Mineralogía, Geología y Paleontología en la Escuela Nacional de Ingenieros,²⁴² y desde allí, concebir la creación de una institución estatal encargada de desarrollar las investigaciones sobre la Geología y ciencias afines y cartografiar el territorio con la fundación en 1888 del Instituto Geológico de México. De tal modo que la trayectoria académica de Del Río y Del Castillo, titulares de la cátedra de Mineralogía en el Colegio de Minería y la Escuela de Ingenieros durante un siglo, demuestra la enseñanza de la Geognosia y la transición a la Geología en la primera escuela de ingeniería del continente americano. Esta tradición en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra quedó manifiesta con la creación de la carrera de Ingeniería petrolera en 1927, la Ingeniería geológica en 1936 y la Ingeniería geofísica en 1980, profesiones necesarias para la instrumentación de políticas económicas del México del siglo XX, encabezadas por los ingenieros formados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México que hoy celebra 230 de hacer Historia.



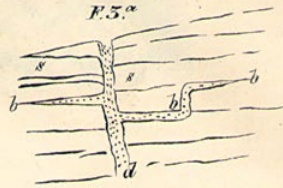
241. Lucero Morelos Rodríguez, *La Geología mexicana, op. cit.*, p. 197.

242. La Escuela Nacional de Ingenieros tuvo un gran auge durante el Porfiriato, en 1910 se incorporó a la Universidad Nacional y a partir de 1959 se convirtió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Pizarra. F. 1.^a



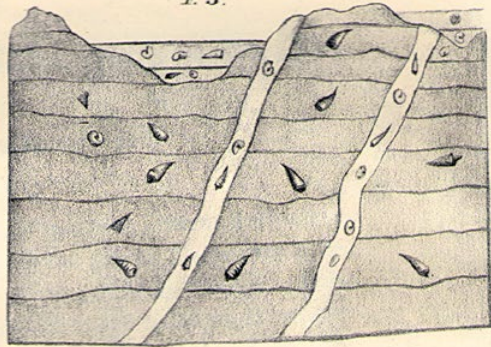
F. 5.^a



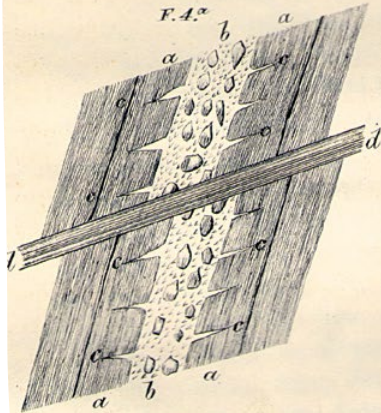
F. 2.^a



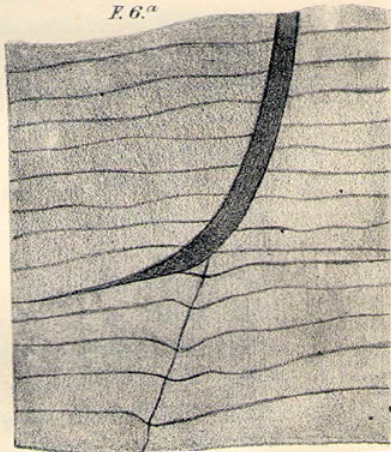
F. 5.^a



F. 4.^a



F. 6.^a



II

• Transcripción anotada • del *Tratado de vetas*

La transcripción del manuscrito del *Tratado de vetas* resultó un ejercicio desafiante, toda vez que la copia existente en la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada es una impresión en blanco y negro hecha a partir de un microfilm. La falta de tonalidades de gris dificulta la lectura sobre el papel brillante utilizado en la década de los sesenta del siglo xx en que fue impreso. Adicionalmente, la gran cantidad de términos geognósticos ocupados por Del Río, muchos en desuso o ideados por él, complicó su comprensión. Por fortuna, el hecho de que se trata de una traducción parcial de la *Nueva Teoría* de Werner permitió determinar las equivalencias de estas palabras tanto en el original alemán como en las versiones francesa e inglesa. Estos textos y los discursos dictados en los actos públicos del Colegio de Minería ofrecen un *corpus* completo del vocabulario utilizado por Del Río y permiten deducir algunos términos difíciles de paleografiar en el documento.

Para facilitar su comprensión, actualizamos la ortografía y desatamos las abreviaturas. Asimismo, hemos respetado las palabras subrayadas Del Río, incluyendo los pasajes tachados en el mismo documentol. El manuscrito, cuyo tamaño real es desconocido, está numerado en el frente y vuelta de los folios; por ello, hemos indicado cada una de las páginas entre corchetes y con cursivas, por ejemplo: [*p. 10*]. Para las unidades de pesos y medidas antiguos se colocó entre corchetes su equivalencia en el sistema métrico decimal. En la medida de lo posible, hemos ubicado las partes traducidas directamente de la *Nueva Teoría*, de Werner, indicando entre corchetes la página y sección del original que Del Río tomó, por ejemplo [*secc. 2, p. 2*] incluso a veces se colocaron las palabras del original alemán para facilitar

la localización del texto en él. Del mismo modo se muestra el volumen y foja de las partes extraídas de las *Lecciones de Geognosia*, por ejemplo: [*Nachlass*, 3, 350]. Finalmente, se indican los pasajes que parecen ser originales de Del Río: [*Sección original*].

Tratado
de
vetas.
Por Don Andrés Manuel
del Río

Para el uso de Mariano Goyzueta

[p. 1]

Tratado de vetas

[*Secc. 2, p. 2*] Vetas: son los criaderos particulares de los fósiles de figura aplastada que cortan siempre las lajas de la roca y están llenos de una masa más o menos diversa de esta.

Lajas: son las masas homogéneas de [rocas] divididas por comisuras paralelas en trozos aplastados también paralelos. Las rocas que están así divididas se llaman estratificadas, pero no todas lo están.

[*Noch genauer bestimt, p. 3*] Más exactamente se determinan las vetas diciendo que son rajadas que se formaron en las montañas y se llenaron después de diversos fósiles más o menos diferentes de la roca y así es menester distinguirlas de todos aquellos criaderos que tienen la misma posición que la roca en que se encuentran y a que pertenecen, aunque el minero los llama impropriamente vetas, cuando tienen el echado que suelen tener estas.

[*Sección original*] Sus dos mayores caras que las terminan y son por lo común lisas, se llaman guardas, la parte superior hacia la superficie de la Tierra o en ella misma, cabeza o crestones, y la interior cola y extremos los dos límites hacia dos partes opuestas del mundo. Todas tres dimensiones tienen relación entre sí, aunque la longitud y profundidad son mucho mayores, la anchura es la que se toma para determinar con exactitud las vetas. [*Nachlass*, 3, ff. 289v-290] En Sajonia a una vena de media pulgada [1.25 cm] la llaman ya veta, que otras veces llega a 3 toesas [5.838 m] y rara vez a más a las que están debajo de

media pulgada [1.25 cm] las llaman venas, desde media pulgada [1.25 cm] [p. 2] hasta seis [15 cm], vetas angostas, desde seis [15 cm] hasta veinte medianas [50 cm], y de un cuarto de toesa [48.65 cm] en adelante vetas anchas. En Hungría como que son más anchas tienen basantes distintas divisiones. Su longitud [asciende] las más angostas, rara vez baja de 50 toesas [97.3 m] en lugar que la de las anchas se extiende a dos y más leguas [11.14 km] como la vespertina de Halsbrückner y Freiberg.¹

[Nachlass, 3, 290, secc. 31] Su echado se acerca siempre más a la perpendicular que a la horizontal, rara vez es menor su ángulo de 45° y muchas veces llega a ser recto, lo que es un carácter principal que los distingue de los mantos. A veces varía su rumbo, pero es muy raro que en su serpenteo no vuelvan a su dirección primera. Quizá se puede suponer que su dirección en el rumbo no pasa de 22°, por lo menos nunca pasa de 45°. Muchas veces se divide una veta en dos o más partes que se separan enteramente o que se vuelven a juntar todas o alguna, si las partes son angostas, se llaman ramas, y si son más anchas, brazos. Nunca se terminan las vetas de un golpe, sin que las angostas se estrechan más y más, y las anchas se dividen en ramas y se terminan en venas. La división y separación sucede cuando aumentan de grueso, y no sólo hacia los extremos, sino también hacia la cabeza o hacia los crestones. Las vetas anchas suelen tener a sus lados, especialmente en el pendiente, otras más angostas que deben su formación a la veta madre o principal. [p. 3]

[Sección original] Cúmulos o vetas acumuladas. Son porciones de montañas más o menos extendidas y penetradas o atravesadas de una multitud casi infinita de vetas muy angostas en todas direcciones. Lo que en Hungría llaman venas son vetas angostas y medianas.

[Nachlass, 3, 290-290v, secc. 32] Todas las vetas que se formaron de unas mismas disoluciones, sea que estén cercanas en un distrito o muy apartadas en diversos países, constituyen una formación, y así se dice la formación de galena, espato, finos y pesado: la de plata roja y



1. Werner no incluye los términos usados normalmente por los mineros para la descripción de las vetas ni sus tipos basados en el ancho de estas. Envía al lector a consultar el *Bericht vom Bergbau*, de Johann Gottlieb Kern (1769), secciones 29 a 82. Sin embargo, el párrafo de Del Río no es un resumen de ese fragmento ni del *Anleitung zu der Bergbaukunst*, de Delius (1773), por lo que podemos inferir que se trata de un pasaje basado en observaciones propias realizadas en Sajonia.

gris, etc. Vetas de una misma formación que están juntas en un cierto distrito se llaman depósito, que se distinguen con el nombre del sitio en que se encuentra y de los fósiles que contiene especialmente, como por ejemplo el depósito de galena, cobre gris y blenda amarilla de Hartenberg y el estaño de Altenberg. Muchos depósitos juntos en un distrito, que por lo común están contiguos, forman un distrito metálico que se nombra para el sitio en que está como el de Freiberg.²

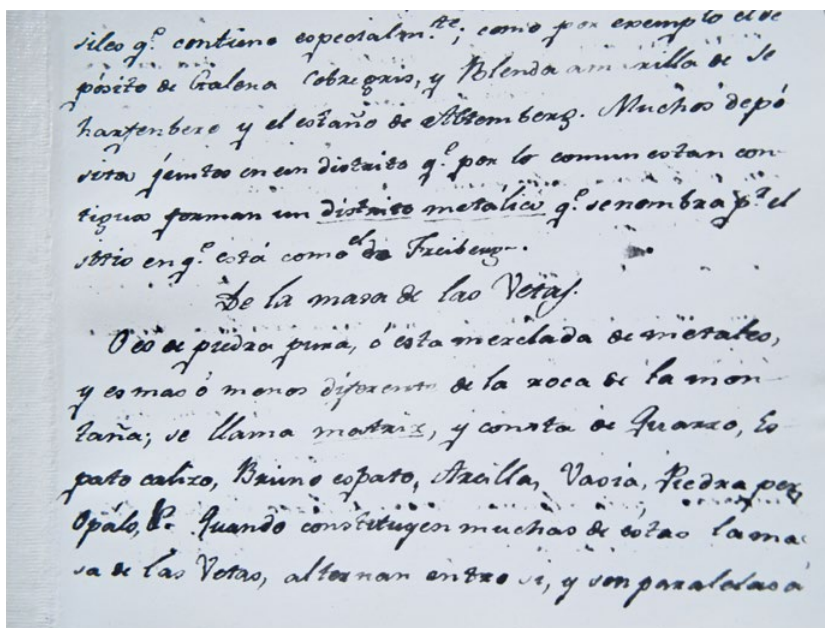


Figura 35

Andrés Manuel del Río, “Masa de las vetas”, en *Tratado de vetas*, 1795, p. 3. Sección homónima de las *Lecciones*, de Werner. Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólder 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.



2. Aquí Del Río deja la *Neue Theorie* y toma pasajes de las *Vorlesungen über die Geognosie [Lecciones de Geognosia]*, de Werner, cuyos borradores se encuentran en los manuscritos del *Werner Nachlass* en Freiberg. En este caso tiene añadidos ejemplos que al menos no están presentes en la versión consultada en el tomo tercero.

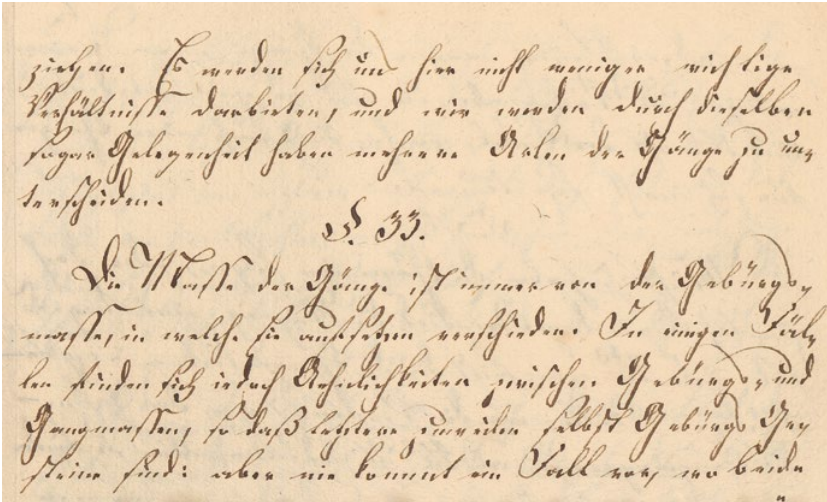


Figura 36

Abraham Gottlob Werner, “Die Masse der Gänge”, en *Lecciones de Geognosia*, s/f. Sección homónima a la del *Tratado de vetas*, de Andrés Manuel del Río. Werner *Nachlass*, t. 3, f. 290v. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

[*Nachlass*, 3, 290v ss, secc. 33] De la masa de las vetas³

O es de piedra pura, o está mezclada de metales, y es más o menos diferente de la roca de la montaña, se llama matriz y consta de cuarzo, espato calizo, bruno espato, arcilla, vasia, piedra pez, ópalo, etc., cuando constituyen muchas de estas, la masa de las vetas, alternan entre sí y son paralelas a [p. 4] las caras. La masa de la veta está separada del pendiente por una cinta más o menos gruesa de ciertas tierras, o solo por una faja angosta, o está pegada inmediatamente a la roca: en el primer caso se da que tiene la veta fajas (Bester) que se distingue por su color azul raso y verde; en el segundo que tiene una separación; y en el tercero que está incorporada. Al minero le interesa el conocer las fajas como que son un medio seguro para hallar una veta perdida, como puede suceder con las que se cortan y cruzan.



3. En este caso, la sección 33 de las *Lecciones* se llama exactamente igual: *Die Masse der Gänge*.

El estar incorporadas las vetas con la roca depende de la homogeneidad de las masas de las vetas y la roca, y de estar esta aún cierre, por lo que atrajo la masa de la veta al tiempo de formarse con más fuerza, y uniéndose con ella internamente, lo que se observa con especialidad en las vetas cuarzosas y en las que participan de piedra córnea y también en el gneis cuarzoso fresco; pero no en las vetas que constan de pirita sulfúrea. Las vetas incorporadas son por lo demás algo raras, y aún no lo están en toda su extensión, sino en algunas partes. Las más están separadas de la roca de los lados por tajas de separación muy distintas, y aún para una capa arcillosa delgada aplicada a las guardas.⁴

En lo interior de las masas de las vetas, hay muchas veces cavidades mayores y menores desde algunas pulgadas hasta algunas toesas de largo que están por lo común en medio de la veta y rara vez a los lados, y en las [p. 5] es donde es más ancha y son siempre paralelas a los respaldos. Su interior está revestido de cristales y las puntas de ellos están mirando unas a otras, habiendo a veces muchos cristales unos sobre otros. Frecuentemente están las cavidades llenas de agua. En las vetas hay muchas veces pedazos de la roca de los lados, como se ven en las de Freiberg que tienen fragmentos de gneis: los grandes pedazos se ven por su testera que tienen la misma posición que la roca en los respaldos superior e inferior en lugar que los pequeños tienen toda suerte de direcciones; lo que se observa mejor en las rocas pizarreñas como el gneis, la sílica-pizarra, la pizarra, la bernn manga, etc., estos grandes pedazos tienen la forma de uñas, o de cribas, y su extremo de arriba mira más hacia el respaldo inferior, y el de abajo hacia el superior, en prueba de que se arrancaron del superior. A esto se añade que las vetas son tanto más anchas por arriba cuanto mayor es el volumen de los pedazos de roca que hay en su interior.

Es muy singular la vacía en cañas, que dejó a último tal que aunque se diferencia algo de las vetas; sin embargo, tiene en general mucha relación, y se encuentran en ella no solo piedras rodadas de todas especies, sino hasta árboles con ramas, troncos, hojas y raíces, que arden aun sobre las aguas con olor bituminoso.



4. A partir de este párrafo es difícil encontrar la correlación entre las *Lecciones* y el *Tratado*, pero no hay que olvidar que existen muchos más borradores de Werner y que sería necesario contrastar con todos ellos para determinar si esta sección es también un glosa de los textos del sajón o una parte original de Del Río.

La masa de las vetas consta de piedras y minerales, aunque algunas solo de piedras como de basalto y vacia, de las cuales las últimas suelen tener algún mineral [p. 6] cuando están en las cercanías de otras vetas, de las que se les pega verosímilmente. Otras constan solo de granito, piedra arenosa y greda. Las que constan de minerales los tienen rara vez en toda su extensión, sino a ciertas distancias que se llaman puntos metálicos, por los que se determina si merece beneficiarse una veta y se distinguen por su tamaño, por su frecuencia, y por su ley. Respecto al tamaño no llegan unas veces a una toesa [1.946 m], y otras pasan de ciento; respecto a su frecuencia se siguen unos a otros rápidamente, o hay muchos intermedios de tepetate y muy largos, en cuyo caso rara vez merecen beneficio, si los puntos metálicos no son de mucha ley: esta es la que da nombre a las vetas, y así se llaman ricas, buenas, medianas o pobres. A veces los puntos metálicos confinan por sus extremos con otros minerales o rocas y entonces dice el minero que ennoblecen o que se empobrecen según el extremo por donde se trabajan, como sucede en Shraffenberg, donde la masa ordinaria de la veta era galena con blenda amarilla y mineral de cobre gris, y se cortó con blenda parda y mineral de plata sulfúrea.

Se verifica lo que decían los antiguos de las profundidades del metal en los criaderos, pero esto es accidental y no puede determinarse en general, pues a veces a mayor profundidad se disminuye su ley, o muda de [p. 7] naturaleza; de suerte que cuando tenían arriba metales ricos, no tienen abajo sino galena: en Cornualles tienen las vetas de arriba abajo primero estaño, luego cobre y en lo más profundo plata; en Schneeberg tienen en la parte de arriba minerales de hierro, debajo plata y cobalto en la mayor profundidad: conque a ciertas profundidades contienen a veces las vetas ciertos minerales, como en las montañas de pizarra costrosa que cuando atraviesan la capa de piedra arenisca que está debajo llevan cobalto, todo lo cual es muy interesante para el minero y para el geognosta. Parece también que hay una cierta relación entre las sustancias de las vetas, y así la misma de cobre amarillo, la pirita sulfúrea y arsenical están acompañadas de los minerales de cobre gris y de plata gris; el rosicler claro de arsénico oropimente y mineral de hierro espático, el oro nativo de pirita azufresca, el mineral de cobre pavonado del amarillo, la plata gris de la galena, por el contrario nunca se hallan juntos el oro y cobalto, ni el oro y plata excepto en Schlangenberg, tampoco el mercurio y cobalto la albandina y la galena. A veces la masa de las vetas anchas está atravesada de venas cuyo echado se asemeja al de la zona de los respaldos.

No se debe omitir que las matrices de las vetas se puedan alterar con el tiempo y que en efecto uno a otro de los fósiles que las constituyen se puede haber resuelto o descompuesto enteramente o alterándose mucho [p. 8] su combinación por la adición o sustracción de una o más partes constitutivas haber pasado a construir otro fósil, semejante alteración puede haberla producido una disolución general más reciente que llenase otra vez los huecos o el aire atmosférico, o también el agua introducida en la montaña. En el primer caso será poco sensible la alteración por haber intervenido una nueva formación, o incorporándose con la antigua, pero en el último que solo se verifica en los criaderos a poca profundidad, casi solo se producen metales oxidados, ocre y demás, muy rara vez nativos, y de estos quizá solo el cobre y nunca minerales propiamente tales. Entre las piedras parece el espato flúor susceptible de una total descomposición y de la disolución del espato calizo del bruno espato y de algunos minerales nos dan buena prueba las estalactitas de las minas.

[Nachlass, 3, f. 300v y siguientes, secc. 53]
De la relación de las vetas entre sí

A veces se cruzan dos vetas en ángulos rectos u oblicuos, en el primer caso se dice que forman cruz, y en el segundo aspas. Una de las dos atraviesa siempre a la otra, la primera continúa sin interrupción, y la otra es cortada por todo el grueso de la primera. Una porción de la atravesada guiña comúnmente hacia el echado o hacia el pendiente de la otra, o continúa algún trecho en compañía de ella como en Aresdorf donde el Tobías y el Enrique no son más que una veta, el guiñado sucede con [p. 9] las que más tienen las aspas que en las cruces y en las últimas es común la división en ramos. La veta guiñada se ha de buscar siempre hacia el ángulo obtuso y sería muy mal hecho estando la veta extendida de Tobías, buscar la extendida de Enrique que es su continuación hacia oriente más bien que hacia poniente. Las vetas estrechas son a veces cortadas del todo por las anchas como la veta recta Gregorio por la extendida del Altegrune Zweig en la mina de este nombre.

Donde se atraviesan las vetas hay por lo común puntos ricos de metal que son de otra naturaleza que los que eran comunes antes a las vetas, cuyos puntos no están sin interrupción en toda la distancia de la intersección, sino en las porciones separadas. En las aspas es más común esto que en los cruces. También ennoblecerá las vetas rectas las

venas matutinas. Cuando se atraviesan dos vetas metálicas se aumentan tanto más la ley, y de esto hay pocas excepciones.

Aquí pertenece la observación de los mejores y más ricos puntos metálicos en las aspas de dos vetas que no contienen metal y que se han de mirar como una formación más reciente que la de las vetas, por consiguiente, como una tercera formación; es a saber la cohesión de las aspas ya cerradas no era tan fuerte que no la pudiese hendir una pequeña fuerza insuficiente para rajarse el resto de la masa, y en esta nueva raja se deposita [p. 10] nuevo sedimento. Un ejemplo de esto se ve en la parte que mira adelante de Freiberg en las minas de Alte y Neue Morgen Stern etc., donde hay una tercera formación compuesta de plata córnea y sulfúrea, cobalto sulfúreo, hierro espático y blenda parda, algunas especies de espato pesado y flúor violado.

Relación de las vetas con el exterior de las montañas

Solo las montañas elevadas, y no las bajas ni los cerros contienen vetas a lo menos no son de importancia y de aquellas solo las menos ásperas y que no están en trozos, pues las vetas de estas no son permanentes. El rumbo y el echado de las vetas corresponde a la cordillera y al declive de las montañas y las excepciones de este son muy raras.

Cuanto más regular es el asiento de la roca, tantas más vetas contiene y tanto más regulares y permanentes. Es de observación antigua que las vetas son de mucha ley en los valles y gargantas, lo que se puede explicar por la especie de embudo formado por el exterior de la montaña sobre el hueco de las vetas, y en que pudo contenerse la disolución más tiempo; un ejemplo entre otros hay en Johanniklust en Stefanisschacht, en Hungría.

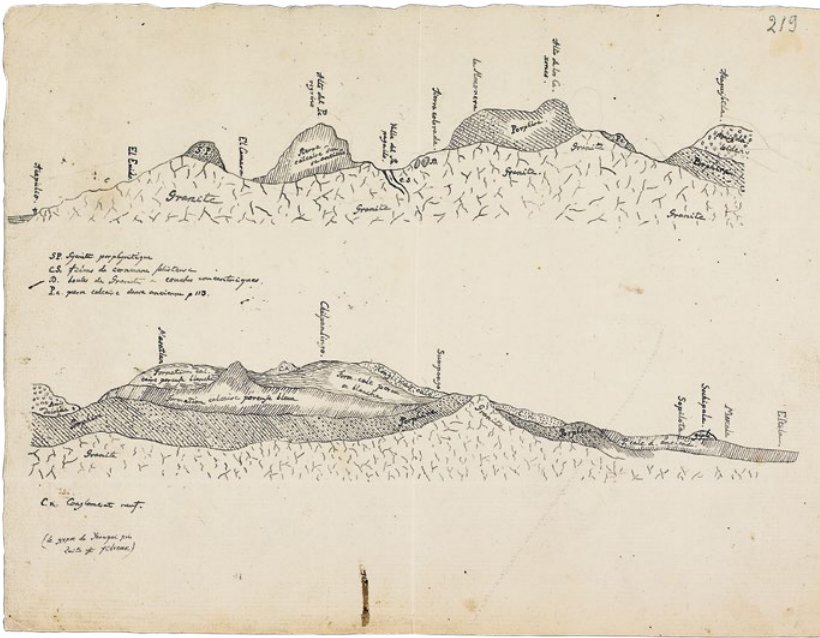


Figura 37

Boceto de la Pasigrafía geognóstica del camino de Acapulco a México de Alexander von Humboldt, 1803. Fuente: Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Alexander von Humboldt Nachlass*, t. VIII, f. 219. Amerikanische Reisetagebücher.

Relación de las vetas con el interior de las montañas

Las vetas cortan las lajas de las montañas y sus comisuras; las excepciones son solo aparentes y parciales. Hay casos en que corren vetas en una especie de roca que está debajo y no en otra que está encima como en Gersdorff. En uno [p. 11] más arman más vetas que en otras, y en algunas no arman ningunas, como en basalto, pórfido pizarra, yeso, greta y en las montañas volcánicas, y de acarreo. Parece que algunas no las favorecen en efecto la otra de los metales, lo que depende de las circunstancias que determinaremos luego. Algunas lajas de rocas sólidas estrechan mucho las vetas, las comprimen y las dividen en ramos; casi lo mismo sucede en las lajas gredosas quebradizas, que sin embargo hacen más bien guñar las vetas. Las vetas hacen guñar las lajas, las capas o los abaten siempre cuando como sucede comúnmente el echado de las capas o lajas se acerca al de las vetas. Así se ve en Zinnwald y en Saalfeld.

La masa de las vetas tiene pocas veces semejanza con la roca, y así en Saalfeld las vetas tienen espato pesado, y la roca es caliza: la

misma matriz y los mismos minerales que hay en Freiberg en las vetas vespertinas en gneis, hay en la provincia de Sarbi en montañas calizas de capas; de suerte que en diferentes parajes y en diversas rocas hay unas mismas vetas, con unas mismas matrices.

Hay además una grande diferencia entre las vetas de las montañas por de capas, y las primitivas; no conocemos por ejemplo vetas de estaño o que sean propiamente de plata en montañas de capas, el mineral de hierro rojo que es muy raro en estas, abunda en las vetas de las montañas primitivas, aun cuando se encuentran los minerales de una misma familia en unas y otras, llevan diversos acompañamientos [p. 12] ~~de plata en montañas de capas~~ y así del cobalto que abunda en las primitivas se halla en las de capas solo el sulfuro con mineral de cobre gris y amarillo y níquel.

En muchas vetas está la roca del pendiente y del echado más o menos alteradas y descompuesta, especialmente en las que arman en granito, surita, gneis, mica pizarra, pizarra y pórfido, en cuyo caso solo está disuelta una de las partes de las mezclas de la roca, a saber nunca el cuarzo, por el común el feldespato, más la hornblenda, y muchas veces la mica. Esta descomposición se extiende a mayor o menor distancia de los respaldos superior o inferior de la veta, llegando a veces quizá hasta una toesa [1.946 m], pero no en toda su extensión, sino solo en ciertos puntos más o menos distantes unos de otros, comúnmente en aquellos en que consta la veta de minerales especialmente sulfúreos extendiéndose algo más allá de los límites de estos puntos, por lo que el minero cuando encuentra esta descomposición espera hallar pronto un nuevo corte de metal. Muchos geognostas hay que creen son este efecto de una transformación de la roca en la masa de la veta. Pero así como la enorme diferencia en la roca alterada que por la mayor parte conserva la misma proporción en su mezcla y siempre muestra su estructura antigua estando solo alterada su cohesión, y los minerales y demás materias de la veta se oponen a esta transformación no mostrando siquiera el menor grado de aproximación (instruido la imposibilidad de transformarse unos principios químicos en otros) así por otra parte se concibe [p. 13] bien este fenómeno con ácidos de los minerales que las vetas que penetrando en la roca la disolución más o menos.

Werner⁵ ha observado dos especies de descomposición de las rocas que cree deberse a dos ácidos diferentes, pues en una parte del granito y del gneis está solo el feldespató revuelto en tierra de porcelana blanca, conservándose la mica sin alteración, cuya descomposición ha observado no solo en los respaldos de muchas vetas, especialmente de las que tienen carbonatos metálicos, sino aún en la superficie y exterior de las montañas, y lo atribuye al ácido carbónico y en otras están el feldespató y la mica, y aún la hornblenda cuando la hay, transformadas en una especie de litomarga verdosa, y aún es en estealita, y algo confusas y lo atribuye al ácido sulfúrico, habiéndola encontrado solo en venas y en vetas especialmente en las que tienen pirita sulfúrea. También se cree que el ácido arsenical produce una alteración semejante en la roca a la del sulfúrico, y que también la primera de estas alteraciones se acerca a la segunda y aún a veces se confunde.

El estar impregnada de la roca de los minerales de la veta, lo tienen algunos por el argumento más fuerte de haberse transformado la roca en las matrices, y aún en los minerales de la veta. Pero esta impregnación se observa siempre en rocas algo descompuestas o alteradas, y especialmente en las porosas muy resquebradas y pizarreñas, y depende de su acción [p. 14] hacia las partículas metálicas contenidas en la disolución que llenaba el hueco de la veta o solo las rajadas de la matriz que ya existía, o más bien hacia la misma disolución. Las más veces consiste en pegaduras que por lo común son de la misma naturaleza que las que están en las rajadas de la matriz, y especialmente en las que la separan de la roca, en cuyo caso son estas pegaduras de más nueva formación que el resto de la matriz. Pero cuando las partículas están finamente diseminadas casi siempre son de una formación idéntica con los minerales de la veta. Esta penetración en los pequeños poros de las rocas laterales es peculiar a algunos minerales con especialidad a la plata nativa y sulfúrea, al rosicler, al cobre nativo, al mineral de estaño, a la pirita sulfúrea y óxido de hierro rojo, y más rara vez al mineral de cobre amarillo y a la galena. Y así parece consistir en una atracción electiva de la roca mayor hacia el mensturo disolvente que ocasionó la precipitación de las partículas metálicas de la disolución



5. Esta es la primera vez que Del Río habla de Werner en tercera persona, lo que resulta natural en un pasaje que no está traducido directamente de la *Neue Theorie* y que seguramente incluye datos y aspectos anotados en clase y que no aparecieron en el impreso de 1791.

de introducida en los poros de la roca. También pudo contribuir la atracción en general que hace subir los líquidos en los tubos capilares. Pero es preciso notar que así como estas impregnaciones no son muy frecuentes, así tampoco son más que parciales, y muy rara vez penetran en la roca hasta media toesa [9.73 cm] de distancia, sino solo algunas pulgadas.

De la diversa antigüedad de los fósiles [p. 15]

Aún más interesantes que la relación de las vetas con las rocas en que arman es para el geognosto la consideración de la antigüedad relativa de los diversos fósiles que constituyen las matrices y especialmente de los diversos metales entre sí, para cuya determinación tenemos un punto muy fijo en las rocas que contienen estos fósiles como matrices de vetas, o como mantos o capas, pues está decidido que aquellos minerales, piedras y otros fósiles que están en mantos y capas en una montaña, tienen la misma antigüedad que la roca en que se hallan, y que los que están sirviendo de matrices a las vetas o a otros criaderos de la misma formación son de la misma formación más modernos que la roca. Según esto cuando no sea el más antiguo el estaño, pertenece a las formaciones metálicas más antiguas, nunca lo ha hallado Werner en montañas de capas, aunque sí en las de pórfido, es además una de las formaciones más escasas. También parecen muy antiguos el volfrán y la molibdena, pues casi solo se hallan en los criaderos del estaño, y parecen ser de una formación coetánea. El urano y el bismuto parecen algo más modernos, aunque no se sabe que hayan encontrado nunca en montañas de capas. Más modernos son, y aún a veces mucho, la plata y el oro, pues aunque se hallan especialmente en montañas primitivas. También se crían aunque rara vez en las de capas, por ejemplo en Zillenthal hay oro en mica pizarra y en Transilvania lo hay en vetas en piedra arenisca y [p. 16] aún sobre madera petrificada. Verosíblemente tiene la plata tres formaciones principales: la primera es la de la plata córnea, la segunda la de la plata nativa con espato pesado especialmente en el distrito de Freiberg en Himmelsfahrt, en Stacllaria de las minas y en Furstenberg; la tercera es de rosiclara con arsénico nativo y mineral de hierro hepático y algún espato flúor, y brino copato, es común también en Santa María de las Minas y en Alsacia, y en Freiberg en Churprinz, Isaack y Gersdorf, como también en Marienberg, Ehrenfriedersdorf, Johann-Georgenstadt y en Annaberg. Esta formación es muy interesante para el geognosto. Podría hallarse

cuarta formación, la del rosicler obscura con galena que nunca se halla a poca profundidad. Todas estas se hallan en diversos pasajes aislados en diversas vetas.

El mercurio se halla no solo en las primitivas aunque no en las más antiguas, sino también en las de capas por lo que se ve ser su antigüedad muy diversa; pero en general de una formación escasa. Las del plomo, cobre y zinc son más abundantes y de muy diversa antigüedad. El níquel y el cobalto, especialmente sulfúreo, son muy nuevos, pues entre ambos abundan en vetas de montañas de capas, como en Mansfeld, en Turinge y en Hesse, sólo el mineral blanco de cobalto y el negro se halla en Himnaberg y en los en Suecia y en Modum, en Noruega, son antiguos por solo de criaderos, montañas primitivas y en depósitos. El mineral de antimonio gris es de mediana antigüedad, pero aún no se ha hallado [p. 17] en montañas de capas, ni en las más antiguas, y más altas de las primitivas, como tampoco en las formaciones metálicas más antiguas. La pirita arsenical es antigua, pero varía en su antigüedad, pero muchas se hallan con estaño o con galena y alguna con mineral de cobre amarillo o en forma de mineral blanco de arsénico. Las formaciones del hierro son las más numerosas y de todas antigüedades; sin embargo, podría ser la más antigua la del mineral de hierro magnético que se cría en las primitivas y de algunas de capas antiguas, y aún más el pardo y el espático, y más que este, el arcilloso, una de las más modernas formaciones es la de hierro magnético y arcilloso de las montañas de trap,⁶ y el más moderno en el Palustre. Las de la pirita sulfúrea, son casi innumerables y de todas edades, aún de



6. Charles Lyell, *Elementos de Geología, op. cit.*, p. 121: “Cuando los geólogos empezaron a estudiar con reflexión la estructura de las regiones septentrionales y occidentales de Europa, se puede decir que no tenían la menor idea de los fenómenos volcánicos actuales. Encontraron cierta clase de rocas que, por lo común, no estaban estratificadas y eran de una composición mineralógica particular, a las cuales dieron diferentes nombres, tal como basalto, diorita, pórfido y amigdaloides. Pero, cuando se vio que todas estas rocas correspondían a una sola y misma familia, Bergmann les dio el nombre de trap (del sueco *trappa*, escalera), que después ha sido generalmente adoptado en la nomenclatura de la ciencia; porque efectivamente, muchas de ellas se presentan en grandes masas tabulares, unas más salientes que otras, y formando una serie de terrados a manera de escalones, sobre las faldas de las colinas”. “A pesar de lo que dice Mr. Lyell, esta denominación de rocas trápicas o formación del trap, la han abandonado en el día casi muchos geólogos, porque han visto que el presentarse formando escalones no es un carácter distintivo de las rocas volcánicas.- J. E.”

la más reciente, solo en las vetas más antiguas parece no hallarse. Las diversas formaciones de la alabandina parecen ser de una edad mediana. Por lo tocante a la antigüedad de algunos fósiles de las otras tres clases, que constituyen también matrices de vetas, parecen propios de las más antiguas el feldespato, chorlo y topacio, y aún el berilo. También las matrices mezcladas de mica gris y verde (urano micáceo) son muy antiguas. Todas las piedras calizas son más modernas, y entre ellas las menos modernas parecen ser la apatita y algunos flúores. El espato pesado es mucho más nuevo y quizá una de las matrices más [p. 18] recientes. El cuarzo podría ser en parte de la más antigua, pero lo hay también casi de todas edades. La vacia y el basalto son matrices más nuevas, y más la sal y el carbón de piedra. Es muy singular que en las montañas primitivas no se encuentran nada de betún, que solo empieza a hallarse en las más antiguas de capas, pero aún es más moderna la sal de piedra.

El examen de las diversas formaciones particulares de un mineral o metal nos guía inmediatamente a la consideración no menos interesante de que ciertos minerales y fósiles se hallan continuamente juntos y otros nunca, de lo que daremos algunos ejemplos. Casi siempre están juntos la galena y la blenda o la calamina y muchas veces acompaña a las primeras el mineral de cobre amarillo. Comúnmente se acompañan el cobalto, el níquel y el bismuto nativo, solo en las formaciones más nuevas de los primeros se echa de menos el bismuto. El mineral de estaño está muchas veces con volfran, tungstena, molibdena y pirita arsenical, como también con topacio, espato flúor, apatita, chorlo, mica clorita y litomarga. El mineral de hierro pardo se encuentra comúnmente con el de hierro espático de un pardo obscuro, con el de hierro negro, la alabandina y espato pesado. Por el contrario apenas se halla el mineral de estaño en un mismo criadero con [p. 19] minerales de plata, de plomo y de cobalto, ni tampoco con espato pesado, caliza, ni yeso, y solo rara vez la acompaña la blenda y el mineral de cobre amarillo. El cinabrio y los demás minerales de mercurio no se verían comúnmente con otras matrices, de ocre de hierro y pirita sulfúrea. El mineral de alabandina gris o se halla con el de hierro rojo o solo con el de alabandita negra y espato pesado. El fundamento de todo esto puede estribar en la razón de las combinaciones o en la diversa antigüedad de las formaciones de fósiles que nunca están juntos.

De la antigüedad de las vetas respecto de las rocas

La antigüedad de las vetas respecto de las rocas en que arman se infiere de algún modo de la antigüedad relativa de las vetas entre sí. Pero entre las más antiguas de diversos parajes pueden las del uno ser muy nuevas respecto a la roca en que arman y las del otro muy poco más recientes que las montañas. En aspecto singular que en algunas partes se formaron las vetas inmediatamente después de formada la montaña, aún antes que se secase y endureciese la roca. Semejantes vetas dan a conocer su antigüedad por la conformidad de su matriz con la roca, un poco gruesa, su incorporación con la misma roca y la penetración [p. 20] en esta, no solo de los minerales, sino aún de las matrices de la veta, como las vetas de estaño de Altenberg, Geier y Ehrenfriedersdorf. Pero hay de estas vetas antiguas que solo constan de piedras como feldespatos o cuarzo y micas, a veces con chorlo y aún las que contienen metales como las de estaño de arriba tienen todo el metal en los respaldos, y aún casi solo en las rocas de los lados, y su masa principal es de tierras y piedras que no contienen nada, quizá por ser más reciente habiéndose formado después otra nueva raja.

Los cúmulos constan casi siempre de estas vetas, cuya antigüedad se acerca mucho a la de la roca, pero que son cortas y angostas, están por las muchísimas en una porción mayor o menor de montaña, y la atraviesan en todas direcciones. Cúmulos metálicos no se conocen hasta hace más que los de estaño en Altenberg y Seiffen, en Ozunatal, Geier y en Schlackenwald, junto a Carlsbad.

Las vetas que son más nuevas respecto a la roca en que arman son menos distintas, pero se conocen por sus matrices, y por la roca en que arman.

Efectos de la diversa antigüedad de las vetas y de las rocas

El que ciertos minerales y otros fósiles se hallan siempre en unas rocas y nunca en otras, [p. 21] por ejemplo el de estaño nunca en las montañas calizas, la calamina nunca en granito, gneis, mica pizarra ni otras rocas primitivas, y los minerales de plata muy rara vez en granito, etc., es una cosa que hace mucho tiempo que ha excitado la atención, y hasta ahora se ha atribuido al influjo inmediato de la roca, que examinándolo mejor se refuta por sí mismo, pues no solo las piedras y demás matrices de las vetas son enteramente distintas químicamente de la roca en que arman, sino que también en una misma montaña hay vetas

que a veces se cruzan teniendo muy distintas matrices, y por el contrario las hay de unas mismas matrices en rocas y montañas muy diversas, así en Sajonia en montañas muy diversas de gneis, además de las diferentes vetas metálicas, las hay de solo bruno espato y espato pesado, ¿y cuán diversos no son estos del gneis, sin decir nada de las matrices metálicas que se hallan en las mismas montañas? En la provincia de Darvy todas las vetas de aquellas montañas calizas de capas tienen por matrices espato pesado y flúor. En las montañas de Saalfeld también calizas de capas, el espato pesado la matriz de sus vetas. Por lo que a saber muchas con muy diversas matrices en una misma roca, y en un mismo distrito, no se puede buscar ejemplo mejor que el distrito de Freiberg. En este arman juntos vetas de cuarzo, de espato [p. 22] pesado de este y de flúor, y de arcilla o greda, cerrándose a veces unas a otras y sus minerales, como se dirá hablando de las formaciones metálicas, son casi tan diversos como las piedras. ¿Cómo fuera pues posible, que una misma montaña y una misma roca que en todo aquel distrito es gneis, hubiese producido tan diversas formaciones en las vetas, que aunque diversas en su rumbo casi todas se cruzan y debían de consiguiente tener unos mismos canales? ¿Cómo fuera posible, digo, que una misma montaña y roca en tres vetas que se cruzasen (como no pocas veces sucede) teniendo la una solo espato pesado, la otra cuarzo y la tercera bruno espato, estrajése el agua estas tres sustancias y conducida por unos mismos canales la depositase por su orden sin confundirlas? [*Neue Theorie*, p. 188] ¿O sino, en Ehrenfreidensdorf, donde hay vetas de estaño y de plata en un mismo distrito con diversos rumbos, y que se cruzan, cómo podría el agua extraer de una misma roca las partículas de estaño y las de plata, y depositarlas cada una de por sí en las diversas vetas? Sin duda que es imposible concebirlo, como también habiendo vetas de una misma formación en muy diversas rocas, como la más antigua de galena de Freiberg que consta de esta, de blenda negra, mineral de cobre amarillo, pirita arsenical y sulfúrea, [p. 23] común y hepática, cuarzo y algo de bruno espato, que se halla allí en gneis [*Neue Theorie*, p. 189], en Grunde, en Mohorn, es pórfido y en Munzig en pizarra. También la de galena con poca plata y espato pesado y flúor de Freiberg en gneis, se halla en Derbyshire en montañas calizas. Con que unas mismas vetas arman en rocas de muy diversos principios químicos, en prueba de que las

rocas nada contribuyen a la formación de las matrices.⁷ Lo mismo demuestra la interior estructura de las vetas de que ya hemos hablado, pues constando por lo común de zonas paralelas a los respaldos en cuyos cristales e impregnaciones se ve que las extensiones se formaron las primeras, es claro que si las matrices se hubiesen formado de las partículas metálicas y demás extraídas por el agua de las montañas y acarreadas por ciertas hendiduras o canales, cerrando las primeras zonas el orificio de estos hubieran impedido la formación de las interiores.

Ahora, por considerado bien todo esto, se sigue que siendo unas formaciones metálicas o de piedras muy antiguas, y no habiéndose hallado presentes a la formación de otras montañas más nuevas, no pudieron ocupar sus huecos, o que siendo muy nuevas, de suerte que las disoluciones que las produjeron no llegaron al nivel de las montañas más antiguas [p. 24], por lo mismo tampoco pudieron llegar al de las rajadas abiertas y llenarlas, o quizá también al tiempo que una de estas formaciones cubría las montañas más antiguas, estaban justamente todas sus rajadas cortadas, y no se abrieron después otras nuevas.

De la teoría de las vetas y de su formación

[Secc. 2, p. 51] Todas las vetas son rajadas que estuvieron primero abiertas y después se llenaron de arriba abajo.

[Secc. 29, p. 51] Las causas de las grietas pueden haber sido muy varias. Las principales pudieron ser el haberse asentado por su propio peso las rocas de las montañas que estaban al principio húmedas y menos sólidas y tenían diversas alturas y el haberse por su peso y por la pérdida de su peso apoyo arrancado y separado en la inmediación general que las cubría, las grandes masas de las rocas hacia el paraje escueto, esto se hacía el más bajo. Pero también pudieron contribuir al encogimiento de las rocas y más los terremotos y otras causas diferentes.



7. Werner maneja estos datos sobre Grunde, Mohorn y Munzig en el capítulo noveno de su *Neue Theorie, op. cit.*, pp. 188-189, que trata sobre las diferencias entre su teoría y las existentes anteriormente, pero Del Río añade datos y utiliza la información para presentar otro argumento. Después del llamado de esta nota están las ideas del español que no se encuentran en el original. Resultaría muy difícil determinar si Del Río tomó la información directamente del libro o de sus notas de clase.

[Secc. 30, p. 52] El mismo sedimento que formó las lajas de las rocas, y entre ellas muchas con metales, formó también las masas de las vetas en aquel tiempo en que las disoluciones que contenían estas partes se hallaron colocadas sobre las rajadas que estaban ya abiertas del todo o en parte. [p. 25]

El mismo sedimento que formó las lajas de las rocas y entre ellas muchas con metales forma también las masas de las vetas, en aquel tiempo en que las disoluciones que contenían estas partes se hallaron colocadas sobre las rajadas que estaban ya abiertas del todo o en parte.

[Secc. 31, p. 53] El rajarse y el llenarse las vetas sucedieron en muy diversas épocas, y su antigüedad relativa se conoce por los criterios siguientes. Toda veta que atraviesa a otra es más nueva que las atravesadas; y que todas las que la atraviesa, de consiguiente son las más antiguas las que se hallan atravesadas de todas las demás. En estos casos la una continúa sin interrupción y es la más nueva, y la otra se halla cortada por todo el grueso de la primera. Esto que es indispensable para formar buen juicio de las vetas, nada ni nadie lo había reparado hasta ahora. Lo que está en medio de las vetas es más nuevo por lo común que lo que está junto a las guardas y lo de la cabeza más que lo de la cola. En pedazos sueltos es más nuevo el fósil que a los demás, y el que parece que está incorporado en otros a él se acompañan es más antigua que ellos.

Entre las diversas formaciones de las vetas, se puede conocer y distinguir de por sí lo bastante. A [p. 26] ún en parajes distantes se reconocen ser de una misma formación, los que convienen en sus matrices y minerales, de suerte que las vetas que contengan unas mismas especies de matrices y minerales sobre todo cuando constan de muchos a un tiempo, se pueden reputar de una misma formación.

[Secc. 33, p. 55] El que las vetas se ennoblezcan consiste principalmente en que se llenen de metal o por arriba o por canales interiores, o por penetrarse la masa de la veta que ya existía, a veces por aumentarse la masa metálica con la intervención de otra masa metálica de una nueva veta, y rara vez por una atracción electiva de las rocas, como en Kongsberg en Noruega,⁸ donde se dice que las vetas contienen plata, especialmente cuando atraviesan ciertas lajas de roca distinta de las demás.



8. Werner agrega referencias del *Bergmännisches Journal*, periódico minero publicado en Freiberg, el cual fue adquirido por Del Río a través del Real Seminario de Minería y que llegó a México en 1803.

[*Secc. 34, p. 55*] En ciertos distritos más o menos distantes se hallan vetas juntas en mayor o menor número, lo que depende de la posición de toda la montaña, de que sea continuada y no en trozos, aplastada por arriba en un declive suave, y de las circunstancias particulares locales, como que sea un valle principal, etc.

[*Secc. 35, p. 56*] En un mismo paraje están muchas veces juntas vetas de muy diversa formación, que forman un distrito y en este caso tienen criterios bien distintos de su diferente formación, y de la antigüedad de cada una. En el distrito de Freiberg hay vetas [*p. 27*] rectas y extendidas en galena, blenda negra, cobre amarillo, pirita sulfúrea y arsenical en gneis, bruno espato, y otras vespertinas que siempre atraviesan a las primeras, y nunca están atravesadas de ellas con galena y algo de pirita radiante en espato pesado, flúor y cuarzo que se acerca mucho a piedra córnea, en el distrito de Ehrenfriedensdorf las vetas de estaño que por lo común son vespertinas están siempre atravesadas por las de plata que son rectas y extendidas.

[*Secc. 36, p. 57*] La masa de las vetas de una cierta formación se halla a veces de varios modos, no solo en vetas particulares, sino en las aspas o cruces de dos vetas muy diferentes de ella, y también en el medio, y rara vez en una de las rajaduras de la otra veta.

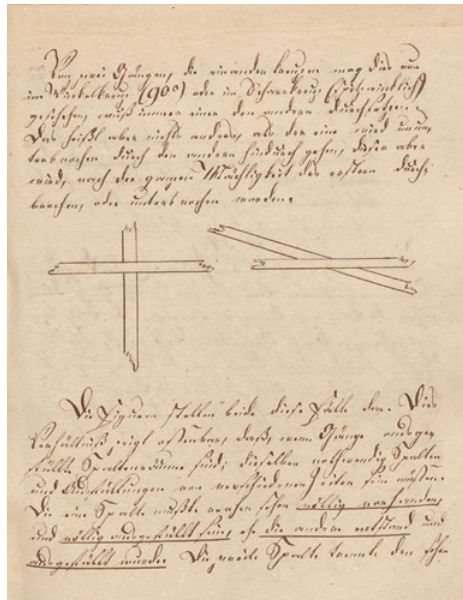


Figura 38

Abraham Gottlob Werner. Cruces [ortogonales] y aspas que forman las vetas al cruzarse. *Lecciones de Geognosia*, s/f, Werner Nachlass, t. 3, f. 301.

Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg.

Pruebas de que las vetas fueron primero rajadas abiertas

[Secc. 38, p. 59] En nuestra teórica suponemos dos efectos muy distintos que concurrieron uno después de otro para formar las vetas, es a saber, 1° se rajaron las montañas y después se llenaron de diferentes masas. Cada uno de estos necesita de pruebas. Y así no solo hemos de mostrar que las vetas en su volumen y posición y en su relación entre sí, y con el todo concuerdan exactamente con las grietas de las rajas rocas, y que después que existe el globo, se abrieron de tiempo en tiempo estas rajadas y que aún en el día sucede esto en cierto modo, sino también que fuera de las vetas se [p. 28] hallan depositadas en forma de sedimento húmedo materias semejantes e iguales a las masas de las vetas y que del mismo modo se podrían haber depositado en las rajadas que están entonces abiertas y por último que las masas que formaron las vetas tienen en ellas una posición tal como si se hubieran depositado en los huecos de las vetas arriba o abajo.

Las pruebas de la primera parte son las sigui [sic].

[N. del. E.: La siguiente sección está tachada en el original, pero hemos decidido incluirla]

Primera*

Al comprimirse y secarse las masas de las montañas y por la pérdida de apoyo arrancada y separada en la inundación general que las cubría, las grandes masas de las vetas rocas, hacia el paraje es neto, eso es hacia el más bajo. Pero también pudieron contribuir el encogimiento de las rocas y más los terremotos y otras causas diferentes.

El mismo sedimento que formó las lajas de las rocas y entre ellas muchas son metales formó también las masas de las vetas en aquel tiempo en que las disoluciones que contenían estas partes se hallaron colocadas sobre las rajadas que estaban ya abiertas del todo o en parte.

El rajarse y el llenarse las vetas sucedieron en muy diversas épocas y su antigüedad relativa se conoce por los criterios siguientes. Toda veta que atraviesa a otra es más nueva que la atrave [sic].

[N. del E.: concluye la sección tachada] [p. 29].



* Esta primera versión, en el original, la tachó Andrés Manuel del Río.

Primera*

[*Secc. 39, p. 61*] Al comprimirse y secarse las masas de las montañas que estaban al principio porosas y húmedas como que eran un sedimento del agua, debieron rajarse especialmente donde sobresalían en masas coherentes, y en las sitios más elevados. Pues en primer lugar no podía comprimirse o asentarse por todas partes igualmente, pues no eran las masas de una misma densidad o porosidad, para todas partes ni estaban en todos los puntos amontonadas hasta una misma altura, y de este hecho ya debieron seguirse las grietas, pero muchas más se debieron hacer en las masas amontonadas en una grande elevación como las montañas que estando escuetas por los lados y menos apoyadas debían resquebrarse más o menos por su propio peso hacia los parajes más profundos, de que se sigue que en las montañas continuadas debían ser las rajadas más largas y más cortas en las montañas en trozos como en efecto los son, semejantes rajadas vemos formarse en cualquiera materia más o menos húmeda, y especialmente en las que se secan en pequeño. Por esto tienen las masas vetas el echado que llaman recto, que es decir correspondiente al declive de las montañas.

Que las masas de las rocas debieron asentarse y comprimirse mucho, lo prueba la posición de capas a veces muy trastornadas como lo observó Werner en las del conglomerado de la mina de carbón [*p. 30*] de Hainichen, donde en algunas partes las piedras rodadas de pizarras anchas y delgadas de que consta el conglomerado, por la mayor parte tienen la misma porción casi vertical que las capas, y siendo imposible que las avenidas las pusieron así, es menester que tomasen luego esta posición junto con las capas. Por último encontramos aún a veces sobre todo en las rocas nuevas semejantes grietas abiertas de seis [15 cm], ocho [20 cm] y más pulgadas, y así de algunos pies de ancho.

Segunda

[*Secc. 40, p. 63*] Todavía suceden a veces rompimiento de montañas y grietas enteramente iguales a los huecos de las vetas, especialmente en las estaciones muy húmedas, y en los terremotos. En el año tan húmedo de 67 se hundió hasta 4 pies un pedazo de la montaña de piedra



* Esta segunda primera versión fue corregida por Andrés Manuel del Río y es la final.

arenisca de Wehrau con los mayores árboles que había encima y se formó una grieta angosta de más de 200 pies de largo. Una legua de allí, observó también Werner⁹ el mismo año que en el país arenoso de Tifenturth se hizo una raja perpendicular de tres [7.5 cm] o cuatro [10 cm] pulgadas de ancha y más de un cuarto de legua de larga a que con los palos más largos no le podían encontrar fondo. El año de 1777 los temblores continuados de la Calabria sucedieron muchas hendiduras de estas con algunos hundimientos de [p. 31] montañas,¹⁰ y todo el mundo sabe que ven eso sucede de tiempo en tiempo en los Alpes de Tirol, Suiza y Saboya; sin embargo, no pueden ser hoy tan frecuentes como en los primeros tiempos, y aún apenas pueden suceder ya en las montañas más antiguas, que están menos divididas por valles, y que llegaron a tomar toda su consistencia.

Tercera

[Secc. 41, p. 66] La figura y posición de las vetas concuerdan exactamente con las grietas y las rajadas de las rocas. Se adelgazan en sus extremos y se terminan en vetas y lo mismo en la profundidad. Hacia los crestos se dividen comúnmente en ramos, y también en su extensión a lo largo y profundo, y cuando son muy anchas tienen en su echado y pendiente otras compañeras como rajadas laterales, todos los hechos que se observan en las paredes y murallas de edificios antiguos, y en los montones de tierra húmeda. Por lo que toca a su posición, o son elevadas o tienen una dirección que se acerca más a la perpendicular que a la horizontal, y su echado las más veces sigue el declive de la montaña, y por último la de un distrito, que muestran ser de una misma formación, tienen casi un mismo rumbo, y otro perpendicularmente porque el rumbo de las vetas se conforma además con el [p. 32] de la montaña, y así deben guardar el paralelismo.



9. Otra mención de Werner en tercera persona.

10. Werner acostumbraba añadir citas a lecturas sobre los temas que trataba, en este caso menciona entre otros Déodat de Dolomieu, *Abhandlung über das Erdbeben in Calabrien im Jahr 1786. Aus dem Französischen*, Leipzig, in der Joh. Gottfr. Müllerschen Buchhandlung, 1789.

Cuarta

[*Secc. 42, p. 67*] De las brechas que son tan comunes en las montañas, nadie duda que sean hendiduras, pero desde estas hasta las vetas más anchas hay una transición tan seguida que es imposible señalar el término en que dejen de ser rajadas, empezando a ser vetas. Pero también hay muchas veces venillas de metal llenas de pirita, rosicler, litomarga, greda, etc., que apenas tienen más grueso que una cañita de paja, y otras el grueso de una mano totalmente vacía.

Quinta

[*Secc. 43, p. 67*] ¿Qué son las cavidades tapizadas en su interior de cristales más que residuos del hueco interior de la veta, que no se llenaron enteramente en ciertas partes de ella? Siguen el rumbo de la veta, tienen muchas toesas de largo y de alto y una anchura proporcionada, se encuentran donde se ensanchan las vetas, indican muchas veces haber sido mayores y más anchas, pero que una nueva masa se depositó en ocasiones repetidas veces sobre sus paredes y que las estrechó de este modo y en una palabra las llenó más.

Sexta

[*Secc. 44, p. 68*] Muchas masas de las vetas muestran por [*p. 33*] sí mismas su estado primitivo de hendiduras abiertas tan claramente que no se puede oponer nada en contra, como son todas las que están llenas de piedras rodadas, ¿pues cómo podrían haber entrado estas en el hueco de las vetas si no hubieran estado descubiertas? En Joachimsthal hay una veta de 14 pulgadas [35 cm] de ancho que se ha cortado con una cañería de 180 toesas [359.28 m] de profundidad y se asocia algunas toesas con la veta de Elías, y está llena puramente de pedazos rodados de gneis con algún poco de greda entre ellos de diferentes tamaños desde una avellana hasta una cabeza de niño, más o menos redondeados y algunos casi esféricos.¹¹ Lo mismo observó Werner después en el país de Hesse en Riegelsdorf, donde inmediatamente a una veta ancha de cobalto casi



11. Werner cita un artículo publicado por él mismo: Abraham Gottlob Werner, “Von den Butzen Wakken zu Joachimstahl”, *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre*,

clavado se asociaba otra que así constaba solo de arena y piedras rodadas. Esto mismo ha observado [Johann Gottfried] Schreiber [1746-1827] en Alemont en el Delfinado¹² y [Friedrich] Sonneschmid [1763-1824] en Zimapán.¹³

[*Secc. 45, p. 70*] En muchas vetas hay frecuentemente pedazos de la roca de los lados que no solo tienen la forma de fragmentos y cascarrones arrancados, sino que cuando son grandes están puestos de modo que su [*p. 34*] textura estructura se conforma enteramente con la de la roca del pendiente y del echado, viéndose claramente que no han hecho más que escurrirse sin rodar, pero cuando son pequeños están en todas direcciones, de que se sigue que rodaron cayendo en un hueco abierto. Esta posición de los fragmentos solo se puede observar en las rocas pizarreñas, como el gneis, la mica pizarra, la pizarra, etc. En Joachimsthal vio Werner dos vetas llenas de fragmentos de la roca en todas direcciones, y en Freiberg en la veta vespertina de Samuel en el cielo de la cañería profunda vio el año de 70 un paredón atravesado de gneis, que tenía más de un pie y medio [41.7 cm] de largo y seis pulgadas [15.2 cm] de grueso, que después se arrancó. Casi en todas las vetas se encuentran estos fragmentos, pero en unas más abundantes que en otras.

[*Secc. 46, p. 71*] No pocas veces están llenas las vetas de fragmentos mayores o menores de la masa de la veta misma que están conglutinados por otro fósil, y forman propiamente una piedra de fragmento. En otros casos pudo la veta que ya estaba llena, abrirse de nuevo en la misma dirección o ser cortada por otra nueva raja, y entonces despedazarse una parte de la masa de la veta, y caer en fragmentos en la nueva abertura. También [*p. 35*] pudo suceder este destrozo (ocasionado quizá por algún terremoto) después de formada la segunda hendidura y cuando la llenaba la disolución, haber caído en ella el fragmento de la masa de la veta antigua. [*p. 73*] Werner ha



Arzneylabrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen, núm. 1, 1789, Hemstädt y Leipzig, pp. 131-135.

12. Werner cita: Johann Gottfried Schreiber, "Beobachtungen über das Gebirge Chalanches bey Allemont in Dauphine, und über dei darinnen befindlichen Lagerstätte der Silbererze... Aus dem Französischen übersetzt, und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet von Hoffmann", *Bergmännisches Journal*, vol 1, núm. 1, abril de 1788, pp. 22-42.
13. Esta pequeña anotación demuestra que Del Río agregaba información a su traducción al paso del tiempo. En sus discursos anteriores a 1800 no menciona ninguna de las observaciones de Sonneschmid, por lo que este añadido debe haber ocurrido a partir de ese año y que, de haber tenido tiempo, tal vez habría podido extender su tratado.

visto estos en muchos parajes como en Schlorwiz en Kimersdorf, donde hay fragmentos mayores y menores de la bella ágata hasta de una veta ancha, reunidas con cuarzo y amatista, y en los pedazos pulidos se reconocen a veces los fragmentos que eran de una pieza. También en la mina de Hilfe Gottes en Memmendorf junto a Oederan [Sajonia] una buena parte del pendiente de la veta está ocupada por fragmentos de espato pesado y piritita radiante, con algo de blenda parda conglutinados por un cuarzo poroso esponjoso y cariado. Por último en Gersdorf en el pendiente de la veta Hilfe Gottes encontró Werner una oquedad de más de pie y medio de ancho [41.7 cm] y muchas toesas de largo y de alto llena de pequeños pedazos de espato pesado reunidos con espato flúor gris azulado y en partes cristalizado.

[Secc. 47, p. 75] Todos los petrificados que hay en las vetas son tantas pruebas de haber estado abiertas. Pues siendo estos residuos o impresiones de cuerpos organizados de lo que ya nadie duda, debieron estos vivientes estar antes de los huecos de las vetas o a lo menos caer las petrificaciones de fuera adentro y entre [p. 36] en ambos casos están abiertas las hendiduras. El caballero de [Ignaz Edler von] Born [1742-1791] en sus cartas mineralógicas de su viaje por Hungría¹⁴ habla de porpitas que son unas madreporas que encontró allí en la veta de Spitaler a 89 toesas [173.19 m] de profundidad desde el tiro de Isabel en medio del que llaman *Linopel* que es un jaspe rojo [p. 76]. También habla [Johann Wilhelm] Baumer [1719-1788]¹⁵ de las petrificaciones que hay en las vetas como cosa no muy rara. Pero la noticia más positiva es de unas montañas calizas de capas en la Turinge Electoral llenas de troquitas, y atravesadas de muchas vetas de manga de cinco [12.5 cm] a seis [15 cm] pulgadas de grueso con amonitas, terebratulitas y turbinitas, es decir, petrificaciones muy distintas de las de la roca caliza¹⁶ [p. 77]. Esta observación es de Schlotheim en el Lohberg junto



14. Cita de Werner: Ignaz Edler von Born, *Briefe über Mineralogische Gegenstände, auf seiner Reise durch das Temswarener Bannat, Sibenbürgen, Ober- und Nieder-Hungarn an den Herausgeber derselben, Johann Jacob Ferber*, Francfort del Meno y Leipzig, 1774.

15. Cita de Werner: Johann Wilhelm Baumer, *Fundamenta Geographiae et Hydrographiae subterraneae, ad naturae ductum*, Giessen, ex Officina Kriegeriana, 1779.

16. Este ejemplo todavía fue referido en 1845 por Del Río para explicar las vetas, en el que fuera su último discurso dictado en los actos anuales en el Colegio de Minería. Cf. Andrés Manuel del Río, “Cátedra de Mineralogía. Profesor Andrés Manuel del Río, día 14 de noviembre de 1845”, en *Anuario del Colegio Nacional de Minería*. Año de 1845, México, Imprenta de Ignacio Cumplido, 1846, p. 35.

al Unstrest, quien observó también la misma marga con las mismas petrificaciones en los lugares circunvecinos en capas.

[*Secc. 48, p. 78*] Además prueban lo mismo las vetas llenas de sal y de carbón de piedra que son dos producciones muy modernas ¿Por qué cómo pudieron tornarse sino llenando huecos que debían estar vacíos? Estas vetas son muy raras, pero Werner ha visto una muy distinta de carbón clavada de más de pie y medio de ancho [41.7 cm] y otra [*p. 37*] de una pulgada [2.5 cm] de ancho con muy diversos rumbos en un peñasco de piedra arenisca de Wehrau en el Lausitz superior. Algunas pulgadas de carbón puro y lo demás está muy mezclado de arena. Vetas angostas de sal parecen encontrarse con alguna abundancia en la montaña de sal del cantón de Berna.

[*Secc. 49, p. 79*] Por último alegaremos por prueba todas las vetas que constan de rocas, como las vetas de granito, pórfido, caliza, basalto vacío, roca verde y otras, pero estas rocas formaron las montañas precipitándose en forma de sedimento, el mismo origen se les ha de dar cuando forman la masa de las vetas. Pero para que se hiciese esta precipitación en las vetas era preciso que estuviesen abiertas. [*p. 80*] Vetas de granito moderno por supuesto de grano pequeño y fino se encuentran en Johann-Georgenstadt y en [*p. 81*] Eibenstock,¹⁷ donde las llaman impropriamente vetas de arena. En el primero de estos sitios arena en mica pizarra de láminas muy delgadas, y los atraviesan y hacen guñar todas las vetas de plata, en prueba de ser estas más modernas. Vetas gruesas de pórfido hay en Marienberg, de basalto en Plauen y de vacía especialmente en Annaberg, Wiesenthal y Joachimsthal, atraviesan todas las vetas metálicas y de consiguiente son muy modernas. Vetas de roca verde halló Werner en Bauzen y otras partes.

Séptima [*p. 38*]

[*Secc. 50, p. 81*] Otra prueba de la formación de los huecos de las vetas se saca de la relación de estas entre sí, es a saber del modo como se atraviesan y descarrían, se estrellan, se juntan y asocian y se cortan unas y otras. Todos estos son efectos de nuevas rajadas abiertas en otras más antiguas llenas en parte o del todo, por cuyo modo se explican



17. Nota de Werner: Johann Friedrich Wilhelm Charpentier, *Mineralogische Geographie der Chursächsischen Lande*, Leipzig, Siegfried Lebrecht Crusius, 1778.

perfectamente y no por otro. Cuando una veta atraviesa a otra, lo que sucede de siempre en las que se cruzan, ya existía la primera cuando la montaña se hundi6 otra vez en una direcci6n que cortaba la veta antigua y se llen6 despu6 de otra masa. Con que la veta m6s nueva es la que atraviesa y la antigua la atravesada. [*al margen: F. D.*]¹⁸

Si despu6 de formada la nueva raja, se activ6 hacia un lado del pedazo de monta6a desgajado junto con la porci6n de veta antigua que haba en 6l, y por consiguiente se descarri6, decimos que la nueva veta descarri6 a la antigua. [*al margen: F. E.*]

[p. 83] Si haba una raja vaca o a lo menos sin estar llena del todo cuando la monta6a se hundi6 de nuevo en otra direcci6n que cortaba la primera, entonces se despedaz6 el pendiente, y el echado de la nueva raja a causa de estar abierta en partes o en toda la antigua por no poder resistir a la presi6n que resultaba de su propio peso: con que se desgajaron un mont6n de paderones del pendiente [*al margen F. F.*] [p. 39] y del echado que estrecharon la raja principal y produjeron otras tantas laterales. Despu6 de curada esta nueva raja, y al llegar a ser veta parece estar dividida o estrellada en ramos y entonces se dice que una veta se estrella o es dividida por otra. Lo mismo puede hacer la veta nueva en la antigua cuando esta estuviese a6n vaca. [*al margen F. G.*]

Cuando sucede una nueva raja o un pedazo de monta6a entera y llega hasta otra veta que ya est6 llena, y desde all6 contin6a con ella siempre o un trecho mayor o menor, y despu6 sigue en la monta6a entera, se dice de la nueva raja cuando llega, a ser una veta que se junta con la otra veta. [*al margen F. H.*]

[p. 84] Cuando una corre en compa6a de otra, esto es, inmediatamente junto a ella, sea por toda su extensi6n o solo desde un punto a otro, se dice que se acercan.

Por 6ltimo cuando hay una veta antigua en la monta6a, y por su mucha dureza o por su porosidad y poca consistencia se opone a la continuaci6n de una nueva raja que se forma, entonces se dice que la primera corta a la 6ltima.



18. En esta p6gina y la siguiente est6n estas notas marginales que indican las iniciales F.D., F.E. hasta F. H. Aunque la obra de Werner no incluye ilustraciones, no habr6a que descartar que la F pudiera significar "Figura". Mientras no se encuentre el original de Del R6o u otra copia realizada por un alumno, no ser6 posible determinarlo.

Octava

[Secc. 51, p. 84] Otro testimonio bien claro es la relación de las vetas con las rocas, especialmente con algunas lajas sueltas, pues se observa que atravesando las vetas, la roca, están sus capas y lajas en el pendiente [p. 40] de las vetas más profundas, cuanto más ancha es aquella. Esto se ve tanto mejor cuanto hay lajas extrañas que se distinguen por su color y otros caracteres de las demás de la montaña, y si se benefician estas lajas, se ve el minero precisado a atender estas circunstancias que la causan a veces tanta confusión. Apenas se verá un ejemplo más distintivo que en Zinwald, donde las lajas o mantos de estaño que se benefician están frecuentemente atravesados de vetas que siempre los abaten hacia el pendiente y tanto más cuanto más anchos son. La montaña de Saalfeld ofrece también un montón de ejemplos muy palpables. Es de pizarra cobrosa de capas y contiene muchísimas vetas muy beneficiadas hasta ahora, de las que algunas son considerables. Está apoyado sobre la montaña de Fichtel, que dista hacia el medio día desde una legua hasta legua y media (y allí se llaman el bosque de Turingen y es bastante alta) de suerte que forma su falda [p. 86]. El rumbo de las vetas es casi el que sigue la montaña especialmente la alta, y así casi todas son paralelas entre sí (Werner dice que no se acuerda bien si son vespertinas),¹⁹ el echado de todas sigue el declive de la montaña, y así se inclina hacia [p. 41] el llano, y consiguiente hacia el norte, tienen desde un cuarto hasta media toesa de ancho [97.3 cm], y contienen casi solo espato pesado, mineral de cobre amarillo, gris, azul y verde, malaquita, cobalto azul turco y níquel, atraviesan las capas hasta la roca que sirve de base que es una vacía gris apizarrada, y todas en su pendiente abaten las capas propias y extrañas de la montaña, tanto más cuanto más gruesas son. Conque demuestran que fueron rajadas y se abrieron a causa de la presión de la gravedad que obraba hacia la parte más escueta, o de menos apoyo, y que hizo que se hundiese la masa de la roca en unos puntos más y en otros menos. Al lado de las vetas hay hendiduras y algunas bastante anchas que están todavía abiertas, y hacen circular un aire fresco por toda la montaña, en algunas partes tan fuerte, que apaga las luces de los mineros, y a veces sirven en lugar de socavones para el desagüe. [p. 87] Lo mismo se observa también en las vetas que atraviesan las capas de carbón en Dresde.



19. Efectivamente Werner no recordaba el dato y agregó una nota al pie que dice: “Si bien recuerdo estaba entre las 7 y las 9 horas”; Werner, *Neue Theorie*, 1791, p. 86.

Nona

[*Secc. 52, p. 87*] Por último, si examinamos con atención las vetas que se componen de muchos fósiles, veremos que externa una interior, es una prueba de que estuvieron primero abiertas y que después se cerraron poco a poco [*p. 42*] pero en efecto constan de diversas zonas paralelas a las caras de las vetas cuya cristalización dan a conocer que se colocaron unas sobre otras, y que las más cercanas a los respaldos se formaron por lo común las primeras. Esta estructura se observa en muchísimas vetas, tanto mejor que lo más discrepan las zonas y son estas tanto más uniformes cuanto más elevada es la veta. De la de mina Segen Gottes en Gersdorf tiene Werner un pedazo en que desde las dos zonas de en medio que son las más modernas y constan de espato calizo con muy pequeñas cantidades cristalizadas dispersas entre ellas, alternan hacia los respaldos trece zonas diferentes de espato, flúor calizo pesado, galena y demás, y se siguen en el mismo orden hacia un lado que hacia otro. [*p. 88*] En la veta recta de Gregorio en Freiberg constan las dos zonas antiguas a los respaldos de cuarzo cristalizado, sobre él y en su interior hay a entrambos lados otra zona más nueva de blenda negra con algo de pirita sulfúrea, sobre esta hay galena, más hacia el medio bruno espato, luego otra vez galena con plata gris, rosicler y plata sulfúrea agría, y la zona interior y más nueva es de espato calizo, sin embargo a veces falta una u otra zona. [*p. 43*]

Pruebas de que las rajadas abiertas de las vetas se llenaron de un sedimento húmedo de arriba abajo

[*Secc. 62, p. 104*] La segunda parte de la teórica se comprende en la proposición de que la masa de las vetas se formó del sedimento que se precipitó de arriba debajo de una disolución las más veces química que cubría el paraje donde estaban abiertas las hendeduras y que se llenaba al mismo tiempo su interior. Solo se traen dos [o] tres pruebas para esto, pero es menester suponer especialmente para la primera aquella proposición geognóstica tan existente y recibida de todos, es a saber: que todas las montañas de capas y todas las demás que se le asemejan en su estratificación y en las rocas que las constituye, no son más que sedimentos de disoluciones que la cubrieron, que cada capa es un sedimento y así como se siguen estas capas unas a otras de abajo arriba, así se formaron sucesivamente de los sedimentos que se fueron precipitando unos después de otros continuamente. También es

menester suponer no solo el conocimiento de la distinción entre los precipitados químicos y mecánicos, sino especialmente el de los elementos químicos y de su imposibilidad de transmutarse unos [p. 44] en otros y también el de las relaciones químicas de las disoluciones y precipitaciones fundadas en las afinidades, y por último el conocimiento de la formación de sedimentos coetáneos o que se sucedieron inmediatamente de una misma disolución.

Primera

[Secc. 63, p. 106] Cuando estaban los parajes donde había rajadas abiertas, cubiertas de una disolución química, era natural que conforme se formaba los sedimentos se fuesen depositando en las rajadas que estaban llenas de la misma disolución. Todas las capas de las montañas secundarias y todas las lajas de las primitivas han sido sedimentos húmedos formados de disoluciones que eran por la mayor parte químicas, que no solo cubrían los parajes donde los depositaban, sino que se extendían más lejos. Pero de tiempo en tiempo y especialmente recién formadas las hendeduras, de suerte que unas de ellas en los diversos tiempos estaban del todo abiertas y otras solo en parte. Si a estas montañas pues, llegaron a cubrir las las [sic] disoluciones que formaron las lajas y capas de las montañas primitivas y secundarias, debieron precipitarse las partes [p. 45] contenidas en ellas muy diferentes en diversos tiempos, estaban del todo abiertas en las rajadas que estaban abiertas en todo o en parte, y llenarlas más o menos sucesivamente de diversas materias, según la naturaleza de las disoluciones y precipitaciones, de suerte que en efecto hallamos casi los mismo fósiles en vetas que reconocemos como sedimentos químicos en capas, lajas y demás. Solo hay tres diferencias esenciales: primera, que los sedimentos de las masas de las vetas se hicieron con mucho más espacio y tranquilidad que los de las lajas y capas: segunda, que los primeros no fueron tan interrumpidos por disoluciones y precipitados mecánicos como los últimos, como lo indican las frecuentes cristalizaciones que hay en las vetas y demás caracteres de los fósiles que se crían en ellas que todos muestran una formación más limpia, más tranquila y despejada; y por último que los huecos de las vetas conservaron más tiempo la capacidad de recibir los sedimentos y aún la recobraron de nuevo, de suerte que a veces contienen fósiles de muy diversas formaciones, cuando los son de una formación los que constituyen las capas y lajas, y así son sus masas más homogéneas que las vetas.

[Secc. 64, p. 108] Si comparamos los sedimentos que forman las [p. 46] rocas con las masas conocidas de las vetas, encontramos en muchos, cuando no en las masas, una singular correspondencia. Y así hay en Johan-Georgenstadt y en Eibenstok veta de granito moderno y en Marienberg de pórfido propiamente tal. En Wehrau en el Lausitz [Lusacia] superior hay vetas de carbón de piedra y en Aehlen en el cantón de Berna las hay bien distintas de sal de piedra. La gran resolución que formó las montañas de trap o de basalto ocasionó muy verosímilmente muchísimas rajadas en ellas, pues casi en todas partes hay muchas vetas llenas de las rocas de las montañas de trap, como son basalto, vacía, roca verde y almendrilla. Por último saben todos cuan frecuentes son las vetas de solo cuarzo, solo espato caliza y solo arcilla.

[Secc. 65, p. 109] Pero si llenan las vetas piedras que se hallan comúnmente en lasajadas y aun formando montañas enteras, también los minerales que es la otra parte de las sustancias que las llenan, se encuentran en mantos, capas y demás. La galena se cría frecuentemente en mantos como en Sajonia, Suecia y otras muchas partes y aun en capas, como en las montañas de capas de Cracovia y de Ardenes. Mineral de estaño hay en Zinnwald, y en otras partes [p. 110 *Neue Theorie*] [p. 47, *manuscrito del Del Río*] en mantos. La formación de cobre compuesta de mineral de cobre amarillo, atabacado, malaquita, mineral de hierro pardo concoideo, y cuarzo que constituyen vetas en Voigtland, forma mantos en el Bannato de Temeswar, y capas en Turinge, Monofeld, en Cracovia, y en el Ural en Rusia. El mineral de hierro pardo y espático con espato pesado que son tan comunes en vetas, se crían en Kamsdorf, Schmalkalden y Eisenerz, y otros sitios en capas, y en trozos enteros de montañas. *También hay en Schwanzenberg mantos de galena, cobre gris y blenda pesada, cuarzo y mineral de hierro espático, cuyos fósiles forman vetas en Strasberg al pie del Haltze. En Schwanzenberg forman mantos los fósiles de las vetas rectas de Freiberg ¿Cuántos mantos no hay en Suecia y Noruega de mineral cobre amarillo y de pirita sulfúrea, aunque hasta ahora se han tenido por vetas? Lo mismo ha sucedido con la mayor parte de los criaderos de cobre amarillo y gris, hierro espático y cobalto, del condado de Gömer y del Zips en Hungría superior, que son sin duda mantos. Por no ser más largo no se citan tantos ejemplos como hay en la pirita arsenical, de la blenda, del oro [p. 48] nativo, cinabrio y demás que se crían comúnmente en mantos y capas. Pero de dos matrices de vetas muy conocidas que son el espato pesado y flúor, debemos advertir que el primero se halla en lasajadas muy gruesas en Saboya y el segundo en Baviera y Turinge.*

Semejantes observaciones comparativas que son difíciles de hacer cuando se continúan en los diversos países, es de esperar que nos muestran sobradamente

*que las más de las formaciones de las vetas corresponden otras con mantos y capas, con las mismas piedras y minerales.*²⁰

Segunda

[Secc. 66, p. 111] Habiendo vetas llenas de piedras rodadas en Joachimsthal y otros sitios y conociendo también otras petrificaciones no se puede concebir cómo se introdujeron en las vetas, si no fue de arriba abajo.

Tercera

[Secc. 67, p. 111] En las más de las vetas compuestas de diversos fósiles están como se dijo, dispuestos en zonas paralelas a las capas, de suerte que desde los dos respaldos hacia el medio de la veta son iguales y se siguen en un mismo orden que además comúnmente las exteriores son más an [p. 49] gostas en la parte de arriba, se ensanchan más y más hacia abajo y en la cola de la veta llegan a juntarse, y que por último se ve claramente por los cristales y sus impresiones que las zonas exteriores pegadas a los respaldos se formaron las primeras, luego las siguientes, y al fin las inferiores que dejaron con huecos abiertos revestidos de cristales. Ya se citaron arriba algunos ejemplos ¿más cómo se puede explicar esto sino por diferentes disoluciones químicas que llenaron el hueco de la veta en diversos tiempos de las que se precipitaron las ramas de las vetas sucesivamente unas sobre otras desde los dos respaldos hasta el medio? [p. 113] ¿Y por dónde podían penetrar estas disoluciones en el hueco de la veta que desde luego con el primer sedimento se cerró por abajo y por los lados, sino que fuese por arriba?



20. La sección en cursivas no está en el original alemán y probablemente es de autoría de Del Río o tal vez sea información obtenida de otra obra de Werner y utilizada por el español para complementar sus argumentos.

De los cúmulos o vetas acumuladas²¹

Estos criaderos se distinguen poco de las vetas, sin embargo los geognostas no están acordes en su determinación, la más segura explicación es que están formados por muchas vetas angostas que se cruzan en diversos rumbos. Los hay, Altenberg en Geyer, en Soyffer, Schlacklenwald, en Bohemia; en los primeros sitios es un pórfido la roca y en Altenberg hay mineral de estaño, y de hierro con molibdena y rara [p. 50] vez bismuto nativo. La matriz de las pequeñas venas (Schuwarner) y el cuarzo en que está diseminado el estaño, de los cuales está muchas veces impregnada la roca, de donde parece que se sigue que habiéndose esta partido en pequeñas hendeduras, y no estando aún enteramente endurecida se halló sobre la montaña una disolución que contenía cuarzo y el estaño. La especie de beneficio que allí se sigue prueba bastante que son las pequeñas venas las que producen la ley. Donde no hay ningunas, o pocas, es la roca gris de perla con feldespato visible. Además de las pequeñas hay también vetas anchas. Lo mismo sucede en Seyfen. El de Geyer se distingue solo en ser las vetas paralelas, y más anchas, y permanentes y en que aún entre las comisuras de las lavas hay mineral de estaño. No se han de confundir con los cúmulos las capas asociadas de vetas anchas, ni los mantos puestos unos sobre otros, ni las masas (Stöcke).

De la formación de los fósiles

Sobre esto podemos decir muy poco, solo hay dos especies, la húmeda y la seca. La primera es la más común y a ella deben su origen todas las montañas primitivas de transición y de capas. Las disoluciones [p. 51] cuyos sedimentos son, fueron [sic] químicas o mecánicas; en las primitivas y de transición químicas solamente, en las de acarreo solo mecánicas, y en las de capas de una y otra especie.²² También las matrices



21. Al inicio del *Tratado de vetas* hay un párrafo con el mismo título; sin embargo, no está tan desarrollado como este segundo. Ambos parecen estar tomados de las *Lecciones*, de Werner.
22. Esta sección tampoco es una traducción directa de la *Neue Theorie*; no obstante, es posible determinar que las ideas de Del Río están tomadas de las *Lecciones*, de Werner. “Pero también la consecuencia de que los distintos tipos de rocas se encuentren unas

de las vetas se formaron por la vía húmeda. Ejemplos en particular son la caliza estilacticia en los huecos de las minas, y en el cielo de las cavernas de las montañas calizas, y los cristales de yeso que se forman todos los días por las aguas que se filtran por las hendeduras, se cargan de la caparrosa de las piritas, y encontrando después cal se precipita el yeso por ser poco soluble: Aquí pertenecen la formación del cobre de cementación y el mineral de hierro polustre, especialmente el pantanoso y el cenagoso. Todas las observaciones que tenemos parecen indicar que no se forman fósiles nuevos en el día, sino que solo se transforman los que ya existen, como lo demuestra el óxido de hierro que se forma de la piritasulfurosa, y el mineral de cobre negro, que resulta del amarillo y entre las piedras el feldespatos descompuesto, que forma la tierra de porcelana. Así se formó quizá también la plata sulfúrea que conserva la forma de la nativa, y así también el carbón de piedra que se haya transformado en [p. 52] parte y del todo; bien que es un tejeral disuelto por el ácido sulfúrico. Por la vía seca han sido formadas las lajas y demás productos de Volcanes propios e impropios. Ejemplos de la formación por sublimación son solamente el azufre y la sal amoniaca que se hallan en los cráteres de los volcanes.

Siguiendo la misma materia distinguiremos como agentes diversos el agua, el aire y el fuego, que unas veces obran químicamente y otras mecánicamente, unas veces formando y otras destruyendo. Químicamente obra destruyendo el agua, disolviendo las sales, la sal marina, el yeso, etc. de lo que resultan muchos huecos, y después hundimientos o conductos para el agua. También disuelve una pequeña porción de tierra caliza como lo muestran las estalactitas, y de aquello pueden haber resultado las cavernas de las montañas calizas. Pero más considerables son sus efectos mecánicos de choque, fricción, inundación y congelación. Los declives opuestos de dos montañas que separan un valle, son comúnmente tan semejantes que se ve que en otro tiempo no formaron más que una montaña. Verosímilmente se destruyó por la



junto a otras nos muestran relaciones notables cuando se investigan de manera más precisa. Así encontramos las masas de roca más antiguas conformadas químicamente, y las nuevas por el contrario mayormente de manera mecánica. Además, de las masas antiguas, las más antiguas casi siempre son cristalinas". Cf. Abraham Gottlob Werner, "Allgemeine Betrachtungen über den festen Erdkörper", *op. cit.*, p.53.

congelación una parte del granito que aún se separan externamente los pilares de basalto de [p. 53] donde provienen la multitud de fragmentos que hay al pie de las montañas basálticas.

Formando ha obrado el agua en el espato calizo de Fonten cristalizado en romboides donde la cal muestra químicamente se precipitó junto con la arena que lo estaba mecánicamente por afinidades químicas se precipitan los diferentes minerales. En los puntos bajos debieron ser mayores los sedimentos porque había más solución encima y por consiguiente mayor número de partes disueltas lo que tiene su aplicación en las capas.

En tiempos antiguos debía haber muchos huecos en lo interior del globo, que estarían entonces llenos de agua: parte de esta se incorporaría con los cuerpos sólidos, como agua de cristalización, o de otros modos, y parte se evaporaría por el calor central, si es que lo había, y quedando los huecos vacíos fluiría nueva cantidad de agua y se seguirá nuevo sedimento, que quedó más lentamente se hiciese más perfectamente se reunirían sus partes, y de este modo se llenarían por fin las cantidades. Es muy verosímil que al hacerse estos precipitados se desprendan algunos gases que a veces, si son los sedimentos rocosos, quedan encerrados como en vejigas. Al sacarse quedarán huecos ampollosos, y se formarán rajadas, por donde atora el agua, entrando agua que formará nuevo sedimento que ha traído por las paredes se colocará alrededor en lo interior de ellas. Así resultarán unas capas concéntricas [p. 54] sobre otras hasta que cierren del todo, ya se quedan algunas que contengan las partes unas finas se precipitarán, poco a poco, y formarán los cristales. Semejantes cavidades ampollonas se encuentran en el basalto y en la almendrilla.

La numerosa cantidad de piedras rodadas de que están cubiertas los llanos y las porciones de petrificaciones que hay en algunas montañas, y que van por la mayor parte de animales marítimos, hacen pensar que fueron llevados por el agua del mar, pero como se encuentran en una altura tan considerable, debía también subir el agua hacia ella, ¿más cómo sería esto? ¿Bastará lo que algunos piensan que haya cambiado la situación del eje de la Tierra y el ecuador? Pero si en este debía estar siempre el agua más alta ¿cómo hay petrificaciones en las altas montañas debajo del ecuador, sobre las cuales debió estar el agua en un tiempo en que era este su punto más alto, y cómo ahora que es su más alto punto no llegan las aguas hasta él? Conque parece necesario que se haya disminuido el agua a la que hemos visto en los tiempos recientes abandonar unos países, sino es que al mismo tiempo haya cubierto a otros. En efecto Ostia en Roma y Roseta en Egipto que saben todos

que antes eran puertos célebres están ahora muy retirados de la mar. [p. 55] Pero como en el día sabemos que el agua descomponiéndose contribuye a la formación de muchos cuerpos y que también en sustancia entra en muchos fósiles, como agua de cristalización, es verosímil que por estos medios se haya disminuido tanto.

Constando el globo de una inmensa cantidad de cuerpos sólidos animados y de otras mucho más pequeñas de fluidos que cubren y rodean a los sólidos y forman el reino atmosférico, tenemos en los fluidos una cantidad de cuerpos orgánicos que toman su sustento y su materia de los otros dos reinos, y al cabo de cierto tiempo se resuelven enteramente recibiendo sus partes otra vez el reino mineral y atmosférico, o se transmutan de modo que permanece la mayor porción de sus partes constructivas como el carbón de piedra, la betún madera y el succino [ámbar], o se disuelven casi del todo, pero tan graduadamente que conservan su figura y estructura, y aún algunas partes como la xilolita o apenas experimentan una alteración por su poca disolubilidad, y entonces conservan su figura y estructura, y aún sus partes constitutivas se alteran muy poco, como en las conchas petrificadas, o por último se resuelven enteramente dejando estampado el contorno de su volumen, como las impresiones de pescados y plantas. [p. 56]

El aire obra por desecamiento, y así se deshacen las especies de marga quitándolas el aire y su humedad, y entonces pueden arrastrarlas las aguas fácilmente. También descompone el feldespato quitándole verosímilmente su agua de cristalización, por lo que la tierra de porcelana es más difícil de fundir que antes. La pirita sulfúrea se eflorece con la humedad del aire, pero aquí obra el agua descomponiéndose.

Efectos del fuego son los volcanes propios e impropios, los últimos están cerca de la superficie, no se extienden lejos, pero sí horizontalmente como la materia que los forma. Se queman los fósiles que resisten a la fusión, y los demás se funden, y por los huecos que quedan suceden pequeños hundimientos. Las materias son capas de carbón de piedra, betún madera y tierra alumbrosa que se enciende de por sí, sobre todo la última que se inflama con la humedad. La causa de la inflamación puede ser también la electricidad, como sucedió en Musko tiempos hace, donde un rayo que cayó en un tiro que estaba hecho en una capa de carbón la pegó fuego. Siempre debe haber aire. Sus productos son escorias, jaspe aporcelanado, que sólo parece estar medio fundido, arcillas quemadas, y mineral de hierro en barras. [p. 57]

Los volcanes propios tienen más profundo su asiento y el fuego era más fuerte, porque estando cerrado no pudo enfriarlo la atmósfera. En estos no solo se queman y funden las materias, sino que son

arrojadas con explosiones y temblores. Su causa debe ser de mucha duración. Del Etna hacen mención los primeros más antiguos escritores. Aunque la primera erupción de que se tiene noticia del Vesubio fue en el año de 72 de la era cristiana, sin embargo se ha notado que las ciudades que entonces se arrasaron, estaban ya fundadas sobre lavas, lo que prueba erupciones anteriores.

Los efectos del fuego eléctrico son raros y destructivos como se ve en los peñascos partidos de los rayos.

Fin

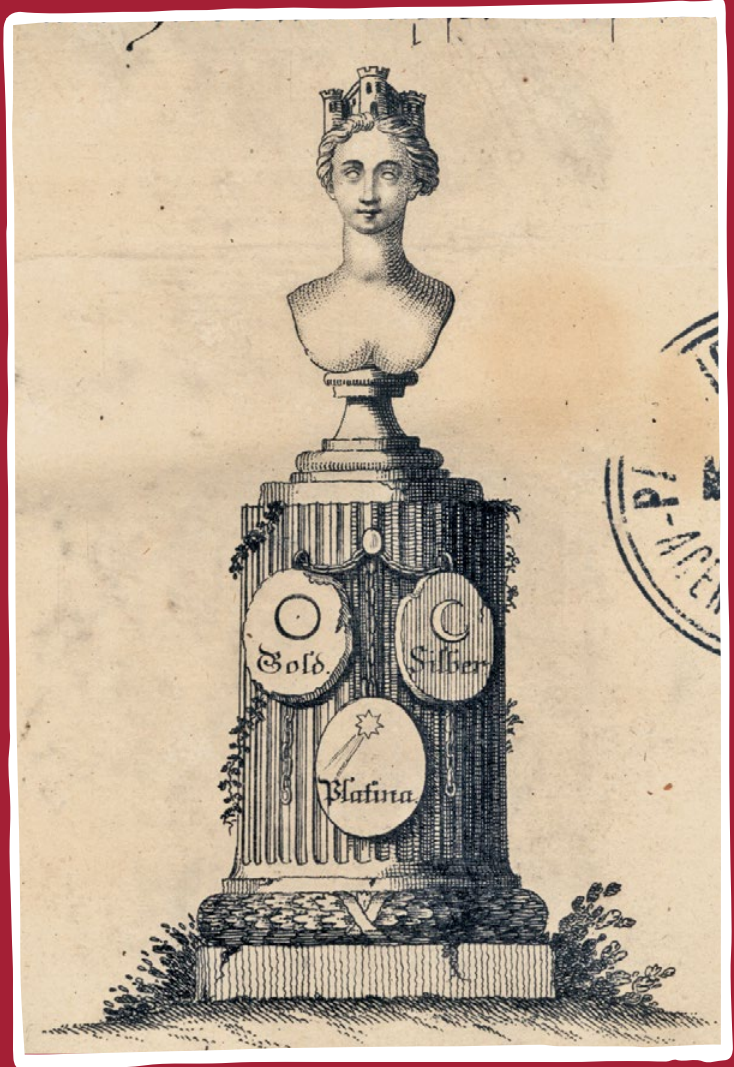
[p. 58]

Índice del *Tratado de vetas*

Pág.	
1	Su definición
3	Cúmulos o vetas acumuladas
<i>Idem</i>	De la masa de las vetas
8	De la relación de las vetas en sí
10	Relación de las vetas con el exterior de las montañas
<i>Idem</i>	Relación de las vetas con el interior de las montañas
14	De la diversa antigüedad de las fósiles
19	De la antigüedad de las vetas respecto de las rocas
20	Efectos de la diversa antigüedad de las vetas y de las rocas
24	De la teórica de las vetas y de su formación
27	Pruebas de que las vetas fueron primero rajadas abiertas
28	Prueba primera
30	Segunda
31	Tercera
32	Cuarta
	[p. 59]
32	Quinta
<i>Idem</i>	Sexta
37	Séptima
39	Octava

Pág.	
41	Nona
43	Pruebas de que las Vetas rajadas abiertas de las vetas se llenaron de un sedimento húmedo de arriba abajo
44	Primera prueba
48	Segunda
<i>Idem</i>	Tercera
49	De los cúmulos o vetas acumuladas
50	De la formación de los fósiles

Fin



III

• Anexos •

En la siguiente sección incluimos una selección de textos que complementan las investigaciones de Del Río sobre la Geognosia como resultado de los datos obtenidos a partir de descripciones y muestras recolectadas en el territorio novohispano, sus análisis químicos y las lecturas de obras novedosas sobre la clasificación de los minerales y rocas. En todos los casos, la ortografía se ha actualizado y las abreviaturas se han desatado. Igualmente, se han colocado los equivalentes de pesos y medidas antiguos al sistema métrico decimal. El anexo está integrado por siete textos:

1. SOBRE CUMPLIMIENTO DE LA REAL ORDEN con que se remitió a examen la teoría del origen de las venas metálicas, escrita por el profesor Werner, 1794.
2. DISCURSO SOBRE LOS VOLCANES, Que para dar principio al acto de Mineralogía que tuvieron los alumnos del Real Seminario de Minería en la tarde del 31 de octubre [de 1798] leyó don Andrés Manuel del Río.
3. DISCURSO DE LAS VETAS. Pronunciado por Don Andrés Manuel del Río en los ejercicios del Real Seminario de Minería [el 8 de noviembre de 1800].
4. DISCURSO DE LAS VETAS LEÍDO EN LOS ACTOS DEL REAL SEMINARIO de Minería por Don Andrés Manuel del Río [el 22 de octubre de 1802].
5. DESCRIPCIÓN DE UNA PIEDRA PERLADA [1803].
6. DISCURSO SOBRE LAS FORMACIONES DE LAS MONTAÑAS EN ALGUNOS REALES DE MINAS [1803].
7. INTRODUCCIÓN DE ANDRÉS MANUEL DEL RÍO a las *Tablas mineralógicas*, de D.L.G. Karsten [1804].

Abreviaturas utilizadas:

[f.]	foja
[ff.]	fojas
[v.]	vuelta
N. del A.	Nota del autor, Andrés Manuel del Río.
N. del E.	Nota de los editores.
N. 1804	Nota de los editores de los <i>Anales de Ciencias Naturales</i> , de Madrid.

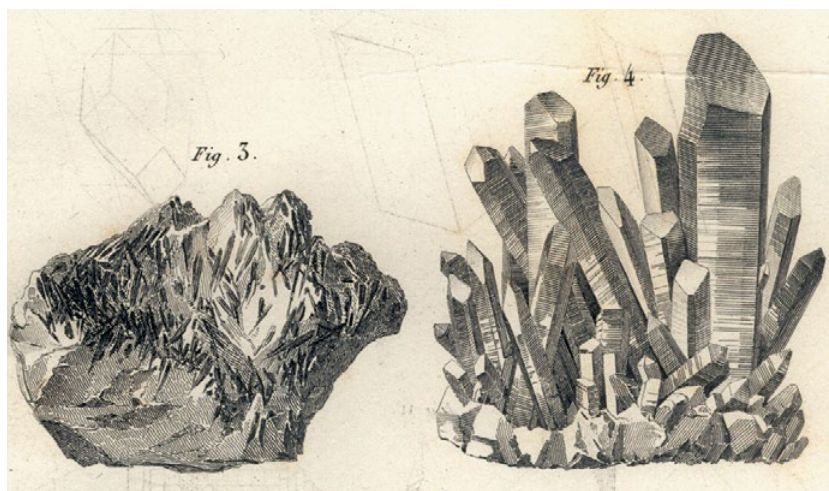


Figura 40

Cristales naturales. Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, Paris, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 8 de mineralogía. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

* Anexo 1 *

SOBRE CUMPLIMIENTO DE LA REAL ORDEN
con que se remitió a examen la teoría del origen de la vetas
metálicas, escrita por el profesor Werner, 1794¹

[f. 2]

Excelentísimo Señor. Ha remitido al Rey su Ministro en la Corte de Dresde, Don José de Quiñones, un ejemplar de la *Nueva teoría del origen de las vetas y su aplicación al trabajo de las minas*, escrito por el profesor Werner, y juzgando su Majestad que la expresada obra puede ser útil, y aumentar los conocimientos de esos mineros, se ha servido mandarme la pase a Vuestra Excelencia como lo ejecuto, a fin de que Don Fausto de Elhuyar la examine, y sin perjuicio de practicar cuanto sea adaptable a la constitución de ese Reino y su minería, informe lo que se le ofreciere y pareciere. Todo lo cual prevengo a Vuestra Excelencia para su inteligencia y cumplimiento [f. 2v] de Real Orden que me ha comunicado el Excelentísimo Señor Don Diego de Gardoqui. Madrid, 30 de junio de 1792 = Pedro Aparici = Señor Virrey de Nueva España.

México 21 de octubre de 1792 = Ofrézcase el cumplimiento de esta Real Orden, y trasladándose con el ejemplar de la obra que incluye, al Director de Minería Don Fausto de Elhuyar, prevéngasele que instruya su informe con la mayor brevedad posible = Revillagigedo

Es copia, México, 16 de agosto de 1794. [Firma] Bonilla [f. 3]

[Apostilla 1] El Director de Minería evalúa el informe que en virtud de Real Orden le tiene Vuestra Excelencia pedido sobre la obra alemana del Profesor Werner que trata del origen y formación de las vetas y de la aplicación de la teoría al beneficio y laborío de las minas.

[Apostilla 2] Se dio cuenta en carta núm. 678 de 30 de octubre de [17]93 Excelentísimo Señor:

Habiendo reconocido con la debida atención la obra del Profesor Werner relativa al origen de las vetas y su aplicación al trabajo de las minas que Vuestra Excelencia se sirvió pasarme para que con arreglo a la Real Orden comunicada por el Excelentísimo Señor Don Diego



1. AGN, Instituciones Coloniales, Minería, 28312, vol. 26, exp. 10, s/f.

Cardoqui al Señor Don Pedro de Aparici, le informase sobre la utilidad y adelantamientos de esta materia bajo las luces y reglas que dicho autor prescribe, paso a exponer a Vuestra Excelencia el juicio que de ella he formado, dando principio con una sucinta relación de su plan y distribución.

Intitúlase por su autor *Nueva teoría de la formación de las vetas, con aplicación al laborío de las mismas y particularmente a las de Freiberg*. Según este título, era de esperarse ver en esta obra un sistema nuevo sobre esta materia; pero en realidad los dos principios fundamentales sobre que estriba, son en lo principal los mismos que [f. 3v] dejó indicados Agricola y han seguido después otros varios autores, por lo que este sistema solo podrá considerarse como modificación del de [Georgius] Agricola [1494-1555].

Pero si en esta parte no tiene toda la novedad que parece prometer el título de la obra, no puede negársele al encadenamiento de observaciones y pruebas con que se cimientan en ella dichos principios fundamentales, y se hace mucho más completa la teoría. Estaban estas para darle el grado de probabilidad y verosimilitud necesarias para hacerlo preferible como más conforme con los fenómenos que se reconocen en la naturaleza a todos los demás que se han inventado hasta el día sobre el mismo objeto; y bajo de este aspecto ofrece mucho de nuevo esta obra digna por lo mismo del aprecio de los naturalistas.

Por lo que toca a la aplicación al laborío de las minas después se sacan algunas inducciones generales, se recorre como lo indica su mismo título con particularidad al distrito de la ciudad de Freiberg en Sajonia, cuya explicación da el autor como modelo y nos narra del modo con que conviene se de [f. 4] terminen las circunstancias que ofrezcan las vetas en todas partes.

Divídese la obra en 10 capítulos. En el primero que trata de las vetas en general, se da su definición y los caracteres que las distinguen de lo que llaman mantos, bohedales y otros estados en que igualmente suelen hallarse los minerales, con la explicación de varios términos técnicos para mejor inteligencia de la obra.

En el segundo se expone una sucinta historia de las diversas teorías que se han publicado hasta el día sobre el origen y formación de las vetas reducida a una simple y breve idea de los principios de cada una.

En el tercero asienta el autor en primer lugar los dos principios fundamentales de su sistema o teoría, que son; el primero: que las vetas o por mejor decir sus cajas han sido en su origen hendiduras o rajas de las montañas procedentes de diferentes causas; y el segundo:

que posteriormente se llenaron estas hendiduras con depósitos análogos de las aguas a los que sirvieron a formar las mismas montañas, y en tiempo en que aquellas las bañaban y cubrían, y que estos depósitos son los que en el día cons [f. 4v] tituyen la masa o macizo mineral de las vetas. Después reconoce que estas hendiduras y su relleno con las materias minerales han debido verificarse de diferentes épocas, no solo en distintos parajes, sino también en uno mismo, y que de esto han resultado por precisión vetas de diversas edades con cuyo motivo determina los caracteres que deben hacer conocer la antigüedad relativa de las que se encuentran en un mismo distrito, indica los que pueden hacer conjeturar la igualdad de época en su formación entre las de países remotos y expone varias consideraciones generales relativas a su constitución y a la mayor abundancia que de ellas suele haber en ciertos distritos.

En el capítulo cuarto resume el autor las principales pruebas del primer principio fundamental de su teoría, deduce. Primero: de la indispensable necesidad de que después del retiro de las aguas cuyos depósitos formaron las montañas en que se encuentran las vetas, al desecarse, condensarse, y hacer asiento la mayor de aquellas, se formasen en ellas grietas y hendiduras más o menos considerables. Segundo: de que aún en el día se forman en muchas partes estas grietas, par [f. 5] ticularmente en tiempos de aguas copiosas y de terremotos. Tercero: de la perfecta y exacta semejanza en todas sus circunstancias de las cajas de las vetas con las hendiduras referidas. Cuarto: de las piedras rodadas o guijos y petrificaciones de cuerpos orgánicos que suelen hallarse en algunas vetas, las que se manifiestan haber estado hueco y vacío en otro tiempo lo que en el día ocupa la veta. Quinto: de los fenómenos que presentan las mismas vetas en los puntos en que se encuentran y cruzan las unas a las otras. Sexto: de la diferente situación de las capas de que constan las montañas en los respaldos de las vetas. Séptimo: de la disposición simétrica en que suelen estar colocadas las diferentes materias de que constan las vetas, particularmente cuando son muy variadas, y octavo: de otras varias consideraciones y observaciones de esta naturaleza.

El capítulo quinto se reduce a satisfacer a varias objeciones y reparos que pueden ofrecerse contra este principio, sirviendo al mismo tiempo de ampliación a la teoría del autor.

En el sexto expone las pruebas del segundo principio fundamental deduci [f. 5v] das de iguales consideraciones a las que sirven de cimiento al primero. Con ello persuade efectivamente que el relleno de las hendiduras de las montañas se ha efectuado principalmente por la acumulación de materias minerales en que en diferentes

épocas han ido entrando por arriba; pero no satisface con la misma evidencia el que para en que haya sido necesario e indispensable que las montañas y sus cercanías estuviesen inundadas y cubiertas enteramente por las aguas, y que dichas materias minerales provengan precisamente de los depósitos que en dichas épocas fueron dejando en dichas hendiduras; que es la circunstancia principal en que se aposta y varía su teoría de la de Agricola en la cual se atribuye dicho relleno a lo que lenta y sucesivamente han ido depositando las aguas que en la masa y superficie de las montañas se han infiltrado y acudido a aquellos huecos.

En el séptimo capítulo responde a varias objeciones que pueden hacerse contra este segundo principio fundamental añadiendo nuevas reflexiones con que individualiza muchas consecuencias de su [f. 6] teoría; y en el octavo refuta los diversos sistemas de que hace mención en el segundo manifestando la imposibilidad de conciliar sus principios con los hechos y fenómenos relacionados en los capítulos precedentes.

En el capítulo nono trata el autor de la aplicación de su teoría al laborío de las minas. Las ventajas que para este objeto dice se pueden sacar de ella, son primero: que proporcionado en conocimiento exacto de la constitución física de los distritos en que abundan los minerales, se puede cuidar y dar con más acierto y seguridad las disposiciones convenientes a la dirección general de las obras y laboríos que en ellos se intenten. Segundo: que distinguiéndose con ella bien las capas minerales formadas en su origen por depósitos horizontales sobre la superficie de los terrenos, de los que como las vetas, buhedales, etc., resultaron en hendiduras profundas, se aplicará igualmente con el debido conocimiento a cada clase el género de laboríos particulares que le corresponde. Tercero: que se podrá juzgar mejor de la preferencia que unas vetas merecen respecto de otras para [f. 6v] ser trabajadas. Cuarto: que también se podrán hallar mejor con ella los parajes o sitios en que hacen o abundan en metal las vetas, y por consiguiente dirigir a ellos con preferencia los laboríos. Cinco: que juzgando por ella con facilidad de los acaecimientos o alteraciones que pueden sobrevenir en las vetas por su encuentro con otras, evitará las incertidumbres y perplejidades en que en semejantes casos suelen hallarse los mineros. Sexto: que proporciona el medio más seguro para juzgar de la identidad o semejanza de una veta en casos dudosos en que en distintos parajes pudiera prevenirse ser dos diferentes. Séptimo: que también desengaña del ninguno influjo que por sí tienen las rocas de que constan las montañas, en la riqueza o pobreza de las vetas, como igualmente da a conocer que las vetas no pueden

extenderse y continuar por montañas cuyo origen o formación sea de épocas más modernas que la de ellas.

A continuación de esto expresa el mismo autor, que aunque la aplicación inmediata y momentánea de algunos de los principios de esta teoría pueda [f. 7] tener lugar considerados por sí solos, en ocurrencias particulares en el arreglo del laborío de una mina; con todo las más veces sería poco segura y expuesta a inducir a errores por faltar la necesaria relación y referencia a la constitución general del distrito de la cual deben siempre deducirse las que se hagan, para que merezcan la correspondiente confianza. Por cuya razón, y respecto a que exceptuando algunos principios fáciles de entenderse, en lo restante es demasiado complicada esta teoría para la mayor parte de los que ejercen esta facultad, por exigir mucha comprensión, perspicacia en la observación, familiaridad con los principios y experiencia en las combinaciones y aplicaciones particulares, considera que su verdadera aplicación debe hacerse por los jefes y tribunales que adornados de la instrucción correspondiente, estén permanentemente encargado de la dirección y administración general de cada distrito o departamento. Que estos combinando con dicha teoría el conocimiento exacto e individual de la naturaleza y estructura íntima de las montañas de su comprensión, adquirido por indagaciones y reconocimientos prácticos hechos con la debi [f. 7v] da atención y escrupulosidad, son los únicos que pueden adquirir la instrucción competente de las relaciones y conexión que tengan entre sí los diferentes productos minerales de ella y particularmente las vetas, para ordenar y disponer del modo más ventajoso su laborío y beneficio.

Consecuente a estas ideas lo restante de este capítulo lo emplea el autor en indicar los medios con que se deben adquirir para dicho fin las noticias correspondientes, formando planos generales y parciales, descripciones puntuales y ejecutar de cuanto se observe y reconozca, colecciones bien ordenadas de todos los productos naturales de cada división de cuya reunión y examen individual hecho con la debida madurez y reflexión, resultarían luces claras y seguras para aplicar con acierto dicha teoría y sacar de ella el fruto que promete.

En el capítulo décimo y último, hace el autor la aplicación de su teoría al distrito de Freiberg, principal real de minas de Sajonia, con relación a las diferentes formaciones de vetas que en él ha podido reconocer, y de las cuales regula hasta ocho distintas las más principales. [f. 8]

De cada una de ellas da los caracteres que las distinguen así en cuanto a su composición y naturaleza, como a su relativa edad o

antigüedad, con observaciones instructivas para más completo conocimiento de su íntima estructura.

Este extracto basta para dar a conocer que los ocho primeros capítulos de esta obra se reducen a tratar un punto o cuestión de historia natural muy interesante y propio a ilustrar la teoría de la Tierra; pues indica parte de las alteraciones que después de su formación ha padecido en su superficie y hasta cierta profundidad.² Bajo de este aspecto no puede negarse merecer justamente el aprecio de los que siguen el estudio de dicha ciencia o que con cualquier otro fin se interesaran en saber las revoluciones y mudanzas que ha experimentado este nuestro globo.

A primera vista parece que a ninguno deben interesar tanto estos conocimientos como a los mineros, y efectivamente es así, mirado el asunto en lo general; porque ningún ramo puede sacar de ellos una utilidad tan inmediata y efectiva como la minería. Pero si se atiende a los medios que deben [*f. 8v*] emplearse para hacer su aplicación a esta facultad con el fundamento y fruto correspondiente, el mismo autor confiesa en el capítulo nueve como dejamos indicado, ser impracticables para un individuo particular, y por lo mismo poco o no muy seguras las aplicaciones que puede hacer a su negociación, siempre que la considera como aislada y sin relación a la naturaleza y sistema u orden general del distrito en que esté situada como es regular la considere quien solo la contempla como una posesión temporal a la cual necesita prestar toda su atención, evitando hacer gastos que no son muy precisos y segura su utilidad.

Estas especulaciones son propias del gobierno a quien como dueño en el dominio radical de estas fincas interesa más al particular su disfrute cuanto puedan producir, así por la utilidad propia inmediatamente percibe de ellas, como por el beneficio general que resulta al Estado, o de un cuerpo que mirando por el bien y felicidad de sus individuos donde procurar facilitarles los medios de aprovecharlas con la mayor seguridad, guiándolos en algún modo en sus empresas con proporcionarles las instrucciones y ayuda [*f. 9*] que puedan necesitar. Por eso expresa el mismo autor ser estas operaciones asequibles únicamente a los jefes y tribunales instruidos que perenemente estén encargados de la dirección y administración general de cada distrito



2. Es decir, la materia de estudio de la Geognosia.

o departamento, como sucede en Alemania y otras partes, porque solo ellos pueden abrazarlas con la amplitud y al mismo tiempo individualidad que corresponde.

En estos reinos de ninguna parece sería más propia esta incumbencia que de las Diputaciones Territoriales de Minería, pero por desgracia su constitución actual las hace enteramente inútiles para el caso. Falta generalmente en los individuos que las componen la instrucción y conocimientos necesarios: la corta duración de sus empleos limitada a dos años, no permita aquella madura, uniforme y continuada reflexión tan esencial para el asunto: la atención preferente y precisa de estos mismos individuos a sus negocios particulares como que son los que les proporcionan el indispensable alimento y manutención, les impide ocuparse con la necesaria a los que son extraños, o cuya utilidad para sí mismos no la ven con bastante proximidad [*f. 9v*] para animarlos a encargarse de tareas extraordinarias y gravosas; finalmente carecen también dichos juzgados de auxilios para poderlas emprender tanto con individuos de competente instrucción como de fondos para los gastos que indispensablemente deberían erogarse en los reconocimientos.

Estos inconvenientes imposibilitan generalmente que en la constitución actual de la minería de estos reinos se pueda cuidar de su gobierno y economía con la atención que merece y sería conveniente para su arreglo y conservación. Así lo tengo hecho presente a Vuestra Excelencia en informes anteriores, individualizando los defectos de las actuales diputaciones, su abandono en todo lo gubernativo del cuerpo, y la entera arbitrariedad con que cada minero se deja disponer a su antojo los laboríos de sus minas sin que haya quien vele de la observancia de la Ordenanza en esta parte. La concurrencia de los Jueces Reales con los diputados territoriales en el conocimiento de los asuntos contenciosos dispuesta en la Real Orden de 5 de febrero último, en nada favorece ni influye para corregir en esta parte dicha constitución, así porque con razón [*f. 10*] se les concede por ella se mezclen en los puntos gubernativos y económicos, como porque quedan vigentes los mismos obstáculos que hasta aquí se han experimentado para que los diputados puedan desempeñar sus cargos con la extensión y obligaciones que les impone la Ordenanza.

¿Pues si esto sucede en unos puntos tan precisos y esenciales y en que tanto interesa el Real Erario y el Público, como podrá exigirse que estos diputados tomen a su cargo otros que en su comparación solo deben mirarse como auxiliares al beneficio común del cuerpo, y que sin embargo piden para su desempeño aún más requisitos que aquellos,

y algunos de tal naturaleza que la misma constitución los resiste y se los deniega?

Es inútil intentarlo a mi modo de entender, y no hallando otro medio alguno en el estado actual de las cosas con qué poder suplir esta imposibilidad de las diputaciones territoriales para un encargo de esta especie, no veo sean aplicables por ahora en estos reinos con la formalidad que corresponde las útiles ideas que el [f. 10v] profesor Werner expende en su obra a beneficio de la minería.

Nuestro Señor guarde a Vuestra Excelencia muchos años

México, 24 de octubre de 1793

Excelentísimo Señor

[firma] Fausto de Elhuyar

Excelentísimo Señor Conde de Revilla Gigedo

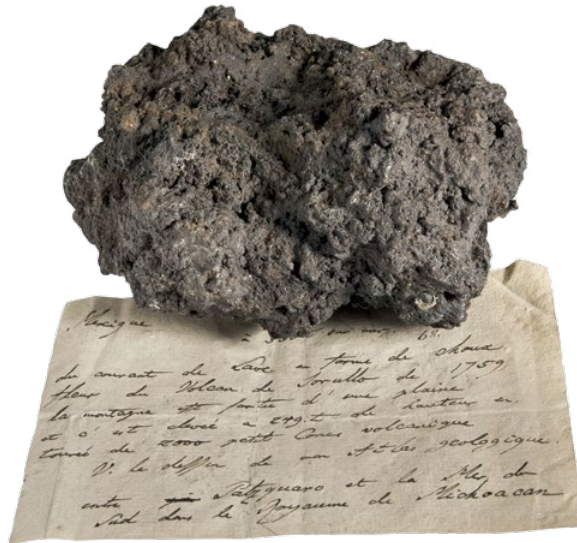


Figura 41

Lava andesítica del volcán Jorullo, Michoacán, colectada por Alexander von Humboldt durante su expedición al edificio volcánico nacido en 1759, cuenta con su cédula original manuscrita (Inv. Nr. 1996-7399). Fuente: Naturkunde Museum Berlin.

Fotografía: Hwa Ja Goetz.

* Anexo 2 *

DISCURSO SOBRE LOS VOLCANES, Que para dar principio al acto de Mineralogía que tuvieron los alumnos del Real Seminario de Minería en la tarde del 31 de octubre [de 1798], leyó Don Andrés Manuel del Río³

La Geognosía, ciencia experimental poco más antigua que su nombre, ha merecido su elevación a este grado por la gran masa de conocimientos que ha recogido, y por los principios con los que se ha coordinado. En el laberinto de las montañas formadas por el agua y de las que deben su origen al fuego, ha conducido al observador como con el hilo de Ariadna, dándole por guía los pocos hechos de los antiguos rectificadas con un sinnúmero de otros nuevos, enseñándole a verlos como son en sí y a no confundirlos por su semejanza aparente, y ordenándole que los siga estrictamente sin adelantarse un paso más que ellos para no extraviarse, como ha sucedido a muchos. En la clasificación de las rocas de montañas primitivas, secundarias y de acarreo, y su reducción a un número determinado, cuando antes se creía que habían de ser tantas como los sitios que ocupaban; en la distinción exacta de los criaderos entres sí; en la teórica de los fenómenos de las vetas, casi tan satisfactoria como la de Copérnico para los fenómenos celestes; en la resolución de aquellas dos grandes cuestiones: porque están casi siempre juntos el rosicler claro, el arsénico nativo y el rejalgar; el oscuro y la plata sulfúrea agria; la plata gris y la galena; el cobalto sulfúreo, el níquel y el bismuto nativo, y nunca el oro ni el cobalto, ni tampoco el mercurio, el cobalto, la albandina, o ni el cobalto, ni tampoco el mercurio, el cobalto, la alabandina, o galena; y por qué no se ha encontrado estaño, volfran, molibdena ni urano en montañas de capas, ni calamina, o carbón de piedra en las de granito, sienita, o micapizarra, sin recurrir a la extravagancia de la transmutación de unos fósiles a otros, que tanto tiempo lisonjeó a los alquimistas: en todo esto ha consultado los intereses del minero, que con solo seguir el rumbo indicado puede hacer infinitos descubrimientos. Con el examen de las



3. *Suplemento a la Gazeta de México*, 11 de noviembre de 1799, t. x, núm. 3, pp. 17-24, también en *Anales de Historia Natural*, Madrid, t. II, núm. 6, octubre de 1800, pp. 335-348.

circunstancias de los volcanes, de las substancias que arrojan a más o menos distancias, y de los agentes que acompañan sus erupciones, ha [p. 18] satisfecho la curiosidad del filósofo, indicándole las verdaderas causas capaces de producir los movimientos convulsivos de estas montañas, el cual me parece objeto digno de merecer la atención de V. S. y del respetable concurso por un breve rato, en sus dos partes, que son los volcanes *proprios e improprios*, o pseudovolcanes.

I

A los temblores en los contornos de un volcán y al estruendo subterráneo se sigue el rompimiento de la montaña, y las erupciones de humo, de vapor inflamable, de agua, de cenizas, de piedras pequeñas y arena arrojadas a muchas leguas, y de masas enormes, que cayendo junto al cráter sirven a aumentar la altura de la montaña, y todo esto precede a la salida de un río de materia vitrificada, que extendiéndose muy lejos, lleva todavía más lejos el terror y la desolación.

Las montañas volcánicas tienen su asiento sobre las de capas, que cubren del todo o en parte a las primitivas. Las rocas que las constituyen en capas naturales, que son todas las de la formación del trap, las distinguió bien el Padre de la Torre [Giovanni Maria della Torre (1712-1782)],⁴ a quien impugna al parecer con poco fundamento [Déodat de] Dolomieu [1750-1801] en su Catálogo de los productos del Etna, a continuación de la memoria sobre las Islas Ponces [*sic*] (Pontinas) (pág. 174).⁵ En efecto dice que habría tomado él mismo muchas lavas compactas (pág. 197) por basaltos, en virtud de su semejanza exterior, y de la identidad de los productos de su análisis, sino fuera por las particularidades del lugar: que habría tenido muchas lavas porfíricas (págs. 215, 234) por pórfidos, sino fuera por las circunstancias locales; y que habría confundido muchas lavas porosas y celulares (pág. 425) con la almendrilla, sino se lo hubieran impedido las mismas circunstancias del lugar. Y ¿cuáles son estas decantadas circunstancias?



4. Giovanni Maria della Torre, *Histoire et Phénomènes du Vésuve*, Nápoles, Chez Donato Campo, 1771.
5. Déodat de Dolomieu, *Mémoire sur les Îles Ponces, et catalogue raisonné des produits de l'Etna; pour servir à l'histoire des volcans: suivis de la Description de l'éruption de l'Etna, du mois de Juillet 1787*, París, Chez Cuchet, 1788.

¿Se creará que todas se reducen a la simple intermediación al cráter? En Nápoles emplean estas rocas para edificios y empedrados, llamándolas *pedras naturales*, para distinguirlas de las que deben su origen al fuego volcánico, y yo les creo mejores naturalistas en esta parte.

Las montañas volcánicas forman por lo común una masa coherente con las primitivas, como el Vesubio, el Monte Nuovo y la Solfatara, que están en la falda de los Apeninos. El Etna, sin embargo, está aislado, y al pie de él se encuentran muchas piedras rodadas de basalto, de cuya roca está formado verosíblemente, pues hay una capa entera alrededor, que se extiende muchas leguas a lo lejos. Es muy singular que haya en su falda tanto succino, el cual se halla siempre en capas de betún madera, como en Prusia y Pomerania; y en la parte que mira al poniente hay cantidad de petróleo, que nunca existe en montañas primitivas, pero sí en las de carbón, como en Inglaterra. Muchos pedazos de carbón de piedra se han encontrado también en los flancos del Etna, el cual se cree formar capas entre otras [p. 19] de arena y arcilla. Alrededor de estas montañas hay aguas termales, y agujeros por donde sale hidrógeno puro o mezclado de ácido carbónico, que solo necesita del contacto de una llama para arder según [Auguste Denis] Fourgeroux de Bondaroy [1732-1789]. La llama azul o roja indica su pureza.⁶

Los volcanes arrojan lavas grises, pardas o negras más o menos ampollosas con las ampollas vacías, que tienen las mismas partes constitutivas que la vacía: piedras pómez grises o negras, cuyo aspecto confina más o menos con el de las lavas (las negras tienen la mayor semejanza con las escorias del carbón quemado); y cenizas de un aspecto terroso con menudos fragmentos de lava y de pómez; pero la pómez es la más característica de todos los productos volcánicos.

Algunas substancias salen del cráter de los volcanes sin lesión arrastradas por el torbellino de las demás. No sostendré yo que hayan arrojado carbón de piedra, como el que enseñan en el Museo de Gottingen; pero [William] Hamilton [1731-1803] vio pilares de basalto despedidos por el Vesubio, y también se les ha visto lanzar caliza



6. Auguste Denis Fourgeroux de Bondaroy, “Premier mémoire sur le pétrole de Parme” y “Second mémoire sur les pétroles et sur des vapeurs inflammables communes dans quelques parties de l’Italie”, *Histoire de l’Académie Royale des Sciences. Année MDCLXX. Avec les mémoires de mathématique et de Physique pour la même année*, París, À l’Imprimerie Royale, 1773, pp. 37-52.

compacta, vacia, pórvido, y un medio entre este y el basalto.⁷ Unos de estos vienen del techo y otros del suelo de los volcanes, como la caliza; más entre el basalto y la caliza se sabe que hay muchas veces carbón, que se saca además en la cercanía de algunos.

Los cristales de hornblenda y de feldespato que encierran los productos verdaderamente licuados por los volcanes, esos sí participan siempre de la alteración que les comunicó el fuego, como lo prueba la mudanza de color, su aspecto menos fresco y vidrioso, y sus muchas rajadas y hendeduras. Las leieitas, o granates blancos que abunda en las vacias y lavas de Italia, están por lo menos sueltos en los huecos de la vacia, que es una piedra arcillosa, mostrando claramente que se encogió con el calor. Según esto, cuando encontremos, aunque sea en el circuito de los volcanes, cristales frescos, hojosos, transparentes, envueltos por substancias que no indiquen haber sido liquidadas, ¿conjeturaremos con Dolomieu que el fuego de los volcanes no funde ni vitrifica el de nuestros hornos, ni muda siquiera el color de las substancias (pág. 84, 252 y pág. 8 del prólogo), sino que obra como el agua en las sales (es comparación suya pág. 437 del Catálogo al fin de la obra de [Barthélemy] Faujas [de Saint-Fond, 1741-1819])⁸ dilatando solo los cuerpos, y dejándolos cuando se disipa poco más o menos como estaban antes? Y ¿de qué sirve que no niegue también al fuego volcánico la virtud expansiva, quizá por respeto de [Hermann] Boerhaave [1668-1738], si le niega sus efectos, como son las resquebraduras? Sin embargo, los cristales de los productos que describe de la erupción del Etna del mes de julio de 1787 (pág. 502) todos estaban alterados en su color resquebrados, y aún fundidos y vitrificados.⁹

El no hallarse nunca cristales ni almendras de espato calizo ni de zeolita en las lavas modernas, y solamente en las que llama antiguas [p. 20] (pág. 425 y 432) y el estar a veces estas debajo de arcilla con petrificaciones, y aún debajo de capas calizas (pág. 424) eran motivos de presumir que no fuesen lajas, y más cuando en caso de serlo habían



7. No existe referencia directa a la obra, pero la primera edición del reporte es: William Hamilton, *Observations on Mount Vesuvius, Mount Etna, And Other Volcanos: In A Series of Letters, Addressed to The Royal Society*, Londres, Cadell, 1772.
8. Barthélemy Faujas de Saint-Fond, *Minéralogie des volcans, ou description de toutes les substances produites ou rejetées par les feux souterrains*, París, Chez Cuchet, 1784.
9. Déodat Dolomieu, "Produits de l'éruption de l'Etna du mois de Juillet 1787", *Mémoire, op. cit.*, pp. 502-515 ss.

de contar una antigüedad muy remota por estar las capas calizas que las cubren a algunos centenares de toesas sobre el nivel del mar; pero de los dos inconvenientes todavía le pareció este el menor. Y así no dudó ponerse a explicar la formación de los cristales en los huecos de estas lavas frías, suponiendo (pág. 414) que se filtró el agua a través de la textura más compacta, y de los macizos más duros, suponiéndola una fuerza disolvente muy superior a la que se le conoce, suponiéndola cargada de substancias que si no las había de hallar en las mismas lavas, las llevaba ya a prevención de otras partes, y suponiendo en fin, como debía, muchas aguas, unas con cuarzo en disolución, otras con zeolita, otras con cal, para depositarlos a un tiempo separadamente, uno en unas ampollas, y otro en otras. Esta última suposición le faltó al autor; pero si había hecho tantas, ¿qué le costaba una más siendo tan indispensable?¹⁰ A la verdad yo renunciaría a pasar por un Edipo, si había de ser a costa de buscar enigmas que desatar en los fenómenos más claros, y de violar las leyes constantes de la naturaleza con suposiciones las más arbitrarias.

Cuando yo veo a Faujas de Saint Fond (en su *Mineralogía de los volcanes*, pág. 160 y siguientes) tan embarazado para explicar cómo están íntimamente unidas, y alterando en el Vivarez capas delgadas de lava con otras de caliza con pequeños fragmentos de esta, y de espato calizo en lo interior de la lava, y al contrario, sin que hayan sufrido la menor cosa, es decir unas substancias muy sensibles a la menor impresión del calor, rodeadas por todas partes de fuego sin haberse quemado; me admiro de que no haya sucedido una de dos cosas, o que no recurriese a la omnipotencia como era forzoso [p. 21] en un caso tan contra lo natural, o que no reconociese que el basalto no podía ser lava. Este



10. N. del A.: Para aclarar esta teórica cita Dolomieu por nota (pág. 415) una roca muy común en los Alpes y Pirineos que consta de feldespato, cuarzo, y algunas partes arcillosas (¿será un pórfido?) que dice poder llamarse *cristalifera* por contener en las hebras chorlo blanco (feldespato) y violado (tumia) asbesto, amianto y cristal de roca, que siempre están algunos de ellos cristalizados, en virtud de que el agua después de disolver algunas moléculas de lo interior de la roca, las deposita en las hendeduras en forma regular. Yo no concibo cómo extraiga el agua las moléculas constitutivas de la tumia, del asbesto, del amianto y del espato caliza que les suele acompañar, de una roca que no las tiene; por otra parte estas substancias están todas juntas en unas mismas cavidades, lo que no sucede en el otro caso, y así este ejemplo es poco a propósito, sin hablar de los muchos hechos que se oponen directamente a esta teórica de las vetas.

fenómeno muy obvio por la vía húmeda, y entonces se quitaba el enigma; pero además, si las lavas son cuerpos líquidos que siguen las leyes de gravedad, ¿no han de buscar las gargantas y los valles, y siempre que hallen al paso una eminencia, no se han de dividir y fluir por los lados sin pasar por encima? ¿Cómo pues llama Faujas torrente basáltico (pág. 165) al que después de haber corrido más de 6,000 varas [5.04 km] al través de la caliza, estando ya para desembocar el río Ibia, no quiso sino trepar sobre la cumbre de la Chamarelle? A tantos errores conduce un principio falso, que se asienta como verdadero, antes de tener datos suficientes. Lo peor es que el mismo Faujas se hace estas objeciones, y aunque incapaz de resolverlas, no por eso quiere siquiera dudar de su principio favorito. A pesar de esto es todavía digna de elogio su buena fe, que nos cuenta los hechos tales cuales los observó, aunque tan contrarios a su sistema, pues lo común es aumentarlos o disminuirlos a imitación del tirano Procusto, que a los huéspedes a quienes les venía corto su lecho les cortaba las piernas, a los que les faltaba para llegar se las estiraba, y solo dejaba libres a los que tenían la medida justa.

Si la hipótesis del basalto lava ha conducido a hombres de mucho mérito por otra parte a tantas extravagancias; si una de las formaciones del carbón es la que está acompañada del basalto; si en Islandia, en las Islas de Fero, en Irlanda, en el país de Hesse y de Hanau, en Misnia, en Kalter Nordheim [*sic*] (Kaltennordheim), en Westfalia y en Velai en el Languedoc por confesión del mismo Faujas (pág. 276) hay capas de carbón intacto cubiertas de basalto; si el carbón de esta formación es muy alumniososo, y en muchas partes de Italia se beneficia el alumbre, si el carbón aluminoso reducido a pequeños fragmentos se enciende por sí solo con la alternativa de la humedad y sequedad; si se extiende esta formación a lo lejos sobre montañas altas, formando conos truncados o como panes de azúcar, y si el basalto sobrepuesto es muy fusible y tiene las mismas partes constitutivas que las lavas según [Torbern Olof] Bergman [1735-1784]: ¿no será muy natural atribuir a este fomento o pábulo los terribles efectos de los volcanes? ¿Y qué dificultad tendrá su duración para los que sepan que hay montañas de carbón que están ardiendo muchos siglos hace, sin que se haya consumido un gran distrito, como en Planitz en Sajonia, que lleva más de 260 años de arder, por donde se conciben también las diversas bocas que se abren sucesivamente en los costados y aún en la falda de las montañas volcánicas? Y si el carbón de piedra destilado en nuestros hornos da azufre, hidrógeno y amoniaco; ¿no será producido por él el vapor de hidrógeno que sale por los cráteres, el azufre que se sublima

alrededor y la sal amoniaca, ese nudo gorgiano tan difícil de deshacer, formada por el amoniaco del carbón y el ácido muriático desprendido por el calor o por el hierro del agua salada del mar, en cuyas cercanías [p. 22] están casi siempre los volcanes, y qué tanto influye en ellos?

En efecto, los grandes torrentes que arrojan muchas veces de agua secándose los ríos y lagos enteros circunvecinos, el estar por lo común junto al mar, y el excitarse su furor sobre todo en las estaciones húmedas, eran circunstancias que podían mirarse en otro tiempo como indiferentes; hoy día sabemos que puede obrar el agua como agente principal de los volcanes, ya combinándose con el carbón uno de sus principios, el eminentemente combustible, y disipándose el otro junto con el hidrógeno del mismo carbón, y produciendo explosiones con el aire atmosférico que encuentre remontándose por su ligereza a las cámaras superiores del volcán, y aún sin descomponerse convirtiéndose sólo en vapor, cuya fuerza sabemos ser inmensa y capaz de romper por los obstáculos que se opongan.

El pequeño volcán de Lémeri fue un auxilio oportuno para sacar a algunos de embarazo por el momento: una mezcla de azufre y limaduras de hierro humedecida y enterrada se enciende y produce un estallido, y este hecho solo bastó para atribuir a la pirita los efectos de los volcanes. Pero ¿cuándo se ha visto en la naturaleza encenderse un manto de bronce o pirita sulfúrea, ni cuándo se ha sentido calor siquiera en las minas en que abunda, como estén bien ventiladas? Y aunque comenzase por sí solo el incendio ¿quién ignora que el mismo vapor del azufre lo sofocaría en unos subterráneos, donde tiene poco o ningún acceso el aire libre? ¿Cuándo se ha hallado un manto tan grueso, cómo se necesitaría por el mucho hierro y poco azufre que contiene la pirita? ¿ni cuándo se ha visto semejante criadero en montañas de capas, sobre las que siempre tienen su asiento los volcanes? Además, si el producto que da en nuestros hornos la pirita es un crudío, ¿por qué no se ha hallado vestigio alguno alrededor de ellos? ¿Por qué el humo y los vapores que despiden no es todo gas ácido sulfuroso, lo que no sucede según Hamilton y otros? Y por último; ¿cómo se forma de la pirita tanta sal amoniaca que se sublima en el cráter de los volcanes?

II

No todas las montañas que arden carbón, y son las más, se anuncian con estrépito, temblores, erupciones de lava y abertura de varias bocas, como el Etna, el Vesubio y la Solfatara, o por qué no hay bastante

material ni tan inflamable, o no son tan favorables las circunstancias de lugar, por no haber tanta cantidad de agua en las cercanías, o porque el techo del volcán no es tan grueso que oponga bastante resistencia y concentre el calor lo necesario. La formación de estas montañas es muy diversa de la primera. En lugar del basalto y la vacia que acompañan allí al carbón le acompañan aquí la arcilla apizarrada con impresiones de cañas y helechos, la piedra arenisca y el conglomerado: allí es el dominante el carbón de pez, el pardo, el [p. 23] lustroso, que dan cenizas por la combustión; aquí el hojoso, el pizarreño, y aún el grueso, que dan escorias, y en los que indica la textura una disolución más completa: aquella formación está en picos; esta está más bien en hondonadas como calderas, donde hay alrededor carbón en otras hondonadas semejantes: aquella tiene pocas capas de carbón, pero sumamente gruesas; estas muchas y muy delgadas. Por lo mismo es natural que los productos de esta especie de volcanes silenciosos sean muy diversos de los otros. Aquí se encuentra arcilla quemada roja o amarilla, que cuando está muy cocida pasa a jaspe: jaspe aporcelanado muy resquebrado por el encogimiento que ha sufrido, y con vestigios de vegetales como la arcilla apizarrada: escorias terrosas o *tezontle* por lo común negras y rojas, que aunque tengan semejanza por sus grandes ampollas con las lavas, carecen del aspecto vidrioso, y de los cristales de aquellas, y provienen de piedras margosas y ferruginosas, y sus ampollas del ácido carbónico de la cal; y finalmente mineral de hierro arcilloso en barras, que parece haber tomado esta figura por el desecamiento. Estos incendios, en que se sublima también azufre y sal amónica, abundan en Sajonia, Bohemia y otras partes, y seguramente en esta América.

Y así queda muy reducido el catálogo de los productos volcánicos, que es el objeto principal de esta discusión, para distinguirlos de los que no lo sean, en los casos que se puedan ofrecer al minero. Por de contado se excluye el basalto, que debió su elevación a esta clase únicamente a su proximidad a los volcanes que ardían, de suerte que al hallarlo en otros sitios, como en Westrogothia, donde al juicio de Bergman no había el menor resquicio de fuego, se decía que eran volcanes apagados: el basalto, que a un fuego moderado se convierte en vidrio bueno para botellas por su poco peso: el basalto que está casi siempre mezclado de olivino, augita, feldespato y hornblenda cristalizados, zeolita y espato calizo, y aunque rara vez de piritas sulfúreas, todos y cada uno de por sí sin la menor lesión del fuego, siendo por su naturaleza, permítaseme decirlo, tan piróforos: el basalto que tiene muchas veces agua en su interior, sobre todo lo que está en bolas compuestas de muchos cascos concéntricos: el basalto en fin que por lo

común se halla en capas horizontales, a veces muy delgadas como chapas, cuya posición y figura nunca puede tener la lava. Se excluye la almendrilla, que encierra en su interior cocos de ágata y calcedonia, con todas las señales de su formación por la vía húmeda y almendras o cristales de zeolita, caliza, litomarga, esteatita y tierra verde, que cuando destruyen dejan las ampollas vacías: la almendrilla que se ha encontrado en el Real del Monte junto a la Hacienda del Salto con una de sus mayores ampollas llena de agua y de una especie de gelatina muy semejante a la que halló Dolomieu en una de sus lavas (pág. 388). Se excluye finalmente la obsidiana (chinapo) el vidrio volcánico por excelencia, que puesto sobre [p. 24] unas ascuas, en pocos minutos se hincha y esponja muchísimo, perdiendo su color, y volviéndose más o menos trasluciente, sin que entonces se le vea ningún filamento como de pómez, sino un cúmulo de vejiguillas en contacto unas de otras: la obsidiana, que se descompone a nuestros ojos por grados, primero mostrando visos de colores metálicos, luego mudando su color negro o verde oscuro en verde claro, y mostrando una textura fibrosa paralela, y por último desmoronándose en una tierra gris verdosa y con alguna untuosidad, propiedad que es común al basalto y a todas las rocas de esta formación: la obsidiana últimamente, que acaba de encontrar en Zinapécuaro Don Luis Martín¹¹ en las cavidades de otra, en cristalinis de un verde aceituna, transparentes, rayados a lo largo, pequeños o muy pequeños, que son tablas octágonas prolongadas, biseladas fuertemente en las dos caras opuestas terminales mayores, y poco truncadas las demás aristas laterales, y por cierto que la formación de cristales en los huecos de las escorias nada tiene que ver con esto.

Ya era preciso contener el ímpetu de los que como un amigo de Bergman estaban tan preocupados de ideas volcánicas, que hasta en las manchas de la Luna se imaginaban cráteres abiertos, torrentes de lava otros fenómenos semejantes; y esto se debe a la Geognosia tratada por buenos críticos, tratada por un Werner, a quien ahora que me parece quedar bien asentada su doctrina, nombraré sin recelo de se me diga que juro en las palabras de mi maestro. La utilidad en general de esta ciencia y de las demás relativas a la Minería ha movido ciertamente a V. S. a dedicarles en las actuales circunstancias este edificio grande, suntuoso, magnífico, que admiramos los mismos que hemos visto los



11. AHPM, 1802/1/113/d. 19.

colegios de minas de otros países, ese edificio que sorprenderá a la muchedumbre que no se persuadiría con razones, y su magnificencia obligará aún a los más obstinados a callar, ya que no los incline al estudio de las ciencias que en él se enseñen. En Francia la época feliz de la Mineralogía tiene la misma fecha que el establecimiento del suntuoso laboratorio de Mr. [Balthazar George] Sage [1740-1824].¹² DIJE.¹³



- ¹² Cf. Balthazar George Sage, *Description méthodique du cabinet de l'École Royale des Mines*, París, À l'Imprimerie Royale, 1784. El laboratorio y gabinetes de la Escuela de Minas de París ya estaban en funcionamiento cuando Del Río estuvo en dicha ciudad mientras seguía el curso de D'Arcet en el Collège de France.
- ¹³ En la versión de los *Anales de Historia Natural*, de Madrid, 1800, pp. 347-348 se incluye una nota, aparentemente de Christian Herrgen, dada su posición como catedrático de Mineralogía en el Real Estudio de esa especialidad en Madrid, que dice: "Si D. Andrés Manuel del Río, discípulo del célebre Werner, ataca con algún calor la opinión casi universal de los naturalistas franceses, que a cada paso encuentran producciones volcánicas, y para sostenerla recurren muchas veces a métodos extraordinarios con el fin de explicar su formación, deben perdonársele las expresiones nacidas de su celo, porque es muy probable que ignoraba entonces que la Escuela Politécnica [de París] había adoptado el sistema de Werner por base de la enseñanza de la Mineralogía; y lo que el ciudadano H.[enri] Struve dice en el aviso de su apreciable obra: *Método analítico de los fósiles, fundado en sus caracteres exteriores*. "Lo cierto es que cuando se difunda y aprecie como es justo el estudio de la Orictognosia no se anunciará la crisolita por fosfato calizo, el granate de Horcajuelo por esmeril cristalizado, ni el feldespato compacto del Cardoso y de Toledo por andalucita, como lo hicieron algunos últimamente". Páginas atrás se mencionó que Struve había sido alumno de Werner y que su obra de *Orictognosia* estaba basada en las notas que tomó en clase durante su estancia en Freiberg.

* Anexo 3 *

DISCURSO DE LAS VETAS.¹⁴ Pronunciado por Don Andrés Manuel del Río en los Ejercicios del Real Seminario de Minería [el 8 de noviembre de 1800]¹⁵

Siendo las vetas de todos los criaderos las más importantes a la sociedad, hace cincuenta años que se han empezado a conocer como merecían. Diódoro Sículo [siglo I a.C.]¹⁶ y [Cayo] Plinio [Segundo, 61-112]¹⁷ parece que no conocieron más que el nombre. [Georgius] Agricola [1494-1555]¹⁸ el primero se ocupó en determinar sus relaciones y aún en explicar su formación, y su teórica aunque imperfecta se ha conservado hasta nuestros días: fue también el que desechó la opinión bastante corriente en su tiempo del influjo de los astros en la producción de los metales que no fue poco hacer a principios del siglo dieciséis: ojalá que los que siguieron le hubieran copiado también en esto. La opinión de [Johann Joachim] Becher [1635-1682]¹⁹ de sublimación de vapores que subiendo de lo más profundo, y penetrando en las vetas produjeran los metales, tuvo por fin sus secuaces, al contrario de la de [Johann



14. *Suplemento de la Gazeta de México*, 18 de noviembre de 1800, pp. 217-224. También en *Anales de Ciencias Naturales*, t. v, núm. 13, junio de 1802, pp. 25-38.
15. Andrés Manuel del Río no incluyó la traducción del capítulo II de la *Neue Theorie*, titulado “Breve historia de las diversas y anteriores teorías de las vetas” en su versión castellana. No obstante, este primer discurso está basado en él. Cf. Abraham Gottlob Werner, *Neue Theorie* [en adelante la indicaremos NT], 1791, p. 7.
16. Diódoro Sículo, *Diodori Siculi bibliothecae historicae libri xv*, Hanover, Laurent. Rhodomannum, 1604, NT, p. 7.
17. Cayo Plinio Segundo, *Cajii Plinii Secundii Historiae naturalis libri xxxvii, quos interpretet, et not. Illustravit Io. Haruinus*, París, 1723, t. II, p. 617. NT, p. 9.
18. Georgius Agricola, “De ortu et causis subterraneorum libri v”, en Georgius Agricola, *De re metallica libri xii*, Basilea, 1546, NT, p. 11.
19. Johann Joachim Becher, *Physica subterranea. Editio novissima cum praefatione premissa, indice adornato et spechimine Becheriano subjuncto a G. E. Stablio*, Leipzig, 1703, NT, p. 18. Del Río presenta una versión muy resumida del texto de Werner por ejemplo en este caso tenemos: “la opinión de Becher de sublimación de vapores que subiendo de lo más profundo, y penetrando en las vetas produjeran los metales [...]”. Dice en el original: “Becher schreibt, in seiner *Physica subterranea*, die Entstehung der Erze und Metalle in den Gängen, unterirdischen ganz aus dem Innersten der Erdkugel herauf und in die Gänge, oder vielmehr in die darinnen vorgefundenen dazu schicklichen Stein-und Erdarten eingedungenen Dämpfen zu”.

Gottlob] Lehmann [1719-1767]²⁰ que no tuvo ninguno. Ya se ve ¿quién había de creer que hubiese en el centro de la Tierra un gran tronco metálico y que todas las venas y vetas fuesen sus renuevos y ramales? Posteriormente [Carl Friedrich] Zimmerman [¿?-1747]²¹ concibió que las partes terrestres de las rocas se transmutaron en las metálicas de las vetas. La Química de su tiempo en vez de ilustrarle fue a la que le indujo a este error. Y así el más benemérito de [Friedrich Wilhelm von] Oppel [1720-1769],²² pues [Christoph Traugott] Delius [1728-1779] copió a Agricola en la mayor parte y los demás a Zimmerman; pero Oppel sentó los primeros fundamentos de la teórica de Werner que supone que las masas de las montañas porosas y húmedas al principio por ser un sedimento formado por la vía húmeda debieron encogerse y asentarse desigualmente por su diversa cohesión y altura, y de consiguiente rajarse, como se rajan todavía a pesar de su consistencia en los años muy lluviosos y con los terremotos; y que las matrices y minerales de las vetas son los precipitados de las disoluciones por la mayor parte químicas, que cubrieron los parajes donde estaban las rajadas abiertas y las llenaron. Estos puntos voy a comprobar con nuevos hechos recogidos en los Reales de Minas del Reino por don [Friedrich Traugott] Federico Sonneschmid [1763-1824], [p. 218]²³ asegurando que por ser breve me



20. Andrés Manuel del Río omitió dos autores citados por Werner: Georg Ernst Stahl (1660-1734), Johann Friedrich Henckel (1679-1744) y por el contrario agrega a Lehmann, no mencionado por su profesor.
21. Carl Friedrich Zimmermann, *Obersächsische Bergacademie, in welcher die Bergwercks-Wissenschaften nach ihren Grund-Wahrheiten untersucht, und nach ihrem Zusammenhange entworfen werden*, 3 Stücke, Dresde y Leipzig, 1746., parte 2, p. 105, NT, p. 23.
22. Andrés Manuel del Río omite en esta ocasión tres autores: Johann Gottlieb Lehmann (1719-1767) y los químicos suecos Johann Gottschalk Wallerius (1709-1785) y Torbern Olof Bergman (1735-1784); por el contrario, resalta la labor de Oppel, uno de los fundadores de la Academia de Minas de Freiberg y autor de su primer libro de texto, el *Bericht vom Bergbau* (1769). Del Río lo compara con el *Anleitung zu der Bergbaukunst* de Delius (1773), utilizado en la Academia de Schemnitz y se inclina por el primero en cuanto a sus reflexiones sobre el origen de las vetas, la discusión está en NT, pp. 33-39.
23. N. del A.: “Relaciones mineralógicas de sus viajes presentadas al Real Tribunal de Minería”. Sonneschmid después publicaría sus notas en Alemania. Cf. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerksreviere von Mexiko oder Neuspainen*, Schleiz, el autor, 1804. Aunque no constituye una traducción exacta de la versión impresa, sí pueden identificarse los párrafos del borrador manuscrito que Sonneschmid entregó al Tribunal de Minería. Es clara la relación entre la versión manuscrita e impresa, puesto que las referencias que colocó Del Río a lo largo de su discurso corresponden exactamente al orden en que aparecen en el libro de 1804.

he visto muy embarazado en la elección: tanto en lo que abundan, y tan extraordinarios.

“Junto a Zimapán en el arroyo de Santiago y hacia el fin entre otras vetas de cuarzo que arman en rocas, que pasan (según Sonneschmid) de pizarra y vacia gris a trap, a marga y aún a caliza y compacta, hay una muy particular, que llega con todo su grueso a cierta profundidad, y luego se insinúa lateralmente en una de las comisuras de las capas horizontales y se termina; pero observando en la dirección del echado de la veta, se ve que continúa una raja angosta, y que los bordes de las capas en esta raja están sumidos en forma de media caña”.²⁴ Fuera bueno que supiéramos si las capas inferiores son de la misma roca que las superiores, pues siendo diferentes, y las de debajo más coherentes o tenaces, pudieron no ceder tanto a la causa que ocasionó la ruptura, y formarse así una raja ancha en aquellas, y en estas solo una grieta angosta. Pero siempre es muy de admirar el hundimiento o concavidad cilíndrica en las capas debajo y a lo largo de la veta, como si estando aún blandas, el peso de la disolución que llenó el hueco superior hubiera comprimido y obligado a hundirse las inferiores, faltas de apoyo en el centro por la grieta que las había desunido. Yo no encuentro explicación más natural de este insigne fenómeno, con el que parece que la naturaleza se adelantó a los deseos de la imaginación más exaltada a favor de esta teórica, que no podía haber deseado más, sin que la relación de nuestro observador, que más se muestra desafecto que inclinado, sea sospechosa en ningún modo.

“En el mismo arroyo de Santiago y en las mismas rocas (que Sonneschmid cree pasar por pizarra y vacia gris a trap y a caliza) hay una veta, que consta de un conglomerado de pocos pedazos de cuarzo especialmente graso, algunos de calcedonia, y muchos con fragmentos esquinados o poco redondeados de otras piedras; pero en el pendiente y echado le acompañan dos cintas de tres pulgadas [7.5 cm] de ancho de pórfido con hornblenda descompuesta y algo de mica, siendo lo curioso que más adelante, donde ya se nombra arroyo de Tolimán, sobresalen peñascos de este mismo pórfido”.²⁵ Es así que este se debe mirar como un sedimento de una disolución química que cubrió aquel paraje: luego el que forma allí cerca las guardas de las vetas siendo el



24. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, p. 40.

25. *Ibidem*, pp. 51-52.

mismo, será otro sedimento de la misma disolución que llenase los huecos, que se abrirían nuevamente, al consolidarse la veta, entre ella y los respaldos, por la mayor atracción de la masa de la veta entre sí que con las cajas o respaldos. Este hecho tan curioso no tiene semejantes puntualmente: hay rocas que forman vetas, pero no las [p. 219] guardas de vetas solamente y a tal intermediación.

“En el arroyo de Tolimán hay una veta de dos pies de ancho de pórfido y roca porfídosa con algunas partes desta, que parecen (dice nuestro Geognosto) piedras rodadas y continúa hasta otra veta ancha también de pórfido que la corta”.²⁶ No son raras las vetas llenas de piedras rodadas, y yo creería que estas lo eran, si el mismo Sonneschmid no hubiera encontrado pórfido en otra parte en bolas compuestas de cascós concéntricos, y que por consiguiente no podían ser piedras rodadas, aunque lo parecían también, sino una forma primitiva tan extraña en el pórfido como común en el basalto. Es lástima que no mirase esto con ojos teóricos, cuando no pedía más trabajo que partir las piedras; porque si son rodadas, prueban que las arrastró una disolución mecánica al hueco abierto de la veta; pero si son bolas, prueban mucho más; prueban que se formaron y precipitaron dentro del hueco de la veta de la disolución química que entró a ocuparla, como se precipitaron de otra semejante en lajas en Guanajuato. Esta es una de las ventajas de las teóricas, que como los vidrios de aumento multiplican las relaciones de los objetos, y nos hacen ver mil cosas que ni nos imaginaríamos siquiera.

“En el mismo arroyo de Tolimán hay muchas vetas de trap (creo que quiere decir roca verde y basalto, que son especies suyas) tan juntas unas a otras, que apenas distan tres o cuatro pies, y en algunas notó Sonneschmid la masa de la veta dividida en capas delgadas horizontales que no tenían relación alguna con la estratificación de la roca en los respaldos”.²⁷ Esta observación echaba yo de menos en la teórica de las vetas. Si el basalto y las más rocas de capas las forman más o menos horizontales y delgadas, en prueba de ser sedimentos que se asentaron sucesivamente de las disoluciones que cubrieron aquellos parajes, ¿por qué, cuando llenaron las rajadas que encontraron abiertas, no tomaron la misma forma de capas? No se puede alegar, sino la atracción de los



²⁶ *Ibidem*, pp. 52-53.

²⁷ *Ibidem*, p. 54.

respaldos hacia las substancias contenidas en las disoluciones generalmente químicas y que tuvieron más tiempo de precipitarse, de donde proviene que en las vetas abundan los *chichicles* o cristalizaciones. Más cuando la disolución no fuese enteramente química, sino por la mayor parte mecánica, como la del basalto, y que se asentase más pronto, tomaría la misma forma en capas horizontales dentro del hueco de la veta, que la que toma comúnmente afuera. Digo que supongo mecánica la disolución del basalto, pues solo creo que estuviesen químicamente disueltos el espato calizo, la hornblenda, el feldespató y demás que se hallan mezclados con él, y en el día ya no habrá quien lo suponga volcánico. Mucho prueba a favor de Werner esta observación, que sin ser tan brillante es más demostrativa.

“Los declives suaves entre los distritos la Otra Banda y el *norte* constan de conglomerados más porfidosos junto al primero y más calizos junto al último. En la sección que forma una pequeña garganta [p. 220] que allí hay, observó muchas vetas angostas o venas, las más de ellas paralelas. Es de notar que el conglomerado contiene piedras rodadas de buen tamaño de caliza compacta, y que las vetas dichas, que son por la mayor parte de espato calizo, las atraviesan con todos su grueso, con más particularidad, que de los dos segmentos de esfera divididos por la veta, el uno viene a estar una línea más bajo; prueba clara (como el mismo Sonneschmid advierte) que al abrirse las rajadas de las vetas se rajaron también las piedras rodadas que encontraron al paso”.²⁸ Mas aquí le faltó observar un incidente muy esencial, a saber: si el segmento de la piedra rodada que está más bajo es el correspondiente al respaldo superior de la veta, como yo creo fundado en la analogía de que en las vetas recostadas están las capas o lajas de la roca en el respaldo superior más bajas que en el inferior, y tanto más cuanto más ancha es la veta, como que se sumieron hacia la parte escueta o falta de apoyo. Por eso aquí que son tan angostas las venas, la diferencia es solo de una línea. Esto no lo podía ignorar, y acaso quiso dejar que completasen su observación los alumnos de este Seminario. En efecto, Señor, si V. S. envía a los jóvenes a otros Reales de Minas para que aprendan las manipulaciones, el interés de la ciencia exige de la protección de V. S. que los envíe también a Zimapán a estudiar la naturaleza, como



²⁸ Este pasaje no se encontró en el libro de Sonneschmid, el distrito de Otra Banda es mencionado en la p. 71.

que muestra la mayor variedad de formas en la mayor desnudez, y más lecciones se pueden tomar allí de las montañas en pocos días que en otras partes en muchos meses.

“En el Real del Cardonal en medio de la veta de la mina de la Purísima hay pedazos sueltos de caliza gris azulada, que aquellos mineros llaman *pedras azules*, y no son más que pedazos de la roca que es caliza compacta”.²⁹ Pero esto se ve mejor en la veta madre de Guanajuato.

“Tiene generalmente pedazos sueltos y fragmentos de solo las rocas de los respaldos, tanto que sus matrices más abundantes son cuarzo y pedazos de la roca que atraviesa, de suerte que en la parte de sudeste, (la veta corre con poca diferencia de sudeste a noroeste) hay muy frecuentemente pedazos esquinados y poco redondeados de pórfido y rocas porfidosas; en Sirena, Guanajuato y Rayas son de conglomerado, y en Tepeyac y Valenciana se acercan más o menos a pizarra. Son de todos tamaños, y aún algunos de muchas varas de largo, con la particularidad de tener el mismo echado que la veta. Más, suelen estos fragmentos estar atravesados de venillas de cuarzo o amatista, o de las mismas substancias de la veta, conservando distintamente los pizarreños su textura, en prueba (dice Sonneschmid) que los atravesaron las venillas después de formados”.³⁰ Tan curioso fenómeno pide más explicación. Casi en todas las vetas se hallan estos fragmentos, que se han de mirar como cascarones arrancados de los respaldos: los grandes están puestos de modo que su estructura, si es pizarreña, coincide enteramente con la de la roca del pendiente y del [p. 221] echado, viéndose claramente que no han hecho más que escurrirse sin rodar, y los pequeños están en todas direcciones, de que se sigue que rodaron en un hueco abierto. Estos pedazos desgajados, o cayeron en la veta vacía descendiendo hasta un paraje angosto donde se quedaron atorados, y fueron después envueltos por la disolución que llenó el hueco de la veta, o cayeron en la veta llena de la disolución, cuando estaba a punto de coagularse, y se quedaron suspendidos en ella, como cuando se echa una piedra en una vasija con agua a punto de congelarse, que se queda suspendida sin caer al fondo. Si al consolidarse la masa de la veta, se encogió y se rajó de nuevo con los pedazos que contenía, la disolución de cuarzo o amatista que entró después en las nuevas rajadas es la que



29. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, p. 89.

30. *Ibidem*, pp. 98-99.

forma las venillas que atraviesan los fragmentos de Guanajuato, y queda explicado este fenómeno muy naturalmente.

“Las matrices de la veta de Guanajuato, cuarzo, amatista, piedra córnea, espato calizo, bruno espato, y hierro espático y los minerales oro y plata nativos, plata sulfúrea dúctil y agria, rosicler claro, galena, cobre gris y amarillo, pirita sulfúrea y blenda parda (dice Sonneschmid) que están dispersos en la veta sin orden ni armonía en el todo; solo algunas porciones están en cintas alternas, otras en zonas concéntricas; pero sin constancia ni paralelismo declarado”.³¹ Esto se debe atribuir a la anchura de la veta, que es tal que los respaldos no pudieron ejercer su atracción sobre las partículas de la disolución, pues en pedazos de vetas angostas del Reino he visto y hecho notar a los discípulos su paralelismo decidido entre las sustancias de la veta. Sin embargo no he visto aquí todavía ejemplos tan claros como los de las vetas de la bendición de Dios de Gersdorf y la recta de Gregorio de Freiberg en Sajonia. Tiene la primera desde las dos cintas de en medio de espato calizo cristalizado en las oquedades trece fajas diferentes de espato flúor calizo, pesado, glena, etc. que alternan y siguen un mismo orden hacia un respaldo que hacia otro. La veta de Gregorio tiene pegadas a los dos respaldos dos fajas de cuarzo cristalizado, sobre este de cada lado blenda negra y algo de pirita sulfúrea, luego galena y a su lado interior bruno espato; más hacia el centro de la veta otra vez galena, plata gris y sulfúrea agria y rosicler, y en el medio espato calizo. A veces falta una u otra de estas fajas; pero siempre manifiestan el orden con que atrajeron los respaldos a las sustancias disueltas.

El Realito de Obexera [al oeste de Guanajuato] fue el escollo en que dio al través nuestro geognosto. “En la garganta donde está la mina de Santa Ana cuenta haber muchas vetas de trap en roca verde, y otras de roca verde que corren en trap”.³² Esta observación probaría ser coetánea la formación de las vetas y de las rocas, y si fuera cierta, destruiría ella sola un sinnúmero de las que tenemos recogidas en diferentes países con la mayor escrupulosidad y por los hombres de más mérito; y así yo la [p. 228] declaro muy inexacta y que se puede agregar a los cuentos del ave Fénix y del Carbunclo por ser tan fabulosa como ellos sin ser tan divertida. Además de que el mismo que la ha hecho no



31. *Ibidem*, p. 102.

32. *Ibidem*, pp. 140-141.

ha podido decidir si su roca verde era una sienita por constar de la mezcla íntima de feldespato, cuarzo y hornblenda, y su trap una pizarra, y por cierto que la sienita y la pizarra, rocas antiguas, nada tienen que ver con la roca verde y el trap, que son las más modernas de capas. Yo lo que pienso es que las que ha tomado por vetas son lajas perpendiculares de sienita y pizarra, o capas trastornadas de trap y roca verde, que no se hallan sino en capas horizontales, como dice hallarse allí cerca hasta el número de 20 alternando en la altura perpendicular de cinco a seis varas, y no temo adelantar este juicio constituyendo por árbitros a los alumnos de este Seminario para que lo confirmen o lo impugnen, pues lo que me interesa es el progreso de la ciencia, y aquí lo menos de que se trata es de destruir por el cimiento nuestra teórica. Esto fuera lo de menos, sino hubiera tantos hechos a su favor, porque diríamos que había servido para reunir lo que no distaban muchos, y haríamos lo que con los puentes volantes para los pasos estrechos, que en habiendo servido se queman.

“En el Real de Comanjá arman en pórfido vetas que constan de cuarzo y minerales y están íntimamente unidas por los respaldos a la roca, cuyo feldespato y hornblenda están las más veces algo descompuestos en la proximidad de la veta, y en sus confines está también la roca impregnada de pirita y más rara vez de minerales de plata”.³³ La descomposición de la roca junto a las vetas, y su impregnación de los minerales de ellas son los mayores argumentos que oponen algunos contra nuestra teórica y a favor de la transmutación de la roca en las matrices y metales de las vetas. Pero si es tan enorme la diferencia entre las sustancias de las vetas y estas rocas alteradas que por lo común tienen todas las partes de su mezcla y solo han perdido su cohesión, que no muestran la menor aproximación, y por otra parte podemos estar escarmentados de dar crédito a semejantes transmutaciones químicamente imposibles: ¿por qué no lo atribuiremos más bien a causas conocidas capaces de producir este efecto? El feldespato de las rocas expuestas al aire se convierte en tierra de porcelana perdiendo su agua de cristalización, y lo mismo se observa en las vetas junto a los carbonatos. ¿No es de inferir que en uno y otro caso obre el ácido carbónico, aunque no sepamos precisamente el cómo? Además del feldespato se ven también la hornblenda y la mica descompuestas en una especie de



33. *Ibidem*, p. 195.

litomarga y esteatita, especialmente en las vetas que tienen pirita sulfúrea y generalmente sulfuros y arseniuros: ¿por qué pues no atribuiremos a estas substancias semejante descomposición?

Lo mismo digo de la impregnación, que se reduce a pegaduras entre la veta y los respaldos, y entonces son de una formación más reciente que las mismas vetas; pues habiéndose encogido estas, se abrieron [p. 223] por las cajas de los respaldos, con quienes tenían las matrices de las vetas menor atracción que consigo mismas, y entró otra disolución en las nuevas rajadas dejando en forma de pegaduras el sedimento, que es entonces de muy diferente naturaleza que la veta. O bien se hallan partículas metálicas, de la misma índole que las de la veta, esparcidas en los poros de la roca a algunas pulgadas no más, que es lo común y se observa especialmente en rocas porosas muy resquebradas y pizarreñas, y parecen mostrar una atracción de la roca hacia el disolvente que llenaba la veta mayor que la del menstroo hacia las substancias que tenía disueltas, y así se precipitaron en los huecos de la roca.

El último ejemplo será Zacatecas, donde se tienen una prueba clara de lo que han disminuido las montañas de su altura en los crestones duros, que sobresalen veinte pies y más sobre la superficie, “como el de la veta de la parte de poniente y norte de la Bufo, que corre una legua hacia oriente con figuras grotescas, que forman sus peñascos: tiene por matrices piedra córnea, jaspe ferruginoso, cuarzo, amatista y semiópalo, y dice Sonneschmid ser un espectáculo divertido ver estas diversas substancias aquí en zonas concéntricas a manera de fortificación, allí en pequeños pedazos dispersos, acá atravesadas de una vena de cuarzo, allá mezcladas con grandes grupos de cuarzo y amatista cristalizados.

Unas vetas de estas están pegadas a los respaldos, otras tienen una cinta de jaboncillo que las separa, y aún en otras hay una transición seguida de la veta a la roca, y entonces se verifica que hasta un pie y dos [27.8 y 55.6 cm], y aún hasta ocho de distancia de la veta esté impregnada la roca de plata nativa y córnea diseminadas en partículas muy finas con algo de pirita sulfúrea. Este caso muy particular sobre todo por la plata córnea se observa especialmente en la mina abandonada de los Santiagos”.³⁴ Aquí convendría nos hubiese dicho nuestro geognosto la roca en que arman las vetas, sobre todo las que están pegadas por los



34. *Ibidem*, pp. 181-183.

respaldos, (que suelen ser como los cúmulos las más antiguas de todas) y las que refiere que pasan a la roca. Mas ¿cómo nos lo ha de decir, si él mismo no pudo determinarla? Sin embargo la dificultad no vacila nada, sino que nos sale con que es el trap (*saxum trapezium Wallerii*) dándonos por carácter precisamente el mismo que debía servir para no confundirlo, a saber: que arman en él muchas vetas y muy ricas, cuando en el trap no arman ningunas. También dice que pasa a sienita y a pizarra, transiciones inauditas del verdadero trap. Y ¿qué cosa es un trap pasando a piedra córnea, jaspe ferruginoso, cuarzo, amatista y semiópalo, que son las matrices expuestas? ¿No es esto empeñarse en introducir en las ciencias experimentales los entes de razón, de que no tienen por cierto que gloriarse las abstractas?

No diré que las que llaman en Zacatecas *plata parda, azul y verde*, y se miran como géneros diferentes, siendo todos muriatos de plata [p. 224], según piensa Sonneschmid, (aunque la azul, que es la más frecuentemente diseminada en los respaldos de las vetas, pudiera muy bien ser un medio entre muriato y sulfuro de plata)³⁵ se hallan como en Europa en la parte superior de las vetas con el nombre de *metales colorados*, y se acaban en cuanto se profundiza hasta los *metales negros o piritosos*. Son muchísimos los ejemplos que tengo, y que reservo para otro discurso, de que la naturaleza ha seguido constantemente unas mismas leyes en todas partes.

Esta teórica que explica tan felizmente todos los fenómenos de las vetas, que no solo explica las contradicciones en la observación, sino que nos dirige para quitarlas, conformándose con la naturaleza que nunca se contradice, mereció el voto imparcial de un compañero que ha perdido demasiado pronto este Seminario; un geómetra, a quien era menester consultar para conocer su fondo, pues se hacía un deber de comunicar sus luces a todo el que se había de aprovechar de ellas, y yo me he hallado en este caso; un físico que se empeñaba en indagar hasta los secretos que encierra la naturaleza en las entrañas de la Tierra, tanto más admirables cuanto más ocultos, sin hacer alarde de adivinar algunos, porque sabía los que quedan por descubrir: un mecánico que nos deja una memoria perenne en esa colección de modelos, que calculó, que varió de mil modos, que perfeccionó, y aún estoy por decir



35. N. del A.: es muy sensible tener que hacer de profeta por no haber visto estas cosas, y no las hemos visto porque nadie nos las envía al Colegio.

que ejecutó, a lo menos formó a quien los ejecutara: un verdadero profesor, que como nuestro maestro común Don Antonio Solano reunía en la enseñanza la sencillez que hace perceptibles los hechos naturales más complicados, con la novedad que hace admirar los más comunes, y la majestad que concilia a todos la justa veneración, de suerte que Werner mismo celebrará saber que su teórica ha tenido el maduro e ilustrado voto de D. Francisco Antonio Bataller [1751-1800].³⁶



36. Al igual que Del Río, Bataller estudió Matemáticas en el Colegio de San Isidro en Madrid y fue autor de un texto para el Colegio de Minería, los *Principios de física matemática y experimental* de 1802, que quedaron inéditos, Cf. Roberto Moreno de los Arcos, “Francisco Antonio Bataller, catedrático de Física en el Real Seminario de Minería”, en Roberto Moreno de los Arcos, *Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1986, pp. 111-122. El haber estudiado en el mismo sitio y ser autores de textos para el Colegio derivaron en una relación cercana entre Bataller y Del Río, de ahí las palabras que le dedicó este último para cerrar el discurso y dar un homenaje al recién fallecido catedrático.

* Anexo 4 *

DISCURSO DE LAS VETAS leído en los Actos del Real Seminario
de Minería por Don Andrés Manuel del Río³⁷
[el 22 de octubre de 1802]³⁸

Si mi discurso pasado de las vetas³⁹ mereció la aprobación de Vuestra Superioridad, espero que también la merecerá su continuación sacada igualmente de los manuscritos alemanes de Don Federico [Friedrich Traugott] Sonneschmid [1763-1824]. El Real de Zimapán ocupará otra vez el primer lugar, que es el que le ha señalado la naturaleza. En efecto el criadero del granate fino y ordinario; del berilo achorlado caracterizado por mí; del cuarzo prismático con nueve cruceros de hojas paralelos a las caras del cristal⁴⁰ descubierto por Don Luis Martín;⁴¹ de la cornalina y el heliotropio en pequeñas partes en los huecos de una almendrilla; de la crisoprasa en hilos y en ojos muy pequeños en pórvido; de la zeolita arinosa y hojosa roja encarnada, de sangre y de ladrillo en pequeñas tablas hexágonas (no como la de [Axel Fredrik] Cronstedt [1722-1765] que era un espato calizo), de la ágata musgosa: el criadero del ópalo amarillo de topacio y rojo de sangre de [p. 180] Jacinto con partes separadas, y las caras de separación centelleantes y rayadas casi espiralmente; del semiópalo, la hidrofania; la almendrilla con los poros llenos de zeolita de color pajizo y de azufre; del basalto con feldespato en cristales rombeos rojos de Jacinto y de sangre; de la



37. *Gazeta de México*, núm. 22, viernes 12 de noviembre de 1802, pp. 179-183 y núm. 23, viernes 19 de noviembre de 1802, pp. 186-192.
38. La versión publicada en Madrid tenía notas adicionales enviadas por el mismo Del Río, las que denominaremos “N. 1804”, la primera es: Este discurso se publicó en la *Gazeta de México* el viernes 12 de noviembre de 1802, núms. 22 y 23, con algunas notas, que el mismo autor acaba de reformar y corregir, deseando que ahora se imprima cual se publica aquí, para que se vea su opinión.
39. N. 1804: Este discurso se halla en el t. v, núm. 13, p. 25, de estos *Anales*.
40. N. del A.: Este cuarzo es del Real de San José del Oro del cerro del Muerto: echándolo rusiente en agua fría se reconocen mejor los cruceros.
41. AHPM, 1802/1/113/d. 19. *Sobre compra de fósiles y rocas para el Gabinete del Colegio, vendidos por D. Luis Martín*. En este documento, Andrés del Río hace un avalúo de los 115 especímenes colectados por Martín y adquiridos para el Gabinete de Mineralogía del Real Seminario de Minería.



Mexique
Vanadin
 Braundley des Filons de Zimapan au
 Nord de Mexique
 Chromate de plomb. M. del Rio y
 avait cru reconnaître un nouveau Metal
 qu'il nomma Erythronium, puis Panchrome
 enfin il a reconnu du Chrome ordinaire

Figura 42

Muestra de plomo pardo de Zimapán, Hidalgo, analizado por Andrés del Río en 1802, donde encontró un elemento nuevo al que llamó eritronio, más tarde pancromo y finalmente vanadio. Fuente: Naturkunde Museum Berlin. Fotografía: Hwa Ja Goetz.

tierra de Verona, jabón fósil;⁴² bol; tlaco; asbesto; piedra radiante; espato calizo concoideo prismático apuntado con seis caras sobre las aristas y trasluciente;⁴³ piedra hepática gris negruzca, centellante, de textura desigual y escamosa, y que no hace efervescencia: el criadero de plomo blanco, negro, verde, pardo⁴⁴ y amarillo en las hermosas



42. N. del A.: Amarillo de Isabel y blanco verdoso = mate = textura desigual = fragmentos romos = partes separadas testáceas algo curvas en el primero y granudas medianas en el segundo = poco trasluciente en los bordes = en la raspadura y con el contacto lustroso = muy blando = tan dócil que se rae como el jabón = se pega poco o nada a la lengua = untuoso = ligero que se acerca a poco pesado = se ablanda en el agua, hace alguna espuma, y sirve a los indios para lavar su ropa: por esto lo llama Sonneschmid *jabón fósil*, y con razón a mi parecer; al de Inglaterra y Polonia se pudiera llamar *jabón lápiz* para distinguirlo. Al soplete, dice lo mismo, que se funde en un vidrio blanco poroso y flotante, lo que es singular.
43. N. del A.: Lo he visto en la colección del señor oidor don Ciriaco González Carbajal, y es semejante al de Guanajuato, de que se hablará después. N. del E.: González Carvajal (1745-¿?) llegó a ser secretario interino de Estado y del Despacho de la Gobernación de Ultramar.
44. N. 1804: De este plomo pardo saqué 14,80 por 100 de un metal que pareciéndome nuevo llamé *pancromo*, por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones y precipitados; y luego *eritronio*, porque daba con los álcalis y las tierras sales que se ponían rojas al fuego y con los ácidos; pero habiendo visto en Fourcroy que el ácido crómico da también por evaporación sales rojas y amarillas, creo que el plomo pardo es un cromato de plomo con exceso de base en estado de óxido amarillo. Hasta ahora se tenía por fosfato de plomo: sin duda Klapproth analizó algún plomo verde de los que pardean. Esto y su cristalización me indujo también a error en el primer análisis que hice antes de conocer los caracteres de Werner. [En la traducción a las *Tablas Mineralógicas*, 1804, pp. 61-62, Del Río agregó una nota señalada con un asterisco al plomo pardo: “Seguramente sucedió a Klapproth, y recientemente a Don Antonio Arnaud con el pedazo que le había dado Don Cristiano Herrgen (V. núm. 18 de los *Anales de Ciencias Naturales*) lo que a mí, que analicé por plomo pardo en el laboratorio de Schemnitz un plomo verde de los que pardean, engañándome este color y la cristalización que es semejante, pues el *plomo pardo* de Zimapán, que es idéntico al de Hof junto a Schemnitz, me ha dado diverso resultado [...]. Pareciéndome nueva esta substancia, la llamé *pancromo* por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones, sales y precipitados, y después *eritronio* por formar con los álcalis y las tierras sales que se ponían rojas al fuego y con los ácidos; pero habiendo sabido que el cromo da también por evaporación sales rojas y amarillas, creo que el plomo pardo es un óxido amarillo de cromo combinado con exceso de plomo en forma también de óxido amarillo. Al soplete sobre carbón se funde fácilmente el plomo pardo con efervescencia dando olor de ajo, y se reduce a globulillos de lustre metálico mientras están calientes; pero que se empañan en cuanto enfrían”].

tablas descritas en la pág. 168 de mis *Elementos de Oricognosia* impresos aquí en 1795, que ahora se han hallado con las caras terminales dos veces biseladas; del cobre azul de espliego, género nuevo⁴⁵ en tablas cuadrangulares de 9 líneas casi en cuadro [p. 181] y 3 de grueso; del



45. N. del A.: Del azul de espliego obscuro se acerca y pasa a veces a negro azulado = en masas y diseminado = mate = textura desigual pasando a igual y a terrosa = fragmentos algo romos = opaco = de lustre metálico en la raspadura = poco semiduro que pasa a blando = más o menos dócil = poco quebradizo = sonoro = pesado en poco grado; casi 4,144; lo hay también en Cuencamé. Estos caracteres, excepto la cristalización que no he visto sino en agujas finísimas, y el color que es en partes verde aceituna y verdinegro, convienen a maravilla a la *plata azul de Catorce*, a la que acompaña también como a aquel un fósil verde esmeralda que parece malaquita, y otro amarillo de limón y pajizo muy mezclado de verde manzana = mate = textura terrosa = fragmentos romos = opaco = no se muda en la raspadura = muy blando = algo dócil = poco pesado. Este cobre azul de la segunda mina de la Cruz de Zimapán, que está más al poniente que la primera, y en la misma veta (según dicen) contiene según Sonneschmid de 4 a 6 por 100 de plata, y 50 a 60 de cobre; pero el de Catorce es más rico en plata. Tiene según mi análisis, que repetiré a la primera ocasión

Agua y ácido carbónico -----	17,4
Plata -----	19,4
Cobre -----	51
Bismuto -----	1,5
Hierro -----	6,5

95,8

Y así hace efervescencia con los ácidos. En vista desto se pudiera llamar *cobre azul* a este, y *plata azul* a la que tiene el señor oidor Carvajal también de Catorce_ azul de espliego claro, por fuera a veces parda rojiza = en pegaduras gruesas = mate = textura terrosa fina = no toma lustre con la raspadura = no tizna = muy blanda = dócil = no se pega a la lengua = árida = no hace efervescencia, y tiene 33 por 100 de plata según Sonneschmid. N. del E.: Del Río efectivamente repitió el análisis y lo publicó en su traducción de las *Tablas mineralógicas*, de Dietrich Karsten y aclaró: “Mi primer análisis publicada [*sic*] en la gaceta de aquí del 12 de noviembre de 802 está esquivocada [*sic*]. Siempre se me hizo extraño que un fósil, cuya raspadura es de lustre metálico, tuviese ácido carbónico y analizados otra vez 50 granos, por dejar un pedacito para las lecciones, me han dado [*sic*] rereduciéndolos a 100: 56 partes de cobre – 33,6 de plata – 6,3 de hierro y alumina – 4,6 de plomo – 4 antimonio – 4 agua – 2,5 azufre y ningún gas ácido carbónico, de suerte que la efervescencia que hace con los ácidos proviene de la descomposición de estos. El que analicé antes tenía probablemente mucha malaquita mezclada. Cf. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas mineralógicas*, pp. 54-55.

cobre verde hidrófano,⁴⁶ y el cobre verde escorioso en prismas hexágonos apuntados con tres caras puestas sobre las laterales alternas de 3 líneas de grueso y algo más de 6 de largo; del rejalar en prismas cuadrangulares oblicuángulos con las caras⁴⁷ [p. 182] terminales oblicuas de 4 a 6 líneas de largo; el criadero de tantos y tan varios fósiles no debe posponerse a ningún otro. Al mineralogista le interesa más un pedacito como una nuez de un género o una especie nueva o curiosa, que una pepita de oro de algunos marcos, o una masa de plata de quintales de Batopilas.⁴⁸ Es de advertir que yo llamo *géneros* a lo que Don Christiano [Christian] Herrgen [1760-1816] llama *familias* y al contrario



46. N. del A.: Verde cardenillo claro que a veces tira a puerro obscuro y verde dinegro = en masas, arriñonado y en racimos con colores superficiales blanco y gris verdoso, verde yerba y azul de espliego = por fuera mate, con el contacto lustroso = por dentro el verde mate, el verdinegro lustroso de lustre de cera = textura concoidea más o menos perfecta que se acerca a igual = fragmentos algo romos = partes separadas granudas medianas y pequeñas = más o menos trasluciente en los bordes = raspadura blanca verdosa y de verde cardenillo claro = pasa de blando a semiduro = agrio = muy quebradizo = se pega el de color claro a la lengua, y poco pesado en sumo grado. = Al soplete carbón no lo he podido reducir, y con bórax me ha dado vidrio rojo. He notado que en el agua se vuelve más trasluciente en los bordes (como indicaba acaso el apegamiento a la lengua) que es por lo que se llamará *cobre hidrófano* el que cita Don Cristiano Herrgen en el número 11 de los *Anales de Ciencias Naturales*, de 1801; y así también hidrófano este cobre verde del Real de Jacala.

N. del E.: Cf. Christian Herrgen, “Descripción y anuncio de varios minerales del Reyno de Chile”, *Anales de Ciencias Naturales*, Madrid, t. iv, núm. 11, julio de 1801, pp. 192-199, en especial la sección Muriate de cobre de los remolinos y de la soledad.

47. N. del A.: Por dentro lustrosos fuertemente de lustre de diamante = textura entre hojosa encubierta y concoidea, y raspadura naranjada, embutidos en una transición de pedernal a piedra córnea y jaspe. El fuego me desengañó de que no era *cromato de plomo*, que puede que se encuentre con el tiempo: lo que sí se ha hallado es un óxido de plomo rojo de Jacinto puerco con raspadura naranjada en los huecos de *el inglés y gris de acero perfecto* (número 13 de los *Anales de Ciencias Naturales* de 1802), siendo su color esencial el negro de hierro, y sin decirnos nada de su docilidad, o como se llame por allá ese carácter, que tanto influye en la bondad de los lapiceros. N. del E.: Cf. Christian Herrgen, “Discurso leído por D. Christiano Herrgen, profesor del Real Estudio de Mineralogía, en la abertura de sus lecciones mineralógicas en 1° de febrero de 1802”, *Anales de Ciencias Naturales*, Madrid, t. v, núm. 13, junio de 1802, pp. 3-19.

48. N. del A.: Sin embargo es curiosa la formación de Batopilas de plata dendrítica entretejida con espato calizo, que por su poca transparencia y poca semidureza pasa frecuentemente a bruno espato, semejante a la de Himmelsfurst en Sajonia, sino que allí está con espato pesado. Pero todavía es más curiosa la de la plata capilar, en hojillas y dentrítica en lo interior y en la superficie de una *selenita* de Taxco, en prueba

(número 7 de los *Anales*, de 1801)⁴⁹ no sé con qué fundamento por no haber visto aún su obra; lo cierto es que no dejaría de chocarnos hoy día oír a un botánico formar un género de las aparasoladas, otro de las coluníferas, otro de las labiadas etc., dividirlos en familias y estas en especies. Por otra parte, ¿qué daño se sigue de conformarnos con el uso común haciendo familias de las bases simples y dominantes, dividiéndolas en varios géneros, según varíe el número de las partes constitutivas esenciales, o la proporción de estas mismas esencialmente, y varias especies según varíe la proporción de las partes de un género, produciendo las diversas formas constantes de los fósiles en virtud de la constante atracción de las partes de un mismo compuesto?

“En el distrito metálico de la Otra Banda [cerca de Tecozautla, Hidalgo], dice Sonneschmid, cuya roca por la mayor parte son unas brechas calizas y porfidosas, sobresalen en muchas partes peñascos de pórfido, los cuales duda uno si constituyen lo interior de la montaña por hallarse allí mismo muchas vetas de pórfido, o más bien trap descompuesto, cuyos crestones pudieran fácilmente tomarse por la roca. La principal mina de este distrito es Santa Rita, en que corre una veta de media vara de ancho, cuyos respaldos alto y bajo constan de cuarzo de escamas gruesas, que pasa a piedra córnea, y los metales son: cobre gris, [p. 183] mineral blanco de arsénico, pirita arsenical, galena y pirita sulfúrea; es también común el espato calizo por matriz con tierra verde ferruginosa”.⁵⁰ Por fin duda nuestro geognosta si la roca en que arma esta veta es pórfido o conglomerado porfidoso o calizo; pero en semejantes casos deciden las matrices y los metales de las vetas. El cuarzo y la piedra córnea son más bien matrices de vetas de pórfido, que de vetas que armen en conglomerado. Además el mineral blanco de arsénico y la pirita arsenical con substancias antiguas, ¿cómo han de



de ser de una formación coetánea. Yo no sé por qué Don Christiano Herrgen (en el número 7 de los *Anales* ya citados de 1801) llama a unos prismas de selenita de tres [7.5 cm] y cuatro [10 cm] pulgadas de largo, dos [5 cm] de ancho, y una [2.5 cm] pulgada de grueso *yeso* y *yeso follicular*, cuyo adjetivo parece que debe dar una idea errada de la cosa, porque nadie habrá visto hollejos en el yeso, ni en otro fósil de textura hojosa. En verdad que todavía no ha llegado aquí su traducción de Wiedemann.

49. Christian Herrgen, “Conclusión de los materiales para la geografía mineralógica de España y de sus posesiones de América”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. III, núm. 7, enero de 1801, pp. 101-111.

50. Friedrich Traugott Sonneschmid no parece haber incluido este pasaje en la versión impresa.

constituir vetas en conglomerado? En el mismo Real ha observado Don Federico que las vetas o cúmulos que arman en caliza compacta como el de Lomo de Toro, llevan por matrices espato calizo, flúor y pesado, galena y piritasulfúrea, pero nada de arsenical, ni mineral blanco de arsénico. [1802: ¿Cómo pues las vetas de conglomerado, que han de ser más modernas, lo han de contener?] [1804: ¿Cómo pues las vetas de brechas, que son unas rocas tan modernas, que las pone [Dietrich Ludwig Gustav] Karsten [1768-1810] en las formaciones de acarreo, lo han de contener?] Y véase una de las ventajas de conocer la antigüedad relativa de unas rocas y de unas vetas respecto a otras.

“Los declives suaves entre la Otra Banda y el Monte constan de brechas calizas y porfidosas con verdaderas piedras rodadas de pórfido y caliza. Muchas de las calizas tienen una corteza de calcedonia y pederual, cuyos límites con la caliza no están bien demarcados. Otras tienen una corteza de cuarzo, calcedonia y jaspe rojo de sangre, que penetran en lo interior en cintas e hilos, sin que se pueda fijar con exactitud dónde acaban ellas y empieza la caliza o al contrario”.⁵¹ Tenemos en la colección del Seminario de estas bolas de caliza compacta de un pie [27.8 cm] de diámetro con la corteza de calcedonia y jaspe de dos a tres líneas de grueso, que penetra en lo interior en venillas, como si hubiesen estado bañadas de la disolución de jaspe, cuarzo y calcedonia, que se hubiera insinuado en las rajadas abiertas de estas piedras, y es curioso el ver que por un punto hacen efervescencia, y en el contiguo, que no se distingue muy bien, dan fuego con el eslabón. Esto prueba que estaba aún blanda la caliza cuando la envolvió la otra disolución, y por eso se nota estar algunas bolas un poco aplastadas, y así se unieron estrechamente sus partes aunque heterogéneas. Aquí tenemos ejemplo de una caliza compacta gris de perla más antigua que algún cuarzo, jaspe y calcedonia; ejemplo de bolas que se formaron tranquilamente en el hueco de alguna veta, y de consiguiente no pueden ser piedras rodadas; y ejemplo de disolución que sobró después de haber llenado las rajadas de las bolas, y revistió su superficie. Ojalá que encontrásemos algún caso semejante en vetas,⁵² quiero decir, que después de llenas hubiese rebo-



51. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, p. 71.

52. N. 1804: Ya se encontró lo que tanto deseaba. El Barón de [Alexander von] Humboldt [1769-1859] cita en la Suiza una veta de gneis en granito, que baja desde una laja del mismo gneis que cubre al último; y [Johann Karl] Freiesleben [1774-1846] cita en Turinga otra veta de piedra fétida en yeso, y las capas de aquella que cubren a este se inclinan en forma de embudo hacia la veta. N. del E.: Humboldt dice que esto se lo

sado la disolución, y formado un manto o sombrero en la cabeza de la veta con las mismas substancias de ella, ya se entiende que no hablo de crestones, que son muy comunes en todas partes. En Catorce he oído decir que se observa algo de esto, y que por ello se ha venido en descubrimiento de las vetas; pero necesita más examen. Si se verificara, daría a mi juicio esto solo el mayor momento a la teórica de Werner. *Se continuará.*

[p. 186] continuación del discurso de las vetas

“En las capas de brecha más al norte, sigue nuestro Geognosta, hay venas e hilos, que en la roca parda rojiza forman a veces solo una lista verde o gris bien distinta, de un dedo de ancho, que atraviesa sin excepción a todas las piedras rodadas que hay en el paso. En medio de la lista se nota en estas una raja muy delgada, que a veces está llena de espato calizo, y se termina a los dos tercios de la piedra, y tres o cuatro líneas al lado y más arriba como al tercio de la parte superior empieza otra vez la misma raja sin que se note por defuera ningún borde saliente”.⁵³ Si la piedra no se ha partido toda, como otras que cita del mismo paraje, en que un segmento está *[p. 187]* una línea más alto que otro; ¿cómo ha de tener bordes salientes? Este hecho es inexplicable, sino hay una comunicación entre las dos rajadas superior e inferior que penetran en la piedra: pues ¿cómo entró sino la disolución de espato calizo en las inferiores? Y así es preciso que suceda lo que a los cocos de ágata, que siempre tienen un conducto más o menos perceptible, por donde se introdujo la disolución de amatista y cuarzo que cristaliza en lo interior. Sin duda se asemeja este caso al de Peak en Derbyshire, donde alternan capas de almendrilla con otras de caliza compacta, y las vetas de plomo atraviesan las capas de caliza, pero en las de almendrilla se desaparecen y vuelven a parecer en la caliza de debajo con todo su grueso como antes. Allí observó mi amigo Barker que también atravesaban las vetas a la almendrilla aunque muy



hizo notar Dolomieu en 1795. Cf. Alexander von Humboldt, *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, op. cit., p. 75; Johann Karl Freiesleben, “Geognostisch-bergmännische Beobachtungen auf einer Reise durch Saalfeld, Camsdorf und einen Theil Thüringens, 1792”, *Magazin für die Bergbaukunde*, Dresde, vol. 10, 1793, p. 15.

53. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische*, op. cit., p. 71.

sutilmente.⁵⁴ Con que lo mismo se hallará probablemente en Zimapán, si se observa con la prolijidad debida a un caso que tanto influye en la confirmación de la teórica de las vetas.

Las principales formaciones de la jurisdicción de Zimapán son: la de la mina de Santa Rita, que consta de galena, cobre gris, mineral blanco de arsénico, piritas arsenical y sulfúrea, cuarzo que pasa a piedra córnea, mucho espato calizo y alguna tierra verde ferruginosa, que arma seguramente en pórfido, y la tengo por la más antigua. Aquí acompaña al parecer a la galena una formación de cobre gris, piritas sulfúrea, cuarzo y espato calizo que está sola en el Real de las Cañas en la mina grande, donde el cobre gris está a veces cristalizado en dobles pirámides triangulares obtusas. La segunda formación parece ser la de galena, plomo blanco, negro, verde y a veces pardo, que está junta con otra formación de ocre de hierro, hierro pardo y rojo compacto y fibroso o hematita, y hierro pardo espumoso en cintas delgadas, y las matrices son: cuarzo, espato calizo, piedra córnea, jaspe ferruginoso y calcedonia estaláctica. Hay vetas de ella en el distrito donde está la mina de Santa Rita probablemente en pórfido, y en el distrito del Monte en caliza compacta, cuya formación se halla también en la Purísima del Cardonal en la misma roca. Hasta en el Real de los Pozos parece acompañar esta misma formación en pizarra y vacia gris a otra de plata finamente diseminada que parece sulfúrea, malaquita fibrosa, cobre verde, azul y atabacado, y algo de sulfúreo, y piritas sulfúrea con algo de oro nativo. La de Lomo de Toro será la tercera, que tiene galena, piritas sulfúrea, espato calizo, flúor, y rara vez espato pesado, bruno espato y hierro espático que allí arma en caliza compacta, y en el arroyo de Tolimán en pórfido moderno o trap porfidoso como quiere Sonneschmid. Es singular que acompañen al cobre gris y al cobre azul de esplego en la mina de la Cruz estas mismas matrices, a saber: espato calizo y flúor y rara vez pesado, bruno espato y hierro espático, lo que indica al parecer ser esta formación compuesta de dos: una de



54. N. del E.: Llama la atención la mención de Barker como “mi amigo”. Este personaje, a quien Werner reconoce como asistente de sus cursos, es mencionado por el profesor justo en torno al asunto de las calizas de Derbyshire. Cf. Werner, *Neue Theorie*, op. cit., p. 139. Del Río no incluyó este pasaje en el *Tratado de vetas*, pero lo utilizó para su discurso. Adicionalmente, el profesor menciona a Barker en una nota añadida a la descripción del zinc blanda: “Aquí pertenece sin duda también la que hallamos Barker y yo los primeros en Raible en Calrintia, de que dimos ejemplares a Werner, y que describe perfectamente Widenmann”. Cf. Karsten, *Tablas mineralógicas*, op. cit., p. 65.

galena, espato calizo, flúor y pesado, y otra de cobre gris y azul de espliego, bruno espato y hierro espático, en [p. 188] cuyo caso se hallarían con el tiempo cobre gris y azul de espliego en Lomo de Toro, y en la mina de la Cruz galena. De cuanto uso puede ser la observación atenta de las diversas formaciones, pues los mismos principios se aplican a las de plata.

Sin decir nada de la capa metálica del Xaschi al sur de Zimapán en caliza compacta, ni de la veta de San Juan Nepomuceno en el Real del Doctor, que también es una capa que alterna con caliza compacta, piedra fétida y betún marga, pasará al Real de Minas, que excede infinitamente a Zimapán en la riqueza (cosa indiferente para el mineralogista) pero que compite con él en la variedad. Guanajuato es el criadero de los zafiros y los topacios;⁵⁵ del cuarzo celular, recortado (*incisum*) y apuntado con seis caras que terminan en arista, y tienen una visera formada por una canalita de una línea o línea y media de profundidad, a veces envolviendo otro prisma de amatista también apuntado, y del *cuarzo prismático cuadrangular*, especie nueva, cuya descripción nos dará Don Manuel [Ruiz de] Tejada [1779-1867]:⁵⁶ es el criadero de la piedra de toque; del ópalo rojo y transparente en pedazos globosos revestidos de semiópalo; de la piedra pez formando pórfido; del feldespatos en prismas cuadrangulares muy cortos apuntados con cuatro caras que comúnmente terminan en una pequeña arista, y a veces parecen tablas,⁵⁷ del trípoli apizarrado; de la mica en tablas hexágonas; de la clorita y hornblenda apizarradas; del basalto con feldespatos y olivino, y de basalto plateado;⁵⁸ litomarga y talco endurecidos, y corcho fósil: es el criadero de las más hermosas variedades⁵⁹ de espato calizo [p. 189]



55. N. del A.: Así le parecieron a Sonneschmid los que halló en los lavaderos de estaño; pero por su pequeñez no los pudo determinar exactamente.
56. Tejada fue alumno del Colegio de Minería, sustituto de cátedra y catedrático de Física durante más de medio siglo.
57. N. del A.: Se hallan en las rajadas de separación de las capas horizontales de basalto y roca verde junto a la mina de Santa Ana.
58. N. del A.: Revestido de una substancia blanca amarillenta, algo vidriosa, infusible al soplete, y con bórax solo vitrificable en la superficie, semejante a la que reviste las obsidianas del Real del Monte; pero el aspecto de plata no es tan vivo como en estas.
59. N. del A.: 1. Cristales rómeos de dos [5 cm] pulgadas por lado con las esquinas agudas por lado con las esquinas agudas fuertemente apuntadas con tres caras puestas sobre las laterales, y el apuntamiento mordido (*praemorsum*) y las demás esquinas poco biseladas = traslucientes por tener su superficie muy finamente encostrada y centelleante.

que aventajan mucho a las de Andreasberg en el Hartze, como son los hacillos aislados y hacinados en cilindros, descritos en la pág. 123 de mi *Orictognosia*, y las celosías que ha descrito Don Manuel Tejada, del espato concoideo en largas pirámides hexágonas;⁶⁰ del perla espato; tierra espumosa; bruno espato rosado en dobles pirámides hexágonas huecas de 9 a 12 líneas de largo, y en dobles pirámides triangulares obtusas del mismo tamaño formadas de rombitos: Guanajuato por último es el criadero de la plata sulfúrea,⁶¹ dúctil (negrillo) en prismas



2. Cristales rómbicos de una pulgada [2.5 cm] por lado, formados por el agrupamiento de dobles pirámides hexágonas agudas, cuyos vértices miran a los ángulos agudos del cristal.
 3. Rodajas y tablas hexágonas imperfectas de media [1.25 cm] pulgada por lado formadas por las mismas pirámides agrupadas paralela y concéntricamente al eje de la rodaja, de suerte que en las caras anchas se ven salir los vértices.
 4. Tablas curvas a modo de silla inglesa de dos [5 cm] a tres [7.5 cm] pulgadas de largo y media de grueso formadas de prismas cortos apuntados con tres caras obtusamente dispuestos como las pirámides anteriores.
 5. Manojos de tres [7.5 cm] a cinco [12.5 cm] pulgadas de largo divergentes en ramilletes compuestos de pirámides hexágonas muy prolongadas de superficie, mate y color blanco amarillento, que es común a los demás números.
 6. Cristales rómbicos de dos [5 cm] pulgadas por lado formados de tablas hexágonas sumamente delgadas puestas unas sobre otras de un ángulo agudo al opuesto, y así tienen las aristas y esquinas truncadas.
 7. Tablitas en sartas formando prismas imperfectamente hexágonos muy largos con las caras escabrosas, y otras veces barritas agrupadas en manojos de una [2.5 cm] pulgada de largo y media de grueso, sobresaliendo en los extremos las unas algo más que las otras.
 8. Tablas polígonas indeterminadas de media línea de grueso y dos [5 cm] a cuatro [10 cm] pulgadas, y hasta 10 [25 cm] de diámetro, atravesadas en forma celular, con la superficie encostrada o con impresiones = textura hojosa que sigue la dirección de las tablas, o las corta oblicua o perpendicularmente = traslucientes y sonoras: a veces formando celdillas piramidales agudas unas dentro de otras. El Señor Oidor Carvajal, y Don Vicente Cervantes poseen las colecciones más seguidas y completas.
60. N. del A.: La que vio Sonneschmid tenía nueve líneas de base y nueve [22.5 cm] pulgadas de largo: las que yo he visto tienen de dos [5 cm] a tres [7.5 cm] pulgadas; son algo aplastadas, y terminan con tres caras puestas sobre las aristas, pero la tercera cara se ve como un puntito, y así lo común es terminar en una arista con una o muchas viseras por el agrupamiento de muchos cristales = la textura transversal concoidea imperfecta pasando a desigual, que solo a lo largo de los cristales se acerca a hojosa y pasa a serlo = fragmentos algo agudos = transparente y semiduro = se disuelve enteramente con efervescencia en ácido nítrico.
61. N. del A.: La *plata vidriosa* y *cobre vidrioso* me parecen nombres impropios por no tener estas substancias nada vidrioso, sin que obste el que los usen franceses e ingleses:

hexágonos apuntados obtusamente con tres caras puestas sobre las aristas [p. 190] alternas, y en dobles pirámides octágonas pequeñas también como el granate apuntadas con cuatro caras, y truncadas las esquinas alternas y en masas con partes separadas⁶² testáceas tan delgadas en ocasiones que parecen formar una textura hojosa.

“Empezando pues por el arroyo de Marfil, dice Don Federico que la roca es un conglomerado pardo y rojo pardusco, cuya masa principal es arcilla endurecida, que envuelve algunas piedras rodadas y muchos fragmentos agudos y poco redondeados de granito, pórfido y roca porfídosa, y especialmente de pizarra, con muchas venillas de cuarzo, espato calizo, y aún flúor, que llaman cintas e hilos silvestres, los cuales atraviesan generalmente (como en Zimapán) a todos los fragmentos que encuentran al paso; sólo a algunos pequeños no traspasan, sino que bajan torciendo por un lado”⁶³ Probablemente la cohesión con esta hubiera sido igual a la de aquellos, se habrían cortado las cintas. Por el mismo principio se verifica en grande que las vetas de lamas o gredosas hacen guiñar a las otras vetas o las cortan enteramente, como se ve en Zacatecas junto a la Hacienda de San José de la Plata, así como las duras las estrellan. Yo no creo sin embargo que por duras o por blandas hagan esto las vetas o lajas de substancias *quebradizas*, aunque sean duras estrellan las vetas que encuentran, así como las de substancias *resistentes* las hacen guiñar o las cortan enteramente por blandas que sean.

“El criadero de estaño de la Sierra, que consta principalmente de pórfido y rocas porfíodas, está a la parte de oriente en vetas de una formación particular con litomarga endurecida y calcedonia. El estaño está en bolas más o menos perfectas y en granos, cuyo interior consta a veces de calcedonia o de una mezcla de estaño y calcedonia, y por fuera hay tablas hexágonas medio embutidas de hierro espejado, que alterna también en zonas con el estaño, y aún forma a veces el núcleo de las bolas”.⁶⁴ El estaño es de casi todos los colores por estar juntos el



unos y otros los han tomado de *Glaserz* corrompido de *Glantzertz*, metal lustroso, que es como llamaban los antiguos alemanes a la plata sulfúrea, y *Kupferglanz* corrompido de *Kupferglantz*, cobre lustroso.

62. N. del A.: Si se llaman partes *distintas*, cuando no estén bien claras, habrá que decir *partes distintas confusas*.

63. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, pp. 145-146. Esta es la primera vez que Del Río sale de la secuencia en que Sonneschmid presenta sus descripciones.

64. *Ibidem*, p. 93. El pasaje publicado es sustancialmente distinto a la versión manuscrita que consultó Del Río, Sonneschmid no habla de estaño, sino de ópalos y semiópalos.

común y el fibroso de fragmentos cuneiformes y partes separadas testáceas, que llama Werner⁶⁵ *estaño de Cornwallis*. Estas bolas sueltas en los lavaderos, que se benefician anualmente después del tiempo de aguas parecen piedras rodadas, siendo una formación particular que se hizo en el hueco de las vetas.

“También en la parte oriental de la Sierra, en cuya falda meridional está Guanajuato, hay otra formación de bolas aunque no en [p. 191] vetas, sino en lajas de pórfido, y las bolas son también de pórfido, que abunda más de cuarzo y piedra córnea, y por consiguiente más duro que el resto, y el de las lajas junto a las bolas está dividido generalmente en partes separadas testáceas, o cascos que las envuelven todo alrededor. Cuando siga la descomposición de este pórfido, de suerte que ya no se noten las partes testáceas, observa con razón Sonneschmid que nadie dudará que sean piedras rodadas y la montaña de muy reciente formación, siendo todo lo contrario”.⁶⁶ Y así estoy persuadido de que las tres cuartas partes de las que se tienen por piedras rodadas no lo son en realidad, sino una figura particular formada en vetas, lajas o capas como las que se hallan en piedra alumbre apizarrada, y esto lo corroboran las observaciones de [Pierre Louis Georges] Du Buat [1734-1809], de la dificultad con que pierden sus ángulos las piedras esquinadas, y la multitud de fragmentos trapezoidales de piedra de toque por ejemplo, en las madres de los ríos con todos sus bordes agudos o muy poco gastados.⁶⁷

“Formación curiosa es por último la de la veta del Realito de Ovejera, en que están las minas de la Luz y San Bernabé: corre de norte a sur y tiene su echado a poniente, y sus matrices son principalmente cuarzo y espato calizo con muchos fragmentos agudos de la roca, que es una especie de pizarra, revistiendo el cuarzo a cada fragmento, y al cuarzo los metales oro y plata nativos; plata sulfúrea agría, rosicler claro, alguna pirita sulfúrea y cobre amarillo,⁶⁸ y a veces verde y azul”.⁶⁹ Esto prueba una afinidad mayor de la pizarra hacia el cuarzo que hacia los metales de la veta.



65. N. del A.: Aunque los ingleses lo llamen *estaño leñoso*, me parece muy impropio el nombre para usarlo nosotros.

66. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, pp. 93-94.

67. Se refiere a Pierre Louis Georges du Buat, *Principes d'Hydraulique*, París, De l'Imprimerie de Monsieur, 1779 o la segunda edición de 1786.

68. N. del A.: Esto no se debe llamar *pirita de cobre*, porque la voz griega *pirita* indica que da fuego, y este no lo da con el eslabón por ser semiduro.

69. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, p. 144.

En el Real de Comanjá se halla un ejemplo de vetas antiguas, o poco más recientes que la roca en que arman. “Esta es un pórfido granitoso, según Sonneschmid, o una sienita que consta de cuarzo, feldespato y hornblenda con lajas subordinadas de hornblenda apizarrada. Las vetas corren de oriente a poniente con el echado al sur: y sus matrices constan principalmente de cuarzo y metales, y están pegadas íntimamente a los respaldos sin guardas ni rajadas de separación, y en la inmediación de ellos tiene la veta algún feldespato descompuesto y hornblenda, y la roca tiene pirita sulfúrea diseminada y rara vez algunos metales de plata de los de la veta”.⁷⁰ Todos estos caracteres indican ser las vetas antiguas, y es lástima no sepamos los metales de ellas. En todo caso se pudiera probar aquí si como en Suecia y Sajonia se enriquecen mucho las vetas al atravesar las lajas de la hornblenda apizarrada, lo que allí se observa constantemente.

En la parte oriental del distrito de Comanjá, hay rocas pizarreñas [p. 192], en que arman vetas de cuarzo, plata nativa y sulfúrea, galena, pirita sulfúrea y blenda parda, y algún otro nativo que parece ser la formación de Pachuca, del Real del Monte y el Chico, donde corren las vetas de oriente a poniente y tienen su echado al sur comúnmente, más rara vez al norte; solo que estas llevan espato calizo, del que no habla Sonneschmid en aquellas; pero es probable que lo tengan también: La plata *morada* (plata córnea) que se halla en la mina de nuestra Señora de la Asunción entre roja de cereza y parda de hígado, y a veces de un rojo de cereza claro, que al Sol se pone muy obscura y también gris de perla, y está en pegaduras en las rajadas de separación o en las habras de venillas de cuarzo es de formación más moderna que no se debe confundir con la de la veta. Tenemos pues una misma formación en Reales de Minas bien distantes y en diversas rocas en Comanjá en pizarra, en Pachuca y adyacente en pórfido, así como vimos en Zimapán diversas formaciones en una misma roca, en prueba de haber sido las rocas meramente pasivas en la formación de las vetas, sin haber tenido el menor influjo en sus matrices.

Las vetas de Zacatecas finalmente caminan con poca diferencia de oriente a poniente y sus ojos más ricos, según la observación de aquellos mineros y de Don Federico, están bajo los puntos más encumbrados y más ásperos de la montaña, a diferencia de las vetas de Europa, cuyos ojos más ricos corresponden por lo común bajo las gargantas y los valles: en estos parajes y al pie de las montañas las de Zacatecas no



70. *Ibidem*, p. 155.

contienen regularmente metales. También se falsifica aquí la observación de Europa, de que en las montañas de un declive suave arman ricas vetas, siendo las demás circunstancias iguales, pues todas generalmente en este reino son ásperas y escarpadas. Tanto importa conocer las excepciones como las reglas generales, y hay excepciones que examinadas todas sus circunstancias llegarán a ser reglas generales, quitándose la contradicción aparente que ahora se nota, porque la naturaleza no se contradice jamás.

Las verdades expuestas tienen su aplicación inmediata en la práctica, pues como dice un autor moderno, la teórica es una serie de verdades, que el vulgo no percibe hasta que las ve realizadas, y que es forzoso que alguno haya percibido a no ser que hubiera trabajado todo el mundo sin saber lo que se hacía. Y así a toda serie de hechos bien observados corresponde exactamente en el orden teórico una serie de ideas o de verdades, que si está bien fundada sigue paso a paso a la cadena práctica, o por mejor decir la precede; por esto lo que la sana teórica reprueba lo condena también la buena práctica, y lo que aquella apruebe lo habrá de admitir esta necesariamente.

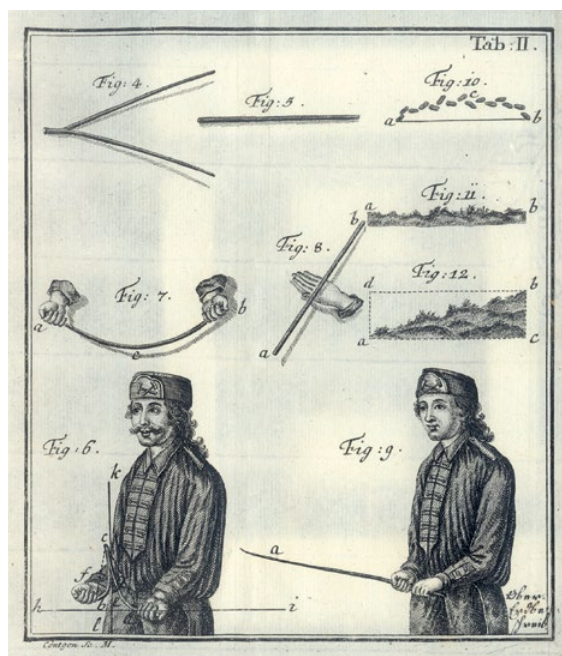


Figura 43

Buscones que con una vara intentaban encontrar las vetas minerales más ricas. Su labor fue sustituida gracias a los saberes geognósticos que ampliaron el conocimiento de la costra terrestre. Franz Ludwig Cancrinus, *Erste Gründe der Berg und Salzwetzkunde*, Francfort del Meno, in der Andräischen Buchhandlung, 1773, t. 3, lám. II. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería.

* Anexo 5 *

DESCRIPCIÓN DE UNA PIEDRA PERLADA⁷¹

Con la piedra perlada de Siberia y de Hungría he perdido un género nuevo; más lo doy por bien empleado a trueque de haber sabido que la de la Hungría alta tiene cristales de feldespato como aquí, y está estratificada entre Tokay y Kerestur con pórfido arcilloso. [Dietrich Ludwig Gustav] Karsten [1768-1810] en sus excelentes *Tablas mineralógicas* de 1800,⁷² que tengo traducidas para ponerlas a la cabeza del segundo tomo de mis *Elementos de Orictognosia*,⁷³ trae en el sistema como fósiles propios, no solo la *piedra perlada*, sino también la misma *piedra pómez*. Y así fue ocioso todo el empeño que yo ponía ahora ocho años en hacer ver que mi *piedra espumosa* no era pómez (contra el dictamen de [Friedrich Traugott] Sonneschmid [1763-1824], quien la llamó *pómez imperfecta*), pensando que esta era volcánica por excelencia, bien que fundado el convencimiento de no ser volcánica la piedra espumosa. Entonces mismo observé también la transición de esta a la obsidiana.

La descripción que trae Esmarck [Jens Esmark, 1763-1839] de la piedra perlada en su “*Viaje mineralógico por la Hungría, Transilvania y Banato*”, inserto en el *Nuevo diario de mineros*,⁷⁴ que sale a la luz en Freiberg, es como sigue;⁷⁵ [p. 364]



71. *Anales de Ciencias Naturales*, vol. 6, núm. 16, Madrid, mayo de 1803, pp. 363-367.
72. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen mit Rücksicht auf die neuesten Entdeckungen ausgearbeitet und mit erläuternden Anmerkungen versehen*, Berlín, Auf Kosten des Verfassers und in Commission bei Heinrich Augusta Rottmann, 1800.
73. Andrés Manuel del Río, *Elementos de Orictognosia, o del conocimiento de los fósiles, para el uso del Real Seminario de Minería de México..., segunda parte, que corresponde combustibles metales y rocas...*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1805, pp. III-XII.
74. Jens Esmark, “Kurze Beschreibung einer mineralogischen Reise durch Ungarn, Siebenbrürgen und das Bannat“, *Neues Bergmännisches Journal*, vol. 1, núms. 5 y 6, 1795, pp. 373-464 [la introducción está fechada en Freiberg en abril de 1797]; vol. 2, núm. 2, 1799, pp. 1-105. Incluye notas del editor de la revista, pp. 106-120. Esmark fue un mineralogista danés, alumno de Werner. También fue editada como libro en Freiberg en 1798.
75. A partir de aquí, Del Río traduce directamente a Esmark en el fragmento de su texto que se encuentra en el vol. 2, núm. 2, pp. 62-64. La sección en cursivas fue incluida con mínimas variantes en Karsten, *Tablas*, 1800, pp. 14-15. Debe hacerse notar que Del Río añadió una nota marginal en su ejemplar propio que indica el resultado del análisis químico realizado por Klaproth. Cf. Martin Heinrich Klaproth, “Chemical Examination of the Hungarian Pearl-Stone”, en Klaproth, *Analytical Essays*, 1801, p. 267.

Por las partes granudas, redondas y el lustre de nácar la ha llamado Werner, *pedra perlada*.

La *pedra perlada* de aquí es

En masas, y alterando en capas con la obsidiana, algunas de dos líneas de grueso.

De lustrosa a poco lustrosa, de lustre de cera que tira más o menos al de nácar.

Textura concoidea pequeña y plana.

Fragmentos algo agudos.

Partes separadas, granudas, grandes y medianas, que se separan con los dedos en otras pequeñas y muy pequeñas, algo redondas, con las caras de separación curvas aplanadas, lisas, y de poco lustrosas a centellantes.

Trasluciente en los bordes.

Semidura _ muy agria _ muy quebradiza.

Poco pesada, que se acerca a ligera. Peso específico 2.278.

Se halla en el cerro de las Navajas junto al Real del Monte y al sur de Zináparo.

Al soplete se hincha formando excrecencias blancas, tan sutiles a veces, que se las lleva el sople.

También aquí constituye un pórfido, con muchísimos cristalitos de feldespato.

Mi *pedra espumosa* es una de las *pedras perladas en forma de pómez*, de que habla Esmarck. [p. 366]

Mi descripción de la pág. 54 de mi *Orictognosia* necesita corregirse,⁷⁶ pues las más son *agrias*, y *muy agrias*; *muy áridas*; *poco resistentes*, y *ligeras*: el peso específico, tomando en medio término de las más y menos porosas, es 1.884. Las que yo he probado perdieron al fuego 11 por 100 de su peso.

Concluiré con lo que dice Esmarck de la pómez en la misma relación, en que se describe la *pedra perlada*.⁷⁷

Si, a pesar de lo dicho, los que tienen ocasión de examinar volcanes, me convencieran de que la pómez es volcánica, cederé con gusto, pues lo que me interesa es la verdad.



76. En este pasaje Del Río afirma que Sonneschmid encontró la muestra que examinó.

77. Esmark, "Kurze", *op. cit.*, p. 69, concluye que aunque aparentemente la pómez es de origen volcánico, se inclina por una versión neptunista. Del Río continúa la traducción, vol. 2, núm. 2, pp. 83-85. Este segmento también fue incluido en la traducción de las *Tablas mineralógicas*, *op. cit.*, de Karsten, pp. 16-17 con un párrafo de más.

<p><i>Ich bin überzeugt, dass nicht allein die ungarischen Bimsteine, sondern auch die meisten verkäuflichen Bimsteine, die von den Liparischen Inseln kommen, und vielleicht alle wahre Bimssteine, einen neptunischen Ursprung haben. Ich kann leicht vermuthen, dass die Vulkanischen dieser Behauptung, die, so viel mir bekannt ist, noch niemand öffentlich gewagt hat, den Bimsstein entgegengesetzt werden, der vom Aetna und mehrern fuerspелenden Bergen ausgeworfen wird, und sich überall findet, wo Vulkane gewesen sind, woraus sie denn folgern, dass era auch vulkanischer Entstehung sey müsse. [...] Den neptunistischen Ursprung des Bimssteins hingegen beweisen mehrere aus seinem geognostischen sowohl als chemischen Verhalten hergenommene Gründe.</i></p>	<p>Estoy convencido de que no solo las pómece de Hungría, sin las más del comercio que vienen de las islas de Lípari, y quizá todas las pómece verdaderas traen su origen del agua. Bien presumo que los volcanistas opondrán a esta aserción, que nadie ha aventurado hasta ahora, según creo, la piedra pómez que arrojan el Etna y otros, y se halla en todas partes donde ha habido volcanes, de lo que infieren que debe ser de origen volcánico. Más si esta fuera prueba convincente, todas las rocas primitivas, como el granito, caliza, etc., que han arrojado también los volcanes, deberían ser volcánicas.</p> <p>Pero la formación acuosa de la pómez la demuestran tanto sus relaciones geognósticas, como las químicas.</p>
<p><i>Wenn man das geognostische Verhalten des Bimssteines untersucht, so findet man, dass er in geschichteten Gebirgslagern vorkommt, und eine eigne Gebirgsart ausmacht, die zu der Flötztrap-Formation gebort, indem er sich mit [p. 84] und zwischen Gebirgsarten von dieser Formation findet. Seine Lagerung gehet quer über Berge und Thäler weg, und er liegt auf den Anhöhen eben so dick auf, als in den tiefern Punkten.</i></p>	<p>La pómez se halla estratificada en capas, como roca particular que pertenece a la formación del trap secundario, pues alterna con rocas de esta formación. Su estratificación atraviesa colinas y valles, y es tan gruesa en las eminencias, como en los puntos más bajos.</p>
<p><i>Man könnte fragen, warum er so häufig bei den Vulkanen vorkomme? Oder besser, warum Vulkane, die so genannten Fumarrolli und warme Quellen an solchen Orten vorkommen wo die Bimssteine brechen? Ich kann nicht anders erklären, als dass sie in ihren Innern Flötze von Steinkoblen und andern brennlichen Materien, Schwefelkies etc. haben Müssen, und wo diese brennlichen Materien fehlen, da zeigen sich auch keine Spuren von innerer Hitze.</i></p>	<p><i>Si me preguntan por qué abunda junto a los volcanes o por qué arden los volcanes y hay respiraderos de hidrógeno y aguas termales, donde hay piedra pómez, diré que porque hay en lo interior carbón, pirita sulfúrea, etc. y donde faltan estos combustibles no se observa el menor indicio de calor.⁷⁸</i></p>
<p><i>Wäre es hingegen ein durch vulkanisches Feuer in Fluss gebrachter Körper gewesen, so hätte er dem für die flüssigen Körper bestimmten Natrugesetze der Schwerkraft folgen, und mehr die tiefern Punkte suchen müssen. Dass er aber aus dem Vulkanen nicht herausgeworfen worden seyn könne, sondern aus demselben herausgeflossen seyn müste, erhellet daraus, weil da, wo er als Gebirgsart vorkommt, gar keine Unordnung in seiner Lage zu bemerken ist.</i></p>	<p>Si fuera un cuerpo liquidado por el fuego, habría seguido las leyes de la gravedad, impuestas por la naturaleza a los líquidos, y hubiera descendido a los puntos ínfimos. Pero que aún en este caso no pudo ser arrojada por los volcanes, sino que debió haber rebosado, se infiere de que donde se halla como roca, no se nota sino [p. 367] mucha regularidad en su estratificación.</p>



⁷⁸ Este párrafo no está incluido en la versión de los *Anales de Ciencias Naturales*, únicamente en las *Tablas mineralógicas*, de Karsten, traducidas por Del Río. Cf. Karsten, *Tablas, op. cit.*, pp. 16-17.

<p><i>[...] Wenn man nun auch noch [die Chemie zu Hülfe nimmt] und das Verhalten des Bimssteines [p. 85] im Feuer untersucht, so findet man, dass die meisten, sobald sie warm werden, mehr oder weniger prasseln, und endlich nie einer Ausdehnung und Gewichtsverluste schmelzen.⁷⁹ Die Ursache dieses Prasselns und der Ausdehnung ist die Entwicklung entweder ihres Kristallisationswassers, oder einer in ihnen entaltene Gasart.</i></p>	<p>Si se examina el modo de portarse al fuego la pómez, se nota que las más, en cuanto se calientan, crujen poco o mucho, y se funden con expansión y pérdida de peso. La causa de crujir y aumentar su volumen es su agua de cristalización, o algún gas que se desprende.</p>
<p><i>Wie kann man sich nun denken, dass diese Bimsteine im Feuer völlig flüssig haben sein können, ohne sich dabei auszudehnen, und zugleich ihre flüchtigen Bestandtheile zu verlieren. Hierzu kommt noch, dass man in den Bimsteinen sehr oft frische Feldspathkristalle eingewachsen findet, und dass die Räume, worin diese Kristalle liegen, meistens zu den Kristallen passen, und nicht grösser sind. Wie hätte nun dieser Feldspath, dier noch so leicht im Feuer schmelzt, ungeschmolzen bleiben können, wenn die Hauptmasse flüssig gewesen wäre.</i></p>	<p>¿Cómo es pues posible que hayan estado las pómezes perfectamente líquidas al fuego, sin haber aumentado su volumen, y sin haber perdido sus principios volátiles? A esto se agrega que muchas veces tienen embutidos cristales de feldespatos frescos, y muy ajustados, o nada flojos en sus cavidades, ¿no se habrían fundido, siendo tan fáciles de fundir, si la masa principal hubiera estado líquida?</p>



79 Esmark cita aquí: Martin Heinrich Klaproth, *Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper*, Posen, Decker und Compagnie; Berlín, Heinrich August Rottmann, 1795, vol. 1, p. 10.

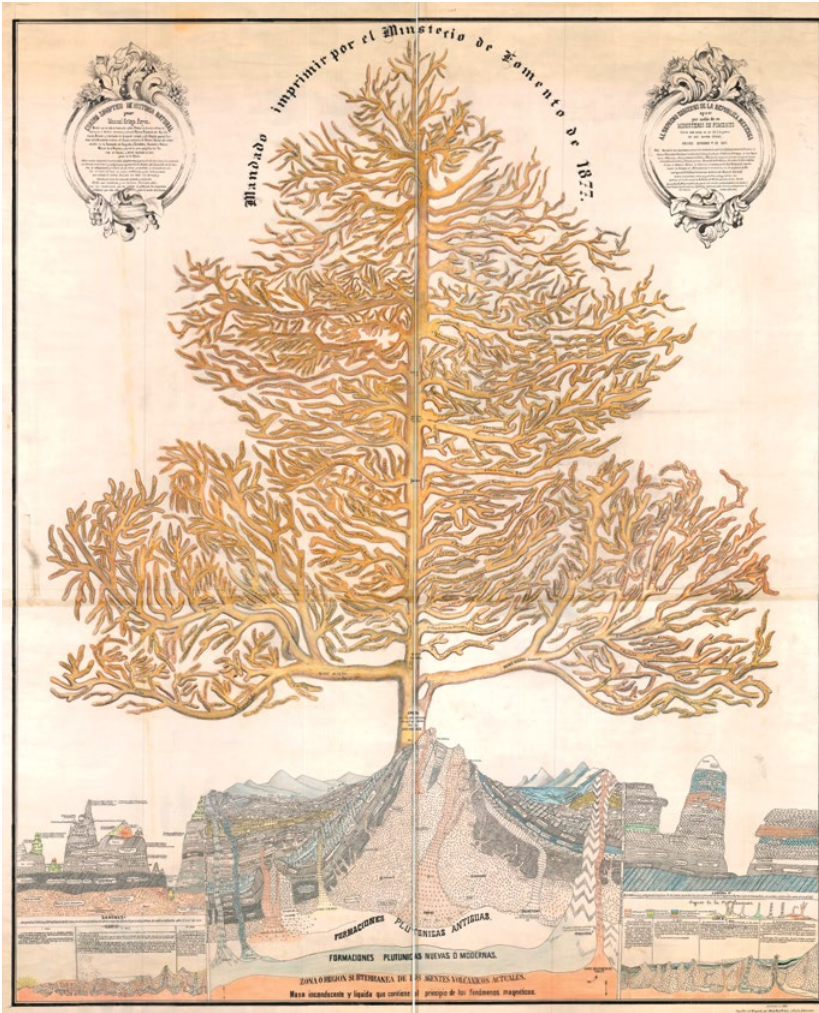


Figura 44

Manuel Antonio Ortega Reyes. *Cuadro sinóptico de Historia natural mandado imprimir por el Ministerio de Fomento de 1877*, fragmento. Colección General, núm. de clasificador 001-CGE-7277-A, varilla CG-ILUST-V4, color 169 × 138 cm.

Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra.

* Anexo 6 *

DISCURSO SOBRE LAS FORMACIONES DE LAS MONTAÑAS
en algunos Reales de Minas [1803]⁸⁰

Las montañas más áridas e incultas, las serranías más escarpadas que el viajero común atraviesa con fastidio, y a veces con horror y sobresalto, son para el geognosta un espectáculo delicioso que le ofrece la dichosa oportunidad de observar la naturaleza al descubierto. El que viaja con conocimientos por las montañas, aunque sean las más destituidas de vegetales y animales, tiene mucho que admirar observando, como dice [Dietrich Gustav Ludwig] Karsten [1768-1810], que *son colosos esparcidos y amontonados al acaso*, sino que están dispuestas y colocadas regularmente unas sobre otras, o estratificadas con mucho orden, y que la relación de su estratificación, o la sucesión de sus lajas y capas, lejos de estar circunscrita a cada punto de la superficie del globo, y ser diversa en cada paraje, es al contrario idéntica, y se repite muchas veces en países muy distantes unos de otros, y tan constantemente, que se puede determinar hasta su diversa antigüedad. Una pequeña prueba de esta uniformidad de las rocas y de su estratificación voy a dar ahora, reduciendo las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas a las que trae Karsten en sus nuevas *Tablas mineralógicas*,⁸¹ valiéndome para esto de las observaciones del Sr. Barón de [Alexander von] Humboldt [1769-1859],⁸² de D. Federico [Friedrich Traugott] Sonneschmid [1763-1824]⁸³ y D. [Isidro] Vicente Valencia [1776-1811]⁸⁴ y



80. “Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, *Gazeta de México*, t. xi, núm. 50, del viernes 16 de diciembre de 1803, pp. 411-412. También en *Efemérides de España*, núm. 205, lunes 23 de julio de 1804, pp. 836-838 y núm. 206, martes 24 de julio de 1804, p. 839.

81. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen mit Rücksicht*, op. cit.

82. Cf. *Humboldt Tagebücher*, vols. VIII y IX.

83. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische Beschreibung*, op. cit.

84. Isidro Vicente Valencia nació en el Real de Minas de Tlalpujahua en 1776. Sus padres fueron Bonifacio Valencia y Encarnación Villamar. Cuando alcanzó la adolescencia fue enviado a estudiar en el Colegio de Minería en 1793. Cuando terminó sus estudios en 1798, fue enviado a Zacatecas a realizar sus prácticas de campo. Volvió a la Ciudad de México donde formó una *Memoria* sobre el mineral de San José Yesca por encargo del Tribunal de Minería, y poco después hizo una *Descripción geognóstica de mineral de*

aprovechándome de la escasa colección geognóstica de nuestro Colegio, por no haber tenido ocasión de viajar yo mismo lo bastante por las obligaciones de mi destino.

Por de contado no me detendré en las formaciones del granito de grano grueso con feldespato encarnado, y de otro más antiguo con feldespato gris azulado en partes con viso azul y con esteatita, chorlo y granates; del gneis; de la mica pizarra en láminas muy delgadas con mica blanca de plata, y de la caliza primitiva con mica parda de tumbaga y granates, que son de Oaxaca y Verapaz, y probablemente se continúan por Panamá y van a juntarse con las rocas primitivas del otro continente. No las conozco más que por los pequeños pedazos de nuestro Gabinete, y así pasaré al distrito de Zimapán, que siendo el más vario en fósiles, es natural lo sea también en rocas. Ojalá que Sonnneschmid nos indicase claramente el orden en que se siguen unas a otras: veremos si lo podemos adivinar, sin lisonjearnos de hacerlo con certeza.

“Al principio del arroyo de Santiago, junto a Zimapán, hay brechas pórfidos y caliza —En el mismo arroyo pórfido arcilloso en lajas perpendiculares que también podrían ser una veta— marga, vacia gris, pizarra, trap en lajas verticales u poco inclinadas, aunque a veces horizontales, caliza compacta y piedra de toque, —capas de brecha caliza con estilaticia⁸⁵ y tramos de árboles encostrados, e impresiones de caracoles y conchas, y fragmentos de estas”.⁸⁶



Zacatecas, para la misma corporación, con ayuda de los alumnos Felipe Rodríguez y Manuel Ruiz de Tejada. Cf. Alejandro Villaseñor y Villaseñor, *Biografía de los héroes y caudillos de la independencia*, México, Editorial Jus, 1963, t. 1, pp. 102-104; José Omar Moncada Maya y Alberto Saladino García (coords.), *La Geografía de la Ilustración*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, 2003, 266 p.; José Omar Moncada Maya, “La visita de Humboldt a la Nueva España”, Ciclo de conferencias para conmemorar el Bicentenario del paso de Alexander von Humboldt por Veracruz (1804-2004), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., 7 a 9 de marzo de 2004; José Omar Moncada Maya, “Humboldt en el Seminario de Minería”, en Héctor Mendoza Vargas y Luz Fernanda Azuela (coords.), *Lecturas de Humboldt en México: Naturaleza, cultura y sociedad*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, núm. 5, 2003, pp. 24-29.

85. Especie de caliza que se encontraba en Zimapán y Guanajuato y en bolas medianas en Huehuetoca. Cf. Karsten, *Tablas, op. cit.*, pp. 38-39.

86. Friedrich Traugott Sonnneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, pp. 49-50.

[p. 412] Lo que parece seguirse de aquí es que la pizarra y vacia gris son de transición, excepto el trap que probablemente es sienita, como vamos a ver.

“En el arroyo de Tolimán hay piedra de afilar, pórfido con hornblenda descompuesta y algo de mica, granate pardo y verde, pórfido cuarzoso con feldespatos y hornblenda, y trap porfidoso en lajas y vetas, que es gris verdoso y negro agrisado también con hornblenda y feldespatos, y piedra radiante asbestosa: en él arman muchas vetas de pirita, galena y otros metales. —Allí hay rocas que ni son pórfido, ni cuarzo, ni trap, ni pizarra, ni caliza, ni piedra de afilar; pero de todo tiene algo con granate negro parduzco, y una especie particular con hornblenda negra en prismas: la masa en que están estos es cuarzosa con feldespatos y hornblenda verde puerro”.⁸⁷

¿Será, pues, una sienita que esté debajo de las otras rocas, y el trap porfidoso una sienita porfidoso, o una roca verde de transición que alterne con ellas? La abundancia del feldespatos y la presencia del granate me inclinan a lo primero. ¿Qué confusión no se nota además en esta descripción geognóstica? Se parece a la que llamaban definición de la materia los peripatéticos.

“Al principio del arroyo de Tolimán hacia el sur está el Xaschi, monte redondeado de caliza compacta mezclada a veces con arcilla, y en partes granuda, que contiene una capa en que se han hallado pequeñas masas de cinabrio. En la superficie de la caliza se notan figuras espirales, e impresiones imperfectas de caracoles: al poniente brechas calizas: de allí al sudeste rocas subordinadas a la caliza y a la pizarra en capas delgadas perpendiculares u horizontales y ondeadas; que alternan a veces con otras de piedra de toque común y apizarrada”.⁸⁸

Aquí juzgo están confundidas dos formaciones de caliza, una de transición y otra alpina que veremos después: la primera alterna con pizarra y tiene capas de piedra de toque, y la segunda es en partes granuda, está mezclada con arcilla, y tiene petrificaciones por encima



87. *Ibidem*, p. 50. La versión impresa de Sonneschmid es muy distinta a la manuscrita consultada por Del Río, únicamente indicamos la página en que se menciona al arroyo de Tolimán, pero la coincidencia del texto es prácticamente nula.

88. En la versión impresa de Sonneschmid no se menciona al Xaschi. Humboldt debe haber tenido acceso a las notas manuscritas ya que también habla de él. Cf. Humboldt, *Essai, op. cit.*, pp. 171, 185 y 187.

y no mezcladas entre su masa. Si nos dijera nuestro geognosta si era gris azulada, si tenía venillas de espató calizo &c. nos acabaríamos de convencer de que era alpina y es extraño que no lo diga quien peca por minucioso en unas descripciones como estas que debían ser generales.

Se continuará

[p. 413] *Continuación del Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas*⁸⁹

“Yendo hacia el sur y luego hacia el poniente camino de la Zarabanda, se ve un trap negro agrisado obscuro con pequeñas partes íntimamente mezcladas de la especie anterior de hornblenda: (I)⁹⁰ estando descompuesto parece gris verdoso. Aquí arman muchas vetas como las del Real de las Cañas y la de la Mica Grande con cobre gris de bastante ley de plata, pirita sulfúrea &c”.⁹¹

Ya tropezamos con otro trap que puede ser roca verde de transición que alterne con las otras. Antes de ahora que no conocía yo más roca verde que la contemporánea del basalto, no me podía persuadir a



89. Andrés Manuel del Río, “Continuación del Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, *Suplemento a la Gazeta de México, op. cit.*, pp. 413- 420. También en *Efemérides de España*, Madrid, núm. 206, martes 24 de julio de 1804, pp. 840-841, núm. 207, miércoles 25 de julio de 1804, pp. 843-846, núm. 208, jueves 26 de julio de 1804, pp. 847-850 y núm. 209, viernes 27 de julio de 1804; pp. 851-852.

90. N. del E.: Sonneschmid, *Mineralogische*, pp. 62-63, incluida la siguiente descripción: N. del A.: Descripción de Sonneschmid.

Negra agrisada que tira a negro puro.

Rara vez en masas, las más diseminada y en cristales pequeños que se pueden mirar, como romboides, u dobles pirámides triangulares agudas, con caras lisas, y poco lustrosas.

Por dentro poco lustrosa o solo centellante.

Textura hojosa curva que por los cantos parece fibrosa y divergente en estrellas; a veces como que pasas a desigual, sobre todo en masas.

Fragmentos agudos.

Partes separadas granudas.

Opaca.

Dura que se deja limar poco y parece poco pesada.

Se hincha al soplete, y funde muy fácilmente en una escoria gris verdosa y porosa.

91. Friedrich Trugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, p. 64.

que lo fuese: mas ya que he aprendido de Karsten que la hay de transición y primitiva, que sé que el Señor Barón de Humboldt la ha hallado en Franconia junto a Steben formando lajas en pizarra, con vetas de hierro y cobre metalíferas en una y otra, y en la otra América [p. 414] alternando con lajas de granito y mica pizarra, y con granates formando bolas, que se descomponen concéntricamente, embutidas en gneis, convengo con Sonneschmid en que será roca verde de transición, si alterna con la pizarra y vacia gris. Sería un tesón inexcusable no ceder al dictamen de tantos sabios juntos, como hubiera sido ligereza reprehensible acceder luego luego al de uno solo. Tan viciosa es en las ciencias modernas la sed de novedades, como el apego servil a lo antiguo que prueba un hastío total y destruye la curiosidad para todo descubrimiento nuevo.

“El cerro de Lomo verde y todos los alrededores constan de caliza compacta, a que caminando por el distrito del monte no se halla fin en quince leguas. Sus capas gruesas más o menos horizontales, aunque tiene también toda suerte de inclinaciones, contienen frecuentemente otras delgadas a veces interrumpidas de piedra de toque. En este cerro está la mina de Lomo de Toro, famosa por los grandes cúmulos u ojos de Galena, de los cuales ha dado uno son más de 124,000 quintales [570.71 t.] de metal. Los ojos están perpendicularmente unos sobre otros, sin que acabado uno quedan en la roca hilos o venillas que indiquen el siguiente”.⁹²

Esta caliza será probablemente la misma que la de los Reales de Xacala catorce leguas al norte de Zimapán, en que arman vetas con algún oro, poca plata, cobre, plomo y hierro, y del oro a siete leguas al nordeste, donde está la veta de oro de San Nicolás de Tolentino, con otras en las cercanías de los mismos metales. Una de las matrices que abunda es granate pardo y más el verde. En el terreno de la mina de cobre de Santo Domingo hay piedra radiante vidriosa. ¿No bastarán estos indicios para pensar que sea caliza de *transición*, así como será *alpina* la siguiente?

“El distrito del Monte está al norte de Zimapán, y lo constituye caliza compacta negra agrisada y gris azulada con capas a veces delgadas de piedra de toque y pedazos sueltos de pedernal y calcedonia y otras que se acercan a arcilla endurecida, la cual forma el pendiente y echado de muchas vetas muy ferruginosas”.⁹³



^{92.} *Ibidem*, pp. 69-70.

^{93.} *Ibidem*, pp. 72-73.

Esta formación de caliza merece que nos detengamos un poco en ella. Yo supongo que sea la misma que la del Doctor al poniente de Zimapán, que se dice distar doce leguas por lo áspero del camino. Allí está más o menos mezclada con arcilla y betún en forma de piedra fétida y betún marga. La capa ferruginosa en partes horizontal de San Juan Nepomuceno tiene alguna plata nativa finamente diseminada en hojillas y chapas de un blanco muy claro. Opino que sea idéntica a la del sarro al sur del Doctor, donde arma una veta con una matriz negra betuminosa, y rejalar y oropimente verdegay, en pedacitos redondos de textura fibrosa divergente en estrellas y muy blando, que al soplete se pone rojo de aurora y arde con humo espeso y sofocante como el rojo. Pienso que sea la misma del Cardonal a doce leguas de [p. 415] Zimapán al nordeste, donde está con piedra fétida y hepática, y alterna con capas propias de piedra de toque común y apizarrada; hay vetas plomosas con alguna plata, y ferruginosas que siempre se acompañan: las *piedras azules* de la mina de la Purísima no son más que fragmentos de la calizas gris azulada que se hallan en el cuerpo de la veta. Creo por último que se repite esta formación hasta en el Real de los Pozos y otras partes, y que a pesar de que alterna con piedra de toque es caliza alpina, para lo cual no hay otra solución, sino que esta piedra de toque sea más nueva. Sin duda merece un examen prolijo esta formación que abunda aquí tanto como escasea la de creta y pedernal absolutamente. Hasta la caliza del Jura, o de Cavernas que es más nueva, tiene en la otra América piedra de toque, según el Señor Barón de Humboldt, especialmente en el morro de la Nueva Barcelona (I).⁹⁴

“Volviendo al distrito del Monte, a su pie oriental confina la caliza con pequeñas montañas de rocas porfidosas que se acercan unas a trap y otras a basalto y de almendrilla con tierra verde diseminada. Más hacia el oriente en el declive de la cadena porfidosas que va de norte a sur hay algunos cerros de pórfido y almendrilla con cuarzo, calcedonia, cornalina y zeolita blanca y roja en almendras revestidas muchas veces de tierra verde.— La cadena dicha consta de pórfido y rocas porfidosas con cristales prismáticos de hornblenda negra. En los dos declives hacia Zimapán y hacia Ixmiquilpan se ven algunas capas



94. N. del A.: Este célebre geólogo cree que muchas rocas son comunes a las tres grandes formaciones de la Geología, y da por ejemplos la sienita primitiva y la que alterna con roca verde, el yeso, la caliza granuda que es secundaria en el Jura, y sobre todo el basalto que junto a Vicencia forma capas en la caliza del Jura, como la almendrilla en Derbyshire.

sobrepuestas de brecha porfídosa de grano fino que a veces merece el nombre de piedra arenisca. Más abajo hacia Ixmiquilpan se descubre la caliza compacta con muchas capas delgadas de piedra de toque, y en el arroyo de agua fría se ven lajas de piedra de afilar, cuarzo y piedra córnea, y roca verde que alterna con ellas, y se halla además en su interior en bolas, que no se han de mirar como rodadas, sino como de la misma formación. Hay varias vetas con cobre verde, etc.”⁹⁵

Si esta roca verde es la sienita de antes, porque así suele denominarla Sonneschmid, y a una y a otra indistintamente trap; ¿cómo el pórfido que forma la cadena de norte a sur, sale debajo de la sienita?, sino es que sea una sienita más nueva como la que el Señor Barón de Humboldt ha encontrado en Guanajuato. A la verdad es menester ser otro Edipo para desatar estos enigmas que sin embargo yo no creo que provengan de la dificultad de la materia. Que en un Gabinete [p. 416] por pedazos chicos, y quizá mal escogidos, no se pueda determinar muchas veces una roca y nunca su posición, ya lo entiendo; pero no concibo como pueda suceder esto en las montañas que pueden y deben recorrerse y examinarse por todos lados. También notaré al paso que la almendrilla parece estar inmediatamente sobre el pórfido antiguo, así como está otras veces sobre la arenisca más moderna.

“La cadena porfídosa continua hacia el sudeste hasta el Xaschi. Hay en muchas partes almendrilla con zeolita pajiza y de color de azufre en sus poros, y en otras, brecha basáltica (¿toba basáltica?) y basalto porfídoso con feldespatos en rombos rojo de jacinto y de sangre. Más hacia el sur hay roca porfídosa descompuesta con pequeños granates rojos”.⁹⁶

¿Será el mismo pórfido que constituye la cadena dicha? Solo se puede objetar que el pórfido con granates suele ser de base de piedra córnea, la cual no se descompone fácilmente.

En los asientos de la Pechuga a cinco leguas al oriente de Zimapán se repiten las formaciones de pizarra y caliza de transición; ¿y no parece hacer también cierta analogía entre estas y las de Guanajuato? Aquí ha hallado el Señor Humboldt pizarra antigua con piedra de afilar, talco y clorita apizarrados. Los dos últimos no sé a la verdad que los haya en Zimapán; por esto y por la vacía gris con que alterna esta pizarra, creo



95. Friedrich Traugott Sonneschmid, *Mineralogische, op. cit.*, pp. 76-79. Este es el pasaje más extenso de las descripciones de Sonneschmid utilizado por Del Río. Como era costumbre de este último, no se trata de una traducción directa, sino de una versión condensada.

96. *Ibidem*, pp. 79-80. El pasaje existe en la versión impresa pero no menciona al Xaschi.

que sea de transición. Sobre aquella, hay sienita, que es muy particular y serpentina; más arriba conglomerado antiguo, como el que llaman *echado rojo* en Turinge. Las brechas del distrito de la Otra Banda de Zimapán, donde está la mina de Santa Rita, ¿no serán el mismo conglomerado? Este ocupa en Guanajuato toda la altura desde 950 [1.85 km] hasta 1,100 toesas [2.14 km]. Sobre la pizarra hay en el *Caliche*, caliza compacta, pero sin piedra de toque, que puede ser de transición, por armar en ella otra veta de la misma formación, según el Señor Humboldt, que la veta madre. A 1,250 toesas [2.43 km] alterna la sienita en el Realito de Ovejera junto a la mina de Santa Ana, millares de veces con roca verde en capas de un pie [27.8 cm] de grueso, con la muy notable singularidad de armar vetas de la roca verde superior en la sienita inferior, y más comúnmente de la sienita de encima en la roca verde de debajo. Este fenómeno, único en su clase, que ya observó Sonneschmid con la diferencia de haber llamado a la sienita roca verde y a esta trap, es a mi entender inexplicable por la teórica de Werner. Un pórfido moderno forma la bufa a 1,150 toesas [2.2 km] de altura: a 1,300 [2.5 km] llega el pórfido antiguo en que se cría el estaño. ¿Cuánto se aclaran las formaciones añadiendo las alturas barométricas de las diversas rocas, y sobre todo observando sus rumbos, que el Señor Barón de Humboldt ha hallado constantemente en los pórfidos y otras rocas entre las horas 8 y 9 del compás alemán e inclinadas al sudeste en el Reino de la N.E., a diferencia de las de una gran parte de Europa, y de las cordilleras de la América meridional (gnais, mica pizarra y pizarra primitiva) que [p. 417] caminan en la hora 4, inclinándose muchas veces al Noroeste? (1)⁹⁷ ¿Cuántas veces habría salido Sonneschmid en Zimapán de la



97. N. del A.: (1) El rumbo y echado de las lajas y capas no sigue de ningún modo como se creía la dirección ni el declive de las cordilleras. En países que distan millares de leguas unos de otros como el Fichtergebirge, los Alpes de la Suiza, y la Boqueta de Génova, la cordillera de Caracas y los Andes de Quindín existe un paralelismo de las lajas y capas de la misma formación, que se observa en trechos muy grandes, e indica, una ley de la naturaleza muy digna de estudiarse, aunque se ignore la causa de estas atracciones, como la de las variaciones magnéticas. El Señor Barón de Humboldt, que se ha servido comunicarme esta nota, piensa publicar a su regreso a Europa una obra *Geognóstica, sobre la construcción del globo*, en la que reunirá las medidas que ha ejecutado en ambos hemisferios desde el año 1790, y sus observaciones sobre la identidad de las formaciones en regiones remotas, la dirección y estratificación de sus lajas y capas y el grueso de ellas, y la altura a que se elevan cerca del Ecuador. N. del E.: Probablemente el resultado de las investigaciones sea la obra de Alexander von Humboldt, *Essai, op. cit.*

duda de si el pórfido formaba vetas o constituía montañas enteras, con solo haber observado su rumbo?

Todavía es mayor la analogía de las formaciones de Guanajuato con las de Zacatecas, según la descripción de D. Vicente Valencia, que hace la mayor oposición por su claridad con la de Sonneschmid, y a mi juicio merecería imprimirse. La sienita ocupa la base de las montañas; sobre ella descansa toda la pizarra, a veces con talco, clorita, piedra de afilar y de toque apizarrada; sobre esta, parte del pórfido nuevo a diferencia del antiguo, que aunque poco metalífera forma los respaldos de la mina de la Batea y veta Cantera; en otras partes sobre las rocas primitivas vacia gris metalífera con granos de pizarra y feldespatos reunidos por una masa de pizarra y la que llama *vacía parda*, que es probablemente el conglomerado de Guanajuato, en que no ha hallado más criaderos que uno de alabandina gris estriada. En algunas partes sobre la pizarra o sienita, caliza compacta en capas con piedra de toque: sobre el conglomerado brechas de acarreo.

De todas las dichas difiere la formación del Real del Monte que se compone meramente de pórfidos de base de arcilla y de piedra córnea. A veces sobresale el pórfido en picos y cimas con partes separadas en barras muy gruesas y regulares de 4 y 5 caras; otras imitando pirámides y otras figuras.

Si el Real del Monte es famoso y con razón por su veta Vizcaína que ha rendido muchos millones como todos saben, debiera serlo también por tener al rededor todas las formaciones del trap, y la particularísima de la *piedra perlada*, de Werner y de Esmarck [Jens Esmark, 1763-1839] con obsidiana, de las que no puedo menos de hablar brevemente.⁹⁸

[p. 418] Junto a la Hacienda del Carmen hay capas horizontales de toba basáltica; más abajo en el arroyo, basalto de roca verde sobre una capa de basalto común en pequeños pilares de 1 pie [27.8 cm] de alto y 6 a 9 lados: en muchas partes de esta barranca basalto porfidoso con feldespatos y olivino alternando con almendrilla; aquí mismo el basalto que parece plateado en las rajadas de separación.

Junto a las Haciendas de Terrones y San Cayetano lo hay en pilares muy regulares y hermosos adornando la entrada de una gruta bastante espaciosa que se interna 60 u 70 varas en la montaña: su interior



98. Cf. Anexo 6.

es de vacia con bolas de basalto y almendrilla. Sobre la Hacienda de San Cayetano hay pórfido pizarra. En la misma barranca otra segunda gruta más espaciosa guarnecida por arriba y por los lados también de pilares de basalto, y más abajo bolas con pilares encima agrupados, como se disponen los palos para hacer el carbón. Aquí cerca está el Grande, y a poca distancia un surtido de aguas termales que no puede sufrir un instante la mano, que sale de la caliza más moderna cubierta de toba, y en partes formando brecha.

En otro valle a pocas leguas hacia el este, demuestra que los esfuerzos del arte son nada comparados con la majestad de la naturaleza la suntuosa Hacienda de Regla al lado de la hermosa cascada o salto de agua formando todo por pilares de 4 hasta 10 lados en grandes grupos dispuestos oblicua, vertical y horizontalmente. La parte más bella está frente de la Hacienda en un ángulo saliente donde los pilares horizontales descansan por un lado sobre la toba, y por otro sobre perpendiculares; pero los más hermosos y derechos están en el mismo salto. El agua deshaciéndose en espuma cae por entre ellos de 20 varas [16.71 m] de altura en una gran pila guarnecida de pedazos, y pilares enteros que alternan con árboles frondosos. El polvo, si se puede decir así, del agua que cae precipitada, causa en el rigor del calor una frescura agradable. Con sentimiento se despidió Sonneschmid de este sitio para siempre, lamentándose que esté tan escondido donde nadie lo aprecia: y en verdad que puede seguirse a la calzada de los Gigantes junto a Antrim en Irlanda, y que solo necesitaba otro Hamilton que lo describiera; ahora lo hará el Señor Barón de Humboldt con ventaja.⁹⁹ Aquí está la famosa almendrilla, cuyos poros se hallan llenos de agua, y Sonneschmid cita una llena de sustancia gelatinosa, que seguramente es la misma que halló Dolomieu en una de sus lavas. Aquí están en una capa de arcilla que pasa a bol,¹⁰⁰ y aun lo contiene en venas y cintas de color pardo de hígado, pedazos de obsidiana y de piedra perlada en capas muy delgadas y paralelas que se hincha al soplete dando figuras dendríticas muy blancas. Hay piedra perlada sola en pedazos esquinados y



99. Cf. Alexander von Humboldt, *Vues de Cordillères et Monumens de Peuples Indigenes de L'Amérique*, 2 tomos, París, Schoell, 1810, en particular Planche xxii "Roches basaltiques et Cascade de Regla".

100. Género de la familia alúmina ubicado en Zacatecas, Zimapán, la hacienda del Salto en Real del Monte y junto al Santuario de Guadalupe en la Ciudad de México. Cf. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas, op. cit.*, pp. 28-29.

rodados, y en forma de arena, tan fina y tan igual como si se hubiera pasado por el cedazo más fino. Todo esto lo llama *pómez*, y *cenizas volcánicas* D. Federico Sonneschmid, y es menester confesar que la tentación era fuerte. La arcilla está cubierta de otra capa de [p. 419] toba basáltica, y encima pilares de basalto que tienen un núcleo de lo mismo, pero de color más oscuro. Una descomposición que penetra de fuera adentro, parece ocasionar esta diferencia de color, aunque en los que tienen dos núcleos no es tan fácil la explicación. Junto a la Hacienda hay también en piedras rodadas el paso de la obsidiana a la piedra perlada que llamó Esmarck junto a Tokay (1).¹⁰¹

Por último hay junto al salto obsidiana alternando con capaz de granos perfectamente redondos de una especie de jaspe que abunda en el cerro de las Navajas. Sonneschmid¹⁰² lo llama así en unas partes, y en otras piedra porfídosa (2)¹⁰³ por tener a veces granos de cuarzo, y aun un granito o cristal de feldespato en el centro, y siempre parece una



101. N. del A.: Descripción de Sonneschmid.
 Negra con mezcla de pardo de tumbaga que tira a gris.
 En masas y pedazos rodados.
 Por dentro poco lustrosa.
 Pasa de igual a desigual, y a concoidea imperfecta.
 Fragmentos romos.
 Partes separadas granudas medianas y pequeñas.
 Solo en pedazos delgados algo trasluciente en los bordes.
 Raspadura de color pardo musco.
 Semidura que parece blanda por su fácil desmoronamiento.
 Muy agria y ligera.
 Se florece al soplete formando dendritas blancas que se lleva el sople.
102. N. del E.: Sonneschmid ocupa una decena de páginas para explicar el entorno de la Sierra de las Navajas y la descripción de algunas muestras recolectadas entre las que se encontraban algunas lascas trabajadas antes de la llegada de los españoles.
 Cf. Sonneschmid, *Mineralogische*, pp. 12-23.
103. N. del A.: Descripción de Sonneschmid.
 Gris de perla, o encarnada.
 En masas y arriñonada.
 Por fuera y por dentro mate, a veces algo centellante.
 Textura desigual y en partes fibrosa.
 Fragmentos algo agudos.
 Partes separadas granudas esquinadas y redondas.
 Opaca.
 Raspadura blanca agrisada.
 Semidura, y poco pesadas en sumo grado. N. del E.: Sonneschmid, *Mineralogische* p. 19.

sustancia nueva que no se hincha al soplete. Yo creo que los granos no son partes separadas, sino una figura particular que a veces tiene textura fibrosa divergente en estrellas y partes separadas cuneiformes. Estos granos pequeños y muy pequeños alternan en capas con otras de obsidiana negra y verde puerro de dos [5 cm] y tres [7.5 cm] pulgadas de grueso, o tan delgadas que apenas se pueden distinguir a simple vista unas ni otras. Muchas veces tiene la obsidiana en su interior estos mismos granos. Aquí la observé yo estratificada en capas sobre pórvido. [p. 420] En la parte del sur del cerro de las Navajas dominan pedazos grandes sueltos de mi *pedra espumosa*, que es la piedra perlada en forma de pómez de Esmarck, que se hincha al soplete, y muda en blanco agrisado sus colores encarnado y flor de albérchigo, gris verdoso y verde aceituna. Sin embargo la de amarillo de Isabel que tira a pardo he observado que ni se hincha ni muda de color. En el mismo cerro se hallan las obsidianas *plateadas* y con fuertes visos de color de tira a pardo he observado que ni se hincha ni muda de color. En el mismo cerro se hallan las obsidianas *plateadas* y con fuertes visos de color de tumbaga, de bronce, de latón, de oro claro, y aun rara vez de plata que tira a gris. Pasando la uña por encima se sienten las extremidades de unas fibritas que son las que descomponen la luz, y ocasionan los visos, cuando están cortadas oblicuamente por la textura concoidea. El exterior de los pedazos que han estado al aire suele ser gris con textura fibrosa paralela y lustre de seda.

Acaso ha molestado a algunos mi discurso, en cuyo caso les ruego que lo atribuyan a lo cargado del estilo por la mucha copia de materiales. En un país como este cada paso ofrece un descubrimiento. Si el deseo solo de conocer nuestras bellas producciones ha movido ahora a dos célebres físicos y naturalistas extranjeros (1)¹⁰⁴ a visitar este y el otro continente, arrostrando [*sic*] mil incomodidades y peligros, a vosotros alumnos de este Seminario que gozáis de la protección inmediata del Real Tribunal que nos preside, que estáis seguros de encontrar mil cosas nuevas, y estimulados de la gloria que se sigue a los descubrimientos y de la utilidad que puede resultar a todos, a vosotros os toca seguir sus huellas e imitarlos. Si esto, es demasiado pedir, porque os arredre la grande distancia, más cerca de vosotros tenéis modelos más asequibles en vuestros mismos condiscípulos [Vicente] Valencia



104. N. del A.: Los Señores Humboldt y [Aimé] Bonpland [1773-1858].

[1776-1811], [Casimiro] Chovel [1775-1810], [José Antonio] Rojas, etc., cuyas tareas han merecido la aprobación de aquellos sabios. No todos podemos aspirar a la celebridad vinculada en un mérito del primer orden; pero todos debemos aspirar a la reputación de ciudadanos útiles cada uno según sus alcances.

Andrés del Río

* Anexo 7 *

INTRODUCCIÓN DE ANDRÉS MANUEL DEL RÍO
a las *Tablas mineralógicas*, de D.L.G. Karsten [1804]¹⁰⁵

INTRODUCCIÓN

En los nueve años que han corrido desde la impresión del primer tomo de mis *Elementos de Orictognosia* [1795], ha hecho más progresos la Mineralogía, que en otro tiempo en muchos siglos. Se han descubierto y analizado muchos fósiles nuevos, y se han repetido y corregido los análisis de los antiguos: por una tierra que se ha suprimido como la del corundo, se han descubierto tres: la estroncia, la glucina y la itria, y se han hallado dos metales nuevos: el titanio¹⁰⁶ y el cromo,¹⁰⁷ y confirmado el telurio¹⁰⁸ que se sospechaba anteriormente. Los caracteres de estas sustancias se omiten por saber que se darán en un suplemento a la traducción del segundo tomo de la *Química*, de Lavoisier,¹⁰⁹ que va a salir a la luz inmediatamente.



105. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas, tercer edición alemana de 1800, traducida al castellano para uso del Real Seminario de Minería por Don Andrés Manuel del Río*, México, Mariano José de Zúñiga y Ontiveros, 1804.
106. En 1790 fue descubierto por el clérigo y mineralogista inglés William Gregor (1761-1817). Cinco años más tarde, el también químico alemán Martin Klaproth (1743-1817), descubridor del uranio, le asignó el nombre de titanio en alusión a Títanos, del griego antiguo que significa tierra blanca.
107. En 1797 Louis Nicolas Vauquelin recibió muestras del mineral. Un año después descubrió que se podía aislar cromo metálico calentando el óxido en un horno de carbón, denominándolo cromo (del griego *chroma*, “color”) debido a los distintos colores que presentan sus compuestos.
108. Fue descubierto en 1782 en minerales de oro por Franz-Joseph Müller von Reichenstein, inspector jefe de minas en Transilvania, Rumania. En principio se confundió el telurio con el antimonio. Años más tarde, en 1798, Martin Heinrich Klaproth, aisló el metal y lo llamó telurio, aunque el descubrimiento se le atribuyó a Müller.
109. Andrés Manuel del Río se refiere al tomo segundo de esta obra: Antoine Laurent de Lavoisier, *Tratado elemental de Química*, México, Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1797, t. 1, trad. de Vicente Cervantes. El manuscrito final de la traducción y las placas de cobre para la impresión de las láminas ya estaban realizadas; sin embargo, nunca llegó a la imprenta. Cf. Patricia Aceves Pastrana, “La difusión de la ciencia en la Nueva España en el siglo XVIII: la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier”, *Quiipu*, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, vol. 4, núm. 3, septiembre-diciembre de 1987, pp. 357-385; Patricia Aceves Pastrana, *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco, 1993, 135 p.

Tantos descubrimientos debían producir grandes reformas y mudanzas en el sistema mineralógico, y hallándose efectuadas en la tercera edición de 1800 de las *Tablas mineralógicas*, de Karsten¹¹⁰ destinadas para las lecciones que da este profesor en Berlín, he creído de mi obligación traducirlas enteras para el uso de los alumnos de nuestro Seminario. Su autor ha seguido por fundamento de su clasificación la *parte dominante en los fósiles*, que si no siempre, las más veces les imprime caracteres distintivos, desechando la *parte característica*, que no podía en el día servir más que de inducir a error.

En la quinta columna de sus tablas cita los autores donde se hallan las descripciones de los fósiles, y por lo común a [Ludwig August] Emmerling [1765-1841],¹¹¹ pero como estas citas interesan poco a nuestros lectores, he sustituido algunos criaderos de esta América con el fin de que los completen los alumnos, satisfaciendo a los deseos de los extranjeros, que tanto anhelan a conocer nuestras producciones, y mereciendo el aplauso de los nacionales quienes deben estar orgullosos de un país, que ofrece tanto en que admirar la naturaleza. Muchos fósiles hay en el Gabinete, como blenda amarilla, calamina, etc., que no cito por ignorar su criadero.

En las tablas de las rocas que trae Karsten en seguida de las de los fósiles se sirvió hacer el Señor Barón de Humboldt cuando estuvo aquí algunas mudanzas, que van puestas de letra bastardilla, así como los criaderos de la otra América que me comunicó van también de la misma, a continuación de los que trae Karsten, y después siguen como en las tablas de los fósiles algunos ejemplos de esta América.

He procurado añadir las descripciones de los fósiles nuevos, tomándolas de varias partes, hasta de la traducción inglesa de las análisis químicas de [Martin Heinrich] Klaproth [1743-1817],¹¹² las que no puedo afirmar sean fieles por no estar seguro de que los ingleses tengan ya un lenguaje orictognóstico bien formado. Así me ha sido preciso



110. Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen mit Rücksicht*, *op. cit.*

111. Ludwig August Emmerling, *Lehrbuch der Mineralogie*, Giessen, Bei Georg Friedrich Heyer, 1799.

112. Martin Heinrich Klaproth, *Analytical Essays*, *op. cit.*

recargar de notas estas tablas para conseguir que sea todavía útil el primer tomo de mis *Elementos*, y más el segundo que va a publicarse muy pronto. Algunas pocas descripciones me faltan por no tener el Emmerling; pero el sentimiento de carecer de esta obra se ha disminuido con haber recibido la Mineralogía de C. [René-Just] Haiüy,¹¹³ obra clásica que solo puede desagradar a los que no la entiendan.

Es increíble el partido que ha sacado este sabio de los cruceros de las hojas del célebre Werner, no solo de los bien distintos, sino aun de los que únicamente se perciben por algún viso, que despiden los fósiles opacos vistos por reflexión de una luz fuerte, o por las rajadas que muestran los transparentes delante de una luz viva por refracción. Los ángulos de estos cruceros, siendo siempre constantes en un mismo fósil, suministran buenos caracteres esenciales, de que carecíamos hasta ahora, y dan origen a la forma primitiva idéntica o diversa de las de las moléculas integrantes. Según son estas iguales o diversas de las *subtractivas*, (o cuya substracción hace disminuir las láminas que envuelven al núcleo, y que aunque consten a veces de dos formas de moléculas se suponen siempre agrupadas en paralelepípedos, como en el espato flúor que consta de octaedras y tetraedras reunidas forma o romboides); así se imaginan cercenadas unas u otras por cierto número de filas en las esquinas o en las aristas, y constituyen las formas secundarias, de tal modo que si se calculan de antemano los ángulos de estas, y se miden después con el goniómetro en las naturales, se hallan coincidir exactamente. ¿Qué más se requiere para que tengamos en la Oricognosia géneros tan constantes, como en la Botánica y Zoología? La *figura y situación* de las moléculas integrantes y el *número y proporción* de las partes constitutivas, que imprimen la figura a aquellas, constituyen *nuestros géneros*, como con otras relaciones los de los *demás reynos*.

En todo caso es menester culpar a la nomenclatura de que se confundiesen hasta ahora los géneros y especies. Cualquier botánico, cualquier zoologista oyendo decir: *cobre nativo, cobre rojo, cobre blanco, cobre amarillo*, pensaría que el sustantivo era el género y los adjetivos las especies; pero ya se pueden desengañar viendo pasar el cobre gris a la familia del plomo, la plata agria de Hungría a la del cobre &c. y



113. René-Just Haiüy, *Traité de Minéralogie, op. cit.*

convencerse los mineralogistas de que debería [*sic*] tener cada género su nombre como *cinabrio*, *galena*, *blenda*, *oropimente*, *rosicler*, *malaquita*, *pirita* &c. independiente del nombre de la familia.

También ha dado el ciudadano Haüy una grande extensión a la transparencia duplicativa, al magnetismo, electricidad, &c. Son muchos los fósiles de las tres primeras clases, que mirados por refracción duplican los objetos, unos a través de caras paralelas, como el espato calizo y el azufre, y otros al través de caras naturales u artificiales que formen un ángulo, como el xergón [zircón], la euclasa, peridota, el plomo blanco, la selenita, baritina, schutzia, cimofania, el cristal de roca, topacio, corundo, feldespato, la esmeralda, mesotipa, piedra melada o melita, y caparrosa verde: este carácter es muy útil especialmente para examinar las piedras labradas. Presentando sucesivamente a uno y otro extremo de una barra magnética débil minerales de hierro poco oxidado, muestran atracciones y repulsiones, que antes no se observaban con las barras fuertes y así se hace tan indispensables este instrumento como el goniómetro para el orictognosta. Es muy curiosa la electricidad positiva, que comunican al lacre por frotamiento el talco y la molibdena.

De la obra alemana de [Johann Friedrich Wilhelm] Widenmann [1764-1798]¹¹⁴ me he aprovechado para algunas descripciones, y deseaba con ansia que llegara su traducción por Don Cristiano [Christian] Herrgen [1760-1816]¹¹⁵ para corregir por ella mi nomenclatura: lo primero se ha verificado poco hace, mas no lo segundo, porque no he hallado motivo de preferencia.

Fiel a mis principios no puedo terminar en *-ita* nombres que no sean griegos, como *siberita*, *aragonita*, *wernerita*: hasta el que ignore el griego celebrará saber que todos los acabados en *-ita* tienen este origen, aun cuando no observe lo contrario el C. Haüy, cuya sinonimia he citado siempre y admitido algunas veces.

El uso ha recibido *oxígeno* en lugar de arcicayo, *óxido* en lugar de cayo, *sulfatos*, *muriatos* &c. y conforme a esto he arreglado la nomenclatura.



114. Johann Friedrich Wilhelm Widenmann, *Handbuch des Oryktognostischen*, *op. cit.*

115. *Idem*, *Oryctognosia*, 2 vols., Madrid, Imprenta Real por D. Pedro Julian Pereyra, 1797 y 1798.

[Álvaro Alonso] Barba [1569-1661],¹¹⁶ [Francisco Xavier de] Gamboa [1717-1794]¹¹⁷ y todos nuestros mineros, que tienen sin disputa más derecho que los extranjeros a que se admitan sus términos, usan la voz metal en el sentido que los franceses aplican a *mine* o *minera*; y así la uso yo hasta para los géneros, diciendo: *metal hojoso*, *metal escrito*, *metal gris*, *metal aceitunado*, &c.



116. Álvaro Alonso Barba, *Arte de los metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue: el modo de fundirlos todos, y como se han de refinar y apartar unos de otros*, Madrid, Imprenta del Reino, 1640.
117. Francisco Xavier de Gamboa, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas, dedicados al Católico Rey, Nuestro Señor Don Carlos III*, Madrid, en la Oficina de Joachin Ibarra, 1761.



IV

Índice de figuras

- Portadilla.** Retrato de Andrés Manuel del Río por Rafael Ximeno y Planes. Óleo sobre tela, 1823. Museo Manuel Tolsá, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fotografía: Javier Otaola. **Página 5**
- Figura 1.** Sin autor, [*Laboratorio de Química*, frontispicio de Pierre Joseph Macquer's *Chymisches Wörterbuch oder Allgemeine Begreffe der Chymie nach alphabetischer Ordnung*, trad. de Johann Gottfried Leonhardt, Leipzig, M. G. Wiedmanns Erben und Reich, 1781, t.1. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 11**
- Figura 2.** F. X. Würth, *del* y J. E. Mansfeld s.c. [Alegoría de la minería]. Frontispicio de Christoph Traugott Delius, *Anleitung zu der Bergbaukunst nach ihrer Theorie und Ausübung, nebst einer Abhandlung von den Grundsätzen der Berg-Kameralwissenschaft*, Viena, Johann Thomas Edler von Trattern, 1773. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 10**
- Figura 3.** Weissenbach, *del* y Himely s.c., *Vue de l'extrémité d'une galerie suivant le filon de Gottlober Morgengane près Freyberg*. Fuente: Amédée Burat, *Géologie appliquée, ou Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, París, Langlois et Leclerq, 1846, 2ª ed., fig. 22. Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 16**
- Figura 4.** A.V.G. Kraus, Retrato de Abraham Gottlob Werner, 1906. Bronce. Museo del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fotografía: Héctor Pineda Sánchez. **Página 28**
- Figura 5.** Dos exploradores observan y dibujan con su ojo entrenado la litología de las montañas del Harz, cerca de Goslar, Alemania. Sin autor, *Ansicht des Harzgebirges von der Nordseite eine Stunde von Goslar*, fragmento. [Vista de las montañas del Harz desde el lado norte, a una hora de Goslar]. Christian Zimmerman, *Das Harzgebirge in besonderer Beziehung auf Natur und Gewerbskunde geschildert*, Darmstadt, Carl Wilhelm Leske, 1834, t. 2. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 32**
- Figura 6.** Abraham Gottlob Werner, *Nueva teoría sobre la formación de las vetas y su uso en la minería, en especial en la de Freiberg*, 1791. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 39**

- Figura 7.** Nota manuscrita de Werner en la que estima la edad de la Tierra en 1 millón de años. Abraham Gottlob Werner, *Einleitung in die Geognosie*, Werner Nachlass, t. 2, f. 256v. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 41**
- Figura 8.** Monumento a Wener en Löbtau, Dresde, Alemania. Traugott Leberecht Hasse, *Denkschrift zur Erinnerung an die Verdienste des in Dresden am 30. Juni 1817 verstorbenen K.S. Bergrath's Werner und an die Fortschritte bei der Bergakademie zu Freiberg nebst einer übersichtlichen Nebeneinanderstellung der Mineral Systeme Werners und seiner Nachfolger bei dieser Akademie*. Dresden und Leipzig, 1848, p. 25. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg **Página 45**
- Figura 9.** Imagen que representa un corte longitudinal sistemático con los principales accidentes de las capas del globo; destaca un volcán que reposa sobre una formación de basaltos prismáticos. En la parte inferior de la cuenca se encuentran capas de origen ígneo. V. Baudrimont *del*, Ollivier s.c. y N. Rémond *imp.*, *Coupé et perspective systématiques des principaux terrains*. Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, Paris, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 1 de Geología. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 50**
- Figura 10.** Abraham Gottlob Werner. Definición de Geognosia. *Werner Nachlass*, t. 1, f. 176. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 53**
- Figura 11.** Abraham Gottlob Werner. Boceto que explica la formación de los criaderos minerales en las montañas. *Werner Nachlass*, t. 1, f. 140v. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 58**
- Figura 12.** Georg Gottlieb Pusch. Lámina que muestra la gama de color para la representación de las rocas en los mapas geognósticos. Georg Gottlieb Pusch, *Geognostischer*, 1819. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 64**
- Figura 13.** Abraham Gottlob Werner. Portada de la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas*, Freiberg, 1802. Edición francesa de Jean François d'Aubuisson de Voisins. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 66**
- Figura 14.** Abraham Gottlob Werner. Portada de la *Nueva teoría sobre la formación de las vetas*, Edimburgo, 1809. Edición inglesa de Charles Anderson. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 69**
- Figura 15.** Alegoría de la minería. J. Kleinhardt, *del* y Balzer s.c., *sin título*, Ignaz von Born, *Index fossilium quae collegit, et in clases ac ordinies disposuit*, Praga, Wolfgang Gerle, 1772, s/n. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 72**
- Figura 16.** Fachada del Real Seminario de Minería en República de Guatemala núm. 90, Centro Histórico de la Ciudad de México. Fotografía: Héctor Pineda Sánchez. **Página 73**

- Figura 17.** Soplete para análisis minerales húmedos. Se observan: 1. Soplete con su tubo y depósito; 2. Flamas para oxidación y reducción de los minerales; 3. Pinza de platina para sostener los fragmentos de minerales analizados al fuego; 4. Alambre de platina enrollado en una bobina y doblado en forma de ojo para el ensayo de las materias vítreas; 5. Mortero de ágata y 6. Lámpara de alcohol: *Instrumens*, V. Baudrimont del, Ollivier s.c. y N. Rémond imp., *Couppé et perspective systématiques des principaux terrains*. Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, Paris, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 1 de Mineralogía. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 75**
- Figura 18.** *Convite de Actos Públicos que tendrán... los alumnos del Real Seminario de Minería*, 1797. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 78**
- Figura 19.** Andrés Manuel del Río, Portada del *Tratado de vetas*. 1795. Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólter 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. **Página 79**
- Figura 20.** Alegoría de la minería. J. Kleinhardt, del y Balzer s.c., sin título, Ignaz von Born, *Index fossilium quae collegit, et in clases ac ordinies disposuit*, Praga, Wolfgang Gerle, 1772, p. 157. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 82**
- Figura 21.** Andrés Manuel del Río, fragmento de texto del *Tratado de vetas*. 1795, p. 50. Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólter 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. **Página 89**
- Figura 22.** Bresse del. et sculp., Modelos de cristales piramidales y rectangulares. Romé de L'isle, *Essais de cristallographie ou description des figures géométriques, propres à différents corps du règne mineral connus vulgairement sous le nom de cristaux*, Paris, Chez Didot jeune, 1772, lám. 7. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 93**
- Figura 23.** Procedimiento de excavación vertical mediante aire comprimido de Triger. (Coupe d'un foncement à travers des terrains aquifères et noyés procédées de M. Triger). Amédée Burat, *Géologie appliquée, ou Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, Paris, Langlois et Leclerq, 1846, 2ª ed., fig. 129. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 97**
- Figura 24.** Friedrich Traugott Sonnenschmid, *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerks-Revier von Mexiko oder Neu-Spanien*, Mödlareuth, 1804, Portada. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 100**

- Figura 25.** Circular en la que el superior gobierno novohispano ofrece los conocimientos de los alemanes para el mejoramiento de la explotación y beneficio de los minerales, AHPM 1788/VI/37/d. 26. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 102**
- Figura 26.** Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Mineralogische Tabellen*, Berlín, 1800 y *Tablas mineralógicas*, México, 1804, trad. de Andrés Manuel del Río. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg/Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 104**
- Figura 27.** Listado de los libros alemanes comprados en Hamburgo para Andrés Manuel del Río, Fausto de Elhuyar y el Real Seminario de Minería a través del librero de Cádiz, Juan Miguel Melquiond, 1802, AHPM, 1802/III/115/d. 13, f. 10. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 108**
- Figura 28.** Andrés del Río. “Continuación del discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, p. 413. Fuente: *Suplemento a la Gazeta de México*, t. XI, núm. 51, del viernes 16 de diciembre de 1803. Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Alexander von Humboldt Nachlass*, caja 5, núm. 128. **Página 111**
- Figura 29.** Las seis columnas propuestas por Del Río en la traducción de las *Tablas mineralógicas* de Karsten de 1804: Clases, Familias, Géneros, Especies, Criaderos de esta América, Partes constitutivas que se conocen hasta ahora. Fuente: Dietrich Ludwig Gustav Karsten, *Tablas mineralógicas*, México, 1804, trad. de Andrés Manuel del Río, pp. 50-51. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 117**
- Figura 30.** Obsidiana de la cima del cerro del Jacal en la Sierra de las Navajas, Hidalgo, acompañada de la cédula original de mano de Alexander von Humboldt, quien la colectó en su viaje americano en mayo de 1803 (Inv.-Nr. 2006-19286). Fuente: Naturkunde Museum Berlin. Fotografía: Hwa Ja Goetz. **Página 120**
- Figura 31.** Alexander von Humboldt. *Perfil de las rocas primitivas que muestra la estratificación de las rocas primitivas con la indicación de sus alturas y ubicación geográfica*. En el punto más alto, se observan la obsidiana de Zinápéuaro, Michoacán y la piedra perlada. Humboldt, *Introducción...*, 1805. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 125**
- Figura 32.** Comisión Científica del Istmo de Tehuantepec. *Plano geológico de la parte del Istmo de Tehuantepec, año de 1843*, escala 1:500,000, lit. Calle de la Palma núm. 4. La clasificación de las rocas colectadas para su representación en esta carta fue realizada por Andrés Manuel del Río. Cayetano Moro, *Reconocimiento del Istmo de Tehuantepec, practicado en los años 1842 y 1843, con el objeto de una comunicación oceánica, por la Comisión Científica que nombró al efecto el empresario D. José de Garay*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1844, s/p. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 127**

- Figura 33.** Esquema de la genealogía del *Tratado de vetas* de Andrés Manuel del Río, 1774-1805. Elaboración propia. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, Staatsbibliothek zu Berlin y Jan Cornelius Schulz-Sawade. **Página 129**
- Figura 34.** Figuras características de las vetas en distintas localidades europeas representadas por Andrés Manuel del Río en su discurso de 1843. Andrés Manuel del Río, “Cátedra de Mineralogía. Profesor Andrés Manuel del Río. Día 14 de noviembre de 1845”, *Anuario del Colegio Nacional de Minería. Año de 1845*, México, Imprenta de Ignacio Cumplido, 1846, entre pp. 32 y 33. Fuente: Biblioteca Jaime Torres Bodet del Museo de la Ciudad de México. **Página 132**
- Figura 35.** Andrés Manuel del Río, “Masa de las vetas”, en *Tratado de vetas*, 1795, p. 3. Sección homónima de las *Lecciones*, de Werner. Impresión de una copia en microfilm de un original de la Universidad de Yale, Latin American Collection, caja 29, fólter 512. Fuente: Colección Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. **Página 136**
- Figura 36.** Abraham Gottlob Werner, “Die Masse der Gänge”, en *Lecciones de Geognosia*, s/f. Sección homónima a la del *Tratado de vetas* de Andrés Manuel del Río. *Werner Nachlass*, t. 3, f. 290v. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 137**
- Figura 37.** Boceto de la pasigrafía geognóstica del camino de Acapulco a México de Alexander von Humboldt, 1803. Fuente: Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Nachl.*, t. VIII, f. 219. Alexander von Humboldt, *Amerikanische Reisetagebücher*. **Página 142**
- Figura 38.** Abraham Gottlob Werner. Cruces [ortogonales] y aspas que forman las vetas al cruzarse. *Lecciones de Geognosia*, s/f, *Werner Nachlass*, t. 3, f. 301. Fuente: Technische Universität-Bergakademie Freiberg. **Página 152**
- Figura 39.** Alegoría de la minería del oro, la plata y la platina. Carl von Sickingen (1737-1791), *Versuche über die Platina mit zweier Kupfertafeln*, Mannheim, Hof und akademischen Buchdruckerei, 1782, portada. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 172**
- Figura 40.** Cristales naturales. Alexandre Édouard Baudrimont (1806-1880), *Traité élémentaire de minéralogie et Géologie*, París, H. Cousin Libraire, [1839], lám. 8 de mineralogía. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 174**
- Figura 41.** Lava andesítica del volcán Jorullo, Michoacán, colectada por Alexander von Humboldt durante su expedición al edificio volcánico nacido en 1759, cuenta con su cédula original manuscrita (Inv. Nr. 1996-7399). Fuente: Naturunde Museum Berlin. Fotografía: Hwa Ja Goetz. **Página 182**
- Figura 42.** Muestra de plomo pardo de Zimapán, Hidalgo, analizado por Andrés del Río en 1802, donde encontró un elemento nuevo al que llamó eritronio,

más tarde pancromo y finalmente vanadio. Fuente: Naturkunde Museum Berlin. Fotografía: Hwa Ja Goetz. **Página 205**

Figura 43. Buscones que con una vara intentaban encontrar las vetas minerales más ricas. Su labor fue sustituida gracias a los saberes geognósticos que ampliaron el conocimiento de la costra terrestre. Franz Ludwig Cancrinus, *Erste Gründe der Berg und Salzwerkskunde*, Francfort del Meno, in der Andräischen Buchhandlung, 1773, t. 3, lám. II. Fuente: Acervo Histórico del Palacio de Minería. **Página 218**

Figura 44. Manuel Antonio Ortega Reyes. *Cuadro sinóptico de Historia natural mandado imprimir por el Ministerio de Fomento de 1877*, fragmento. Colección General, núm. de clasificador 001-CGE-7277-A, varilla CG-ILUST-V4, color 169 × 138 cm. Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra. **Página 223**

V

Índice de tablas

- Tabla 1.** Esquema de las Ciencias y conocimientos auxiliares de la Minería (*Bergwerkskunde*), según A. G. Werner, 1788. Fuente: Francisco Omar Escamilla González y Lucero Morelos Rodríguez, *Escuelas de minas mexicanas. 225 años del Real Seminario de Minería*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, 2017, p. 43. **Página 34**
- Tabla 2.** Evolución de la clasificación de los sistemas geológicos entre 1756 y 1872. Fuente: Evaristo Álvarez Muñoz, *Filosofía de las Ciencias de la Tierra. El cierre categorial de la Geología*, Oviedo, España, Fundación Gustavo Bueno, 2004, p. 260. **Página 47**
- Tabla 3.** Capitulado de las obras de Werner (1791) y Del Río (1795). Elaboración propia con base en Werner, *Neue Theorie*, 1791, *Werner Nachlass*, t. 3 y Del Río, *Tratado de vetas*, 1795. **Página 86**



VI

✿ Fuentes de consulta ✿

Archivos

- Archivo General de Indias, España (AGI)
Archivo General de la Nación, México (AGN)
Archivo Histórico del Palacio de Minería, México (AHPM)
Archivo Histórico Nacional, España (AHN)
Fondo Arturo Arnaiz y Freg, Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México
Hochschularchiv, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, Alemania
Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Sagarpa, México
Museo del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de México
Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, *Alexander von Humboldt Nachlass*
Wissenschaftliches Altbestand, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, Alemania. *Werner Nachlass*

Bibliografía

- Aceves Pastrana, Patricia, *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco, 1993, 135 p.
Adams, Frank Dawson, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, New York, Dover Publications, Inc., 1938.
Agricola, Georgius, *De ortu et causis subterraneorum libri v*, en Georgius Agricola, *De re metallica libri XII*, Basilea, 1546.
Albrecht, Helmut, *Die Bergakademie Freiberg. Eine Hochschulgeschichte im Spiegel ihrer Jubiläen 1765 bis 2015*, Halle, Mitteldeutscher Verlag, 2016.

- Alessio Robles, Vito, *El ilustre maestro Andrés Manuel del Río*, México, s/e, 1937.
- Alsina Calvés, José, *Historia de la Geología. Una introducción*, España, Ediciones de Intervención Cultural, Montesinos/Biblioteca de Divulgación Temática, 2006.
- Alzate y Ramírez, José Antonio de, *Gacetas de Literatura de México*, Puebla, Oficina del Hospital de San Pedro, t. 2., 1831.
- Azuela, Luz Fernanda, *De las minas al laboratorio: la demarcación de la Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Facultad de Ingeniería, 2000.
- Barba, Álvaro Alonso, *Arte de los metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue: el modo de fundirlos todos, y cómo se han de refinar y apartar unos de otros*, Madrid, Imprenta del Reino, 1640.
- Bargalló, Modesto, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, Fondo de Cultura Económica, 1955.
- Baumer, Johann Wilhelm, *Fundamenta Geographiae et Hydrographiae subterraneae, ad naturae ductum*, Giessen, ex Officina Kriegeriana, 1779.
- Becher, Johann Joachim, *Physica subterranea. Editio novissima cum praefatione premissa, indice adornato et specimine Becheriano subjuncto a G. E. Stablio*, Leipzig, 1703.
- Born, Ignaz Edler von, *Briefe über Mineralogische Gegenstände, auf seiner Reise durch das Temeswarer Bannat, Sibenbürgen, Ober- und Nieder-Hungarn an den Herausgeber derselben, Johann Jacob Ferber*, Francfort del Meno y Leipzig, 1774.
- Buat, Pierre Louis Georges du, *Principes d'Hydraulique*, París, De l'Imprimerie de Monsieur, 1779.
- Burat, Amédée, *Géologie appliquée, ou Tratié de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, París, Langlois et Leclercq; Leipzig, Léopold Michelsen, 1843.
- _____, *Géologie appliquée, ou Tratié du gisement et de l'exploitation des minéraux utiles*, Troisième édition divisée en deux parties Géologie-Exploitation, Première Partie Géologie Pratique, París, Langlois et Leclercq, 1855.
- Calvo Sorando, José Pedro, "Introducción", en Charles Lyell, *Elementos de Geología*, Barcelona, Editorial Crítica, 2011.
- Candela, Andrea, *Alle origini della terra: vulcani, le Alpi e la storia della natura nell'età del viaggio scientifico*, Varese, Insubria University Press, 2009.
- Casanova Honrubia, Juan Miguel, *La minería y mineralogía del Reino de Valencia a finales del periodo ilustrado*, tesis para optar por el grado de doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Valencia, 2009.

- Charpentier, Johann Friedrich Wilhelm, *Mineralogische Geographie der Chur-sächsischen Lande*, Leipzig, Siegfried Lebrecht Crusius, 1778.
- Convite para los Actos Públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta capital los alumnos del Real Seminario de Minería dirigidos por el Sr. Director General D. Fausto de Elbuyar, el Capitán D. Andrés Joseph Rodríguez, catedrático de Matemáticas, D. Francisco Antonio Bataller, catedrático de Física, y D. Andrés del Río, catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal General del Importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 23, 25, 26 y 27 de octubre a las tres y media de la tarde, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1797.
- Cutler, Alan, *Una nueva historia de la Tierra: un relato sobre ciencia y Nicolaus Steno, el genio que descubrió la geología*, Barcelona, RBA Libros, 2007.
- D'Aubuisson de Voisins, Jean François, *Des Mines de Freiberg en Saxe et de leur exploitation*, Leipzig, Chez Pierre Phil. Wolf, 3 vols., París, 1802.
- _____, *Traité de Géognosie, ou exposé des connaissances actuelles sur la constitution physique et minérales du globe terrestre*, Estrasburgo, Fr. G. Levrault, 2 vols., París, 1819.
- Díaz y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, 3 t., México, Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, 1998.
- Dolomieu, Déodat de, *Mémoire sur les Îles Ponces, et catalogue raisonné des produits de l'Etna; pour servir à l'histoire des volcans: suivis de la Description de l'éruption de l'Etna, du mois de Juillet 1787*, París, Chez Cuchet, 1788.
- _____, *Abhandlung über das Erdbeben in Calabrien im Jahr 1786. Aus dem Französischen*, Leipzig, in der Joh. Gottr. Müllerschen Buchhandlung, 1789.
- Emmerling, Ludwig August, *Lehrbuch der Mineralogie*, Giessen, Bei Georg Friedrich Heyer, 1793-1797, 3 vols., 1799.
- Escamilla González, Francisco Omar, "Sobre las cuatro primeras ediciones del Tratado de amalgamación de México de Friedrich Sonneschmidt (1798-1831)", ponencia presentada en la X Reunión de Historiadores de la Minería Latinoamericana, 4-6 de noviembre de 2009, San Luis Potosí.
- _____, "¿Orictognosia o Mineralogía? La influencia de Abraham Gottlob Werner en el Real Seminario de Minería", en Alma Montero Alarcón (coord.), *Plata: Forjando México*, Toluca, Gobierno del Estado de México, 2011.
- _____, *Escuelas de minas mexicanas. 225 años del Real Seminario de Minería*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, 2017.
- _____, "Teaching Werner to the New World: Geognosy in the School of Mines of Mexico, 1795-1805", en Susanne Kandler (ed.), *Abraham*

- Gottlob Werner und die Geowissenschaften seiner Zeit, Freiberg, 2020. Freiburger Forschungshefte, D250.
- _____, “Ilustración alemana y ciencia novohispana: la biblioteca de Fausto de Elhuyar”, en Horst Pietschmann, Manuel Ramos Medina, María Cristina Torales Pacheco (edit.), con la colaboración de Karl Kohut, *Alemania y México: percepciones mutuas en impresos*, México, Cátedra Guillermo y Alejandro de Humboldt, Centro de Estudios de Historia de México Condumex, Fomento Cultural Banamex, A.C., Universidad Iberoamericana, 2005.
- Faujas de Saint-Fond, Barthélemy, *Minéralogie des volcans, ou description de toutes les substances produites ou rejetées par les feux souterrains*, París, Chez Cuchet, 1784.
- Fernández Bravo, Raúl Rogerio, “*De malacates y socavones a la máquina de vapor. Las bombas hidráulicas para el desagüe de minas movidas con agua y por bestias, diseñadas por Andrés del Río y Fausto de Elhuyar: 1800-1891*”, tesis para obtener el grado de licenciado en Historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2008.
- Festschrift zum hundertjährigen Jubiläum der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg am 30. Juli 1866*, Dresde, Druck der K. Hofbuchdruckerei von C. C. Meinhold & Söhne, vol. 1, 1866.
- Flores Clair, Eduardo, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, 2000.
- Frisch, Samuel Gottlob, *Lebenbeschreibung Abraham Gottlob Werners von... Nebst zwei Abhandlungen über Werners Verdienste um Oryktognosie und Geognosie*, Leipzig, F. A. Brockhaus, 1825.
- Gamboa, Francisco Xavier de, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas, dedicados al Catholico Rey, Nuestro Señor Don Carlos III*, Madrid, en la Oficina de Joachin Ibarra, 1761.
- Geiki, Archibald, *Landscape in History and other Essays*, London, Macmillan and Co., Limited, 1905.
- Gicklhorn, Renée, *Die Bergexpedition des Freiherrn Von Nordenpflycht und die deutschen Bergleute in Peru*, Leipzig, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1963.
- Guntau, Martin, *Abraham Gottlob Werner*, Leipzig, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, núm. 75, 1984.
- Guntau, Martin, “The Rise of geology as a science in Germany around 1800”, en C. L. E. Lewis y S. J. Knell (eds.), *The Making of the Geological Society of London*, Londres, The Geological Society, Special Publications, núm. 317, 2009.

- Hallam, Anthony, *Great Geological Controversies*, OUP Oxford, 1989.
- _____, “Neptunistas, vulcanistas y plutonistas”, en Jorge Llorente, Rosaura Ruiz, Graciela Zamudio y Ricardo Noguera (comps.), *Fundamentos históricos de la Biología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- Hamilton, William, *Observations On Mount Vesuvius, Mount Etna, And Other Volcanos: In A Series Of Letters, Addressed to The Royal Society*, Londres, Cadell, 1772.
- Haüy, René-Just, *Traité de Minéralogie*, t. 1, París, Chez Louis, de l’Imprimerie de Delance, París, 1801.
- Hoppe, Günter, “Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768 bis 1810). Minerologie und Bergbaemter in Preussen“, en *Leben und Wirken deutscher Geologen im 18. Und 19. Jahrhundert*, Leipzig, Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, 1985.
- Howe, Walter, *The Mining Guild of New Spain and its Tribunal General*, Cambridge, Cambridge University Press, 1949.
- Humboldt, Alexander von, “Introducción a la Pasigrafía geológica”, en Andrés Manuel del Río, *Elementos de Oricognosia*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1805.
- _____, *Veus de Cordillères et Monumens de Peuples Indigenes de L’Amérique*, 2 t., París, Schoell, 1810.
- _____, *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, París, chez F. G. Levrault, 1823.
- _____, *Reise auf dem Río Magdalena, durch die Anden und Mexico. Aus seinen Reisetagebücher*, edición de Margot Faak, Berlín, Akademie Verlag, 2 vols., Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, 8 y 9, 2003.
- Hutton, James, *Theory of the Earth, with Proofs and Illustration. In four Parts*, Londres, Cadell junior y Davies; Edimburgo, William Creech, 1795.
- Izquierdo, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958.
- Jameson, Robert, *System of Mineralogy, Comprehending Oryctognosie, Geognosie, Mineralogical Chemistry, Mineralogical Geography, and Oeconomical Mineralogy*, Edimburgo, C. Stewart, vol. I, 1804; vol. II, 1805; vol. III, 1808.
- Karsten, Dietrich Ludwig Gustav, *Mineralogische Tabellen mit Rücksicht auf die neuesten Entdeckungen ausgearbeitet und mit erläuternden Anmerkungen versehen*, Berlín, Auf Kosten des Verfassers und in Commission bei Heinrich Augusta Rottmann, 1800.
- _____, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas, Tercer edición alemana de 1800 traducida al castellano*

- para el uso del Real Seminario de Minería por Don Andrés Manuel del Río*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1804.
- Kázmér, Miklós, “Werner’s First Translator: Fernec Benkő, Hungarian Priest, Mineralogist, Professor”, en H. Albrecht y R. Ladwig (eds.), *Abraham Gottlob Werner and the Foundation of the Geological Sciences*, Freiberg, Technische Universität-Bergakademie Freiberg, Freiburger Forschungshefte, D-207, 2002.
- Kern, Johann Gottlieb, *Bericht vom Bergbau*, Freiberg, Verlag der Kurfürstlichen Bergakademie, 1769.
- Klaproth, Martin Heinrich, *Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper*, Posen, Decker und Compagnie, Berlín, Heinrich August Rottmann, vol. 1, 1795.
- _____, *Analytical Essays Towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances*, Londres, Printed for. T. Cadell Jun. And W. Davies, 1801.
- Laudan, Rachel, *From Mineralogy to Geology. The Foundations of a Science, 1650-1830*, The University of Chicago Press, 1987.
- Lavoisier, Antoine Laurent de, *Tratado elemental de Química*, trad. de Vicente Cervantes, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, t. 1., 1797.
- López de Azcona, Juan Manuel, “Andrés Manuel del Río Fernández”, en Juan Manuel López de Azcona, Ignacio González Casanovas y Esther Ruiz de Castañeda (eds.), *Minería iberoamericana: Biografías mineras, 1492-1892*, vol. 1, Madrid, Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas de España, 1992.
- Lyell, Charles, *Elementos de Geología*, edición de José Pedro Calvo Sorando; trad. castellana de Joaquín Ezquerro del Bayo, Barcelona, Editorial Crítica, 2011.
- Maimieux, Joseph de, *Pasigraphie ou premiers éléments du nouvel artscience d’écrire et d’imprimer en une langue de manière à être lu et entendu dans toute autre langue sans traduction*, París, Au Bureau de Pasigraphie, 1797.
- Méndez Pérez, Juan Ramón, *El Tribunal de Minería de la Nueva España*, tesis para obtener el grado en doctor en Derecho, Facultad de Derecho de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
- Meyer, Johann Friedrich, *Briefe über Russland*, Gotinga, Friedrich Andreas Rosenbusch, 2 t., 1778-1789.
- Moncada Maya, José Omar, “Humboldt en el Seminario de Minería”, en Héctor Mendoza Vargas y Luz Fernanda Azuela (coords.), *Lecturas de Humboldt en México: Naturaleza, cultura y sociedad*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, núm. 5, 2003.
- Moncada Maya, José Omar y Alberto Saladino García (coords.), *La Geografía de la Ilustración*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Geografía, 2003.

- Moncada Maya, José Omar, “La visita de Humboldt a la Nueva España”, Ciclo de conferencias para conmemorar el Bicentenario del paso de Alexander von Humboldt por Veracruz (1804-2004), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., 7-9 de marzo de 2004.
- Monnet, Antoine Grimoald, *Traité de l'exploitation des mines; avec un Traité particulier sur la préparation et le lavage des mines*, París, Didot, 1773.
- Morán, Dante y Gabriela Guzzy, “Ciencias de la Tierra. Antecedentes históricos y panorama actual”, en Óscar Monroy Hermosillo (coord. gral.), *Cosmos. Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México. Ciencias de la Tierra*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2011.
- 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, Plaza y Valdés, Secretaría de Cultura de Michoacán, 2012.
- Moreno de los Arcos, Roberto, “Francisco Antonio Bataller, catedrático de Física en el Real Seminario de Minería”, en Roberto Moreno de los Arcos, *Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.
- _____, “Las instituciones de la industria minera novohispana”, en Miguel León Portilla, Jorge Gurría Lacroix, Roberto Moreno, Enrique Madro Bracho, *La minería en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1978.
- _____, “Introducción”, Federico Sonneschmidt, *Tratado de amalgamación de Nueva España*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1983, edición facsimilar de la de 1825.
- Oldroyd, David, “Historicism and the Rise of Historical Geology, part 1”, David Oldroyd, *Sciences of the Earth. Studies in the History of Mineralogy and Geology*, Great Britain, Variorum Collected Studies, 1998.
- Ospovat, Alexander M., *The Kurze Klassifikation und Beschreibung der Verschiedenen Gebirgsarten of Abraham Gottlob Werner*, Thesis to the Graduate Faculty for the degree of Master of Arts, Oklahoma, 1958.
- _____, *Abraham Gottlob Werner and his influence on Mineralogy and Geology*, Dissertation submitted to the Graduate Faculty for the degree of Doctor of Philosophy, The University of Oklahoma, 1960.
- Pastrana, Alejandro, *La explotación azteca de la obsidiana en la Sierra de las Navajas*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, serie Arqueología, 1998.
- Pelayo, Francisco, *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*, Ediciones Akal, Historia de la Ciencia y de la Técnica, 1991.

- Playfair, James G., “Biographical Account of the Late Professor Playfair”, en *The Works of John Playfair, Esq... with a Memoir of the Author*, Edimburgo, Printed for Archibald Constable & Co., vol. 1, pp. IX-LXXVI, 1822.
- Playfair, John, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*, Londres, Printed for Cadell and Davies; Edimburgo, Creech, 1802.
- Plinio Segundo, Cayo, *Cajii Plinii Secundii Historiae naturalis libri xxxvii, quos interpret, et not. Illustravit Io. Haruinus*, París, t. II, 1723.
- Prieto, Carlos, Manuel Sandoval Vallarta, Modesto Bargalló y Arturo Arnaiz y Freg, *Andrés Manuel del Río y su obra científica*, México, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, s.A., 1966.
- Puig Samper, Miguel Ángel y Sandra Rebok, *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*, Madrid, CSIC, 2008.
- Pusch, Georg Gottlieb, *Geognostischer Katechismus oder Anweisung zum praktischen Geognosiren für angehende Bergleute und Geognosten*, Freiberg, bei Craz und Gerlach, 1819.
- Ramírez, Santiago, *Joaquín Velázquez de León*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional Autónoma de México, 1983, primera edición facsimilar de la de 1888.
- _____, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Gobierno Federal en el ex Arzobispado, 1890.
- _____, *Biografía del Sr. D. Andrés Manuel del Río. Primer catedrático de Mineralogía del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús, 1891.
- Real Academia Española, *Diccionario de la lengua castellana*, 5ª edición, Madrid en la Imprenta Real, 1817.
- Reinalter, Helmut (ed.), *Die Aufklärung in Österreich. Ignaz von Born und seine Zeit*, Francfort del Meno, Peter Lang, 1991.
- Reuss, Franz Ambrosius, *Lehrbuch der Geognosie*, Leipzig, Friedrich Gotthold Jacobäer, 2 vols., 1805.
- Río, Andrés Manuel del, *Elementos de Orictognosia, o del conocimiento de los fósiles, para el uso del Real Seminario de Minería de México,... segunda parte, que corresponde combustibles metales y rocas...*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1805.
- _____, “Cátedra de Mineralogía. Profesor Andrés Manuel del Río, día 14 de noviembre de 1845”, en *Anuario del Colegio Nacional de Minería. Año de 1845*, México, Imprenta de Ignacio Cumplido, 1846.
- _____, *Elementos de Orictognosia 1795-1805*, edición y estudio introductorio por Raúl Rubinovich Kogan, México, Universidad Nacional Autónoma de México, primera edición facsimilar de 1992.

- _____, *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles, según el sistema de Berzelio, y según los principios de Abraham Gottlob Werner. Parte práctica: con la sinonimia inglesa, alemana y francesa, para uso del Seminario Nacional de Minería de México, Parte Práctica-Segunda edición*, Filadelfia, Imprenta de Juan F. Hurtel, 1832.
- _____, *Elementos de Orictognosia o sea mineralogía, o 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. Parte preparatoria, Parte Preparatoria-Segunda edición*, México, Imprenta de R. Rafael, 1846.
- _____, *Suplemento de adiciones y correcciones de mi Mineralogía, impresa en Filadelfia en 1832*, México, Tipografía de R. Rafael, 1848.
- _____, *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles*, Madrid, Universidad Complutense, 1985.
- _____, *Manual de Geología: extractado de la Lethaea geognóstica de Bronn, con los animales y vegetales perdidos, ó que ya no existen, mas característicos de cada roca, y con algunas aplicaciones a los criaderos de esta República, para uso del Colegio Nacional de Minería*, México, Impreso por Ignacio Cumplido, 1841.
- Rudwick, Martin J. S., *The Great Devonian Controversy*, The University Chicago Press, Chicago, 1985.
- _____, “Objetos fósiles”, en Jorge Llorente, Rosaura Ruiz, Graciela Zamudio, Ricardo Noguera (comps.), *Fundamentos históricos de la Biología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- _____, *Earth's Deep History*, The University of Chicago Press, 2014.
- Sage, Balthazar George, *Description méthodique du cabinet de l'École Royale des Mines*, París, À l'Imprimerie Royale, 1784.
- Sánchez Díaz, Gerardo, “La ferrería de Coalcomán y la guerra de Independencia”, en José Antonio Serrano, Luis Jaúregui (eds.), *La Corona en llamas. Conflictos económicos y sociales en las Independencias Iberoamericanas*, Castelló, Universitat Jaume I, 2010.
- Schlüter, Christoph Andreas, *Gründlicher Unterricht Von Hütte-Werken, Worin gezeigt wird, Wie man Hütten-Werke auch alle dazu gehörige Gebäude und Oefen aus dem Fundament recht anlegen solle, auch wie sie am Hartz und andern Orten angeleget sind. Und wie darauf die Arbeit bey Gold- Silber- Kupfer- und Bley-Ertzen, auch Schwefel- Vitriol- und Aschen-Werken geführt werden müsse. Nebst einem vollständigen Probiere-Buch, darin enthalten wie allerley Ertze auf alle Metalle zu probieren, die Silber auf unterschiedene Art fein zu brennen, Gold und Silber mit Vortheil zu scheiden und alles, so dazu gehöret, zu verrichten*, Braunschweig, F. W. Meyer, 1738.

- _____, *De la fonte des mines, des fonderies, &c... Le tout augmentée de plusieurs procédés & observations; & publié par M. Hellot*, París, Chez la veuve Pissot, Jean-Thomas Herissant, Pissot, fils, 2 vols., 1750-1753.
- Schmieder, Karl Christoph, *Die Geognosie nach chemischen Grundsätzen dargestellt*, Leipzig, 1802.
- Sículo, Diódoro, *Diodori Siculi bibliothecae historicae libri xv*, Hanover, Laurent. Rhodomannum, 1604.
- Sonneschmid, Friedrich Traugott, *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerksreviere von Mexiko oder Neu Spanien*, Schleiz, el autor, 1804.
- _____, *Tratado de amalgamación de México*, México, Mariano Joseph de Zúñiga y Ontivero, 1805.
- _____, *Tratado de amalgamación de Nueva España*, y sacado a la luz por D. J. F., París, Galeria de Bossage, Mégico, Librería de Bossange, 1825.
- _____, *Tratado de amalgamación*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, edición facsimilar de la de 1805, 1983.
- Struve, Henri, *Méthode Analytique Des Fossiles: Fondée Sur Leurs Caractères Extérieurs*, Lausana, Aux dépens de l'Auteur, 1797.
- Suckow, Georg Adolph, *Von dem Nutzen der Chemie zum Behuf des bürgerlichen Lebens, und der Denomie*, Mannheim und Lautern, 1775.
- _____, *Anfangsgrunde der Mineralogie*, Leipzig, 1790.
- Trabulse, Elías, *Francisco Xavier Gamboa: un político criollo en la ilustración mexicana (1777-1794)*, México, El Colegio de México, 1985.
- _____, *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, El Colegio de México, 1994.
- Torre, Giovanni Maria della, *Histoire et Phénomènes du Vésuve*, Nápoles, Chez Donato Campo, 1771.
- Uribe Salas, José Alfredo, *Los albores de la Geología en México. Mineros y hombres de ciencia*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Historiadores de la Ciencias y Humanidades, A.C., 2015.
- Velázquez de León, Joaquín, *Elogio fúnebre del Sr. D. Andrés del Río, antiguo profesor de Mineralogía en el Seminario de Minería de México, pronunciado en el salón de Actos del mismo colegio, por su profesor de Geología y Zoología..., el día 31 de mayo de 1849*, México, Imprenta de Ignacio Cumplido, 1849.
- Villaseñor y Villaseñor, Alejandro, *Biografía de los héroes y caudillos de la independencia*, México, Editorial Jus, t. 1, 1963.
- Virgili, Carmina, *El fin de los mitos geológicos. Lyell*, Científicos para la Historia, 13, España, Nivola Libros Ediciones, 2003.
- Wagenbreth, Otfried, *Die Technische Universität Bergakademie Freiberg und ihre Geschichte*, Leipzig y Stuttgart, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1994.

- Werner, Abraham Gottlob, *A' Köveknék és Értzeknek Külső Megesmértető Jegyei-kröl*, Cluj-Napoca [Kolozsvar], Nyomt. A' Reform. Koll. Betüivel, 1784.
- _____, *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*, Dresde, In der Waltherischen Hochbuchhandlung, 1787.
- _____, *Traité des caractères extérieurs des fossiles/traduit de l'allemand de m. A.G. Werner ... Par le traducteur des Mémoires de Chymie de Scheele*, Dijon, De l'Imprimerie de L.N. Frantin, 1790.
- _____, *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge: mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freibergischen*, Freiberg, 1791.
- _____, *Ausführliches und systematisches Verzeichniss des Mineralien-Kabinetts des weiland kurfürstlich sächsischen Berghauptmans Herrn Karl Eugen Papst von Obain*, Annaberg y Freiberg, in der Crazischen Buchhandlung, 2 vols., 1791-1792.
- _____, *Nouvelle théorie de la formation des filons. Application de cette théorie à l'exploitation des mines particulièrement de celles de Freiberg. Par... Ouvrage traduit de l'allemand et augmenté d'un grand nombre des notes, dont plusieurs ont été fournies par l'auteur même*, Freiberg, Chez Craz, 1802.
- _____, *Nouvelle théorie de la formation des filons. Application de cette théorie à l'exploitation des mines particulièrement de celles de Freiberg. Par... Ouvrage traduit de l'allemand et augmenté d'un grand nombre des notes, dont plusieurs ont été fournies par l'auteur même par J. F. Daubuisson*, Paris, Chez Villier, 1802.
- _____, *A Treatise on the External Characters of Fossils*, Dublin, M. N. Mahon, 1805.
- _____, *New Theory of the Formation of Veins; with its Application to the Art of Working Mines. By... Translated from the German. To which is added an Appendix, Containing Notes Illustrative of the Subject; by Charles Anderson, M. D.* Edimburgo, Printed at the Encyclopedia Britannica Press, 1809.
- _____, "Umfang und Abtheilung der Bergwerkskunde, oder Skizze zu einer Encyclopädie der Bergwerkswissenschaften" en Abraham Gottlob Werner, *Kleine Sammlung mineralogischer Berg- und Hüttenmännischer Schriften*, Erstes Stück, Leipzig, bey Friedrich Christian Wilhelm Vogel, 1811.
- _____, *On the External Characters of the Fossils*, Urbana, University of Illinois Press, 1962. Traducción y anotaciones por Albert V. Carozzi.
- Widenmann, Johann Friedrich Wilhelm, *Handbuch des Oryktognostischen Theils der Mineralogie*, Leipzig, Crusius, 1794.
- _____, *Orictognosia*, 2 vols., Madrid, Imprenta Real por D. Pedro Julian Pereyra, 1797 y 1798.

- Wittich, Ernst, “Humboldt’s Reisen in Mexiko”, en Ernst Wittich, Hermann Beyer, Federico C. Damm y Palacio, Paul Henning, Karl C. Hoffmann, Dr. Arnold Krumm-Heller, Otto Peust y Dr. Paul Waitz (eds.), *Wissenschaftliche Festschrift zur Enthüllung des von Seiten Seiner Majestät Kaiser Wilhelm II. dem Mexikanischen Volke zum Jubiläum seiner Unabhängigkeit gestifteten Humboldt-Denkmal*, México, Müller Hnos., 1910.
- Zillmann, Karl Fritz, *Bestandsübersicht des handschriftlichen wissenschaftlichen Werner-Nachlasses*, Freiberg, 1967.
- Zimmermann, Carl Friedrich, *Obersächsische Bergacademie, in welcher die Bergwercks-Wissenschaften nach ihren Grund-Wahrheiten untersucht, und nach ihrem Zusammenhange entworfen werden*, 3 Stücke, Dresde y Leipzig, 1746.
- Zittel, Karl von, *Geschichte der Geologie und Palaeontologie*, München und Leipzig, 1899.
- , *History of Geology and Palaeontology*, translated by Maria M. Ogilvie-Gordon, London, 1901.

Hemerografía

- Aceves Pastrana, Patricia, “La difusión de la ciencia en la Nueva España en el siglo XVIII: la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier”, *Quipu*, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, vol. 4, núm. 3, septiembre-diciembre de 1987.
- Arnaiz y Freg, Arturo, “Don Andrés del Río, descubridor del Eritronio (Vanadio)”, *Revista de Historia de América*, núm. 25, junio de 1948.
- Bargalló, Modesto, “Andrés Manuel del Río en el bicentenario de su nacimiento (1764)”, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, núm. 25, 1964.
- Berlin, Heinrich, “Luis Martín, inquieto arquitecto neoclásico”, *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*, núm. 22, Buenos Aires, 1969.
- Buch, Leopold von, “Lobrede auf Karsten”, *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin*, 1818.
- Castillo, Antonio del, “Elogio a D. Andrés del Río, profesor de Mineralogía jubilado por el supremo gobierno, corresponsal de la Real Academia de Ciencias del Instituto de Francia, de la Sociedad Werneriana de Edimburgo, de la de Medicina de Strasburgo, de la Linneana de Leipsick, de la Real Económica de Saxonia, de la Real Academia de

- Medicina Matritense, de la Sociedad Filosófica, de la Academia de Ciencias, y expresidente de la Sociedad Geológica de Filadelfia, del Instituto de Washington, del Liceo de Historia Natural de Nueva York y de otros: leído por..., en la solemne distribución de premios a los alumnos del colegio de Minería, la noche del 12 de noviembre de 1852”, *El Siglo Diez y Nueve*, México, 9 de abril de 1853.
- Cserna, Zoltan de, “La evolución de la Geología en México (1500-1929)”, *Revista del Instituto de Geología*, vol. 9, núm. 1, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990.
- D’Aubuisson de Voisins, Jean François, “Suite de la lettre de M. d’Aubuisson à M. Berthollet sur les travaux de M. Werner; en minéralogie”, *Annales de Chimie où Recueil de mémoires concernant la Chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la Pharmacie*, t. 69, París, 31 de marzo de 1809.
- Dean, Dennis, “The Word Geology”, *Annals of Science*, núm. 36, 1979.
- Escamilla González, Francisco Omar, “Un reporte sobre la minería novohispana a fines del s. XVIII: las cartas de Fausto de Elhuyar a Ignaz von Born”, *Boletín de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País*, t. 65, núm. 1, Donostia-San Sebastián, 2009.
- Escamilla González, Francisco Omar y Ruth López Alejandre, “Nociones generales de la teoría y práctica de la Geometría subterránea. Escrita para la enseñanza de los alumnos del Real Seminario de Minería de México”, *Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, núm. 27, enero-abril 2013.
- Escamilla González, Francisco Omar y Lucero Morelos Rodríguez, “Bringing Werner’s Teachings to the New World: Andrés Manuel del Río and the Chair of Mineralogy in the School of Mines of Mexico (1795-1805)”, *Earth Sciences History*, vol. 39, núm. 2, 2020.
- Esmark, Jens, “Kurze Beschreibung einer mineralogischen Reise durch Ungarn, Siebenbrürgen und das Bannat”, *Neues Bergmännisches Journal*, vol. 1, núms. 5 y 6, 1795, pp. 373-464; vol. 2, núm. 2, 1799.
- Ferry, Emma Elizabeth, “Andrés Manuel del Río (1764-1849). The Father of Mexican Mineralogy”, *Mineralogical Record*, vol. 42, núm. 5, 2011.
- Fourgeroux de Bondaroy, Auguste Denis, “Premier mémoire sur le pétrole de Parme” y “Second mémoire sur les pétroles et sur des vapeurs inflammables communes dans quelques parties de l’Italie”, *Histoire de l’Académie Royale des Sciences. Année MDCLXX. Avec les mémoires de mathématique et de Physique pour la même année*, París, À l’Imprimerie Royale, 1773.
- Freiesleben, Johann Karl, “Geognostisch-bergmännische Beobachtungen auf einer Reise durch Saalfeld, Camsdorf und einen Theil Thüringens, 1792”, *Magazin für die Bergbaukunde*, Dresde, vol. 10, 1793.

- Fritscher, Bernhard, “Die Verwissenschaftligung der Geologie: Zur Bedeutung phänomenologischer und konstruktiver Erfahrungsbegriffe im Vulkanismusstreit”, *Sudhoff's Archiv*, t. 74, núm. 1, 1990.
- Füchsel, Georg Christian, “Historia terrae et maris ex historia Thuringiae per montium descriptionem eruta”, *Acta Academiae Electoralis Moguntinae scientiarum utilium quae Erfordiae est*, t. II, Erfurt, 1762.
- _____, “Eiusdem usus Historiae suae terrae et maris”, *Acta Academiae Electoralis Moguntinae scientiarum utilium quae Erfordiae est*, t. II, Erfurt, 1762.
- Gicklhorn, Renée, “Friedrich Traugott Sonneschmidt”, *Der Anschnitt, Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, vol. 20, núm. 5, Bochum 1968.
- Goethe, Johann Wolfgang von y Friedrich von Schiller, “Xenien”, en *Musen-Almanach für das Jahr 1797, herausgegeben von Schiller*, Tubinga, in der J. G. Cottaischen Buchhandlung, 1796.
- Gumprecht, “Ueber den Urheber des Namens Geognosie und die Einführung einiger anderen Namen, Begriffe und Bestimmungen in die Geognosie”, *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde*, vol. 24, núm. 2, Berlín, 1850.
- Hausberger, Bernd, “El universalismo científico del Barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera entre Hispano América y Alemania a finales del siglo XVIII”, *Historia Mexicana*, vol. 59, núm. 2, octubre-diciembre de 2009.
- Herrera Canales, Inés, “Los socavones aventureros”, *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, núm. 15, Morelia, Instituto de Investigaciones Históricas, 1992.
- Herrgen, Christian, “Conclusión de los materiales para la geografía mineralógica de España y de sus posesiones de América”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. III, núm. 7, enero de 1801.
- _____, “Discurso leído por D. Christiano Herrgen, profesor del Real Estudio de Mineralogía, en la abertura de sus lecciones mineralógicas en 1° de febrero de 1802”, *Anales de Ciencias Naturales*, Madrid, t. v, núm. 13, junio de 1802.
- Höpfner, Albrecht, “Zweite mineralogische Preisfrage”, *Magazin für die Naturkunde Helvetiens*, t. 3, 1788.
- _____, “Anhang zu den Preisschriften üben den Basalt”, *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789.
- Hoppe, Günter; J Siemroth y Ferdinand Damaschun, “Alexander von Humboldt und die Entdeckung des Vanadiums”, *Chemie der Erde*, núm. 50, 1990.
- Hutton, James, “Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe”, *Transactions of the Royal Society of Edinburg*, vol. 1, 1788.

- Klein, Ursula, “Artisanal-scientific Experts in Eighteenth-century France and Germany”, *Annals of Science*, vol. 69, núm. 3, julio, 2012.
- Klemun, Marianne, “Geognosie versus Geologie: Nationale Denkstile und kulturelle Praktiken bezüglich Raum und Zeit im Widerstreit“, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, núm. 38, 2015.
- Konečný, Peter, “The Hybrid Expert in the ‘Bergstaat’: Anton von Ruprecht as a Professor of Chemistry and Mining and as a Mining Official, 1779–1814”, *Annals of Science*, vol. 69, núm. 3, 2012.
- Leitner, Ulrike, “Anciennes folies neptuniennes !”, Über das wiedergefundene “Journal du Mexique à Veracruz” aus den mexikanischen Reisetagebüchern A.v. Humboldts” en *Humboldt im Netz*, III, 5, 2002.
- “List of Members”, *Memoirs of the Wernerian Natural History Society*, vol. 1, 1808–1810.
- Lundgreen, Peter, “Engineering Education in Europe and the USA, 1750–1930: The Rise to Dominance of School Culture and the Engineering Professions”, *Annals of Science*, vol. 47, 1990.
- Martín, Luis, “Extracto de un viage hecho por el Arquitecto Don Luis Martín”, *Gazeta de México*, t. x, núm. 4, 30 de noviembre de 1799.
- _____, “Extracto de un viage hecho por el Arquitecto Don Luis Martín”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. III, núm. 7, enero de 1801.
- Master, Sharad, “Plutonism versus Neptunism at the southern tip of Africa: the debate on the origin of granites at the Cape, 1776–1844”, *GSA Special Papers*, 2010, vol. 472.
- “México”, *Gazeta de México*, t. VII, núm. 46, 29 de noviembre de 1797.
- “México”, *Suplemento a la Gazeta de México*, México, 27 de octubre de 1804.
- Morel, Thomas, “Le microcosme de la géometrie souterraine: échanges et transmissions en mathématiques pratiques”, *Philosophia Scientiae*, vol. 19, núm. 2, 2015.
- Parra, Dolores y Francisco Pelayo, “Christian Herggen y la institucionalización de la Mineralogía en Madrid”, *Asclepio*, vol. XLVIII, núm. 1, 1996.
- Pelayo, Francisco y Sandra Rebok, “Un discípulo español de Alexander von Humboldt en la *Bergakademie* de Freiberg: Josef Ricarte y su informe sobre el método de amalgamación de Born (1788)”, *Asclepio*, vol. LVI, núm. 2, 2004.
- Puche Riart, Octavio y Francisco Javier Ayala Carcedo, “La ‘Orygthología’ de Juan José Elhuyar (1754–1706) y la ‘Oritognosia’ de Andrés Manuel del Río (1764–1849), primeros tratados geológicos escritos por españoles en América”, *Boletín Geológico y Minero*, vol. 104, núm. 1, 1993.
- Río, Andrés Manuel del, “De la importancia de las señales exteriores para conocer los fósiles”, *Diario de los nuevos descubrimientos de todas las ciencias*

- físicas que tienen alguna relación con las diferentes partes del arte de curar*, t. III, Madrid, en la Imprenta de Sancha, 1793.
- _____, “Discurso que a presencia del Real Tribunal de Minería pronunció D. Andrés del Río, catedrático de Mineralogía, con motivo de los ejercicios públicos que tuvieron de tres ramos de esta ciencia los alumnos del Real Seminario de Minería de México en la tarde del 16 de noviembre de 1796”, *Gazeta de México*, t. VIII, núm. 30, México, 18 de enero de 1797.
- _____, “Discurso leído por Don Andrés del Río, Catedrático de Mineralogía, en la tarde del 31 de Octubre del año pasado, en que tuvieron el Acto de Orictognosia, Geognosia y Laborío de Minas, los Alumnos del Real Seminario de Minería de México, como se dijo en la Gazeta Núm. 16 de este tomo”, *Gazeta de México*, t. IX, núm. 23, México, 11 de enero de 1799.
- _____, “Discurso sobre los volcanes *Suplemento a la Gazeta de México*, que para dar principio al acto de Mineralogía que tuvieron, los Alumnos del Real Seminario de Minería en la tarde del 31 de octubre leyó D. Andrés Manuel del Río”, *Suplemento a la Gazeta de México*, t. x, núm. 3, México, 11 de noviembre de 1799.
- _____, “Discurso sobre los volcanes”, *Anales de Historia Natural*, t. II, núm. 6, Madrid, octubre de 1800.
- _____, “Discurso de las Vetas. Pronunciado por... en los Ejercicios del Real Seminario de Minería”, *Suplemento de la Gazeta de México*, México, 18 de noviembre de 1800.
- _____, “Discurso de las vetas”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. v, núm. 13, junio de 1802.
- _____, “Discurso de las vetas leído en los Actos del Real Seminario por Don”, *Gazeta de México*, núm. 22, México, viernes 12 de noviembre de 1802.
- _____, “Continuación del Discurso de las vetas leído en los Actos del Real Seminario por Don”, *Gazeta de México*, núm. 23, viernes 19 de noviembre de 1802.
- _____, “Descripción de una piedra perlada”, *Anales de Ciencias Naturales*, vol. 6, núm. 16, Madrid, mayo de 1803.
- _____, “Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, *Gazeta de México*, t. XI, núm. 50, México, viernes 16 de diciembre de 1803.
- _____, “Continuación del discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de Minas”, *Suplemento a la Gazeta de México*, t. XI, núm. 51, del viernes 16 de diciembre de 1803.

- _____, “Discurso de las vetas”, *Anales de Ciencias Naturales*, Madrid, t. VII, núm. 19, febrero de 1804.
- _____, “Observaciones de D. Andrés del Río sobre un tratado de minas”, *Anales de Ciencias Naturales*, t. VII, núm. 19, marzo de 1804.
- _____, “Discurso sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de minas”, *Efemérides de España*, núm. 205, lunes 23 de julio de 1804.
- _____, “Sigue la nota de D. Andrés del Río, sobre las formaciones de las montañas de algunos Reales de minas”, *Efemérides de España*, núm. 206, lunes 24 de julio de 1804.
- _____, “ERRATA del plan de estudios publicado el 19 de éste en el Diario del gobierno”, *El Siglo Diez y Nueve*, México, 31 de agosto de 1843.
- Rudwick, Martin J. S., “The Foundation of the Geological Society of London: its Scheme for Co-operative Research and its Struggle for Independence”, *British Journal for the History of Science*, vol. 1, núm. 4, diciembre de 1963.
- Sánchez Díaz, Gerardo, “Los avatares de la Compañía Restauradora de la Ferrería de Coalcomán, llamada El Socorro, 1863-1875”, *Tzintzun*, núm. 74, Morelia, julio-diciembre de 2021.
- _____, “Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana. Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX”, *Tzintzun*, núm. 50, Morelia, julio-diciembre de 2009.
- Schmidt, Peter “Zur Kenntnis des Wissenschaftlichen Altbestandes der Bibliothek der Bergakademie Freiberg”, *Neue Bergbautechnik*, núm. 7, 1977.
- Schreiber, Johann Gottfried, “Beobachtungen über das Gebirge Chalanches bey Allemont in Dauphine, und über die darinnen befindlichen Lagerstätte der Silbererze... Aus dem Französischen übersetzt, und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet von Hoffmann”, *Bergmännisches Journal*, vol 1, núm. 1, abril de 1788.
- Sonneschmid, Friedrich Traugott, “Beschreibung eines Gebirges um Braunsdorf, seiner mannigfaltigen Steinarten, und ihrer sichtlichen Uebergänge in einander”, *Crell's Chemische Annalen*, vol. 2, 1787.
- Suter, Max, “Early 19th Century Geologic Studies of the Zimapán Region, Central Mexico”, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 68, núm. 2, 2016.
- Thomson, Thomas, “Biographical Account of Mr. Karsten, of Berlin, Councillor of State, and Knight”, *Annals of Philosophy; or Magazine of Chemistry, Mineralogy, Mechanic, Natural History, Agriculture, and the Arts*, vol. I, núm. III, March, Londres, 1813.

- Uribe Salas, José Alfredo, "Ciencia y filosofía. Dos facetas en la vida de Andrés Manuel del Río", *Saberes. Revista de Historia de las Ciencias y las Humanidades*, vol. 1, núm. 3, enero-junio de 2018.
- _____, "Labor de Andrés Manuel del Río en México: profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías", *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, vol. LVIII, núm. 2, julio-diciembre de 2006.
- Voigt, Johann Karl Wilhelm, "Berichtigung ueber die neue Entdeckung von dem H. Academie-Inspector Werner", *Intelligenzblatt der Allgemeine Literatur-Zeitung*, núm. 60, 1788.
- _____, "Zweite Beantwortung der Frage: Was ist Basalt?", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789.
- Voigt, Johann Karl Wilhelm, "Antwortschreiben an den Herrn Bergrath und Professor Widenmann in Stuttgart, über den Basalt", *Bergmännisches Journal*, año 6, t. 2, parte 9, septiembre de 1793.
- Werner, Abraham Gottlob, "Neue Entdeckung", *Intelligenzblatt der Allgemeine Literatur-Zeitung*, núm. 57, 1788.
- _____, "Werners Bekanntmachung einer von ihm am Sceibenberger Hügel über die Entstehung des Basaltes gemachten Entdeckung, nebst zweien zwischen Herrn Voigt darüber gewechselten Streitschriften; alle dreye aus den Intelligenzblättern der allgemeinen Litteraturzeitung genommen, und con ihm noch mit einigen erläuternden Anmerkungen, wie auch einer in den noch besonders angehängten Schlussanmerkungen enthaltenen weiteren Ausführung seiner letztern Schrift begleitet", *Bergmännisches Journal*, año 1, t. 2, parte 9, diciembre de 1788.
- _____, "Versuch einer Erklärung der Entstehung der Vulkanen durch die Entzündung mächtiger Steinkohlenschichten, als ein Beitrag zur Naturgeschichte des Basalts", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789.
- _____, "Von den Butzen Wakken zu Joachimstahl", *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*, Hemstädt y Leipzig, núm. 1, 1789.
- _____, "Allgemeine Betrachtungen über den festen Erdkörper. Eine Vorlesung des Bergraths Werner", en *Auswahl aus den Schriften der unter Werner's Mitwirkung gestifteten Gesellschaft für Mineralogie zu Dresden*, Leipzig, bei J. F. Gleditsch, t. 1, 1818.
- Widenmann, Johann Friedrich Wilhelm, "Beantwortung der Frage: Was ist Basalt? Eine gekrönte Preisschrift", *Magazin für Naturkunde Helvetiens*, vol. 4, 1789.
- _____, "Schreiben an der Hr. Bergrath Voigt in Ilmenau über den Basalt als eine Flözgebirgsarte betrachtet", *Bergmännisches Journal*, año 4, t. 2, parte 7, julio de 1791.

- Wittich, Ernst, “El descubrimiento del vanadio”, *Boletín Minero*, t. XIII, México, núm. 1, enero de 1922.
- Zerpa Rodríguez, José Julio, “La obsidiana en la investigación de los volcanes europeos e hispanoamericanos (1783-1799)”, *Letras Históricas*, núm. 14, primavera-verano 2016.

Mesografía

- Guibovich, Pedro, Philip S. MacLeod and Christine Weideman, *Guide to the Mexico Collection MS 1776*, Manuscripts and Archives, Yale University Library, New Haven, Con., 2015. Disponible en <http://drs.library.yale.edu/fedora/get/mssa:ms.1776/PDF>, consultado el 12 de diciembre de 2015.
- Howarth, Richard J., “Etymology in the Earth Sciences: From Geologia to Geoscience”, *Earth Sciences History*, vol. 39, núm. 1, 2020, pp. 1-27. Disponible en <https://doi.org/10.17704/1944-6187-39.1.1>, consultado el 12 de diciembre de 2015.
- Humboldt, Alexander von, *Humboldt Nachlass, Essay de Pasigraphie geologique dressée à l'usage de l'Ecole Royale des Mines du Mexique*, Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, Caja 5, no. 88, 1803. Disponible en <http://resolver.staatsbibliothek-berlin.de/SBB00019E6B0000000>, consultado el 21 de noviembre de 2016.
- _____, *Humboldt Nachlass, Tagebücher der Amerikanischen Reise*, vol. VIII, Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz. Disponible en <http://resolver.staatsbibliothek-berlin.de/SBB0001527B00000000>, consultado el 21 de noviembre de 2016.
- “Inhaltsverzeichnis des Findbuchs Nachlass Werner, Abraham Gottlob”, Kalliope Verbund (Staatsbibliothek zu Berlin-Preussischer Kulturbesitz). Disponible en http://kalliope.staatsbibliothek-berlin.de/de/findingaid_toc?fa.id=DE-611-BF-,_1523&fa.enum=907&lastparam=true, consultado el 2 de septiembre de 2016.
- Jenkins, Bill, “Neptunism and Transformism: Robert Jameson and Other Evolutionary Theorists in Early Nineteenth-Century Scotland”, *Journal of the History of Biology*, artículo on-line first, 24 de octubre de 2015. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s10739-015-9425-4>, consultado el 24 de junio de 2016.
- “México, Distrito Federal, registros parroquiales y diocesanos, 1514-1970”. Disponible en <https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:JMBZ-ZYV>, consultado el 26 de mayo de 2016.

- “México, Distrito Federal, registros parroquiales y diocesanos, 1514-1970”. Disponible en <https://familysearch.org/ark:/61903/1:1:NKR6-5JC>, consultado el 26 de mayo de 2016.
- Puche Riart, Octavio, *Andrés Manuel del Río Fernández (1764-1849)*, Madrid, Biblioteca Virtual de Polígrafos, 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.18558/FIL142>, consultado el 23 de mayo de 2021.
- Real Academia Española, *Nuevo tesoro lexicográfico de la lengua española*. Disponible en <http://buscon.rae.es/ntlle/SrvltGUILoginNtile>, consultado el 31 de agosto de 2016.

VII

Índice

✿ onomástico ✿

A

- ABILDGAARD, Nikolai Abraham: 107
- ACADEMIA DE MINAS DE FREIBERG (BERGAKADEMIE FREIBERG): 18, 22, 31, 36, 43, 56, 61, 62, 68, 73, 74, 76, 96, 100, 105, 109, 194.
- ACADEMIA DE MINAS DE SCHEMNITZ (Austria, hoy Banská Štiavnica, Eslovaquia): 20, 76, 80.
- ADLER, Johann Gottfried: 101.
- AEHLEN (Cantón de Berna, Suiza): 164.
- AGRICOLA, Georgius (Georg Bauer): 17, 36, 41, 176, 193, 251.
- AGUILAR ROCHA, Mónica Estrella: 27.
- ALDACO, Gerónimo: 123.
- ALEMONT (Alpes del Dauphiné, Francia): 157.
- ALPES DE TIROL (Austria): 155.
- ALTE GRÜNE ZWEIG O ALTEGRUNE ZWEIG (Freiberg, Sajonia, Alemania): 140.
- ALTENBERG (Sajonia, Alemania): 136, 148, 166.
- ALZATE Y RAMÍREZ, José Antonio de: 96.
- AMÉRICA: 12, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 74, 76, 84, 98, 101, 103, 105, 108, 109, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 123, 128, 190, 209, 228, 229, 231, 238.
- ANDERSON, Charles: 20, 69, 70, 244, 261.
- ANDRADA, José de: 107
- ANNABERG-BUCHHOLZ (Sajonia, Alemania): 145, 159, 261.
- ANTRIM (Irlanda del Norte): 233.
- APARICI, Pedro: 83, 175.
- ARCHIVO GENERAL DE LA NACIÓN (AGN): 83, 251.
- ARCHIVO HISTÓRICO DEL PALACIO DE MINERÍA (AHPM): 21, 77, 81, 85, 94, 95, 96, 101, 102, 108, 113, 115, 117, 119, 121, 122, 123, 191, 204, 246, 251.
- ARDENNES (región europea entre los países Luxemburgo, Bélgica, Francia): 164.
- ARDUINO, Giovanni: 47, 48, 49.
- ARESDORF (Basilea, Suiza): 140.

ARNAIZ Y FREG, Arturo: 23, 79, 89, 90, 116 136, 245.
ARROYO DE SANTIAGO (Hidalgo, México): 195, 225.
ARROYO DE TOLIMÁN (Querétaro, México): 195, 196, 212, 226.
AUSTRIA: 18, 20.

B

BAD STEBEN (Baviera, Alemania): 228.
BARGALLÓ, Modesto: 17, 23, 81, 102.
BALZER, Johann (grabador checo, 1738-1799): 72, 82, 244.
BANNATO de Temeswar (providencia del imperio Habsburgo): 164.
BARBA, Álvaro Alonso: 241.
BÁRCENA, Mariano: 57.
BARKER (ayudante de Abraham Gottlob Werner): 211, 212.
BARRAGÁN MANZO, Ricardo: 27.
BATALLER, Francisco Antonio: 18, 203.
BAUDRIMONT, Alexandre Édouard: 50, 75, 174.
BAUER, Georg (ver Georgius Agricola): 17.
BAUMER, Johann Wilhelm: 158.
BAUZEN (Sajonia, Alemania): 159.
BECHER, Johann Joachim: 193.
BENÍTEZ, José Mariano: 123.
BENKÖ, Ferenc: 37, 255.
BERGMAN, Torbern Olof: 188, 194.
BERLÍN (Alemania): 50, 52, 104, 105, 106, 107, 111, 115, 116, 119, 120, 123, 129, 142, 182, 205, 219, 222, 238, 246.
BERNA (Suiza): 42, 159, 164.
BERZELIUS, Jöns Jacob: 70.
BIBLIOTECA GEORGIUS AGRICOLA: 36.
BIBLIOTECA MIGUEL LERDO DE TEJEDA DE LA SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO: 12, 22, 79, 82, 89, 90, 133, 136.
BOERHAAVE, Hermann: 186.
BONILLA: 175.
BONPLAND, Aimé: 119, 120, 235.
BORN, Ignaz von: 72, 73, 76, 82, 99, 101, 103, 106.
BOUGUER, Pierre: 107.
BRANCH RAMOS, Anabell: 6, 27.
BREISLACK, Scipion: 70.
BUCH, Leopold von: 36, 46, 70, 76, 105, 107.
BURAT, Amédée: 67, 68, 97, 243, 245.
BÜTZOW (actual estado de Mecklemburgo-Pomerania, Alemania): 105.

C

- CADEREYTA (Querétaro, México): 115.
 CALABRIA (Italia): 155.
 CARLOS IV: 83.
 CARLSBAD (hoy Karolvy Vary, República Checa): 148.
 CASTILLO PATIÑO, Antonio del: 24, 57, 130, 257.
 CAYO PLINIO: 193.
 CERRO DE LAS NAVAJAS (Hidalgo, México): 119, 121, 220, 234, 235.
 CERRO DE SIRENA (Guanajuato, México): 198.
 CERVANTES, Vicente: 114, 214, 237.
 CHAMARELLE O CHAMAREL (República de Mauricio): 188.
 CHARPENTIER, Johan Wilhelm von: 30, 107, 159.
 CHÁVEZ, María Isabel: 27.
 CHIMOY, Carolina: 27.
 CHOVEL, Casimiro: 77, 236.
 CHURPRINZ (cerca de Freiberg, Sajonia, Alemania): 145.
 COALCOMÁN (Michoacán, México): 23, 99, 123.
 COLEGIO DE MINERÍA (México): 12, 21, 22, 23, 73, 74, 76, 86, 92, 93, 114, 115, 119, 125, 128, 130, 131, 133, 158, 203, 213, 224.
 COLEGIO METÁLICO (México): 95, 108.
 COLEGIO NACIONAL DE MINERÍA (México): 125, 158.
 COLLET-DESCOTILS, Hyppolite Victor: 116.
 COMANJÁ (Jalisco, México): 114, 200, 217.
 COPÉRNICO, Nicolás: 183.
 CORIA, José: 123.
 CORNWALL (Inglaterra): 76.
 CORTES DE CÁDIZ: 23, 124.
 COTERO, Manuel: 77, 122.
 CRACOVIA (Polonia): 164.
 CRELL, Lorenz von: 110.
 CRONSTEDT, Axel Fredrik: 204.
 CUVIER, Georges: 70.

D

- D'AUBUISSON de Voisins, Jean François: 20, 29, 36, 40, 46, 60, 62, 63, 66, 67, 70.
 DAMASCHUN, Ferdinand: 27, 116.
 DARWIN, Charles: 71.
 DAVY, Humphry: 70.
 DELFINADO (Francia): 157.
 DELIUS, Christoph Traugott: 20, 80, 86, 135, 194.

DIÓDORO SÍCULO: 193.
DIPUTACIONES TERRITORIALES DE MINERÍA: 84, 181.
DOBRITZHOFFER, Martin: 107.
DOLOMIEU, Déodat de: 91, 98, 107, 155, 184, 186, 187, 191, 211, 233.
DRESDE (Sajonia, Alemania): 31, 45, 52, 55, 68, 82, 83, 161, 175, 194, 211.
DU BUAT, Pierre Louis Georges: 216.
DURANGO (México): 21, 103, 104.

E

EBELING, Christoph Daniel: 107.
ECKERT, Karsten: 27.
EGEDE, Paulo: 107.
EGIPTO: 168.
EHRENFIREDENSDORF O EHRENFRIEDERSDORF (Sajonia, Alemania): 145.
EIBENSTOCK (Sajonia, Alemania): 159.
EISENERZ (ciudad minera en Austria): 164.
EL CARDONAL (Hidalgo): 114, 198, 212, 229.
EL DOCTOR (Querétaro, México): 115, 213, 229.
ELHUYAR, Fausto de: 12, 18, 37, 60, 70, 72, 73, 74, 76, 83, 85, 94, 101, 108, 119, 122, 175, 182.
ELHUYAR, Juan José de: 18.
ESCALANTE SANDOVAL, Carlos Agustín: 6, 12.
ESCAMILLA GONZÁLEZ, Francisco Omar: 22, 27, 30, 37, 57, 73, 75, 81, 93, 101, 104, 106, 109, 113, 114, 116, 124, 126, 249.
ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS (México): 131.
ESCUELA PRÁCTICA DE MINAS DEL FRESNILLO: 22.
ESMARK, Jens: 70, 121, 219, 220, 222, 232.
ESPAÑA: 11, 18, 40, 49, 72, 73, 83, 84, 99, 112, 123, 126, 209, 224, 227.
ESPINOSA, Luis: 27.
ESTADOS UNIDOS: 12, 22, 130.
ETNA (volcán): 91, 170, 184, 185, 186, 189, 221.
EUROPA: 17, 19, 20, 29, 46, 73, 74, 76, 84, 85, 91, 101, 114, 116, 121, 123, 128, 130, 146, 202, 217, 231.
EZQUERRA DEL BAYO, Joaquín: 42, 130

F

FEDERICO AUGUSTO I: 30, 60.
FEDERICO GUILLERMO II: 105.
FILADELFIA: 23, 124, 130.
FISCHER, Franz: 99.
FLORES, Manuel Antonio: 101.

FORSTER, Georg: 107.
 FOURGEROUX DE BONDAROY, Auguste Denis: 185.
 FRANCIA: 18, 67, 76, 130, 192.
 FRANCONIA (Baviera, Alemania): 228.
 FREIBERG (Sajonia, Alemania): 11, 18, 19, 22, 24, 30, 31, 36, 37, 39, 41, 43, 45, 53, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 82, 83, 84, 90, 96, 99, 100, 104, 109, 121, 129, 130, 135, 136, 137, 138, 141, 143, 145, 149, 151, 152, 157, 162, 164, 176, 179, 192, 194, 199, 219.
 FREISLEBEN, Johann Christian: 107.
 FRIIS BOTBÖLL OLOFSEN, Christian: 107.
 FRISCH, Samuel Gottlob: 52, 61.
 FÜCHSEL, Christian Georg: 47, 48, 49, 50, 51.

G

GAMBOA, Francisco Xavier de: 241.
 GANDIAGA GARDUÑO, Ignacia: 94, 114.
 GANDIAGA, José: 94.
 GARAY, José de: 127.
 GARCÍA TORRES, Vicente: 127.
 GARDOQUI, Diego: 83.
 GARDUÑO, María de la Luz: 94.
 GASTAÑETA: 95.
 GELLERT, Chistlieb Ehregott: 30.
 GEIER (ver Carlsbad, hoy Karolvy Vary, Republica Checa): 148.
 GEORGI, J. D.: 107.
 GERSDORF (Sajonia, Alemania): 142, 145, 158, 162, 199.
 GEYER (Sajonia, Alemania): 166.
 GIOENI, Giuseppe: 107.
 GMELIN, Leopold: 107.
 GOETHE, Johann Wolfgang von: 40, 43, 70.
 GONZÁLEZ AMOZORRUTIA, Ángel: 27.
 GOSLAR (Baja Sajonia, Alemania): 33.
 GOTTES (Gersdorf, Sajonia, Alemania): 158, 162.
 GOYZUETA, Mariano: 12, 22, 81, 134.
 GREENOUGH, George Bellas: 71.
 GRUNDE (Sajonia, Alemania): 49, 149, 150, 218, 221.
 GUANAJUATO (México): 21, 101, 103, 104, 114, 196, 198, 199, 206, 213, 214, 216, 225, 230, 231, 232.
 GUARISAMEY (Durango, México): 103.
 GUATEMALA: 23, 73, 85.
 GUNTAU, Martin: 35, 36, 41, 44, 55, 61, 63.

H

- HACIENDA DE SAN CAYETANO (Mineral del Monte, Hidalgo): 232, 233.
HACIENDA DE SAN JOSÉ DE LA PLATA (Zacatecas, México): 215.
HACIENDA DE TERRONES (Mineral del Monte, Hidalgo): 232.
HACIENDA DEL CARMEN (Mineral del Monte, Hidalgo): 232.
HAINICHEN (Sajonia, Alemania): 154.
HALLE (Sajonia-Anhalt, Alemania): 30, 105.
HALSBRÜCKNER (Sajonia, Alemania): 135.
HAMILTON, William: 91, 98, 185, 186.
HANAU (Alemania): 188.
HARTENBERG (de Renania-Palatinado, Mainz, Alemania): 136.
HARZ (Alemania): 33.
HAÜY, René Just: 70, 92, 109, 110, 116, 118, 239, 240.
HAWKINS, John: 107.
HELLOT, Jean: 67.
HERRERA CANALES, Inés: 27.
HERRGEN, Christian: 70, 75, 99, 126, 192, 208, 209, 240.
HESSE (Alemania): 105, 146, 156, 188.
HIDALGO (México): 21, 103, 104, 114, 115, 119, 120, 205, 209.
HÖPFNER, Albrecht: 42, 44.
HUASCA DE OCAMPO (Hidalgo, México): 120.
HUMBOLDT, Alexander von: 18, 21, 36, 40, 46, 48, 70, 76, 91, 92, 101, 105, 107, 109, 111, 112, 115, 116, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 128, 130, 142, 182, 210, 211, 224, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 233, 235, 238.
HUNGRÍA: 76, 121, 135, 141, 158, 164, 219, 221 239.
HUTTON, James: 40, 42, 71.

I

- IMPORTANTE CUERPO DE LA MINERÍA DE NUEVA ESPAÑA: 11, 72.
INGLATERRA: 76, 185, 206.
INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO (hoy Instituto de Geología, UNAM): 116, 131.
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA (México): 74, 98.
IRAZABA, Óscar: 27.
IRLANDA: 37, 188, 233.
ISLANDIA: 188.
ISLAS DE FERÓ (Dinamarca): 188.
ISLAS PONTINAS O PONCES (Italia): 184
IXMIQUILPAN (Hidalgo, México): 115, 229, 230.

J

- JALISCO (México): 21, 104.
 JAMESON, Robert: 36, 68, 69.
 JOACHIMSTHAL (Brademburgo, Alemania, hoy Jáchymov, República Checa): 156, 157, 159, 165.
 JOHANN-GEORGENSTADT (Sajonia, Alemania): 145, 159.

K

- KADEN, Herbert: 27.
 KALTENNORDHEIM (Turingia, Alemania): 188
 KÄMPFER, ENGELBERT: 107
 KAMSDORF, (Turingia, Alemania): 164.
 KANDLER, Susanne: 19, 24, 27.
 KARSTEN, Dietrich Ludwig Gustav: 21, 36, 76, 80, 92, 99, 100, 104, 105, 106, 107, 109, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 126, 173, 207, 210, 211, 219, 220, 221, 224, 225, 228, 233, 237, 238.
 KARSTEN, Wenceslaus Johann Gustav: 105.
 KERN, Johann Gottlieb: 18, 67, 135.
 KLAPROTH, Martin Heinrich: 105, 106, 107, 109, 110, 206, 219, 222, 237, 238.
 KLEINHARDT, J.: 72, 82.
 KÖHLER, Alexander Wilhelm: 109, 118.
 KOMITAT GÖMER (actualmente Gömör, Hungría): 164.
 KONGSBERG (Noruega): 151.
 KUGLER-KIESSLING, Angela: 27.

L

- LANGUEDOC (Francia): 188.
 LASSAGA, Juan Lucas de: 72.
 LAUSITZ O LUSACIA (región entre Alemania y Polonia): 159, 164.
 LAVOISIER, Antoine Laurent de: 66, 76, 110, 114, 237.
 LEHMANN, Johann Gottlog: 51, 194.
 LEIPZIG (Sajonia, Alemania): 19, 31, 35, 38, 41, 45, 52, 62, 68, 106, 109, 155, 157, 158, 159, 193, 194, 240.
 LEITNER, Ulrike: 27, 130.
 LÉMERI (Nicholas Lémery): 189.
 LEMPE, Johann Friedrich: 109, 118.
 LEONHARDT, Johann Gottfried: 243.
 LESKE, Nathanael Gottfried: 33, 107, 243.
 LINDNER, Luis Fernando: 18, 99, 123.
 LÖBTAU (Dresde, Alemania): 45.

- LOHBERG (Baviera, Alemania): 158.
LOMMER, Christian: 30.
LOMO DE TORO (Zimapán, Hidalgo, México): 210, 212, 213, 228.
LUNDGREEN, Peter: 58, 265.
LYELL, Charles: 24, 40, 42, 46, 47, 48, 49, 56, 71, 121, 128, 146.

M

- MACQUER, Pierre Joseph: 243.
MANFELD O MANSFELD (Sajonia, Alemania): 146.
MANNHEIM (Baden-Wurtemberg, Alemania): 109.
MANSFELD, J. E.: 146, 243.
MARBURGO (Hesse, Alemania): 105.
MARIENBERG (Sajonia, Alemania): 145, 159, 164.
MARTÍNEZ LÓPEZ, María Teresa: 27.
MEISSEN O MISNIA (Sajonia, Alemania): 188.
MELQUIOND, Juan Miguel: 21, 107, 108.
MEMMENDORF (Sajonia, Alemania): 158.
MÉNDEZ FLORES, Katia: 27.
MILÁN BARROS, Laura: 27.
MINA DE LA BATEA (Guanajuato, México): 232.
MINA DE LA CRUZ (Guanajuato, México): 207, 212, 213.
MINA DE LA PURÍSIMA (Cardonal, Hidalgo): 198, 229.
MINA DE RAYAS (Guanajuato, México): 198.
MINA DE SANTA ANA (Guanajuato, México): 199, 213, 231.
MINA HILFE GOTTES (Memmendorf, Sajonia, Alemania); veta Hilfe: 158.
MINA LA CANTERA, O VETA CANTERA (Zacatecas, México): 232.
MINA LA PURÍSIMA (Guanajuato, México): 198, 212, 229.
MINA SANTA RITA (Durango, México): 209, 212, 231.
MINA SEGEN GOTTES, Erbsdorf (Sajonia, Alemania): 162.
MINERAL DEL CHICO (Hidalgo, México): 217.
MIRELES ESTRADA, Ángel: 27.
MOHORN (Sajonia, Alemania): 149, 150.
MOLINA: 107.
MOLL, Car Maria Erenbert von: 83, 107.
MONNET, Antoine Grimoald: 67, 96.
MONTAÑA DE FICHEL (Baviera, Alemania): 161.
MONTE NUOVO (Nápoles, Italia): 185.
MONTES APENINOS (Italia): 185.
MORAL, Vicente del: 94.
MORÁN ZENTENO, Dante: 27.
MOREL, Thomas: 80.

MORELOS RODRÍGUEZ, Lucero: 22, 24, 27, 30, 34, 57, 75, 93, 113, 116, 124, 125, 126, 131.

MORELOS: 115.

MUÑOZ, Juan María: 123.

MUNZING O MUNZIG (Sajonia, Alemania): 149, 150.

MURCHISON, Roderick: 49, 71.

MUSEO MANUEL TOLSÁ (UNAM, México): 243.

Musko o Muskö: (isla en el archipiélago de Estocolmo, Suecia): 169.

N

NAPOLEÓN: 123.

NÁPOLES (Italia): 184, 185.

NATURKUNDE MUSEUM BERLIN (Alemania): 120, 182, 246, 248.

NEVADO DE COLIMA (México): 103.

NEWTON, Isaac: 66.

NORDENPFLYCHT, Timothäus von: 101.

NORUEGA: 146, 151, 164.

NOSE, K.W.: 107.

NUEVA BARCELONA (España): 229.

NUEVA ESPAÑA: 11, 17, 20, 21, 35, 70, 72, 73, 74, 77, 83, 84, 99, 102, 103, 104, 111, 112, 175, 225, 237.

NUEVA GRANADA: 101.

O

OAXACA: 115, 122, 225.

OEDERAN (Sajonia, Alemania): 158.

OPPEL, Friedrich von: 30, 194.

OSORES, Silvestre: 96.

OSPOVAT, Alexander M.: 30, 35, 40, 43, 46, 55, 56.

OSTIA (Roma, Italia): 168.

OVEJERA (Guanajuato): 114, 216, 231.

OZUNATAL (República Checa, cerca de Carlsbad): 148.

P

PABST VON OHAIN, Carl Eugenius Robertus: 30.

PALACIO DE MINERÍA (Ciudad de México): 21, 22, 27, 33, 50, 72, 75, 78, 80, 82, 93, 97, 102, 104, 108, 117, 125, 127, 129, 174, 218, 244, 245, 246, 247, 248, 251.

PALLAS, Carl Simon: 107.

PANAMÁ: 225.

PARRA CAMPOS, Alma: 27.

PEAK EN DERBYSHIRE (Inglaterra): 211.
PECHUGA (Ixmiquilpan, Hidalgo, México): 230.
PHILLIPS, William: 49.
PINEDA SÁNCHEZ, Héctor: 27, 73.
PLANES, Rafael Ximeno y: 4, 243.
PLAUEN (Sajonia, Alemania): 159.
PLAYFAIR, John: 42, 46, 71.
POMERANIA (región histórica situada al norte de Alemania y Polonia):
105, 185.
POPOCATÉPETL: 103.
POVELSEN, Biarne: 107.
PRUSIA: 185.
PUSCH, Georg Gottlieb: 61, 64.

Q

QUERÉTARO (México): 94, 115.
QUIÑONES, José de: 83, 175.

R

RAMÍREZ PALACIOS, Santiago: 57, 72, 74, 76, 94, 95, 257.
REAL DE LAS CAÑAS (Hidalgo, México): 212, 227.
REAL DE CATORCE (San Luis Potosí, México): 207, 211.
REAL DE LA MICA GRANDE (Hidalgo, México): 227.
REAL DE LOS POZOS O MINERAL DE LOS POZOS (Guanajuato, México):
212, 229.
REAL DE ZIMAPÁN (Hidalgo, México): 117, 204.
REAL DEL CARDONAL (Hidalgo, México): 114, 198, 212, 229.
REAL DEL COMANJÁ (Jalisco, México): 114, 200, 217.
REAL DEL DOCTOR (Querétaro, México): 115, 213, 229.
REAL DEL MONTE (Hidalgo, México): 103, 115, 121, 191, 213, 217, 220,
232, 233.
REAL JARDÍN BOTÁNICO DE MÉXICO: 114.
REAL SEMINARIO DE MINERÍA DE MÉXICO: 11, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 34,
37, 58, 73, 74, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 88, 91, 96, 98, 106, 108, 114, 126, 151,
173, 183, 193, 203, 204, 219, 237, 244.
REAL SOCIEDAD BASCONGADA DE AMIGOS DEL PAÍS: 73.
REAL TRIBUNAL DE MINERÍA: 21, 85, 101, 103, 107, 194.
REALES DE XACALA (Zimapan, Hidalgo): 228.
REALITO DE OVEJERA (Guanajuato, México): 114, 216, 231.
REUSS, Franz Ambrosius: 38, 107.
REVILLAGIGEDO (virrey): 83, 84, 175.

RIEGELSDORF (Austria): 156.
 RÍO FERNÁNDEZ, Andrés Manuel del: 11, 12, 18, 19, 20, 23, 36, 38, 46, 62, 70, 74, 75, 76, 78, 79, 82, 83, 86, 89, 90, 93, 96, 98, 104, 106, 108, 111, 114, 118, 120, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 134, 136, 137, 153, 154, 158, 173, 174, 183, 192, 193, 194, 204, 219, 227, 237, 243, 245, 246, 247.
 RÍO GANDIAGA, Cristina María del Loreto Vicenta: 114.
 RÍO GANDIAGA, María del Loreto Victoria Luisa del: 94.
 RIVERA ROMAY, Víctor Manuel: 15, 27.
 RODRÍGUEZ TORRES, María Silvia: 27.
 ROJAS, José Antonio: 236.
 ROMA: 168.
 ROMERO: 95.
 ROSE, Gustav: 107.
 RUIZ DE TEJADA, Manuel: 213, 225.
 RUIZ SOLORIO, Gerardo: 6, 27.
 RUSIA: 18, 164.

§

SAALFELD (Turingia, Alemania): 142, 149, 161, 211, 263.
 SABOYA (territorio de los Alpes occidentales y la provincia Mauriana): 155, 164.
 SAGE, Balthazar Georges: 192.
 SAINT-FOND, Barthélemy Faujas: 91, 98, 107, 186.
 SAJONIA (estado de Alemania): 18, 21, 30, 43, 60, 61, 74, 80, 83, 92, 104, 134, 135, 149, 158, 164, 176, 179, 188, 190, 192, 199, 208, 217.
 SAN AGUSTÍN DE LAS CUEVAS (Tlalpan, México): 119.
 SAN BERNABÉ (Zacatecas, México): 216.
 SAN CRISTÓBAL LARREA, José Ramón: 27.
 SAN LUIS POTOSÍ (México): 21, 104.
 SANKT ANDREASBERG (Baja Sajonia, Alemania): 214.
 SANTA MARÍA DE LAS MINAS (Sainte-Marie-aux-Mines, región de Alsacia: Francia, Alemania, Suiza): 145.
 SANTELIZES PABLO, Juan Eugenio: 95.
 SÂRBI O SARBI (Rumania): 143.
 SAUSSURE, Horace Bénédict: 107.
 SCHANGIN: 107.
 SCHLACKENWALD (Bohemia, Alemania): 148.
 SCHLANGENBERG (Alemania): 139.
 SCHLEIZ (Turingia, Alemania): 103, 111, 194.
 SCHLORWIZ (Alemania): 158.
 SCHLOTHEIM (Turingia, Alemania): 158.

- SCHLÜTER, Christoph Andreas: 67.
SCHMALKALDEN (Turingia, Alemania): 164.
SCHMITT, Rolf Thomas: 27.
SCHNEEBERG (Sajonia, Alemania): 139.
SCHÖPF, J. D.: 107.
SCHREIBER, Johann Gottfried: 157.
SCHWANZENBERG (Austria): 164.
SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO (México): 12, 79, 82, 89, 90, 136.
SEDGWICK, Adam: 47, 49, 71.
SEFSTRÖM, Nils Gabriel: 116.
SEYFEN O SEIFFEN (Sajonia, Alemania): 148, 166.
SIBERIA (Rusia asiática): 219.
SICKINGEN, Carl von: 247.
SIERRA DE LAS NAVAJAS (Hidalgo, México): 98, 120, 234.
SINALOA (México): 104.
SKLENY (Eslovaquia): 101.
SMITH, J. Lawrence: 47, 48, 49.
SOCIEDAD CIENTÍFICA ANTONIO ALZATE (México): 22.
SOCIEDAD WERNERIANA DE EDIMBURGO: 130.
SOCIEDAD DE EXALUMNOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, MÉXICO: 112.
SOCIEDAD MEXICANA DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA: 116.
SOCIEDAD MINERA (Societät der Bergbaukunde): 73.
SOLANO, Antonio: 203.
SOLFATARA (Nápoles, Italia): 185, 189.
SOMBRERETE (Zacatecas): 101, 103.
SONNESCHMID, Friedrich Traugott: 18, 21, 70, 92, 95, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 123, 128, 157, 194, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 204, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 224, 225, 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 234.
SONNESCHMID, Wilhelm Ernst: 100.
STAATSBIBLIOTHEK ZU BERLIN (Alemania): 52, 111, 119, 123, 129, 142, 246, 247, 251.
STEFANISSCHACHT (Hungría): 141.
SUCKOW, Georg Adolph: 109.
SUECIA: 146, 164, 217, 279.
SUHR, Johann Samuel: 101.
SUIZA: 42, 155, 210, 231.

τ

- TAXCO (Guerrero, México): 101, 208.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT-BERGAKADEMIE FREIBERG: 37, 39, 41, 45, 53, 58, 100, 137, 152, 243, 244, 247, 251, 256.
 TECOZAUTLA O TEXOZAUTLA (Hidalgo, México): 115, 209.
 TEPEYAC (Guanajuato, México): 198.
 TOKAY O TOCAJI (Hungría): 219, 234.
 TOLIMÁN (Querétaro, México): 114, 195, 196, 212, 226.
 TORRE, Giovanni Maria della o Padre de la Torre: 91, 184.
 TRANSILVANIA (Rumania): 145, 219, 237.
 TREBRA, Friedrich Wilhelm von: 107.
 TURINGIA (Alemania): 48, 50, 111.
 TUBINGA (Baden-Wurtemberg, Alemania): 40.

U

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES (España): 76.
 UNIVERSIDAD DE LEIPZIG (Alemania): 31.
 UNIVERSIDAD DE YALE (EE. UU.): 12, 22, 79, 80, 81, 89, 136, 245, 247.
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM): 11, 19, 22, 24, 25, 34, 55, 56, 57, 72, 74, 103, 131, 203, 225, 249, 252, 253, 256, 258, 263.
 URAL (región geográfica en los Montes Urales, frontera natural entre Europa y Asia): 164.
 URIBE SALAS, José Alfredo: 23, 27, 57, 123.

V

VALENCIA, Vicente: 70, 94, 224, 232, 235.
 VALENCIANA (Guanajuato, México): 198.
 VALLADOLID (hoy Morelia, Michoacán, México): 101.
 VAUQUELIN, Louis Nicolas: 237.
 VELA, José María: 96.
 VELAI (Languedoc, Francia): 188
 VELASCO REYNAGA, Anabel: 27
 VELÁZQUEZ DE LEÓN, Joaquín: 72.
 VERAPAZ (Guatemala): 225.
 VESUBIO (volcán, Italia): 91, 170, 185, 189.
 VETA DE ELÍAS (Guanajuato): 156.
 VETA DE GREGORIO (Freiberg, Alemania): 199.
 VOIGT, Johann Karl Wilhelm: 43, 44, 46, 107.
 VIENA (Austria): 19, 20, 106.
 VOIGTLAND O VOGTLAND (región que ocupa los estados alemanes de Sajonia, Turingia y Baviera): 164.
 VOLCÁN DEL FUEGO (Guatemala): 103.

W

WAD, Gregers: 107.

WATT, James: 70.

WEAVER, Thomas: 37, 70.

WEHRAU BEI BUNZLAU (hoy, Osiecznica, Polonia): 31, 155, 159, 164.

WERNER, Abraham Gottlob: 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 90, 91, 93, 98, 99, 101, 105, 106, 107, 112, 113, 116, 121, 126, 128, 130, 133, 136, 137, 138, 144, 145, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 165, 166, 167, 173, 175, 182, 191, 192, 193, 194, 197, 203, 206, 211, 212, 216, 219, 220, 231, 232, 239, 240, 243, 244, 247, 249, 251, 254, 256, 257, 259, 261, 262, 263, 268, 269.

WESTFALIA O VESTFALIA (región histórica de Alemania ubicada hoy en día entre los estados federados de Renania del Norte-Westfalia y Baja Sajonia, Alemania): 188.

WESTROGOTHIA, Vestrogotia (región de Suecia): 190.

WIDENMANN, Johann Friedrich: 19, 21, 36, 38, 40, 44, 46, 75, 98, 110, 118, 212, 240, 261, 268.

WIESENTHAL O VALL DEL WIESEN (Sajonia, Alemania): 159.

WÖHLER, Friedrich: 116.

WULKOW, Annett: 27.

WÜRTH, Franz Xaver (grabador austriaco, 1749-1813): 243.

X

XASCHI (Hidalgo, México): 213, 226, 230.

Z

ZACATECAS (México): 21, 101, 104, 114, 201, 202, 215, 217, 224, 225, 232, 233.

ZARAÚZ, Joaquín de: 122.

ZAVALA, José Joaquín: 94.

ZILLENTHAL o Valle del Ziller (Tirol, Austria): 145.

ZIMAPÁN (Hidalgo, México): 103, 114, 115, 116, 117, 118, 157, 195, 197, 204, 205, 206, 212, 213, 215, 217, 225, 228, 229, 230, 231, 233.

ZIMMERMAN, Carl Friedrich: 194.

ZIMMERMAN, Christian: 33.

ZINAPÉCUARO (Michoacán, México): 123, 125, 191, 246.

ZINNWALD (Altenberg, Sajonia, Alemania): 142, 164.

ZIPS (actualmente Spíš, Eslovaquia): 164.

✿ Créditos ✿

LUCERO MORELOS RODRÍGUEZ
FRANCISCO OMAR ESCAMILLA GONZÁLEZ
Coordinación General

NAHUALITO ESTUDIO
Coordinación Editorial

NAHUALITO ESTUDIO
Concepto y Diseño

CONCEPCIÓN CONTRERAS MARTÍNEZ
Diseño Gráfico y Formación

IVÁN PÉREZ GONZÁLEZ
Corrección de Estilo

EDUARDO MIGUEL PLATA MALVÁEZ
Retoque Fotográfico





Andrés Manuel
del Río

TRATADO DE VETAS



Se publicó la primera edición electrónica de un ejemplar (21 MB) en formato PDF el 5 de octubre de 2022, en el repositorio de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. C.P. 04510.

Para la formación de los textos se eligieron las familias Espinosa Nova, de Cristóbal Henestrosa y Grenze Gotisch, de Omnibus-Type con sus respectivas variantes.

