

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS



TESIS DOCTORAL

Historia de la geología en España

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Antonio Durán López

Directores

Francisco Javier Puerto Sarmiento

Manuel Bustillo Revuelta

Madrid

© Antonio Durán López, 2022

Tesis Doctoral

HISTORIA DE LA GEOLOGÍA EN ESPAÑA



**UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID**

ANTONIO DURÁN LÓPEZ

Directores de Tesis:

Dr. Puerto Sarmiento, Francisco Javier

Dr. Bustillo Revuelta, Manuel

**Facultad de Ciencias Geológicas
Universidad Complutense de Madrid**

Madrid, 2022

Agradecimiento

Realmente agradecido a dos sabios, que además cultivan el buen carácter y la bonhomía:

A mi director de tesis, Francisco Javier Puerto Sarmiento, farmacéutico e historiador español, catedrático de Historia de la Farmacia, académico de la Real Academia de la Historia y académico de la Real Academia Nacional de Farmacia.

A mi profesor Salvador Ordóñez Delgado, geólogo e historiador español, catedrático de Petrología y Geoquímica, rector de la Universidad de Alicante, rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y secretario de Estado de Universidades e Investigación.

Y, además, a los profesores Leandro Sequeiros de la Universidad de Granada, Emiliano Jiménez Fuentes de la Universidad de Salamanca, José Javier Elorza de la Universidad del País Vasco, Eladio Liñán de la Universidad de Zaragoza, Rodolfo Gozalo de la Universidad de Valencia, Edward P.F. Rose de la *University of London* y Juan Antonio Morales de la Universidad de Huelva -excepto este último, todos jubilados, pero comprometidos con la ciencia de la Geología-, por su amabilidad y porque tuvieron la deferencia de enviarme valiosa documentación.

A Belén Soutullo, por la revisión de todo el trabajo, por sus acertados comentarios y por sus correcciones, pero, sobre todo, por las palabras de ánimo.

Y a mi profesor Manuel Bustillo, por no decirme que no.

Dedicatoria

A Marisa, la más valiente.

Índice

Declaración de autoría y originalidad de la tesis firmada por el doctorando	3
Agradecimiento	5
Dedicatoria	7
Índice	9
RESUMEN.....	15
Título	15
Introducción	15
Síntesis.....	16
Objetivos.....	18
Conclusiones	18
EXECUTIVE SUMMARY	19
<i>Title</i>	19
<i>Introduction</i>	19
<i>Summary</i>	19
<i>Targets</i>	20
<i>Conclusions</i>	20
INTRODUCCIÓN	21
Una ciencia histórica	21
El nacimiento de la geología en el mundo	21
El nacimiento de la geología en España sobre la base de la minería y la mineralogía	23
La historia de la geología en España	24
CAPÍTULO 1	
LOS ALBORES DE LA GEOLOGÍA EN ESPAÑA	
1.1. Roma	29
1.2. La Edad Media: conjeturas, superstición y alquimia	31
1.3. Alfonso X el Sabio	35
1.4. <i>El Lapidario Alfonsí</i>	36
1.5. <i>Fuero Viejo de Castilla</i>	38

EDAD MODERNA

CAPÍTULO 2 EL IMPERIO ESPAÑOL

2.1. Historia Natural del Nuevo Mundo	44
2.1.1. José de Acosta.....	46
2.1.2. Bernabé Cobo.....	49
2.1.3. Fray Antonio Vázquez de Espinosa.....	52
2.1.4. Juan Eusebio Nieremberg y José Antonio González de Salas....	53
2.2. Mineralogía y minería	54
2.2.1. Bartolomé de Medina	56
2.2.2. Prospección minera en los primeros años del Descubrimiento ..	57
2.2.3. Álvaro Alonso Barba	60
2.2.4. El Camino Real del Azogue	63
2.2.5. La minería del siglo XVII	67
2.2.6. Legislación minera imperial	68

CAPÍTULO 3 LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII: GEOLOGÍA PRECIENTÍFICA

3.1. Los ilustrados.....	74
3.2. Paleontología.....	76
3.3. La minería del siglo XVIII.....	78
3.3.1. Carbón	80
3.4. El inicio de la geología científica española.....	82
3.5. De cómo en España se convocan becas para estudiar en el extranjero y se contratan técnicos y científicos foráneos; y de cómo se crean laboratorios y cátedras que permiten aislar nuevos metales, caso del platino y el wolframio.....	83
3.5.1. Platino	84
3.5.2. Wolframio	87
3.6. Los seminarios de minería de Nueva España, Potosí y Almadén.....	91
3.6.1. Real Seminario de Minería de Nueva España	91
3.6.2. La Academia de Minas de Potosí y el seminario de Nueva Granada.....	95
3.6.3. Real Academia de Minas de Almadén	96
3.7. El Gabinete de Historia Natural	98
3.8. Conclusión	104

EDAD CONTEMPORÁNEA

CAPÍTULO 4 LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XIX: GEOLOGÍA CIENTÍFICA

4.1.	La Carta Geológica de España	108
4.1.1.	Comisión del Mapa Geológico de España.....	110
4.1.2.	La Sección de Geología y Paleontología de la Comisión del Mapa Geológico: Casiano de Prado y Valle.....	112
4.1.3.	La minería del siglo XIX	115
4.1.4.	La geología en la Escuela de Minas de Madrid	119
4.1.4.1.	Los pensionados del año 1828 en la Academia de Freiberg: Gómez Pardo y Sainz de Baranda.....	119
4.1.4.2.	Los pensionados del año 1829 en la Academia de Freiberg: Ezquerro del Bayo, Bauzá y Amar de la Torre.....	121
4.2.	El Gabinete de Historia Natural y el Museo de Historia Natural sientan las bases de la geología universitaria	124
4.2.1.	Representación española en el Primer Congreso Geológico Internacional y de cómo este hecho provoca el nacimiento de los diccionarios geológicos.....	133
4.2.2.	Los inicios de la Petrología con Francisco Quiroga y José Macpherson.....	134
4.2.3.	La Institución Libre de Enseñanza	137
4.2.4.	Emilia Pardo Bazán.....	138
4.2.5.	Barcelona	139
4.3.	Paleontología, Transformismo y Prehistoria	141
4.3.1.	La paleontología en la Escuela de Minas y en la Comisión del Mapa Geológico de España	141
4.3.2.	Transformismo	143
4.3.3.	Altamira	145
4.4.	Hidrogeología	146
4.5.	Sismología	148
4.6.	Geología Militar	148
4.6.1.	El inicio de la Geología Militar en España	149
4.6.2.	La geognosia aplicada a la ciencia de campaña del brigadier Sánchez Cisneros	150
4.6.3.	Francisco de Luján: geólogo, artillero y ministro de Fomento ..	153

4.6.4. <i>La guerra y la geología del general Rodríguez de Quijano y Arroquia</i>	156
4.6.5. Las conferencias de Francisco Vidal.....	159

CAPÍTULO 5
LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XX:
GEOLOGÍA CONTEMPORÁNEA

5.1. La geología en España durante el primer tercio del siglo XX	165
5.1.1. La figura del geólogo según Pío Baroja.....	165
5.1.2. El Museo de Historia Natural y la Universidad Central.....	166
5.1.3. Paleontología	170
5.1.4. Prospección geológica en el África española	172
5.1.4.1 Marruecos.....	173
5.1.4.2 Sáhara Español.....	176
5.1.5. El XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en el año 1926	181
5.2. La geología en España durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial	184
5.2.1. Los geólogos alemanes y el wolframio	188
5.2.1.1. Escuela de Hans Stille	188
5.2.1.2. Los geólogos que trabajaron en España durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial	190
5.2.1.3. Escuela de Franz Lotze.....	194
5.2.2. Isidro Parga Pondal	195
5.3. El nacimiento de la geología contemporánea en España.....	197
5.3.1. Organismos que contribuyen a la consolidación de la geología	200
5.3.2. Publicaciones periódicas de geología	202
5.3.3. Universidades	204
5.3.3.1. Universidad Complutense de Madrid (Universidad Central). UCM...	205
5.3.3.2. Universidad de Barcelona. UB	209
5.3.3.3. Universidad de Granada. UGR.....	212
5.3.3.4. Universidad de Oviedo. Uniovi.....	213
5.3.3.5. Universidad de Salamanca. USAL	214
5.3.3.6. Universidad de Zaragoza. Unizar	215
5.3.3.7. Universidad de Huelva. UHU	217
5.3.3.8. Universidad de Valencia	220

5.3.3.9. Las universidades autónomas	220
5.3.3.10. Grado en Geología y grado en Ingeniero Geólogo	222
5.3.4. Convenios con los Estados Unidos de América	222
5.3.5. La energía nuclear en España	224
5.3.5.1. Residuos radiactivos	227
5.3.5.2. Uso militar de la energía nuclear	228
5.3.6. Atapuerca.....	229
5.3.7. La internacionalización y modernización de la geología española	231
5.3.8. Historiadores de la geología en España	234
CONCLUSIONES	236
BIBLIOGRAFÍA.....	238
Biografías	238
Referencias.....	240
ÍNDICE ONOMÁSTICO	258

RESUMEN

Título

Historia de la Geología en España

Introducción

En este resumen se realiza una pequeña síntesis del contenido de la tesis, explicando los objetivos planteados y las herramientas y metodología utilizadas. Así mismo, se adelantan las principales conclusiones y logros de la misma.

Señalar que el presente trabajo tiene como principal objetivo presentar y dar a conocer -a modo de primer acercamiento- la *Historia de la Geología en España* en un único texto.

A pesar del riesgo que supone abarcar un objetivo tan amplio, se hacía necesaria una obra que desarrollara la historia de esta ciencia en nuestro país cumpliendo dos premisas: primera, seguir un relato, en la medida de lo posible, cronológico; y segunda, que englobe el espectro espacio temporal que ocupa esta historia.

Existía otra dificultad añadida, ya que el volumen de información es enorme, pero el trabajo tenía que cumplir con unos parámetros de brevedad y síntesis que debían ser respetados para no inundar el texto con cientos de hojas de información. Es, por ello, que se ha usado esta interminable cantidad de información a modo de esqueleto de la tesis, de la que finalmente solo se expondrá la fina piel que, sin embargo, estará modelada por la potente arquitectura interior.

De modo similar se ha actuado con las citas de los trabajos de otros autores que requiere cualquier trabajo histórico. El volumen era tal que impedía la lectura de manera continua y confortable, incluso para tratarse de una tesis, por lo que se ha intentado, en la medida de lo posible, simplificar e incluso agrupar poniendo la cita directamente al final del párrafo, afectando a todo él. También se han intentado evitar las citas a pie de página, que las normas al uso recomiendan para las copias textuales de más de dos líneas, llegando incluso en alguna ocasión a mantener la cita en el texto, a pesar de su tamaño, para evitar estas llamadas a pie de página y mantener una continuidad en la lectura. Lo que no se contrapone con una bibliografía muy completa y seleccionada con sumo cuidado. En este sentido, una herramienta muy útil, de la que debemos sentirnos orgullosos, ha sido el Diccionario Biográfico electrónico de la Real Academia de la Historia, herramienta que debe ser cuidada, ampliada y promocionada.

Síntesis

En cuanto al cuerpo del resumen, y a pesar de lo extensa que sea la empresa, y como ya se ha comentado, una de las tareas previas en los estudios históricos sobre la ciencia consiste en determinar el marco temporal y el marco espacial para otorgarle una cierta homogeneidad y coherencia al trabajo. Debido a esta premisa, es por lo que se ha estructurado cronológicamente y dentro de un marco geográfico muy claro.

Este marco temporal abarca desde los escritos de los primeros autores hispanos y los trabajos de los autores del medievo, de los que se habla someramente, hasta llegar a un siglo XX donde se produce el desarrollo de las ciencias geológicas. Para restar complejidad al trabajo y dotarlo de claridad, se ha dividido en capítulos que coinciden con los siglos enmarcados dentro de las épocas de la Historia Universal.

El capítulo primero, a modo de breve introducción en la historia, nos habla de los primeros pasos en la formación de las ciencias naturales, cuando no se distinguían de otras ciencias como las químicas, las médicas o las farmacológicas y cuando se confundían con la alquimia e, incluso, con la astrología. En este primer capítulo, se destaca la figura de Alfonso X el Sabio. El capítulo segundo comienza con el inicio del Imperio español y muestra los interesantes, y generalmente desconocidos, trabajos mineralógicos y metalúrgicos de Álvaro Alonso Barba y Bartolomé de Medina; así como las historias naturales del Nuevo Mundo, que contienen los primeros estudios geológicos hispanoamericanos, de los padres José de Acosta y Bernabé Cobo. Los capítulos tercero, cuarto y quinto se corresponden, en la medida de lo posible, con los siglos XVIII, XIX y XX. Conceptualmente, el trabajo intenta conjugar las épocas de la Historia Universal del hombre con la Historia Natural.

El marco geográfico no solo se refiere a España, sino al imperio más grande que ha habido en el mundo, el primer verdadero imperio ya que se repartía por cuatro continentes. En este mismo sentido, se debe tener en cuenta que en el primer capítulo, cuando se habla de España y de lo español, se utiliza el término de manera conceptual, ya que se trata de la Hispania romana o la España medieval de la Reconquista, así como de los territorios y los hombres y mujeres que allí habitaron.

Dentro del objetivo principal de esta tesis -presentar y dar a conocer la Historia de la Geología en España en un único texto- se plantea que han existido tres momentos o impulsos fundamentales en la geología española. Un primer impulso estaría definido por el desarrollo de la mineralogía y la metalurgia conjuntamente con las historias naturales que se publicaron en la época del Imperio español. Se trata de una nación que ha tenido grandes minas y una importante historia minera -Tartessos, Cartago, Roma, Imperio español- donde siempre se han estudiado los minerales y descrito las rocas con mucho interés, dando lugar a una rica cultura mineralógica o mineralogía.

Más tarde, se produce en España un nuevo estímulo en la segunda mitad del siglo XVIII, en plena Ilustración, cuando se sientan las bases de una geología precientífica con la instauración de la mineralogía y con la creación por parte del Estado de los seminarios y academias de minería de Nueva España, Potosí y Almadén, así como del Gabinete de Historia Natural. Aproximadamente, cincuenta años después, alrededor de 1830, este segundo impulso tendrá un nuevo renacer, ya que había sido interrumpido por guerras como la del Asiento o la de la Independencia, o lo que es lo mismo, el ocaso de un imperio provocado por los enemigos de España y, quizás, por los propios españoles.

Y un tercer momento se produce después de la Guerra Civil, con la llegada de geólogos extranjeros, fundamentalmente alemanes, que se encadenará con otra serie de factores positivos, como pueden ser: el desarrollo de los años posteriores a las guerras, los programas de ayuda -especialmente de los Estados Unidos de América, que permite formarse a muchos geólogos españoles- y la eclosión de las facultades y departamentos de geología, así como de otros importantes centros científicos y de formación. Es la fase de la geología moderna o contemporánea.

Estos tres impulsos están conectados, ya que sobre las bases de uno se desarrolla el siguiente, tratándose de una línea casi continua: las historias naturales y la minería del Nuevo Mundo -que consolidan la mineralogía práctica- son la base de los seminarios de minería y del Gabinete de Historia Natural que, a su vez, son la base del Instituto Geológico y Minero de España, de las escuelas de minas y de las facultades, secciones y departamentos de ciencias geológicas. Es muy evidente que ha existido un desarrollo lógico de la geología, en un país minero como es España, aunque es difícil ver esta línea debido a la magnitud de los hechos, tanto grandiosos como trágicos, que inundan nuestra historia.

En cuanto al porqué de escribir esta tesis, se puede decir que debía haberse escrito hace mucho tiempo. Todos los países avanzados tienen unas historias de la geología que denotan la grandeza y el desarrollo de esas naciones. Existen algunas obras que han abordado el tema. A modo de ejemplo se puede citar *Una historia de la geología en España* del profesor Manuel Julivert que, en este caso se refiere, fundamentalmente, a una época muy determinada y, además, se limita a una única ciudad de España, siendo un ejemplo de las obras que existían antes de esta tesis. Un hecho que justifica e incluso hace necesaria esta obra.

Objetivos

A modo de sumario de lo anteriormente relatado se pueden considerar como los principales objetivos los siguientes:

- Dar a conocer la *Historia de la Geología de España* en un único texto
- Demostrar que la geología en España se desarrolla sobre la mineralogía y la metalurgia, como corresponde a un país minero
- Evidenciar que se trata de una línea casi continua: las historias naturales y la minería del Nuevo Mundo son la base de los seminarios y academias de minería y del Gabinete de Historia Natural que, a su vez, son la base del Instituto Geológico y Minero de España y de la geología universitaria.

Para alcanzar estos objetivos se ha utilizado un método que ha consistido en mantener el marco espacio-temporal y la cronología en la narración.

Conclusiones

Se pueden adelantar algunas conclusiones, ya que realmente se han logrado algunos hitos importantes, entre los que se pueden mencionar el estudio y organización de las historias naturales del Nuevo Mundo así como los trabajos sobre minería y metalurgia que desarrollaron los españoles en ese continente. Estos hechos desembocarán en la instauración de la mineralogía que, como se ha expuesto, será la base principal de la futura geología española. Otros resultados relevantes se pueden encontrar, por ejemplo, en la descripción y explicación de la historia de la geología del África colonial española o en la importancia de los geólogos alemanes o, incluso, en los programas de colaboración estadounidense en la segunda mitad del siglo XX.

Fundamentalmente, se ha logrado crear un guion, que sigue un trayecto continuo, desde que conecta los primeros trabajos sobre rocas y minerales de algunos autores antiguos hasta que, navegando por los inicios de la mineralogía, llega a la geología contemporánea de la segunda mitad del siglo XX.

Sin olvidar una propuesta fundamental de esta tesis, como es la hipótesis de que la primera obra de geología militar a nivel mundial se corresponde con un libro escrito por el español Juan Sánchez Cisneros.

EXECUTIVE SUMMARY

Title

History of Geology in Spain

Introduction

In this summary, a brief synthesis of the content of the thesis is made, explaining the objectives set and the tools and methodology used. Also, the main conclusions and achievements of the same are advanced.

As a prologue, the aim of the development of this thesis is to show and publicize -as a first approach- the History of Geology in Spain in a single text. Despite the risk involved in covering such a broad objective, this work was needed to develop the history of this science in our country.

The volume of information is enormous and has been used as a internal structure of the thesis, of which finally only the thin skin will be exposed, which, however, will be shaped by the powerful interior architecture.

Summary

One of the previous tasks in historical studies on science is to determine the time frame and the spatial frame to give a certain homogeneity and coherence to the work. Due to this premise, it is why it has been structured chronologically and within a very clear geographical framework.

The first chapter, as a brief introduction to story, tells us about the first steps in the formation of the natural sciences, where the figure of Alfonso X el Sabio stands out. The second chapter begins with the Spanish Empire and shows the interesting, and generally unknown, mineralogical and metallurgical works of Álvaro Alonso Barba and Bartolomé de Medina; as well as the Nuevo Mundo's Natural Histories that contain the first hispanoamerican geological studies of José de Acosta and Bernabé Cobo. The third, fourth and fifth chapters correspond, as far as possible, with the 18th, 19th and 20th centuries.

In this thesis it is stated that there have been three fundamental moments or impulses in Spanish geology. A first impulse would be defined by the development of mineralogy and metallurgy together with the natural histories that were published at the time of the Spanish Empire.

The second impulse begins in the second half of the 18th century, in the middle of the Enlightenment, when the foundations of a pre-scientific geology were laid with the establishment of mineralogy and with the creation by the state of the Mining Seminars of Nueva España, Potosí y Almadén, as well as the

Gabinete de Historia Natural founded by the king Carlos III. Approximately fifty years later, around 1830, this second impulse will have a new rebirth or second part.

And a third moment occurs after the Spanish Civil War when the arrival of foreign geologists, mainly German, coincides with another series of positive factors such as post-war development, foreign aid programs and the birth of schools and departments of geology all around de country. It is the phase of modern geology.

Targets

As mentioned here, the following can be considered as the main objectives:

- To present the History of the Geology of Spain in a single text
- Demonstrate that geology in Spain is developed on mineralogy and metallurgy, as corresponds to a mining country
- Show that it is an almost continuous line: the natural histories and mining of the New World are the basis of the mining seminars and academies and of the Cabinet of Natural History which, in turn, are the basis of the Geological and Mining Institute of Spain and university geology.

To achieve these objectives, a method has been used that has consisted of maintaining the space-time framework and the chronology in the narration.

Conclusions

Some conclusions can be drawn because some important milestones have actually been achieved, including the study and organization of the Nuevo Mundo's natural histories together with the Spanish mining development in America: events that will lead to the establishment of mineralogy, which, as has been stated, will be the main basis of future Spanish geology.

Another important conclusion is the hypothesis that the first work of military geology in the world corresponds to a book written by the spanish military Juan Sánchez Cisneros.

INTRODUCCIÓN

Una ciencia histórica

El concepto de hombre desplaza, a principios del siglo XVI, a la primera idea de Dios, el antropocentrismo sustituye así al teocentrismo. Este hecho se refleja en cómo se explica el origen de la Creación, la causa que la formó y el tiempo de todo el proceso, lo que se conoce como las grandes preguntas metafísicas. La Geología es una ciencia histórica que, en sus orígenes, sustituye a este antropocentrismo. El discurso geológico trata las grandes preguntas metafísicas como el tiempo y el origen y, además, trae consigo una escala espacial enorme; dimensiones y escalas de las que solo la astronomía o la física planetaria tendrán constancia. El hombre no es el centro del Universo, ni siquiera es el "centro" de la Tierra.

El geólogo, desde la brevedad de la vida humana, se enfrenta, por un lado, a las escalas: la del tiempo geológico, que es enorme, y la espacial, sin límites conocidos; y, por otro lado, a la potencia de los fenómenos. Magnitudes de tiempo que no alcanzan a comprender la mayoría de los humanos junto a magnitudes espaciales difíciles de entender por esta misma mayoría, no ya en cuanto al cosmos, sino en una escala normal para un geólogo -como puede ser la tectónica de placas- crean este efecto.

El nacimiento de la geología en el mundo

Los antiguos griegos, y también los árabes, se encargaron de observar algunos procesos naturales e intentaron buscar explicación para dichos fenómenos; sin embargo, los romanos, con un carácter mucho más práctico, buscaron rocas y minerales para sus construcciones, sus monedas y sus armas. Estas dos ramas, la de los procesos naturales y la mineralógica, se van cruzando en la historia del hombre hasta que se desarrolla la ciencia de la Geología.

Es necesario remarcar que los primeros estudiosos de la ciencia geológica siempre habían estado cuestionando su propio saber debido a que sus ideas chocaban frontalmente con los dogmas de fe de las principales religiones, lo que aún crea más incertidumbre sobre su inicio.

Hay diversidad de fechas, casi tantas como autores, para situar el nacimiento de la ciencia geológica. Desde los que comparten que el inicio se sitúa con Nicolás Steno, cuando dicta unas leyes estratigráficas aplicando el método científico, lo que supone una auténtica teoría científica, hasta las opiniones que sitúan el nacimiento de esta ciencia en 1830, el año en que Charles Lyell publica sus *Principios de Geología*. Para otros historiadores más ortodoxos, sin embargo, no llega hasta la teoría de la tectónica de placas, y otros muchos

opinan que la geología como ciencia tiene su origen en los antecesores de Lyell: los grandes geólogos James Hutton o Abraham Gottlob Werner.

Con esta ciencia sucede algo similar a lo que sucede con el nacimiento de la química, a la que muchos historiadores sitúan en un primer momento con la fundición de los metales y con la alquimia, pero la química moderna no nace hasta años más tarde con la publicación de *El químico escéptico* de Robert Boyle, de manera análoga a lo que pudo suceder con la geología científica y los *Principios de Geología* de Lyell.

Sí que existe alguna teoría, como la de Donald H. Hall (Hall, 1976), que explica que, alrededor del año 1450, se inicia una revolución científica que dura más de dos siglos y, asegura, que el Descubrimiento de América y las grandes circunnavegaciones producen la adquisición de nuevos conocimientos que dan lugar a un impulso a la ciencia y a la técnica, en concreto a la técnica de la metalurgia y a la mineralogía que, como se verá, serán los antecedentes de la geología en algunos países como España.

Desde el punto de vista de esta tesis, Werner, Hutton, Smith o Cuvier, e incluso Buffon, ya eran geología (precientífica). Y también Steno, que emite la ley de superposición de estratos, lo que no deja de ser una teoría científica, ya que desarrolla unas leyes estratigráficas utilizando el método científico, aunque no lo refleja en algo práctico como pudiera ser la minería.

Esta practicidad sí se reflejará años más tarde, cuando estas leyes estratigráficas, junto con la ley de la sucesión faunística, sean usadas para realizar un mapa y un corte geológico con el fin de encontrar una capa de mineral para ser explotada. En este momento, se puede considerar que ya ha sucedido el nacimiento de la geología.

Se trata de una geología científica que no surge de ideas filosóficas sino de la experimentación y del desarrollo de ideas prácticas, como son las necesarias para el ejercicio de la minería. Esta geología nace desde la mineralogía, y esta a su vez desde la minería, en un proceso lógico que abarca la búsqueda de metales y minerales no metálicos -iniciado por los primeros humanos- para, posteriormente, manufacturar nuevos productos como, por ejemplo, armas, monedas o pólvora. Es por esto, por lo que una parte de los historiadores opinan que el nacimiento de la geología se produce con Abraham Gottlob Werner en la Academia de Freiberg. Y no cabe duda que es ahí donde nace la mineralogía con una base metodológica científica. Sin embargo, es más acertado pensar que la geología nace un poco después, cuando queda asentada sobre cuatro pilares:

- Un primer pilar se reconoce en la observación de los fenómenos naturales, que comienza con los filósofos griegos, los sabios, y su teoría de los cuatro elementos: aire, agua, tierra y fuego (en la que quizás querían expresar unas ideas para las que todavía no existían nombres: gas, líquido, sólido y energía). Más

tarde, Platón, en su obra *Timeo*, define lo que es un elemento, apunta algunas nociones cristalográficas e incluso describe la formación del basalto. Sin olvidar a Teofrasto, el “primer geólogo”, y su obra *Peri Lithon*. Estas observaciones de los fenómenos naturales también se pueden encontrar en la cultura china medieval, en los árabes y en los escolásticos, hasta que, con los siglos, se convierten en auténticos debates geológicos entre neptunistas y plutonistas.

- Un segundo pilar es la mineralogía, que ya tuvo sus inicios en los tiempos de la minería romana y, durante siglos, en la minería de la península ibérica. Se continuó con los viejos lapidarios, donde sobresale el del rey Alfonso X el Sabio, hasta llegar en España a la minería del Imperio y en Alemania a la minería de la Academia de Freiberg. Sin embargo, en otros países europeos no fue la mineralogía uno de los pilares del nacimiento de las ciencias geológicas o, al menos, estuvo acompañada por otras especialidades de la geología. Efectivamente, la mineralogía se desarrolla en países con minería metálica como España y Alemania. Sin embargo, en Francia fue la paleontología, junto con algunas nociones de estratigrafía de la cuenca terciaria de París (Georges Cuvier), y en Inglaterra fue la estratigrafía desarrollada por la minería del carbón (William Smith y John Strachey), junto con la identificación paleontológica de algunas capas sedimentarias. Al otro lado del Atlántico norte, en Estados Unidos y Canadá, la geología se desarrolló, años más tarde, por la necesidad de explotar los recursos pero, en gran medida, por la necesidad que existía de conocer estos inmensos países.

- Como tercer pilar están las ideas de James Hutton. Y con él Werner y Lyell, pero sobre todo Hutton. Es el primero en exponer una idea dinámica de los procesos, lo que permite acercarse a una escala de tiempo adecuada a los procesos geológicos.

- El último pilar sobre el que se asienta el nacimiento de la geología se refiere a las ideas sobre la edad y el origen de la Tierra y de los fósiles, donde también aparece el concepto de tiempo geológico. En una lucha de varios siglos entre la evidencia de la columna estratigráfica y las ideas religiosas, la cual se verá reflejada en lo que se dio a conocer como el debate entre catastrofistas y uniformistas.

El nacimiento de la geología en España sobre la base de la minería y la mineralogía

No cabe duda que en España el nacimiento de la geología se asienta principalmente en la mineralogía y, esta a su vez, en la minería. La península ibérica ya había sido un importante centro minero desde los tartesos, los fenicios y los cartagineses, que comerciaban los minerales españoles, y más tarde con los romanos que explotaron inteligentemente minerales y rocas; continuando con esta tradición mineralógica en la Edad Media, donde se pueden destacar obras como el *Lapidario* de Alfonso X el Sabio. Esta tradición se desborda con el

Descubrimiento de América, que crea nuevas demandas y nuevas necesidades, nuevos metales por tanto, lo que provoca la apertura de nuevas minas y la búsqueda de nuevas vetas que requieren un conocimiento y unas técnicas de prospección novedosas, en un nuevo mundo, con sus nuevos paisajes como las selvas o los desiertos.

En estas provincias americanas se produce la confrontación directa del hombre con la Naturaleza, lo que genera un desarrollo del pensamiento, enfrentando a este hombre con la doctrina de la Iglesia. El germen de la geología española está muy relacionado con las observaciones de una naturaleza desbordada y con el desarrollo de una nueva minería y tiene muy poco que ver, al contrario que en otros países europeos, con el debate entre las ideas religiosas y las nuevas ideas sobre la edad y el origen de la Tierra. En la minería que se realiza durante la exploración y civilización de estas provincias americanas de Ultramar se incluye la producción de mercurio en Almadén, por estar íntimamente relacionada.

Evidentemente, el caldo de cultivo necesario para que nazca una nueva ciencia no se da en aquel momento; retomando la teoría apuntada, solo se puede reconocer un pilar de los cuatro sobre los que tiempo después va a nacer la geología. Faltan elementos que han sido tapados por cuestiones religiosas sobre el origen de la Tierra y sobre el tiempo geológico, y no existen teorías o debates sobre el origen de las capas terrestres, por lo que no se puede hablar de algo parecido a una geología metodológica o científica. Pero sí que se puede afirmar que las historias naturales y la minería del Nuevo Mundo crean la base sobre la que se desarrollará la geología en España. Los trabajos sobre minería de Álvaro Alonso Barba o Bartolomé de Medina y las historias naturales de José de Acosta o Bernabé Cobo conforman una protociencia geológica. No sería justo, dado el alto grado de tecnificación que se alcanzó en las labores mineras y en el beneficio de los metales en las provincias españolas de Ultramar, considerar que no existe geología hasta finales del siglo XVIII, ya que se pueden observar algunas evidencias de lo contrario. Es más, en aquel tiempo, las historias naturales, la técnica minera y una nueva economía dieron lugar al nacimiento de instituciones que serán la cuna de la geología, en concreto los seminarios de minería -Nueva España, Potosí y Almadén- y el Gabinete de Historia Natural.

La historia de la geología en España

Lo primero que llama la atención es el pesimismo que contagian todos los autores que han escrito sobre el tema. Una gran mayoría de los trabajos que versan sobre este tema, o que lo tocan en algún momento, transmiten la idea de que en España no ha habido geología hasta el último tercio del siglo XX y, en concreto, se refieren a las universidades. Bien es cierto que, en diversas ocasiones, se ha retratado fielmente el estado de esta ciencia en un país con múltiples convulsiones históricas que han afectado a la sociedad en su conjunto; sin embargo, por regla general, se adolece de explicar los pequeños hitos o los éxitos

que, aunque pocos, los ha habido. También faltaría reconocer a los autores españoles que son citados en múltiples trabajos extranjeros, al ser los referentes científicos del momento.

Frente al derrotismo y la desmoralización que se transmite en la práctica totalidad de los trabajos mencionados, en esta tesis se pretende aflorar la importancia que ha tenido la práctica de la geología, ya sea como minería o mineralogía en muchos casos, para España y para el resto del mundo. Así como el protagonismo de los españoles que hicieron posible el descubrimiento de algunas técnicas, la explotación de minas míticas o la creación de importantes entidades.

No obstante, hay hechos innegables, como que ningún español -ni institución española- participó en los grandes debates de la historia de la geología que tuvieron lugar en Europa. No se intervino ni en la polémica entre neptunistas y plutonistas, ni en la disputa del catastrofismo frente al uniformismo, ni tan siquiera en la controversia del Devónico o en el debate sobre el origen del basalto. Es más, todos estos animados debates y enfrentamientos, que mantenían ocupados a los científicos de media Europa, e incluso a una parte muy importante de la alta sociedad y la burguesía británica y francesa, tardaron años en llegar a España de la mano de libros originales o de traducciones cuyas ideas habían sido superadas en el momento de su impresión.

Pero igual de cierto es que ha habido momentos en la historia en la que los españoles han impulsado a nivel mundial la minería y momentos en los que el país empujaba en la buena dirección para intentar ponerse al nivel de la geología más avanzada. En este trabajo se identifican tres momentos claves para esta ciencia en la historia de España.

1.- El escalón primero, como se ha visto, se corresponde con la formación de unas bases sobre las que nacerá una protociencia geológica. Está formado por los españoles y sus técnicas en los territorios americanos y en algunos territorios peninsulares de lo que se denominó Imperio español. Es un hecho que la geología nace con la praxis y el ejercicio de la profesión de minero o la profesión del buscador de vetas ricas en mineral. Evidentemente, es muy pretencioso llamar geólogos a Álvaro Alonso Barba, a Bernabé Cobo, a Bartolomé de Medina o a José de Acosta; pero es igual de aventurado o presuntuoso llamar geólogos a Georgius Agrícola o a Conrad von Gesner.

Entre este escalón y el segundo aparecen los primeros ilustrados españoles, quienes creían de manera general que hubo un Diluvio. Se puede destacar al franciscano José Torrubia, que entiende que el origen de los fósiles hay que buscarlo en organismos vivos, pero eso sí, procedentes del Diluvio; y observadores muy hábiles, como el benedictino Benito Jerónimo Feijoo, que también entiende que los fósiles provienen de organismos vivos, pero en este caso está más cerca de la realidad ya que habla de terrenos que han emergido del mar.

2.- El segundo esfuerzo no ocurre hasta la segunda mitad del siglo XVIII, en plena Ilustración, cuando se sientan las bases de la *geología precientífica* con la creación por parte del Estado de los seminarios de minería de Nueva España, Potosí y Almadén, así como del Gabinete de Historia Natural, institución que fue propuesta por el marino Antonio de Ulloa. Hasta el final de este periodo la universidad permanece ausente del desarrollo de las ciencias geológicas, en todas sus variantes y especialidades. No obstante, este hecho se ve compensado por sociedades de ámbito privado, como las Sociedades de Amigos del País, entre las que se puede destacar la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País, la más antigua de las sociedades económicas de España, y su Seminario de Vergara. Entre el esfuerzo de alguna de estas sociedades y la inversión del Estado se crean becas para enviar a estudiantes al extranjero, preferentemente a Freiberg, la cuna de la minería en aquel momento. Por otro lado, se contratan extranjeros para que trabajen en España, como los franceses Joseph Louis Proust y Francisco Chavaneau.

Se trata de una geología incipiente que está centrada en la mineralogía, ya que lo que se pretendía era formar técnicos que pudieran explotar minas y encontrar y predecir la dirección de las vetas de mineral. Esto entraba dentro de lo normal, porque se buscaba una vertiente eminentemente práctica y porque los becados en la Academia de Minas de Freiberg habían aprendido principalmente mineralogía, sin prestar excesiva atención a la geognosia, nombre con el que se denominaba a la geología en Alemania en aquellos años.

En este nuevo aliento, Fausto Elhúyar será uno de los protagonistas en el que confluirán, y al que se añadirán, un gran cúmulo de circunstancias. Comienza cuando Fausto y su hermano Juan José Elhúyar son pensionados en la Academia de Freiberg. Juan José continúa su formación durante un tiempo en Escandinavia, luego regresa a España, y, junto a su hermano, logran aislar wolframio a partir de wolframita. Posteriormente, Juan José es destinado al virreinato de Nueva Granada y Fausto al de Nueva España, donde pone en funcionamiento el Seminario de Minería de Nueva España.

Este segundo impulso se interrumpe abruptamente con la Guerra de la Independencia y la secesión de las provincias americanas. No obstante, la historia se reanuda una vez que Fausto regresa de Nueva España, muchos años después, y repite lo que ha vivido a lo largo de su vida, pero en un contexto diferente: se trata de un nuevo siglo, el siglo XIX, y España se encuentra bajo el reinado de Fernando VII. Por iniciativa de Fausto, se envía, en el año 1828, como pensionados a Freiberg a Lorenzo Gómez Pardo y a Isidro Sainz de Baranda y, el año siguiente, a Joaquín Ezquerro del Bayo, Rafael Amar de la Torre y Felipe Bauzá. Repite también lo vivido en 1781, cuando ingresó en el Seminario de Vergara y descubrió el trabajo de los técnicos contratados en el extranjero, es por ello, que en el año 1830 nombra Comisario de Minas a Guillermo Schulz.

Mientras tanto, en el Gabinete de Historia Natural también se cuenta con técnicos extranjeros como el gran Christian Herrgen, al que sustituirá su discípulo, y excelente profesor, el riojano Donato García Noguera. El Gabinete de Historia Natural y el Museo de Historia Natural son el origen de las facultades de ciencias geológicas desde que, una vez integrados ambos organismos dentro del museo, constituyen la Sección de Ciencias Naturales de la Facultad de Filosofía de la Universidad Central, en el año 1845, lo que representa el inicio de la geología universitaria. En el año 1857, se creará en Madrid la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la primera facultad de ciencias de España.

En este segundo impulso del desarrollo de la geología en España -que tiene sus raíces en la creación de los seminarios de minería y del Gabinete de Historia Natural- se produce el verdadero asentamiento de esta ciencia. Comienza con los geólogos-naturalistas (primero del Museo de Historia Natural y del Gabinete de Historia Natural y, más tarde, de la Universidad Central), con los geólogos-ingenieros de minas (como Casiano de Prado o los becados en Freiberg) y con la creación de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino en 1849. Y culminará, en el año 1870, con la Comisión del Mapa Geológico, en lo que sin duda es el mayor hito geológico de la historia de España hasta ese momento.

A modo de síntesis se puede considerar que, a partir de aquellos cimientos, se produce el verdadero asentamiento de las ciencias geológicas entre el año 1830 y el año 1870, en el que se forma la Comisión del Mapa Geológico. Así se produce el paso de la geología precientífica a la geología científica.

3.- El tercer impulso comienza en el siglo XX, inmediatamente después de la Guerra Civil. Debido a la demanda que crean las confrontaciones bélicas, tanto nacional como mundial, una vez más en España se van a desarrollar, a partir de la minería, tanto la mineralogía como la geología, con la aportación de los trabajos de técnicos extranjeros, especialmente alemanes, con el fin de extraer minerales estratégicos. Además, se crean organismos estatales como el Centro Superior de Investigaciones Científicas o el Servicio Geológico del Ministerio de Fomento y organismos fruto de la autarquía como la escuela de perforistas del Instituto Nacional de Colonización. Algo más tarde, se debe reseñar la ayuda americana (Programa *Fulbright* y programa nuclear), donde se forman técnicos españoles de primer nivel gracias a la tecnología y a los fondos destinados a ello; y la entrada del país en organismos internacionales como la Unesco, que crean nuevas oportunidades para los geólogos españoles. Y culmina en la década de los sesenta de ese siglo, con la eclosión de las facultades o secciones de ciencias geológicas en todo el territorio nacional. Se entra en la época de la geología moderna o contemporánea.

CAPÍTULO 1

LOS ALBORES DE LA GEOLOGÍA EN ESPAÑA

A modo de breve preliminar en la historia de la geología española, se enumeran los primeros escritos en la formación de las ciencias naturales, cuando no se distinguían de otras disciplinas como las químicas, las médicas o las farmacológicas, e incluso se confundían con la alquimia; y donde destaca la figura de Alfonso X el Sabio.

Introducción

No hay nada que exprese mejor el significado y la historia de la geología, así como la esencia de los geólogos, que la palabra “buscar”. Y no es por casualidad que el nombre de los materiales denominados “metales” provenga de un vocablo griego que significa “buscar”. La palabra metal tiene su origen en el latín *metallum* y el griego *metallon*, el cual se relaciona con el verbo griego *metallan*, que significa “buscar”. Y hubo un periodo, que abarca desde Tartessos, Cartago y el Imperio romano hasta la Edad Moderna -incluida la Edad Media-, en el que un país destacó en la búsqueda y extracción de metales: España.

1.1. Roma

Estrabón, en su obra *Geografía*, escribe que “*Iberia está llena de metales y que el oro, la plata o el cobre,..., no se encuentran en ningún otro sitio en tales cantidades y de tanta calidad*”. Es esta riqueza la que decide a Roma a invadir el territorio ibérico de los cartagineses: la ciudad de Cartago Nova, situada en el centro de una importante zona minera, será tomada en el 209 a.C. El historiador Diodoro Sículo, contemporáneo de Estrabón, explica que, a mediados del siglo II a.C., se encontraban trabajando 40 000 hombres en las minas cercanas a Cartagena. Pronto, la administración romana incrementa el suministro de la zona minera de Cartagena con los minerales de Sierra Morena, Río Tinto y Almadén; y más tarde, con las regiones de Asturias, Galicia y Lusitania, las cuales, según Plinio, suministraban suficiente oro para mantener diecisiete legiones romanas al año, la mitad de las legiones del ejército romano (Plinio el Viejo, 2002). Sin embargo, los historiadores de este periodo coinciden en que Roma, durante los siglos II y I a.C., tuvo a Hispania como un lugar no conquistado donde continuamente se rompían las alianzas con los hispanos, a los que se sometía, ya fuere por el pago de tributos o por el saqueo, y no eran excluyentes.

Entre los autores del Imperio romano, el español Pomponio Mela (c. 15 d.C.- c. 45 d.C.), nacido en Algeciras, describe a Hispania en su obra *De Situ Orbis* como “*abundante en hombres, en caballos, en hierro, en plomo, en cobre, en plata, en oro,...*” (Tribaldos de Toledo, 1642). Este texto lo cita Plinio el Viejo en su obra *Historia Natural* (Plinio el Viejo, 2002), que fue el tratado más célebre de la época

romana. Gayo Plinio Segundo, conocido como Plinio el Viejo (23-79 d.C.), aborda en su obra, entre otras muchas disciplinas, algunos conceptos de geología y de mineralogía. El emperador Vespasiano le otorga varios cargos oficiales, entre los que destaca el de procurador romano en Hispania, donde fue administrador de la mina de Las Médulas, en la actual provincia de León, considerada la mayor mina de oro a cielo abierto de todo el Imperio romano. En su popular obra, relata que se extraían al año 20 000 libras de oro, que durante los doscientos cincuenta años que duró la explotación serían unos cinco millones de libras (1.635 toneladas), y que en ella llegaron a trabajar simultáneamente 60 000 hombres entre suministradores, guardias, obreros, etc. Según los cálculos del arqueólogo español Antonio García Bellido (1903-1972), las tierras removidas en esta imponente explotación se estimaban en quinientos millones de metros cúbicos.

De la *Historia Natural* de Plinio tienen especial interés los cinco últimos libros de los treinta y siete que la componen, ya que están dedicados por entero a la mineralogía (Plinio el Viejo, 2002):

Libro XXXIII Oro, plata, minio y mercurio.

Libro XXXIV Cobre, estatuas de bronce, hierro, plomo y estaño.

Libro XXXV Usos de la tierra, pigmentos, de la pintura y el color.

Libro XXXVI Lapidario, de la naturaleza de las piedras.

Libro XXXVII De las piedras preciosas.

En el libro correspondiente al oro explica los tres métodos de extracción de este metal: (1) en las arenas de los ríos, como en el río Tajo; (2) por la excavación de pozos o galerías, según una técnica llamada *canalicium*; y (3) con la técnica del *ruina montium*, un método que “*supera la labor de los gigantes*”. En este último, se refiere, aunque no lo nombra, a la explotación de Las Médulas.

En cuanto a la plata, explica que aparece asociada al plomo en un mineral llamado galena, muy abundante en Hispania. Se sorprende de que los pozos que abrió Aníbal todavía estén dando plata cuando Plinio los conoce y, estima, que en un pueblo llamado Baebulo (puede tratarse de Cartagonova o de las minas de Palazuelos, en la antigua Cástulo, Jaén) se extraían para Aníbal trescientas libras al día de este metal. Describe que en las minas de plata hay un material de color blanco y brillante que es llamado la *espuma blanca*, probablemente refiriéndose al antimonio que se suele encontrar asociado a la plata.

El minio, o cinabrio, aunque se encontraba en diferentes lugares del Imperio, solía llegar a Roma desde Hispania, debido a que este tiene el más famoso color rojo, procedente de un poblado llamado Sisapo en el territorio de la Bética, actualmente La Bienvenida de Almodóvar del Campo (Ciudad Real), a los pies

del volcán de Los Castillejos. No obstante, la ubicación de Sisapo se ha confundido durante muchos años con la cercana Almadén¹.

Plinio explica que el minio es una riqueza que pertenece al Estado y que nada se mantiene con más cuidado por la renta que da, enviándose a Roma unas 10 000 libras por año. El precio es de setenta sestercios por libra y está fijado por ley para que no sea demasiado caro, “*pero es falso de varias maneras, dando grandes beneficios a la empresa operadora*”. En este texto también habla del mercurio puro (Plinio el Viejo, 2002).

Para trabajar el hierro, Plinio cuenta que debe ser sumergido en un agua adecuada cuando está incandescente. Este agua ha hecho famosas, para la fabricación de hierro, algunas localidades, como Bilbilis (Calatayud) y Turiasson (Tarazona), ambas en la actual provincia de Zaragoza. De los minerales españoles, destaca la transparencia de la piedra especular, *lapis specularis*, artículo de lujo en aquellos tiempos; refiriéndose al yeso cristalizado, que se utilizaba fundamentalmente como cerramiento en ventanas.

En el libro II de *Historia Natural*, Plinio señala la labor de Séneca, que fue contemporáneo suyo, del que dice que destaca por sus conocimientos de los fenómenos naturales: sismología, oceanografía, astronomía y meteorología, principalmente. El español Lucio Anneo Séneca (4-65 d.C.), llamado Séneca el Joven, nace en Córdoba y desarrolla su carrera dentro de la administración romana, donde llega a ser senador, además de ejercer de ministro, tutor y consejero de Nerón. Hay multitud de escritos de Séneca, pero para esta tesis tiene interés uno de los menos conocidos, las *Naturales Quaestiones* o *Cuestiones Naturales*, que fue una de las obras más populares de la Edad Media. Son de especial provecho los capítulos que dedica a las aguas subterráneas y a los terremotos (Séneca, 2013).

1.2. La Edad Media: conjeturas, superstición y alquimia

En el año 476, con la caída del Imperio romano, comienza la Edad Media. A pesar del tono gris que muchos historiadores otorgan a este periodo (la primera parte, hasta el año 1000, suele ser denominada “edad oscura” o “años oscuros”), ven la luz nuevas arquitecturas como el románico y el gótico, el mudéjar y el andalusí o el arte bizantino, que reflejan la riqueza de esta etapa. Incluso en algunas zonas, especialmente en la península ibérica, además de las artes se desarrollaron las ciencias, gracias a que se mezclaron y sucedieron los reinos cristianos y árabes, con la influencia de la cultura sefardí. De hecho, ciudades como Córdoba y Toledo se convirtieron en el centro del saber mundial durante la segunda mitad de la Edad Media.

¹ Se declaró Monumento Natural de los "Castillejos Volcánicos de La Bienvenida", en el término municipal de Almodóvar del Campo (Ciudad Real) por Decreto 05/10/1999 de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.

Un factor determinante de esta época es el clima, primero de manera favorable, debido a que fue el principal agente en la bonanza observada en algunos lugares desde el siglo VIII hasta finales del XI. Durante este tiempo se produjo el llamado *óptimo climático*, con temperaturas medias tres grados superiores, que favoreció el crecimiento económico y el aumento del comercio en pleno auge del Sistema Feudal. Sin embargo, la situación cambia en el siglo XIV cuando llega la *Pequeña Edad de Hielo*, que perdurará con altibajos hasta el siglo XIX (Bradley, 2003). Especialmente difícil fue el siglo XIV, que registró heladas y lluvias excesivas justo antes de la cosecha, lo que unido a un exceso de población provocó grandes hambrunas. Y a mitad de siglo reaparece la peste: solamente la primera epidemia medieval, entre 1348 y 1351, ocasionó la muerte de un tercio de la población europea.

El esbozo de ciencias naturales que puede verse en esta época se caracteriza, fundamentalmente, por un gran desconocimiento. Se recopilaba saber en algunos reinos pero no aparecen grandes pensadores. Todo lo que sale de la tierra se denomina *fossilis*, ya sea un mineral, una roca o un fósil. El origen que se adjudica a estos fósiles es muy variado, desde semillas petrificadas a un jugo lapidífico, sin olvidar el origen celeste que les adjudicó Aristóteles. También tienen su origen en animales, en el agua o el hielo, e incluso en los árboles (Adams, 1938).

Aun así, se puede destacar algún pensador y algunos trabajos en los reinos que conformaban lo que hoy se conoce como España. En los primeros momentos, aparece en el Reino visigodo de Toledo, y monacato hispánico, san Isidoro de Sevilla (556-636), nacido en Cartagena y conocido por ser el autor de la obra *Etimologías (Etymologiae sive Origines)*. San Isidoro será canonizado por la iglesia católica al haber impulsado la conversión de los reyes visigodos arrianos. Su obra mineralógica aparece en el libro XVI de *Etimologías* denominado *De lapidibus et metallis* o *Las piedras y los metales* (San Isidoro, 2009), que procede de una obra recopilatoria de Cayo Julio Solino, un gramático latino que vivió a mediados del siglo IV y escribió gran parte de su obra tomando como base los textos de Plinio el Viejo y de Pomponio Mela. También se dice que este texto de san Isidoro puede estar basado en una historia natural que, a día de hoy, está perdida, los *Prata* de Suetonio. Sea el origen uno u otro, el arzobispo aporta como propio el origen etimológico de los minerales e identifica distintos tipos de hierro según su procedencia. “*En sus etimologías los conceptos mineralógicos, petrológicos y geomorfológicos son tratados con precisión y rigor. Durante siglos la luz de las etimologías iluminó el oscurantismo de la Edad Media Europea*” (Ordóñez, 1984).

Otro autor es el médico Averroes (1126-1198), el español -junto al rey Alfonso X el Sabio- que mayor influencia tuvo en el ámbito cristiano medieval y el Renacimiento. Averroes aparece, junto a Avenzoar y Maimónides (de origen judío), en el siglo XII, considerado “*el siglo más importante de la Medicina árabe española*” (Otero Tejero et al., 2007). Además de ser conocido por su enciclopedia médica, Averroes se interesó por las ciencias naturales y estudió la obra de

Aristóteles y, al igual que él, opinaba que el tiempo es ilimitado y el universo estable, y que de producirse cambios, estos son muy lentos.

Asimismo, a finales de la Edad Media se escriben unos textos de carácter médico-botánico o médico-mineralógico entre los que destaca *De proprietatibus rerum* o *Sobre las propiedades de las cosas*. Este escrito fue fechado en el año 1240, y su autor se hacía llamar Bartholomeus Anglicus o Bartolomé Anglico (nacido antes de 1203, quizás en 1190 y fallecido en 1272), un franciscano escolástico al que, por esta obra, se le considera el predecesor de las enciclopedias. Dicho texto llegó a ser muy conocido en el medievo europeo, lo que explica que existan dos traducciones independientes al castellano, la más conocida la del español fray Vicente de Burgos, de la que se guardan doce incunables en la Biblioteca Nacional de España.

En esta época, en España y, particularmente, en Sicilia (vinculada a España por la Corona de Aragón desde 1282 hasta 1442 y bajo dominio español hasta bien entrado el siglo XIX) ocurre un hecho destacable. Sin que se pueda hablar de ciencia en ningún momento, se conoce la existencia de los practicantes del arte hermético o alquimia, que reúnen gran cantidad de conocimiento. Además de la sabiduría de los griegos y de los romanos, los alquimistas cristianos habían asimilado la alquimia árabe. Estos estudiosos traducen al latín los escritos árabes y, desde España, expanden la cultura islámica al resto de Europa, convirtiendo la península en la puerta de acceso de la alquimia árabe en Occidente. En este contexto también destaca Toledo como el gran centro de las traducciones del árabe².

Se puede destacar a varios de estos alquimistas cristianos, de diferentes nacionalidades, que vivieron y estudiaron en España. Uno de los primeros, el francés Gerberto de Aurillac (945-1003), quien más tarde se convertiría en el papa Silvestre II, se había formado en Barcelona y, entre otras cosas, introdujo en Francia el sistema decimal islámico y el uso del cero. También el inglés Robert de Chester (c. 1110-posterior a 1157), quien tradujo obras científicas y religiosas árabes al latín y vivió muchos años en Pamplona. O el italiano Gerardo de Cremona (1114-1187), el cual pasó una larga etapa de su vida en Toledo, donde se cree que murió y donde tradujo noventa y dos tratados árabes al griego y al latín. Una de sus más famosas traducciones del árabe al latín fue realizada en el año 1175, basándose en un pergamino antiguo encontrado en Toledo, la cual introdujo definitivamente el *Almagesto* (tratado astronómico escrito en el siglo II por Claudio Ptolomeo) en la tradición científica europea.

También se debe destacar a los alquimistas españoles Arnaldo de Vilanova (1238-1311) que nace en Villanueva de Jiloca, provincia de Zaragoza, y que

² Existen dos textos muy interesantes como son *Breve Historia de la Alquimia* (Martín Reyes, 2004) y "Alquimistas: Místicos, Sabios, Pícaros..." (Martínez Calatayud, 1992) donde es posible profundizar en este tema de la alquimia y los alquimistas cristianos medievales.

hablaba siete idiomas; o a Raimundo Lulio -o Llull- (1232-1315) nacido en Mallorca, el cual, según la leyenda, llegó a fabricar monedas de oro transmutado para el rey de Inglaterra (Martínez Calatayud, 1992)³.

Quizás el alquimista medieval más importante, y a su vez más desconocido, fue el también español Geber, que se cree que vivió alrededor del año 1300 y escribió libros de alquimia y metalurgia en latín. Algunos historiadores le denominan Pseudo-Geber (Falso Geber), ya que su nombre lo adquirió de un alquimista árabe del siglo noveno (Brown, 1920). Geber debía tener un gran conocimiento del mundo químico y mineral, ya que fue el primero en describir el ácido sulfúrico y el ácido nítrico fuerte, cuando hasta ese momento solo se conocía el ácido acético, procedente del vinagre. Su obra se compone de varios libros, conocidos como *Corpus de Pseudo-Geber*, que fueron impresos varias veces en la primera mitad del siglo XVI (Debus, 2004).

Por su parte, el francés Nicolás Flamel (1330-1417) describe algunos procesos y reacciones químicas, pero, principalmente, se dedica a recopilar el conocimiento hermético conocido hasta el momento. Siendo joven, después de encontrar un enigmático tratado de alquimia que no lograba entender, Flamel decide viajar a España, en aquel tiempo el centro del saber y del conocimiento, donde estaban las escuelas de traductores más expertas en la interpretación del griego antiguo. Una de las informaciones le llevó en busca de un tal maestro Canches, un judío de la ciudad de León, que identificó aquella misteriosa obra como el *Aesch Mezareph* del rabí Abraham.

Flamel describe el descubrimiento del libro y su periplo por España en la obra *Libro de las figuras jeroglíficas* (1399), donde también cuenta que el maestro Canches le mostró el lenguaje y los símbolos ocultos de la obra, lo que le convirtió en un iniciado. En su tumba, en el cementerio de Saint Jacques de la Boucherie de París, se hallaron multitud de símbolos químicos y, una vez abierta, quizás para ser expoliada, se encontró vacía. Así se alimentaron las leyendas sobre la piedra filosofal y la inmortalidad de Nicolás Flamel, unidas al hecho de que el francés disfrutó de una extensa fortuna para la que los historiadores no encuentran explicación (Wilkins, 2001).

Ya superada la Edad Media, existen algunos ejemplos de alquimistas, como el alemán Heinrich Cornelius Agrippa (1486-1535) -más que alquimista estaba iniciado en las ciencias ocultas de la magia- que estuvo al servicio del emperador Carlos I de España. Agrippa, en su obra principal *De occulta philosophia*, recopiló todo el conocimiento medieval sobre magia, astrología, alquimia o medicina, pero también sobre ciencia natural. O el inglés Robert Fludd (1574-1637), quien también viajó por España.

³ La mayoría de las obras de alquimia atribuidas a Arnaldo de Vilanova y a Raimundo Lulio no eran suyas, sino que otros firmaban con su nombre: "*muchos practicantes de diversas heterodoxias bautizaron sus escritos con su nombre*" (Puerto Sarmiento, 2022).

Un hecho relacionado con la mineralogía es el uso de la pólvora. A comienzos del siglo XIV, los árabes ya la habían usado para impulsar proyectiles en España, según se desprende de las crónicas del rey Alfonso XI de Castilla, en el sitio de Algeciras (1343), que es la primera referencia escrita del empleo de la pólvora con fines militares. No obstante, un siglo antes, también los árabes, en la defensa de la ciudad de Niebla (Huelva), cuando fue sitiada por Alfonso X, puede que ya la utilizaran.

1.3. Alfonso X el Sabio

Alfonso X el Sabio (1221-1284) es una figura relevante en la historia de las ciencias naturales españolas. Se le conoce por ser el promotor de interesantes obras jurídicas y de historia y, especialmente relevantes para la ciencia, por sus obras sobre astronomía y por su lapidario.

En su corte, logró reunir a un gran conjunto de sabios con grandes conocimientos en hebreo, árabe y latín; conocidos en un principio como el *Scriptorium real* y más adelante como la Escuela de Traductores de Toledo (González Sánchez, 2011). Cristianos, judíos y árabes, sin distinción, se dedicaron a redescubrir textos griegos y a traducir textos árabes y hebreos al latín y al castellano. No fue la única la Escuela de Traductores de Toledo, también crea en Sevilla unas escuelas de latín y árabe denominadas *Studii*, otra escuela en Murcia dirigida por el matemático Al-Ricotí y la transformación en universidad de unos centros de enseñanza preexistentes en Salamanca, en 1254, y Palencia, en 1263 (González Sánchez, 2011). Aparte de la importancia cultural y científica, el trabajo realizado en estas escuelas convierte al castellano en una lengua culta, mucho antes que cualquier dialecto del latín de los varios que habitaban la península ibérica y, desde el reinado de Alfonso X, el que se utiliza como lengua oficial en detrimento del latín.

El rey sabio también adquirió fama de alquimista cuando alteró el metal de las monedas por causas sociales (García Font, 1976), aunque este hecho es recurrente cuando se trata de regular el metal de las monedas: "*La Alquimia de los siglos XIII y XIV aparece relacionada con las repercusiones de los movimientos económicos en general y con la reaparición de la moneda en particular*"⁴.

De la extensa obra alfonsina se deben destacar tanto las obras jurídicas representadas por el *Fuero Real de Castilla* y el *Código de las Siete Partidas*, donde se recoge el derecho romano para unirlo a las tradiciones de Castilla; como dos obras de historia, la *Crónica General* -una historia de España- y la *Grande e General Estoria*, -una historia universal-. Igualmente destacable es un libro de juegos titulados *Axedrez, dados e tablas* y, de manera notable, las

⁴ Capítulo IX del Libro XII *Historia de España*, (Mariana, 1854).

cuatrocientas veinte canciones escritas en galaico-portugués que componen las *Cantigas de Santa María*.

En particular, dentro de las obras científicas del rey Alfonso tienen especial interés los *Libros del saber de astronomía*, con sus *Tablas astronómicas*, también conocidas como *Tablas alfonsíes*, y el espectacular *Lapidario*.

Las *Tablas alfonsíes* (1277) son una recopilación del conocimiento astronómico de la época y comprenden todo tipo de documentos, desde originales, como las observaciones realizadas en el siglo XI por el astrónomo cordobés Al-Zarkali, hasta multitud de traducciones. Sus principales autores y recopiladores son Isaac ben Sid y Yehudah ben Mosheh y también Guillén Arremón de Aspa y Juan de Aspa. Incluyen las observaciones efectuadas en el firmamento de Toledo desde el 1 de enero del año 1263 hasta 1272. Un hecho que refleja la importancia de las *Tablas alfonsíes* es que fueron elegidas, traducidas y estudiadas por Alfred Wegener (1880-1930) como objeto de su tesis doctoral sobre astronomía, defendida en la Universidad de Berlín en el año 1905.

1.4. El Lapidario Alfonsí

Alfonso X fue el rey de la Corona de Castilla entre 1252 y 1284. El *Lapidario* fue redactado hacia 1250, aunque se había iniciado antes, y ampliado entre los años 1276 y 1279. Quiere esto decir que ya antes de ser rey había comenzado este trabajo y lo volvió a revisar hacia el final de su reinado. En palabras del historiador de la geología Salvador Ordóñez: “Fue nuestro rey Alfonso X el Sabio el que puso los medios para que toda Europa conociera los clásicos griegos, romanos y árabes, y en este contexto nace el lapidario que aún hoy nos asombra” (Ordóñez, 1984).

Se puede definir como un tratado de carácter médico y mágico que estudia las propiedades de las piedras bajo el amparo de la astrología, en la misma línea que los lapidarios más famosos de todos los tiempos, como *De lapidibus* de Teofrasto, uno de los primeros y más completos lapidarios que se conservan tanto en ediciones en griego como en latín, *De lapidibus* de Marbodius, con más de cien versiones manuscritas en latín, y *De mineralibus* de san Alberto Magno.

El *Lapidario* de Alfonso X es un gran tratado en el que se describen quinientas piedras preciosas, metales y algunas sustancias que no son de origen mineral. Está traducido al castellano en dos pasos, desde la versión caldea al árabe y del árabe al castellano, y existe una copia en los *Manuscritos de El Escorial* con 638 ilustraciones. La primera versión de 1250 fue ampliada, en el año 1279, con el *Libro de las formas e imágenes que están en los cielos*, o *Tablas del Lapidario*. En su estado actual, el manuscrito consta de ciento diecinueve folios, aunque el original tuvo ciento treinta y cinco. El *Lapidario* está considerado como el primer manuscrito científico escrito en una lengua romance, la lengua castellana.

Como explica Pedro Sánchez-Prieto, gran especialista en la obra alfonsí, en el prólogo de una de las últimas ediciones del *Lapidario*: “Puede que el *Lapidario* sea uno de los textos que mayor atractivo ha despertado entre los estudiosos de Alfonso X el Sabio. Tanto la curiosidad generada por el mundo de las piedras como el cuidadísimo códice de la Cámara Regia conservado en la Biblioteca de El Escorial han contribuido, sin duda, a despertar un vivo interés” (Alfonso X el Sabio, 2014).

El *Lapidario Alfonsí*, que también se conoce por este nombre, relaciona cada roca o mineral con los ciclos de las estrellas y, a su vez, con los signos del zodiaco. Está compuesto por cuatro partes llamadas *Primero*, *Segundo*, *Tercero* y *Cuarto Lapidario*, que se corresponden con (1) el Libro de las piedras según los grados de los signos del zodiaco, (2) el Libro de las piedras según las fases de los signos, (3) el Libro de las piedras según la conjunción de los planetas y (4) el Libro de las piedras ordenadas según el abecedario (Alfonso X el Sabio, 2014).

El *Lapidario Primero* se inicia en el año 1243 por el todavía infante Alfonso, y se termina en el año 1250, a raíz del descubrimiento de un manuscrito original en árabe que aparece en manos de un judío toledano. En él, se asignan treinta piedras a cada signo zodiacal, trescientas sesenta piedras en total, tantas como grados en una rotación completa del círculo y ordenadas de acuerdo con el color o las características físicas de cada una de estas rocas. En cuanto a la autoría, en el prólogo se cita a Aristóteles, entre otros sabios antiguos, como el autor de un libro en el que se estudiaban setecientas piedras por color, tamaño y cualidades. También habla del moro Abolays, que encontró un texto en lengua caldea que contaba de dónde recibían las piedras sus propiedades y virtudes y con qué cuerpos celestiales tenían “atamientos”. Hay muchas dudas acerca de Abolays, incluso se piensa que pudiera ser el propio Aristóteles, o un tal Abbul Abbas, naturalista hispanoárabe desaparecido en el año 1237.

El infante Alfonso, con la composición del *Lapidario*, pretendía reunir y ordenar toda la información disponible, con independencia de su origen. El método que sigue es estudiar en profundidad los textos árabes que ha descubierto, a los que luego fusionará y mejorará con los tratados clásicos. En concreto, muchas reproducciones de las constelaciones no vienen de las figuras árabes. Un hecho curioso ocurre con cuarenta y ocho figuras de un texto de Ptolomeo, que se consideraban perdidas en Occidente hasta ese momento y, finalmente, son recuperadas gracias a las traducciones árabes del *Tratado de las Estrellas* del persa Al-Sufi.

El segundo libro o *Lapidario Segundo* se considera anónimo y se limita a colocar tres minerales bajo el influjo de cada uno de los signos zodiacales. En el tercer tratado, quizás anónimo, quizás obra de un tal Belienus, que según algunos autores podría ser Plinio el Viejo, expone las cualidades de tres piedras por cada signo zodiacal y advierte de las alteraciones que puede provocar, en las cualidades de cada roca, la presencia de los planetas, colocados según

Ptolomeo. En el cuarto lapidario también se explica el influjo de las constelaciones en las piedras, pero se presenta ordenado alfabéticamente conforme al árabe, según dice el prólogo firmado por un desconocido Mahomat Aben Quich. Los traductores de la obra fueron Yehudah ben Mosheh ha-Kohen, conocido como Yehudah Mosca el Menor y el clérigo Garcí Pérez⁵.

Dentro de la categoría de lapidarios españoles, aunque casi cuatro siglos después, existe un texto similar. Se trata del lapidario de Gaspar de Morales, boticario nacido en Zaragoza en la segunda mitad del siglo XVI -aunque se desconocen las fechas exactas de nacimiento y deceso-, titulado *De las virtudes y propiedades maravillosas de las piedras preciosas*. Esta obra fue impresa en Madrid, en 1605, y estaba dedicada a Nuestra Señora del Pilar, lo cual fue en vano, ya que la Inquisición confiscó los ejemplares e incluyó la obra en el *Index Expurgatorius* o, más apropiadamente, el *Index librorum prohibitorum*.

El lapidario de Gaspar de Morales se divide en tres partes: en la primera trata de la formación de las piedras y sus causas, la segunda parte consta de cincuenta capítulos, que se corresponden con cincuenta piedras, y la última parte trata de otras setenta y siete piedras con sus correspondientes setenta y siete capítulos. Como suele ocurrir en la mayoría de lapidarios, muchos de los ejemplares tomados como piedras en realidad no lo son. Contiene numerosas citas de los clásicos, referencias al hermetismo y comentarios sobre la obra de Georgius Agrícola.

1.5. Fuero Viejo de Castilla

En estos inicios de las ciencias naturales destacaban los lapidarios y algunas otras obras escritas, pero sobre todo existía, desde hacía siglos, la ya mencionada minería de la península, integrada de una manera muy notable en la cultura hispana. Esta minería se puede ver reflejada en las leyes que la regulaban. Dejando a un lado el derecho romano aplicado en la península, así como el inexistente derecho minero visigodo, los inicios del derecho minero pueden encontrarse en la legislación foral típica de la España medieval.

El principal texto es el *Fuero Viejo de Castilla* o *Fuero de los Fijosdalgo*, elaborado sobre la base del *Libro de los Fueros*, conformado a su vez por el *Fuero Juzgo* y el *Libro Juzgo*. En este texto, según los estudios actuales de historia del derecho, "los aristócratas castellanos tratan de sustraer a los fueros locales el contenido de sus privilegios, compilándolos en un solo texto legal". El *Fuero Viejo de Castilla*, además de en el *Libro de los Fueros*, tiene sus orígenes en el *Ordenamiento de Nájera*, donde se cree que se celebraron unas cortes presididas por Alfonso VII, aunque otros autores atribuyen su autoría a Alfonso VIII. Tampoco está claro el momento de su aprobación, a pesar de que en el prólogo dice el 30

⁵ Se puede ampliar información sobre este texto en la obra *Lapidario* de Alfonso X el Sabio en la edición revisada por Pedro Sánchez-Prieto (Alfonso X el Sabio, 2014).

de octubre de 1377, pues existe una primera redacción, asistemática, de 1248 (Muro Martínez, 1874).

Desde los primeros fueros, anteriores al año 1000, el derecho de señorío ya distingue la especial condición minera del derecho de propiedad en superficie y se consagra el derecho del primer ocupante a la explotación del subsuelo mediante la contraprestación o tributo regalista (Jakob, 1964).

En el *Fuero Viejo de Castilla* se decretaba que las minas de oro, plata y plomo eran del Señorío del Rey y que nadie podía explotarlas sin su autorización. En el *Código de las Partidas*, de 1265, se puede interpretar que existe una propiedad minera compartida entre el dueño del suelo y la propiedad real. No obstante, el principio regalista de la propiedad real prevalece, ya que el monarca se reserva una renta sobre las minas y metales. El *Fuero Viejo de Castilla* está refrendado por el *Ordenamiento de Alcalá de Henares*, que se aprueba en 1348, en el que se repite que *"todas las minas de plata, oro, plomo y cualquier otro metal que se encuentren en el Señorío Real pertenecen al Rey y que nadie puede explotarlas sin su licencia y a él han de darle sus rentas"*, pero acepta la propiedad privada de las minas, bien porque el rey o sus progenitores las hubiesen dado en privilegio o las hubiesen ganado por tiempo inmemorial (Muro Martínez, 1874). Poco después, Juan I de Castilla promulgaba en 1387, en las cortes de Briviesca, que: *"Todos pudiesen libremente buscar en tierras de su propiedad o ajenas, oro, plata, azogue, estaño, piedras y otros metales"*, siempre y cuando dos terceras partes de lo extraído fueran para la Corona.

Años más tarde, su bisnieta Isabel I de Castilla se casa con Fernando de Aragón, los Reyes Católicos, que intentan desde el primer momento modernizar el Reino. Después de la expulsión de los musulmanes se proponen vertebrar el territorio desarrollando una red de caminos que permita reactivar la economía gracias a la demanda interna y al comercio. También se dictan normas para la minería, incluso se limita la exportación de minerales metálicos como el oro, la plata y, sobre todo, el hierro. Así mismo, se promueve la producción de alumbre, que tenía una gran demanda en el resto de Europa, y se limita la importación de la sal con lo que se desarrolla la explotación de la halita nacional presente en las comarcas de Atienza, Poza de la Sal, Minglanilla o Cardona.

No obstante, Isabel I produce un giro en la historia cuando decide financiar la expedición a las Indias, que será el inicio del mayor imperio que haya existido nunca.

EDAD
MODERNA

CAPÍTULO 2

EL IMPERIO ESPAÑOL

El primer impulso a la geología en España viene dado, fundamentalmente, por los textos geológicos de las historias naturales escritas sobre el Nuevo Mundo y por los avances en la minería, principalmente de este Nuevo Mundo; y también, en menor medida, por las obras que se preguntaban sobre el origen de los fósiles, tanto en la España europea como en la España americana e, incluso, en la España del Pacífico.

Introducción

Se denomina Edad Moderna al tercero de los periodos históricos en los que se divide la Historia Universal y alberga una época comprendida entre el siglo XV y el siglo XVIII. Se inicia con el Descubrimiento de América (1492) y finaliza con la Revolución francesa (1789). En España, la Edad Moderna coincide con el nacimiento y esplendor del Imperio español y llega a su declive, poco antes de la Guerra de la Independencia española y de la emancipación de las provincias americanas, aproximadamente en el año 1810.

A raíz del descubrimiento del Nuevo Mundo, la ciencia en general y, particularmente, las ciencias naturales sufren una convulsión. En el siglo XVI aparece en las universidades la figura del profesor de Historia Natural y, durante este siglo y los dos siguientes, las monarquías europeas promueven expediciones científicas, jardines botánicos y gabinetes de historia natural con estupendas colecciones de animales, vegetales y minerales. Este renacimiento del naturalismo comenzó, sin ninguna duda, con el interés que suscitó el Nuevo Mundo y las grandes exploraciones y conquistas de los españoles y, en menor medida, de los portugueses, lo que a su vez dio lugar a grandes tratados que describían las tierras descubiertas, sus habitantes y sus recursos. En España, estas descripciones de la naturaleza están promovidas por la Corona y cuentan con la inestimable ayuda de las órdenes religiosas que poseen, casi en exclusiva, a la gente con la formación adecuada para comprender estos nuevos procesos.

Además, existe una relación lineal entre la expansión de España por el nuevo continente y el desarrollo de la minería; los primeros españoles enseguida se dieron cuenta de la variedad geológica que les iba a permitir obtener un alto beneficio de la multitud de minerales presentes. Fruto de esta percepción y de estas descripciones son las historias naturales -que llegaron a ser un género que alcanzó gran popularidad, especialmente entre las clases altas- en las cuales se pueden encontrar los primeros estudios geológicos americanos dentro de la historia de la geología en España. Estos estudios geológicos han estado relegados en la literatura científica por la historia de la minería que, en muchos momentos,

está íntimamente relacionada, pero que, efectivamente, ha ocultado los aspectos más geológicos.

Tanto los trabajos mineralógicos y metalúrgicos de Álvaro Alonso Barba y Bartolomé de Medina, como las historias naturales del Nuevo Mundo que contienen los primeros estudios geológicos hispanoamericanos de José de Acosta y Bernabé Cobo, son el cuerpo de la historia de la geología española del siglo XVI y gran parte del siglo XVII.

2.1. Historia Natural del Nuevo Mundo

Las obras de José de Acosta y Bernabé Cobo son ejemplos de los primeros estudios geológicos que realizaron grandes naturalistas. No obstante, no se pueden comentar las historias naturales del Nuevo Mundo sin nombrar la primera de ellas, escrita por Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés (1478-1557). Nacido en Madrid, fue militar y escritor, y llegó a ser nombrado por el emperador Carlos V primer cronista de las Indias, además de gobernador de la Fortaleza de Santo Domingo y La Española (Pérez de Tudela y Bueso, dbe). Estuvo presente en la rendición de Granada, en 1492, y en el regreso de Cristóbal Colón tras su primer viaje. En Italia conoció a Leonardo da Vinci y en Sicilia disfrutó de la amistad de Gonzalo Fernández de Córdoba, más conocido como "el Gran Capitán". Llegó a las Indias en 1514 y en su labor de cronista entrevistaba a los viajeros que se detenían en Santo Domingo, la puerta principal para entrar en el territorio español americano. Sus informantes fueron Juan Cano (conquistador de México), Jiménez de Quesada, Almagro, Pizarro, Urdaneta, Soto, Ponce de León, Pánfilo de Narváez, Alonso de Santa Cruz, Álvar Núñez, Solís, el licenciado Vadillo, Orellana, García de Lerma, los Lugo y los alemanes de la casa Welser (Ayala, 2005). Su obra principal es la *Historia General y Natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano* y fue escrita entre 1526 y 1549, pero no se publicó al completo hasta tres siglos después, entre otras razones, para evitar que los enemigos de España conocieran las riquezas recién descubiertas.

El hecho de las publicaciones tardías o abortadas será recurrente en todas las historias naturales de esta época debido a la información que demandaban las potencias extranjeras. Se debe tener en cuenta que un modo de espionaje es el espionaje científico. Cuando muchos años más tarde se produzca la Guerra de la Independencia contra los franceses y las provincias americanas comiencen a emanciparse, Inglaterra utilizará expediciones científicas -como la del Beagle- con fines económicos y militares, cartografiando la costa y los puertos y estableciendo oficinas comerciales. Hasta ese momento, Inglaterra intentará, durante tres largos siglos, conseguir -por medio de piratas o con grandes flotas, como la que acabó huyendo de Cartagena de Indias- algún territorio desde el que poder acceder a las riquezas del Imperio español, así como información sobre sus recursos naturales.

En cuanto a la obra en sí, a pesar de su importancia histórica, realmente Fernández de Oviedo no aporta mucha información que pueda ser de interés sobre las descripciones minerales o la geología de la época, excepto en un par de temas. En uno de los capítulos distingue entre yacimientos de oro primarios y secundarios, cuando habla del oro de La Española, y en otro presta especial atención a los volcanes.

Durante su estancia en Italia había visitado el cráter del Vesubio y, al llegar al Nuevo Mundo, en una zona que coincidiría con la actual Nicaragua, recoge algunas erupciones de la época y escribe al emperador Carlos V recomendando que no se realicen asentamientos en las cercanías de los volcanes, por el riesgo que esto supone. Según algunos estudios actuales, Fernández de Oviedo realizó las primeras representaciones cartográficas geológicas de América, al dibujar a escala los elementos morfológicos del volcán Masaya y, puede que también, de algunos otros volcanes (Boixereu, 2016). En su obra describe como “*en el mismo volcán Masaya*” el fraile dominico Blas del Castillo llega a descender, en una cesta, al cráter para recoger muestras de lava, creyendo que contenía oro.

Este volcán gozó de gran popularidad en aquellos años. Otro dominico, el muy relevante fray Bartolomé de las Casas, describió los materiales producidos en sus emisiones y supuso que las erupciones estaban relacionadas con dos lagunas que había en las cercanías del volcán y con el azufre y el bitumen del interior de la tierra. El franciscano Toribio de Benavente también le otorga al azufre el origen de las erupciones. No es de extrañar, porque los españoles conocían el azufre y su uso como componente fundamental de la pólvora desde los tiempos de Alfonso X, como ya se ha comentado, cuando se produce el asedio a la ciudad de Niebla y los árabes la utilizan para impulsar proyectiles contra las fuerzas cristianas. Así se explica que, una vez en México, en una de sus primeras decisiones, Hernán Cortés envíe una expedición al volcán Popocatepetl para conseguir azufre y poder fabricar pólvora. Y más adelante, en el verano de 1521, después de la Noche Triste y de la batalla de Otumba, en el contexto del asedio a Tenochtitlán, envíe una segunda expedición que obtuvo directamente del cráter del volcán doce arrobas de azufre (137 kilogramos), constituyendo una más de las grandes hazañas de los españoles en América (Cervantes de Salazar, 1914).

La historia natural que sí ofrece interés mineralógico es la del médico Francisco Hernández de Toledo (c. 1515-1587), nacido en La Puebla de Montalbán (Toledo), quien realiza una expedición botánica a instancias del rey Felipe II, el cual le otorga dos mil ducados anuales para este desempeño que debía durar cinco años (Guerra, dbe). Quizás se trate de la primera expedición científica del mundo moderno. Durante el viaje, Hernández tiene una gran inclinación a considerar los minerales para su posible uso como medicamentos y queda muy impresionado con las colecciones indígenas (Ayala, 2005). Emulando a los antiguos lapidarios médicos, su expedición recolecta un gran número de muestras minerales, identificando hasta cuarenta y siete elementos o compuestos, aunque en la obra actual, reconstruida por la Universidad Nacional

Autónoma de México, se pueden ver treinta y cinco capítulos correspondientes con treinta y cinco minerales, estando uno de ellos repetido y siendo un tercero de Filipinas, no de la Nueva España americana (Hernández, 2015).

Otro mineralogista destacado de estos primeros tiempos americanos es el franciscano Bernardino de Sahagún (1499-1590), quien exploró el virreinato de Nueva España durante treinta años, entre 1547 y 1577. De su *Historia general de las cosas de la Nueva España* no se permitió realizar copias, por orden de Felipe II, lo que llegó a ser un caso más de una historia natural que permaneció inédita, en este caso hasta el año 1830. Sahagún describe los minerales que utilizan los indios y los clasifica según el uso: piedras medicinales, piedras preciosas, metales, gomas y resinas, piedras útiles y tintes o colores; identificando un total de noventa y cuatro elementos o compuestos (León Garrido, 2018).

Dentro del género de las historias naturales del Nuevo Mundo, existen algunas crónicas que hablan de los fósiles o “restos de gigantes”. Cieza de León, en la *Crónica del Perú* (1553), describió el hallazgo de gigantescos restos óseos al norte de Guayaquil (virreinato del Perú, más tarde virreinato de Nueva Granada) y en el virreinato de Nueva España⁶. Otro cronista que también habla de este tema es Bernal Díaz del Castillo (1492-1584), quien cuenta en *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España* (1632) que Hernán Cortés envió grandes molares y restos de huesos enormes a España.

Las principales historias naturales del siglo XVI tenían un referente que era la *Historia Natural* de Plinio el Viejo (Ayala, 2005). Esto se puede constatar en varios ejemplos, ya que Gonzalo Fernández de Oviedo se describe a sí mismo como el “Plinio del Nuevo Mundo”, Francisco Hernández llegó a traducir la obra del romano y José de Acosta fue conocido como “el Plinio del Nuevo Mundo”, según le denominó Alexander von Humboldt en una de sus obras.

2.1.1. José de Acosta

El jesuita José de Acosta (1540-1600) nace en Medina del Campo (Valladolid) y muere en Salamanca. En el periodo de su vida que comprende desde el año 1571 hasta el año 1587 estuvo de misionero en el Perú. Se trata del hijo menor de un comerciante de familia aparentemente acaudalada, compuesta por tres hijas y seis hijos, cinco de los cuales fueron jesuitas y el sexto fue un militar condecorado por Felipe II. Acosta ingresa, junto con dos hermanos

⁶ Los dos principales virreinos del Nuevo Mundo fueron el virreinato de Nueva España o de México (1535-1821), con capital en la ciudad de México (sobre las ruinas de la capital azteca, Tenochtitlán) y que abarcaba desde Panamá hasta el norte de México y Alaska, e incluía Filipinas; y el virreinato del Perú o de Nueva Castilla (1542-1824) con capital en la ciudad de Lima, que abarcaba toda la América del Sur a excepción de los territorios brasileños, ocupados por Portugal. Más tarde se crearon dos nuevos virreinos Nueva Granada (1717-1819) y Río de la Plata (1776-1810). Hacia el año 1800, estos cuatro virreinos estaban conformados por ochenta y tres provincias.

mayores, en la Compañía de Jesús en 1552 a la edad de doce años. Con catorce años es profesor de gramática de sus compañeros, a los quince redacta cartas en latín al padre general de la orden y a los diecisiete escribe comedias y autos bíblicos. Entre 1557 y 1559 enseña, en colegios de Castilla y Portugal, las asignaturas de Humanidades y Gramática Latina y entre 1559 y 1567 reside en Alcalá de Henares cursando Teología y Derecho Canónico, según los planes de estudios de su orden, pero también cursa asignaturas de Historia Natural. Es nombrado sacerdote en 1567 y, después de tres años, pide ser destinado como misionero, sin embargo, debido a una instrucción de Felipe II, los jóvenes talentos no pueden irse al extranjero, por lo que es enviado al virreinato o provincia española del Perú, a su vez provincia jesuita establecida que necesitaba mentes lúcidas como la de Acosta y donde el virrey Francisco de Toledo reclama "jesuitas de valía" (Del Pino Díaz, dbe).

Entre los meses de mayo de 1573 y octubre de 1574, realizará un viaje por el sur del Perú que será esencial para él y quedará reflejado en su obra. Vivió en las ciudades de Cuzco, Chuquisaca (Sucre) y Chuquiabo (La Paz), y pudo conocer las minas de Potosí cuando estas producían la mitad de la plata mundial, así como la ciudad del mismo nombre con más de 125 000 habitantes, una de las mayores del mundo. En este viaje conoce al virrey Francisco de Toledo, a quien acompañará en alguno de sus viajes, como al río Pilcomayo, y disfrutará de su hospitalidad en Chuquisaca. Acosta quiere comprender la vida y usos de los indios para poder convertirlos y enseñarles costumbres civilizadas, lo que piensa que es la llave hacia una vida mejor. En total fueron tres los viajes que realizó por el interior del virreinato -el segundo viaje entre 1576 y 1577 y el tercer viaje entre 1578 y 1579- que le permitieron conocer cómo vivían realmente los indios y sus condiciones de trabajo en las minas de plata de Potosí y en la mina de azogue de Huancavélica.

El padre Acosta disfruta de una vida muy intensa en Perú, que incluye una destacada participación en el Concilio de Lima, que se clausuró en 1583, y concluye con un año de estancia en México, donde se encuentra destinado uno de sus hermanos, justo antes de retornar a la península en 1587. En sus últimos años, realiza actividades diplomáticas como enviado secreto de Felipe II en Roma, un rey adelantado a su época que disponía de unos servicios secretos de estilo moderno. Durante este tiempo estuvo preparando sus obras, principalmente por la que es más conocido: *Historia Natural Y Moral De las Indias: En Que Se Tratan Las Cosas Notables Del Cielo, Y Elementos, metales, plantas y animales dellas; y los ritos y ceremonias, leyes y gobierno, y guerras de los indios. Compuesta por el Padre Joseph de Acosta, Religioso de la Compañía de Jesús... impresso en Sevilla en casa de Juan de León. Año de 1590.*

Muchas historias naturales y morales se editaron posteriormente, aunque la del padre Acosta es la crónica de Indias más reproducida en español. De la magnitud de su importancia habla que el mismo año de su edición fue traducida

al latín, en el año 1596 fue traducida al italiano, en el año 1598 fue traducida al francés, holandés y alemán y en el año 1604 fue traducida al inglés.

Acosta era un gran conocedor del virreinato del Perú, empero, para sus escritos sobre el virreinato de Nueva España (México) se basa en la obra *Historia de las Indias de Nueva España e islas de Tierra Firme* (1581), también conocida como *Códice Durán*, del dominico fray Diego Durán (1537- c. 1588), y de las aclaraciones que el padre Durán le hace llegar por escrito entre 1586 y 1587 (Valcárcel, 1989).

Como da a entender el título, la obra de Acosta consta de dos partes, donde los cuatro primeros libros pertenecen a la parte primera, la *Historia Natural*. En el libro primero defiende la posición geocéntrica de la Tierra y describe la geografía del globo, dando a entender que entre Asia y América ha debido de haber un puente por donde circularon los hombres y los animales. En el libro segundo evidencia que el ecuador terrestre, la “zona tórrida”, es habitable, en contra de lo que pensaba Aristóteles (el padre Acosta es un escolástico y toda la ciencia natural la refiere a Aristóteles). En un párrafo muestra “el orgullo de nuestros siglos por la dicha de alcanzar dos grandes maravillas: la navegación del mar Océano y la gozosa apacibilidad de la Tórridazona” (Valcárcel, 1989). En el libro tercero realiza una descripción física de América y en el libro cuarto describe los elementos mixtos o compuestos: el reino animal, el vegetal y el mineral (oro, plata, azogue, esmeraldas y perlas), donde incluso distingue los distintos tipos de mineralizaciones en que se pueden presentar el oro (en piedra, en pepita o en polvo) y la plata.

Ciertamente, se trata de un gran observador dotado de gran sentido común. Existen varios factores que hacen de su trabajo algo especial. En lo que se refiere a las ciencias naturales, se pregunta cómo puede haber animales y plantas en el Nuevo Mundo que no existen en Europa, si todos los que se conocen son los que se salvaron en el arca de Noé después del Diluvio. Apunta tres posibles soluciones (Sequeiros, 2009), dos teológicas y una, sorprendentemente, evolucionista, doscientos cincuenta años antes de que Darwin formulase su famosa teoría. Acosta expone, en el capítulo XXXVI del libro IV de su obra, que todos los animales del Nuevo Mundo serían una modificación de los animales originales de Europa que, mediante ciertos accidentes, lo transmitieron a sus descendientes. Debido al interés, el texto se reproduce a continuación:

“También es de considerar, si los tales animales difieren específica y esencialmente de todos los otros, o si su diferencia accidental, que pudo ser causada de diversos accidentes, como en el linaje de los hombres, ser unos blancos y otros negros, unos gigantes y otros enanos. Así, verbi gratia, en el linaje de los simios ser unos sin cola y otros con cola, y en el linaje de los carneros ser unos rasos y otros lanudos: unos grandes y recios, y de cuello muy largo, como los del Perú; otros pequeños y de pocas fuerzas, y de cuellos cortos, como los de Castilla”.

En otra parte del libro explica que se pueden encontrar restos de gigantes en Manta y Puerto Viejo (Perú) y describe que en México se encontró un enorme molar “*tan grande como el puño de un hombre...*”.

Este conocimiento que aportaron los jesuitas en aquellos años colisionará más tarde con las ideas de la Ilustración, que considerará que ningún conocimiento puede venir de la Iglesia; es por eso por lo que se condenó a la Compañía de Jesús⁷. Este hecho determina que la obra del jesuita permanezca arrinconada durante dos siglos, hasta que una parte importante es utilizada, en algún punto copiada, por Alexander von Humboldt. Como ejemplo, la corriente fría que, en su honor, lleva el nombre del prusiano ya había sido intuida por Acosta en sus escritos. Humboldt describe a Acosta en su obra *Cosmos* como “*maestro de la edad moderna en lo relativo a la física del Globo*” y como precursor de la teoría de Edmund Halley sobre la existencia en la Tierra de “*cuatro (sic) polos magnéticos*”.

2.1.2. Bernabé Cobo

Como muchos españoles de aquella época, un joven jienense de quince años llamado Bernabé Cobo (1580-1657) decidió viajar al Nuevo Mundo en busca de fortuna. Es una persona con gran inquietud por adquirir conocimiento, por lo que al poco tiempo comienza a estudiar Filosofía Natural en el colegio universitario San Martín de Lima e ingresa en la Compañía de Jesús, orden fundada sesenta años atrás. En 1613, inicia su obra *Historia del Nuevo Mundo*, que finaliza en 1653, pero cuya primera edición no se llevará a cabo hasta el periodo comprendido entre los años 1890 y 1893.

La obra del padre Cobo es conocida por sus descripciones etnológicas, geográficas y de la naturaleza, debido a que se trata de un gran observador que combina su labor de misionero con sus investigaciones, a lo largo de los virreinos del Perú y Nueva España, durante la primera mitad del siglo XVII. Incluso llega a registrar fenómenos climáticos que se conocerán posteriormente como la *corriente de Humboldt* o los efectos climáticos de *El Niño* (León Garrido, 2017).

En su vertiente geológica, la obra de Bernabé Cobo trata de minerales, rocas y fósiles y, además, con especial perspicacia, sobre volcanes y terremotos. Su formación jesuita le permite conocer las obras de los sabios griegos, especialmente de Aristóteles, por lo que cree ver el origen de estos fenómenos en la doctrina de los cuatro elementos: tierra, aire, agua y fuego.

⁷ En 1765, el movimiento ilustrado realizó el más completo y sistemático análisis de los motivos que habían conducido al fin de los jesuitas con la publicación por D'Alembert de su libro *Sur la destruction des Jésuites en France*. Y una completa información de la condena de los ilustrados españoles a la Compañía de Jesús se puede encontrar en *Los jesuitas y la Ilustración* (Giménez López, 2013).

Historia del Nuevo Mundo es un tratado compuesto por catorce libros, de los que tienen especial relevancia geológica el Libro II de volcanes y terremotos, el Libro III de los “mixtos inanimados” (rocas y minerales) y el Libro XII que aborda el tema de los fósiles.

En el Libro II considera que los volcanes no son un castigo divino, pero le sorprende que sea un fenómeno tan habitual en aquellos virreinos, con muchos de ellos en actividad. No le faltaba razón, ya que se encontraba en lo que se ha denominado *cinturón de fuego* del océano Pacífico. Describe, gracias a testimonios de protagonistas directos, la erupción del volcán Huaynaputina (del quechua *wayna*: “joven” y *putina*: “volcán”), estratovolcán de la cordillera de los Andes, situado al sur del Perú, que el 19 de febrero de 1600 produjo la mayor explosión registrada en la historia de América del Sur. El volcán expulsó treinta kilómetros cúbicos de piroclastos mientras que los tres flujos piroclásticos viajaron trece kilómetros al este y sureste, sepultando varios poblados indígenas y provocando daños en las poblaciones de Arequipa y Moquegua. Según un estudio de la Universidad de California, las consecuencias de la explosión del volcán pudieron haber tenido repercusiones mundiales, siendo la posible causa de la hambruna que azotó Rusia entre 1601 y 1603 (Thompson, 2008).

Cobo describe el tamaño de los piroclastos y la distancia a la que llegaban y también los fenómenos físicos secundarios que crea esta erupción, como el desbordamiento de los ríos y arroyos por las presas de lava. Sin embargo, lo más llamativo de su estudio es que identifica correctamente que este volcán y otro volcán cercano, el Ubinas, comparten la misma cámara magmática, al observar que, este último, deja de emitir justo cuando el primero erupciona.

También es curioso como relaciona el vulcanismo con los terremotos, asociando a la vez ambos fenómenos a una zona concreta de la costa pacífica de los virreinos de Perú y Nueva España. Esta relación entre sismicidad y la línea de costa ya fue indicada por el padre Acosta (León Garrido, 2017). En otro episodio sísmico de Perú, el del año 1604, describe la destrucción que crea el posterior tsunami, con inundaciones en la costa que provocan, a su vez, inundaciones de los valles por el desbordamiento de los ríos. En este mismo sentido, el fraile Diego de Ocaña (1565-1608) describe otro gran tsunami que arrasó la ciudad de Arica, en Chile.

El gran observador que hay en Cobo es capaz de distinguir entre los pequeños y muy habituales sismos del interior del continente y los grandes sismos, pero menos habituales, producidos por la subducción de la placa del Pacífico debajo de Sudamérica, aunque, evidentemente, esto él lo desconoce.

En el Libro III trata sobre lo que llama los “mixtos inanimados” (las rocas y los minerales), que es el escalón más bajo de los “mixtos perfectos”, por encima están las plantas, los animales y las personas. Evidentemente, para un jesuita del siglo XVI, el origen de todos ellos es el Creador, pero Cobo, en el capítulo XXXIV “De los metales”, señala que son generados por el Sol (oro), la Luna (plata) y los planetas

del sistema solar que eran conocidos en aquel tiempo: Mercurio (azogue), Venus (cobre), Marte (hierro), Júpiter (estaño) y Saturno (plomo).

En los capítulos de este libro identifica, entre multitud de otras muchas sustancias, “*los licores y betunes que manan de la tierra*”, el azufre, la sal, el alumbre, “*algunos barros y greda de los que se hace loza*”, arenas, gravas, pedernal, cal, yeso, mármol, alabastro, jaspe, travertino, árboles petrificados y carbón. Y continúa con los mixtos inanimados más puros como las geodas, perlas, esmeraldas, piedras preciosas (cuarzo, granate, amatista u obsidiana) y el oro, la plata, el cobre, el azogue, el hierro, el estaño y el plomo.

Hay varios detalles en la obra de Cobo que demuestran el alcance de su intuición y su vista de naturalista, correspondiente a un hombre un par de siglos adelantado a su tiempo. Por ejemplo, reconoce que las formaciones de esmeraldas aparecen asociadas a pequeñas vetas de caliza y, también, distingue entre los depósitos de oro primarios (vetas) y secundarios (en ríos o aluviones) y entre los sulfuros de plata y los sulfuros de plata oxidados. Sin embargo, lo más llamativo es su descripción de la bucarofagia o geofagia en la población indígena. Explica, en el capítulo VII de este Libro III, el uso de arcillas en la dieta, identificándolos con distintos nombres como la *pasa* (esmectitas, es decir, silicato de aluminio hidratado de K, Mg y Fe), el *chaco* (esmectitas con importantes cantidades de caolinitas, cloritas e illitas), la *parpa* (esmectitas) y el *tacu* (caolinita)⁸. Cobo también describe las propiedades médicas que, según los indígenas, tienen otros muchos minerales como la *contaya* (nitrato de sodio o, quizás, alumbre), el *millu* (sulfato ferroso) o los jaspes de todos los colores.

Sin duda, se trata de un gran naturalista que es capaz de identificar procesos a los que se encontrará explicación siglos más tarde. Como en el capítulo XX del mismo Libro III, cuando habla “*De la piedra que se cuaja en agua*”, en el que acierta al pensar que es la materia que lleva este agua la que se convierte en una roca, aunque no conoce lo que es la precipitación química que forma las tobas calcáreas o los travertinos, los cuales fueron también descritos por fray Diego de Ocaña cuando los observó en las proximidades de la mina de azogue de Huancavélica. De la misma manera, en aquel tiempo se creía que era el agua de algunos ríos la que petrificaba las ramas de los árboles o los propios árboles, como en el río de la Plata, donde se encontraban maderas fosilizadas con bastante frecuencia; sin embargo, Cobo, utilizando el sentido común, explica que, si así fuera, las canoas se podrían convertir en piedras y eso no ocurría. Así mismo, es capaz de entender que han existido huesos que, una vez se han enterrado, han llegado a convertirse en roca, es decir, no explica el proceso pero sabe que existe.

⁸ Según el análisis que realiza Browman en “Tierras comestibles de la Cuenca del Titicaca: Geofagia en la prehistoria boliviana” (Browman, 2004).

Hay más detalles en la obra de Bernabé Cobo que dejan ver su gran perspicacia, como el listado de las canteras y rocas, mayoritariamente ornamentales, con sus características decorativas, destino donde se aplicaron y propiedades físicas; o en sus descripciones de algunos procesos sedimentarios fluviales.

Los padres Acosta y Cobo no son una excepción entre los jesuitas. Los exploradores y naturalistas en realidad eran militares y misioneros, principalmente, y puede que algún que otro aventurero. Es por ello, que muchas obras escritas en aquellos tiempos pertenecen a miembros de alguna orden religiosa y, especialmente, la Compañía de Jesús era muy influyente en España. Como ejemplo, se pueden nombrar otros escritos de jesuitas en los que se abordan cuestiones como la de los ríos que transformaban la madera en roca, entre los que se encuentra Alonso de Ovalle (1603-1651), en *Histórica Relación Del Reyno de Chile*, cuando realiza una de las primeras citas acerca de las propiedades petrificantes de los ríos en la cuenca del Plata. Nicholaus du Toit, españolizado como Nicolás del Techo, (1611-1687) también refirió la capacidad de petrificar que poseía el río Paraná. Años más tarde, Pedro Lozano (1697-1752) y José Guevara (1719-1806) siguen compartiendo esta idea, sin embargo, Antonii Sepp (1674-1733) duda que los ríos tengan un poder petrificante (Ottone, 2008).

Además de Lozano, Guevara y Sepp, como se verá más adelante, los jesuitas dieron grandes nombres a la investigación geológica americana del siglo XVIII, donde destacan José Sánchez Labrador o Miguel del Barco. Sin olvidar el trabajo de Juan de Velasco (1727-1792), en una zona que coincidiría con la actual República del Ecuador, se trata de una obra publicada póstumamente y conocida como *Historia del Reino de Quito en la América Meridional* (1844) donde recoge datos sobre vulcanología y mineralogía (León Garrido, 2019).

2.1.3. Fray Antonio Vázquez de Espinosa

En una época en la que el principal libro era la Biblia, existía un tema que tenía una relación directa con lo que hoy se entiende como ciencia de la Geología. Se trataba de la edad de la Tierra.

Hasta casi el final del siglo XIX, muchos científicos consideraban que la edad de la Tierra era de unos cinco mil o seis mil años, debido a la lectura literal del libro del Génesis. Estas ideas provienen de los pensadores romanos, como Sexto Julio Africano (160-240), que en su obra *Chronographiai* dictamina que el mundo se creó en el año 5500 a.C., llegando a esta conclusión al realizar un listado de acontecimientos bíblicos y tradicionales. Eusebio de Cesárea (275-339) calcula la creación del mundo en el año 5199 a.C. y para san Agustín de Hipona (345-430) el mundo tenía menos de seis mil años. Este cálculo lo confirma el padre del protestantismo, Juan Calvino (1509-1564).

Sin embargo, el cálculo más famoso fue el del obispo anglicano irlandés James Ussher (1581-1656), gracias a la precisión de la fecha que logró, ya que

según él la Tierra se creó, utilizando el calendario Juliano, el sábado 22 de octubre a las siete de la tarde del año 4004 a.C. En algunas ediciones de la Biblia se llegó a insertar la fecha de Ussher, otorgándole la misma importancia que la que disfrutaban los textos sagrados.

Veinte años antes de que el obispo Ussher realizara sus cálculos, un fraile carmelita español determinó que la creación del mundo tuvo lugar en el año 3967 a.C., edad muy similar a la determinada por el irlandés. Se trata de fray Antonio Vázquez de Espinosa, autor de *Compendio y descripción de las Indias Occidentales* (1629). Nacido en el último tercio del siglo XVI, quizás en 1570, y fallecido en 1630, durante su vida estuvo catorce años de misionero por tierras americanas, desde 1608 hasta 1622 (Páez, 2004). También determinó que 1.656 años después de la creación del mundo ocurrió el Diluvio (Villaseca, 2014). Su obra es muy curiosa por varios motivos, el primero de ellos es que estuvo inédita en la Biblioteca Vaticana durante tres siglos, hasta que, por casualidad, la encontró un investigador norteamericano, Charles Upson Clark, quien logró que se publicara en inglés en 1942 (Páez, 2004). En España se editará por segunda vez en 1969, trescientos cuarenta años después de su primera y desaparecida edición. Su importancia también radica en la descripción de veinte volcanes americanos y dos erupciones, la de Agua en 1541 y, al igual que Bernabé Cobo, la de Huaynaputina en 1600. En este sentido, también es importante la obra del jesuita Alonso de Ovalle (1603-1651), que escribe sobre la existencia de dieciséis volcanes y narra algunas erupciones en Chile.

Así mismo, se debe atribuir a Vázquez de Espinosa la hipótesis de los puentes que unieron los continentes entre sí. Al igual que José de Acosta, el carmelita intuye que las especies animales y vegetales de América y de Europa son similares, con lo que deben tener un origen común y, probablemente, han pasado de un continente a otro por medio de puentes que se formaron en el pasado. Es más, al ver el parecido entre la costa de América y la de África, llega a anticiparse a la teoría de la deriva continental (Villaseca, 2014) y le hace pensar que el Diluvio podía haber separado los dos continentes. Esta idea de la unión entre los dos continentes también la desarrolla un contemporáneo suyo, Abraham Ortelius (1527-1598), cartógrafo de Felipe II, que tuvo a su disposición todos los mapas y los conocimientos de los exploradores españoles y portugueses para realizar el primer atlas moderno, el *Theatrum Orbis Terrarum*.

Para terminar, se debe señalar que Vázquez de Espinosa es el autor de unas descripciones sobre minería y metalurgia muy notables, las cuales se pueden encontrar en su obra (Vázquez de Espinosa, 1629; Páez, 2004).

2.1.4. Juan Eusebio Nieremberg y José Antonio González de Salas

Mientras en América se escribían historias naturales de ese continente, en la España peninsular del siglo XVI destacan las obras de Juan Eusebio Nieremberg y

José Antonio González de Salas, en las que se intenta dar respuesta al origen de los fósiles y su relación con el Diluvio.

El madrileño Juan Eusebio Nieremberg (1595-1658) era hijo de padres alemanes, los cuales acompañaron a María de Austria, la hija de Carlos I de España y V de Alemania, en su regreso a Madrid cuando se quedó viuda y se retiró en el convento de las Descalzas Reales. Juan Eusebio estudió en las universidades de Alcalá de Henares y Salamanca y, más tarde, ingresó en la Compañía de Jesús, que le destinó como profesor en el Colegio Imperial de Madrid. Se le considera autor de setenta y tres obras impresas y once manuscritos, escritas en fina prosa castellana muy amena, quizás algo recargada y adornada con metáforas, que fueron traducidas a diversos idiomas. En una de estas obras llamada *Curiosa filosofía y cuestiones naturales* -que junto con *Ocultia filosofía* terminó siendo un mismo volumen denominado *Curiosa y oculta filosofía*- afirma que los fósiles no están formados por los astros y estima que son verdaderos huesos (o al menos que su origen está en huesos o conchas que pertenecieron a organismos vivos), a pesar de ser un diluvianista convencido. Cuando se encuentra con el famoso enigma del fósil marino en la cumbre de una montaña muy distante del mar, explica que toda la superficie terrestre había estado cubierta por el mar durante el Diluvio. Esto es, otorga a una inundación el enigma de los fósiles en una alta montaña, pero acierta plenamente en el origen de los mismos, al pensar que su procedencia son huesos o conchas que provienen de organismos vivos. También identifica correctamente las denominadas *glossopetras* o lenguas de piedra, cuando escribe que se corresponden a dientes de tiburones, explicando su presencia en los continentes como pertenecientes a peces petrificados muertos durante el Diluvio Universal.

Un compatriota contemporáneo suyo, también hijo de la villa de Madrid, fue José Antonio González de Salas (1588-1654), el cual gozó de una esmerada educación que, entre otras aptitudes, le permitió escribir y leer perfectamente en latín, griego y hebreo. Durante su vida no tuvo otra ocupación que el estudio, actividad que se pudo permitir gracias a un abultado patrimonio familiar. Le fue conferido el hábito de la Orden de Calatrava por Felipe IV y disfrutó de la amistad del gran genio español Francisco de Quevedo (López Rueda, 2003). González de Salas fue el primer autor que dijo de una manera clara que el Diluvio había modelado el paisaje. En su traducción de Pomponio Mela explica que, después del Diluvio, la tierra emergida era distinta a la que había resultado después del segundo día de la Creación.

2.2. Mineralogía y minería

En el momento en el que los españoles ponen el primer pie en el Nuevo Mundo, justo después de tomar las tierras en nombre de la Corona, tienen como objetivo la búsqueda de riquezas; y no tanto de especias y telas de las Indias, sino de metales nobles como el oro y la plata. En el segundo viaje de Cristóbal Colón, en el año 1493, se llevaron las herramientas necesarias para la extracción de oro

y el mismo almirante redacta un memorial en el que solicita a los Reyes Católicos que se envíe a lavadores de oro y mineros de Almadén *“para cogerlo en la arena, más los otros para cavarlo en la arena”* (Las Casas, 1559).

Antes de que pasen cuarenta años desde el primer viaje de Colón, mediada la década de 1520, los españoles ya tienen en explotación, en el virreinato de Nueva España, la mina de plata de Morcillo. Entre 1525 y 1534 se descubren Zacualpán, Sultepec y Zumpango, y en 1536 llegan al Real de Minas de Zacualpán los primeros mineros españoles y alemanes que fueron enviados por la Casa Fugger y autorizados por el emperador Carlos V. Poco tiempo después se descubren las minas de Zacatecas, en la expedición de Juan de Tolosa de 1546; un año después las minas de Santa Bárbara y, en 1548, las de Guanajuato, todas ellas en Nueva Galicia, que es la expansión hacia el norte del virreinato novohispano. En 1551, se descubren las de Pachuca, al año siguiente Real del Monte y, hasta 1555, Sombrerete, Chalchihuites y Mazapil, así como la mina del Cerro de Proaño, también conocida como mina Fresnillo, en una expedición en la que, igualmente, se encuentra Juan de Tolosa (Pérez Sáenz de Urturi, 1985).

Simultáneamente, en el virreinato del Perú se descubren vetas que, en el año 1545, solo quince años después de la conquista española, ya son minas como la de Porco (que explotó el mismo Francisco Pizarro) y la del cerro de Potosí⁹. Los cronistas Cieza de León y fray Diego de Ocaña representaron gráficamente el cerro de Potosí, con sus vetas y salpicado de bocaminas, ya que constituía un espectáculo grandioso para la época. Estas minas de Potosí han sido las mayores generadoras de riqueza en la historia de la humanidad y, entre 1570 y 1650, produjeron más de la mitad de la plata en el mundo, en una bonanza que se mantuvo más de dos siglos, durante los cuales, la minería de plata sostuvo la economía española (Montoya, 2015).

Se trata de minas legendarias que producen una cantidad increíble de plata a lo largo de varios siglos. En poco tiempo, hay decenas de minas de plata trabajando para el Imperio: Chiclayo, Cochabamba, Puno, Atacama, Pallasca, Lima, San Miguel, Cailloma, La Paz, Chuquisaca (Sucre), etc. A ellas se suma, en 1555, en la España peninsular, la opulenta mina de plata de Guadalcanal, activa hasta 1645. En el año 1595 se descubren las mineralizaciones de Oruro (también en la actual Bolivia), que rivalizan con Potosí y que tomarán el relevo de esta cuando, en la segunda década del siglo XVII, descienda su producción. Años más tarde, cuando Oruro y Potosí dan síntomas de agotamiento, las minas de Cerro de Pasco (actual Perú) mantendrán el nivel de suministros de plata.

⁹ Potosí en lenguaje indígena significaba “cerro” y “cosas altas”, y era conocido mundialmente. “Situado a 4.000 m.s.n.m., era una meseta desolada, polvorienta y ventosa, desprovista de recursos agrícolas exceptuando algunos campos de patatas” (Pérez Sáenz de Urturi, 1985).

2.2.1. Bartolomé de Medina

Debido a los minerales de la plata, uno de los primeros protagonistas de la historia de la geología en Hispanoamérica pertenece al grupo de los metalurgistas. El "método de patio" de Bartolomé de Medina es un nuevo desarrollo tecnológico y un claro ejemplo de metalurgia y mineralogía ligadas a la geología.

El sevillano Bartolomé de Medina (1497-1585) era un próspero comerciante que estaba interesado en el arte de fundir plata. Su descubrimiento, en los inicios de la colonización del Nuevo Mundo, tendrá una gran repercusión en la minería americana, así como en la del resto del mundo en los siguientes tres siglos. Desde tiempos de los romanos, la mayoría de los metales se obtenían de su mineral correspondiente por la fundición de este mineral con óxido de plomo, conocido como litargirio (PbO), que es como el sabio griego Dioscórides llamaba al proceso metalúrgico de separación del plomo y la plata. Este óxido de plomo reduce el punto de fusión de la mezcla hasta una temperatura alcanzable por un simple horno de carbón, obteniéndose por fundido el metal deseado. El proceso solo era válido para vetas muy ricas en plata y necesitaba grandes cantidades de litargirio y carbón, por no mencionar el envenenamiento que producían los vapores de plomo en los operarios de los hornos.

Bartolomé de Medina, en su búsqueda de un método más sencillo y barato para fundir plata, conoce a un alemán llamado Lorenzo, quien le explica un sistema utilizado por los antiguos griegos que consiste en la formación de aleaciones metálicas con azogue:

"Muele el mineral finamente, empápalo de salmuera, añade el azogue y mézclalo muy bien, repite el mezclado todos los días por varias semanas, cuando se oscurezca y deje de estar brillante, separa el mineral sobrante lavándolo con agua, la pasta se calienta en tortas hasta que se separa el azogue y se obtiene la plata pura" (Actualmente los *garimpeiros* del Amazonas todavía utilizan este sistema para obtener oro).

Después de realizar pruebas con este sistema en la mina de Río Tinto, que resultan ser un éxito, y con cincuenta y cinco años de edad, Bartolomé de Medina viaja, en el año 1553, al Nuevo Mundo, en concreto a Pachuca, virreinato de Nueva España, para utilizarlo en las minas de plata denunciadas un año atrás. En principio, el método no funciona, pero realiza pruebas con nuevos compuestos hasta que un sulfuro de hierro y cobre actúa como catalizador, el mismo metal con el que el sistema funcionó en Río Tinto, una explotación rica en hierro y cobre.

La explicación para que al principio no funcionara el método, es que Lorenzo le había descrito un método válido para la plata metálica pura o para el cloruro de plata, o clorargirita ($AgCl$), pero no para el mineral de las minas de Pachuca, el sulfuro de plata, o argentita (Ag_2S), que no contiene cobre asociado. Lo que Medina hizo fue descubrir el proceso de lixiviación clorurante en el que los

minerales de sulfuro son oxidados por una sal de cobre a sulfato, en presencia de iones cloruro. El cloruro de plata formado reaccionaba con el mercurio para dar lugar a la plata metálica, que debe ser separada por calor posteriormente (Durán, 2017).

Finalmente, en el año 1555, el virrey Luis de Velasco le otorga a Bartolomé de Medina la patente por el denominado "método o proceso de patio". Esta técnica alcanzó un gran éxito, ya que permitía el ahorro de leña, escasa en muchas regiones mineras, y además era la adecuada para los minerales americanos. Aunque en un principio tuvo algunos beneficios, con el tiempo numerosas minas no reconocieron su patente y murió pobre en Pachuca.

En el proceso de patio se añadía mercurio, agua y sal al mineral molido, lo que se conoce como amalgamación en frío, en un procedimiento que tenía cuatro fases: molienda, amasado, lavado y desazogado. Pronto se evolucionó a la amalgamación en caliente ("método de buitrones") que aceleraba el proceso y que parece ser un invento de Bernardino de Santa Cruz. En el año 1560, se da un paso más cuando aparece el "método de las estufas", obra de Martínez de Leyva, lo que también permite acelerar la reacción. También se desarrolla en aquellos años otra línea de investigación para intentar ahorrar azogue, optimizando la molienda, con inventos como los de Diego de León, Pedro González o Alonso de Espinosa y con la desazogadora de Juan de Palencia o la "capellina" de Juan Capellín, ambas para recuperar vapores de mercurio (Puche, 2000).

En el virreinato del Perú hubo también algunas mejoras como la adición de hierro del fraile Garci-Sánchez o de los hermanos Corzo (Carlos y Juan de Andrea) o el uso por parte de Juan Fernández de Montano de sulfatos de cobre o de hierro llamados "magistrales". Asimismo, en el año 1572, Pedro Fernández de Velasco introdujo el método de patio en este virreinato. Todos estos inventos son debidos a la innovación española en la metalurgia y al conocimiento mineralógico de aquellos pioneros españoles (Puche, 2000).

2.2.2. Prospección minera en los primeros años del Descubrimiento

No solo se prospectaron y abrieron minas de plata, como se ha explicado anteriormente, en aquellos primeros años del descubrimiento, conquista y cristianización del Nuevo Mundo (los españoles llevaron lo mejor que tenían, fuera más o menos acertado), también se explotaron yacimientos de azogue y oro y, en menor medida, cobre, azufre, hidrocarburos y piedras preciosas. La amalgamación trajo, como efecto secundario, el desarrollo de la minería de las sales (para la amalgama se necesita mercurio y sal), con salinas como las de Santa María en Nueva España y la explotación de salinas de Potosí, en Perú. Normalmente, en las minas de plata siempre aparecía asociado el plomo y, en algunas, como vuelve a ser el caso de Potosí, también aparecía el estaño como

subproducto. Y este mismo estaño, como mineral principal, se explotó en la mina de Carabuco, en el virreinato del Perú.

En esta región se encontró oro en lo que se correspondería con Bolivia, Perú y una parte de Chile. Pedro Cieza de León, en su *Crónica del Perú*, señala yacimientos de oro en la actual Bolivia, como los de Carabaya, Oruro, Asillo y Asangaro, en donde, asegura, se explotaba el preciado metal desde 1542. Asimismo, comenta que a Carlos I se le regaló una pepita de cuatro arrobas en forma de cabeza de caballo. Continuando en Bolivia, había yacimientos de oro en el valle de Chuquiabo (de la Paz) y en Chilleo, los cuales ya habían sido explotados en la época precolombina, ya que los españoles observaron que las vetas contenían extracciones antiguas (Pérez Sáenz de Urturi, 1985).

Por su parte, en lo que más tarde se conocería como virreinato de Nueva Granada, los yacimientos de oro se situaban en las cuencas del río Magdalena y sus afluentes (actual Colombia) y en Zamora (actual Ecuador), de donde se sacaron pepitas de oro de tres y cuatro libras, una de las cuales se envió a Felipe II, valorándose en 3.700 pesos. También se describen yacimientos de oro en Loja, Jaén, Medina, Sevilla del Oro y Logroño (Pérez Sáenz de Urturi, 1985).

Dentro del virreinato de Nueva España hay que destacar dos zonas auríferas: las Antillas y la zona continental mexicana (Pérez Sáenz de Urturi, 1985). En las Antillas se explotó el oro entre 1494 y 1525 -denominado como el ciclo del oro- y se obtuvo especialmente en Santo Domingo (La Española), Puerto Rico, Cuba y Jamaica. En concreto, en la isla de Cuba, se encontró algo de oro y mucho cobre cerca de Santiago de Cuba, en lo que serían las primeras minas americanas de cobre, las de Nuestra Señora de la Caridad de El Cobre, descubiertas por el maestro de campanas Gonzalo de Guzmán y muy populares cuando se empezaron a fundir los cañones con los que se defendía la isla (Puche, 2000). En la zona continental mexicana, a pesar de su existencia, se abandonó la explotación del oro por ser más rentable la de la plata.

Y como se ha explicado, durante la conquista de México, el español Hernán Cortés tuvo que fundir cacerolas y enviar expediciones a un volcán con el fin de obtener cobre y azufre -para munición y pólvora, respectivamente- (Cervantes de Salazar, 1914), lo que constituye uno de los primeros ejemplos de cómo la geología militar ayuda en el despliegue de un ejército antes de que se vea paralizado por falta de suministros. Uno de sus capitanes y conquistador de gran parte de América Central, Pedro de Alvarado, en una misiva en la que le indica la conquista de muchas ciudades, también le informa de la existencia de varias minas de salitre y azufre, lo que refleja la preocupación por estos productos. Finalmente, se descubrió un yacimiento de cobre, en el año 1529, en Tasco. Sin embargo, el padre Acosta comenta en su obra la escasez de minas de cobre del Nuevo Mundo, señalando que sale algo de cobre en las explotaciones de oro y plata pero que, como no es suficiente, se debe importar de la península. No obstante, después de la conquista de Chile por Pedro de Valdivia (1497-1553), se

hallaron numerosos yacimientos de cobre que, con los siglos, convertirían a Chile en el mayor productor mundial de este metal.

En este mismo contexto, casi todos los cronistas de Indias hablan de los compuestos orgánicos, especialmente de los hidrocarburos que forman el petróleo. Fernández de Oviedo y Bernabé Cobo describen el uso de la brea para la carena de las embarcaciones. Tanto Sahagún como Cobo describen el uso de la goma de mascar al mezclar un tipo de betún aromático con otros productos naturales. Acosta y Alonso Barba también nombran afloramientos de algunos de estos hidrocarburos. Y en el año 1539, Francisco Castellano, el tesorero de Nueva Cádiz (isla de Cubagua, actual Venezuela), envió al rey Carlos I de España un barril de petróleo (Puche, 2000).

Asimismo, en Nueva Cádiz, considerada como la primera ciudad que se fundó en Venezuela, se extraían las preciadas gemas de nácar. Según fray Bartolomé de las Casas, en el año 1500 estaba poblada por cincuenta aventureros que se dedicaban a la explotación de las pesquerías de perlas, esto es, solo dos años después de la llegada de Cristóbal Colón en su tercer viaje. La isla de Cubagua y la cercana isla Margarita, conocida como “isla de las perlas”, ingresaban a la Corona, en su momento de mayor producción, un valor monetario equivalente al del oro del virreinato del Perú.

Otra minería no metálica de gran valor fue la de las esmeraldas. En la expedición de Jiménez de Quesada, en el año 1537, los indígenas ofrecen nueve esmeraldas de gran valor, aunque no revelan dónde se encuentra el yacimiento. No obstante, los españoles acaban descubriendo que las gemas provienen de las zonas de Chivor y Somondoco, en la provincia de Tunja, actual Colombia, unas minas de esmeraldas que más tarde se explotarían por el capitán Pedro Hernández de Valenzuela. Aquella expedición de Gonzalo Jiménez de Quesada, Sebastián de Belalcázar y Nicolás de Federmán es conocida porque fueron los tres conquistadores que, saliendo desde Santa Marta, buscaron El Dorado con más ahínco. En el año 1539, Jiménez de Quesada y Belalcázar -Federmán llegó un año después- viajaron juntos a la península llevando un cargamento de esmeraldas (Montoya, 2015). Y se debe también reseñar que, en el año 1551, Gabriel Limpías, en una carta a la Corona, anuncia la apertura de ocho explotaciones de esmeraldas en Muzo (Colombia), una de las mejores minas de estas piedras preciosas que, por su calidad, había en el mundo.

Caso aparte ocurrió con el hierro. Los pueblos prehispánicos, como los mayas, los incas o los aztecas, utilizaban el hierro procedente de meteoritos, al cual tenían un gran aprecio, ya que se trataba de hierro y níquel puros que permitían fundir armas o utensilios de manera muy fácil. En el año 1562, el extremeño y fundador de la ciudad de Durango, Ginés Vázquez de Mercado, encontró un afloramiento de hematites que se bautizó en su honor como el Cerro de Mercado, a pesar de lo cual no se conocen minas de hierro importantes, por lo que se piensa que este metal seguía enviándose desde la península.

2.2.3. Álvaro Alonso Barba

Álvaro Alonso Barba (1569-1662), que en diversos momentos de su vida añadió alternativamente un tercer apellido, Toscano o de Garfias, nace en Lepe, Huelva. Parece ser que obtiene las licenciaturas en Artes y en Teología en la universidad hispalense. Después de ordenarse es enviado en el año 1588 al Alto Perú, en el virreinato del Perú. Reside en Tarabuco y en Oruro, antes de ser destinado, en el año 1617, a la misión de Potosí, la actual Bolivia, cuando sus minas de plata alcanzaban su mayor producción (Sánchez Gómez, db). Aparte de sus obligaciones eclesiásticas, dedica años enteros de estudio a la observación de las formaciones geológicas de la región. Pronto entró en contacto con los mineros y las minas, prestando especial atención a los procesos, lo que le permitió mejorar, tanto la técnica de exploración de nuevas vetas como la técnica extractiva y los tratamientos metalúrgicos. Gracias a ello, ayudó a los empresarios a mejorar sus explotaciones, aumentando la productividad, reduciendo el consumo de mercurio e incrementando la seguridad de los mineros. Registró varias minas a su nombre y obtuvo ganancias al recuperar las escombreras de otros mineros aplicando sus nuevas técnicas. Este hecho le granjeó una gran fama, hasta tal punto, que las autoridades le pidieron que volcara sus conocimientos en un libro.

A la edad de ochenta años pide permiso para retornar a Europa, que no le es concedido hasta ocho años más tarde. Al llegar quiere probar su técnica en las minas de plata de Niebla, en Huelva, y escribe unas cartas destinadas a hacer más eficiente la política minera de la Corona española, tanto en América como en la península. A los noventa y un años de edad, después de no haber obtenido respuesta a sus sugerencias, solicita volver a América, pero el permiso le llega después de su muerte (Sánchez Gómez, db).

La gran obra de Alonso Barba, *Arte de los Metales*, impresa en 1640, es la única obra escrita en el mundo sobre metalurgia en el siglo XVII, en cualquier idioma y, por tanto, en este siglo es la más conocida y es considerada la más importante sobre química y minería, que además contiene precisos elementos de mineralogía y geología. El riguroso método mostrado en su obra está en consonancia con el de los mejores racionalistas, dando muestras de una mente privilegiada y exponiendo sus nuevas técnicas y las de otros metalurgistas. A pesar de ello, se ha criticado el libro por quienes han hecho una lectura superficial del mismo, ya que han considerado como lo más relevante la idea del onubense sobre la técnica del “beneficio de cazo y cocimiento”, ya que así lo considera el propio autor en su obra. Pero, en realidad, la grandeza de la obra está en la inteligencia con que se resuelven los procesos químicos, en las novedades tecnológicas que se incluyen y en la descripción del procedimiento de amalgama.

El *Arte de los Metales* lo forman cinco libros, en los que el autor valora la observación y experimentación como fuentes principales del conocimiento científico. En el primero, Alonso Barba aporta poco y se limita a describir “el modo

con que se engendran los metales, y cosas que los acompañan". El libro segundo es el más importante, trata sobre el beneficio de la plata por azogue e incluye *"nuevas advertencias para ello"*. Es un verdadero manual sobre la amalgama de la plata y el mercurio. Cada capítulo es una parte del proceso de amalgamación y, al final de cada uno de los mismos, viene la resolución de problemas más habituales, como en cualquier manual del siglo XXI. No solo esto, sino que, a modo de exhaustivo control de calidad, determina la analítica que se debe hacer en cada parte del proceso, por pequeña que esta sea, y recomienda el uso de uno u otro aditivo para lograr el resultado más eficiente. Aún va más lejos, y consciente de que tanto el azogue como la plata no tienen composiciones homogéneas y constantes, introduce variantes en el sistema en función de la pureza de la materia prima.

No solo explica el proceso de amalgamación, sino que dictamina como averiguar la riqueza del mineral utilizando una técnica de fundición muy exacta pero poco rentable, por lo que aconseja tomar una muestra y aplicarle dicha técnica para saber la riqueza del mineral en plata. Con ello, sabe cuáles son las proporciones adecuadas que se deben añadir de azogue y conoce dónde se termina el proceso, al haber extrapolado la cantidad de plata obtenida. Esto quiere decir que, antes de realizar una amalgamación, recomienda tomar proporciones pequeñas del mineral de plata y del azogue y llevar a cabo una amalgama a escala, o prueba piloto. Con los resultados obtenidos define los parámetros exactos del modelo a escala real.

Gracias a estas técnicas, Alonso Barba logra unas amalgamas realmente eficientes, ayudado igualmente por el control económico de la operación. Es el primer autor que identifica acertadamente todos los factores de coste de la amalgamación: las materias primas, la mano de obra, los combustibles (leña fundamentalmente) e, incluso, la amortización de los hornos y las herramientas. Todo ello fue lo que le permitió realizar la recuperación de escombreras y la mejora de producciones con las que se ganó la vida. Así pues, cabe destacar que, en el año 1640, un español fue capaz de realizar un procedimiento específico de una operación industrial, con los controles de calidad necesarios, con pruebas piloto y a escala, y además siendo capaz de verificar el coste del proceso.

En el libro tercero se describe el procedimiento de amalgamación por cazo y cocimiento, inventado por el propio Alonso Barba, que consiste en una amalgama en caliente realizada en calderos de cobre que reduce enormemente el tiempo con respecto al método de patio. El libro cuarto se ocupa de la fundición para el beneficio de los metales. Una vez ha descrito los distintos tipos de hornos, recomienda los hornos de reverberación, adelantándose, de nuevo, a su tiempo. El último libro enseña el modo de refinar y separar los metales.

El texto de los cinco libros está ilustrado con una serie de pequeños grabados que han sido reproducidos en numerosos tratados de minería. Esta obra gozó de una enorme difusión gracias a las variadas ediciones en español y a las traducciones realizadas al inglés en 1670, al alemán en 1676 y al francés en 1730. En España, y gran parte de Europa, se convirtió en el manual básico en minería hasta bien entrado el siglo XIX.

A Alonso Barba se le puede considerar como uno de los padres de la minería al haber sido capaz de sintetizar unos procedimientos de amalgama de metales, inventados cien años antes por el también insigne Bartolomé de Medina. Los libros siete, ocho, nueve, diez y once, de los doce que componen *De re Metallica* de Georgius Agrícola, pueden considerarse equivalentes al *Arte de los Metales*, siendo superior en muchos aspectos el tratado de Álvaro Alonso Barba (Durán, 2017).

Otra curiosidad de esta obra es que se pueden observar las ideas de Platón y las de la alquimia cristiana de la Edad Media, en contra de las ideas aristotélicas que recuperaron los árabes; muy en la línea de los jesuitas (aunque Alonso Barba no lo era), quienes también solían citar a Platón y negar a Aristóteles, como se puede leer en la obra del padre José de Acosta y según lo explica en alguno de sus escritos el también jesuita Leandro Sequeiros, gran historiador de las ciencias geológicas. En cuanto a los fósiles, Álvaro Alonso Barba cree que se generan por una “*virtud activa*” que, al bañar e impregnar una materia porosa, como troncos, huesos o restos de gigantes, podrían convertirlas en piedra.

En torno a esta época existen otras obras de minería y mineralogía. Una recopilación que gozó de gran popularidad fue *De re Metallica*, publicada en 1569 -año del nacimiento de Alonso Barba-, del astrónomo y alquimista madrileño Bernardo Pérez de Vargas, del que se desconoce la fecha de su nacimiento y se sabe que su muerte fue posterior a 1569. Se trata de una recopilación y traducción de dos obras muy conocidas: *De la pirotechnia* de Vannoccio Biringuccio y *De re Metallica* de Georgius Agrícola.

Y otra obra muy divulgada y contemporánea del *Arte de los Metales* fue la escrita por el minero Juan de Oñate, a la que tituló *Tratado muy útil y provechoso de re metallica con todas las reglas y normas de labrar minas y beneficio de metales, así de fuego como de azogue* (1624). El español Juan de Oñate Salazar (1549-1626) nace en Zacatecas, virreinato de Nueva España, y llega a ser conquistador y gobernador de Nuevo México. Viaja a la península y, después de limpiar su nombre por unos desafortunados hechos, es nombrado jefe de los inspectores de minería de todo el Reino. Al final de su vida recorrió la España peninsular, visitando las diversas regiones mineras. Fruto de aquel viaje fue la publicación del citado texto, en el que se nombra a Alonso Barba y su método de amalgama en múltiples ocasiones, a pesar de no haberse publicado todavía el libro del onubense.

Otros dos escritos reseñables son los del doctor sevillano Juan Monardes, que escribe *Diálogos del hierro y sus grandezas (y como es el más excelente metal de todos, y la cosa más necesaria para servicio del hombre, y de las grandes virtudes medicinales que tiene)*, impreso en el año 1574; y la obra de Fernando de Montesinos publicada en el año 1638 y conocida como *Directorio de beneficiadores de metales y arte de ellos, con reglas ciertas para los negrillos*¹⁰.

De aquellos grandes metalurgistas españoles también se debe resaltar a los quilatadores de las cecas, debido a la importancia económica que la determinación de la ley de las monedas tuvo en la España imperial. Entre ellos destaca el leonés Juan de Arfe Villafañe (1535-1603), alcalde de la hermandad de los plateros de Valladolid, nombrado años más tarde ensayador de la ceca de Segovia y autor del *Quilatador de plata, oro y piedras* (1572). Se trata del primer tratado impreso en Europa sobre el valor y los pesos del oro y de la plata en las monedas estando dedicado a Diego de Espinosa, obispo de Sigüenza, quien llegaría a cardenal, inquisidor general de España y presidente del Supremo Consejo de su Majestad. Al igual que algunos tratados europeos de la época, está ilustrado con multitud de entalladuras (Sanz Serrano, dbe).

A finales del siglo XVI, no existía uniformidad sobre “los ensayos y tasaciones”. En Sevilla, donde se encontraban los almacenistas de plata, amanecieron verdaderas fortunas gracias al engaño. Para evitarlo, Felipe II instaló los mejores medios técnicos de la época para el análisis químico cuantitativo y trató de reglamentar la actividad de los ensayadores convocando una junta de expertos en el año 1586, a la que fue convocado Juan de Arfe, por ser el autor del *Quilatador*. En la segunda edición de su obra, editada en 1598, se incluye la nueva legislación, hecha sobre los ensayos de oro y plata, de Felipe II. Se trata de un manual mucho más técnico y completo que el de la primera edición (Sanz Serrano, dbe).

Felipe II también crea, en la botica de El Escorial, un centro científico que tenía anejo un laboratorio de destilación que adquirió una gran reputación. En aquellos años, el término destilador era muy amplio y se refería a trabajar con reacciones químicas. El destilador más destacado fue Diego de Santiago, quien publicó, en 1598, el libro *Arte separatoria*, en el que se describía, entre otras técnicas, un aparato destilador de su invención.

2.2.4. El Camino Real del Azogue

La nación más poderosa del mundo en aquellos años, el que se considera el primer gran imperio de la historia al tener posesiones en todos los continentes, también fue la nación más avanzada y con mayores producciones en lo que se

¹⁰ En la exploración de las vetas cuando el mineral de la plata era visible se le llamaba “pacos”, sin embargo cuando la plata estaba en forma de sulfuro o sulfosales se les denominaba “negrillos”.

refiere a la minería. En los primeros ciento setenta años del imperio se enviaron a España desde los virreinos, al menos, unas 19 000 toneladas de plata y 180 de oro¹¹. A su vez, en el tornaviaje de la flota de galeones de la Compañía de Indias, se enviaba el azogue de Almadén, necesario para obtener la plata metálica.

Al principio, se encontraron en el Nuevo Mundo pequeñas minas de azogue como las de Huamanga o como la de San Marcos en el cantón ecuatoriano de Azogues. A medida que las minas de plata aumentaban su producción, el mercurio, o azogue como se conocía en aquel tiempo, se convierte en un producto estratégico; tanto que la Corona controla toda la cadena de valor, desde la propiedad de la concesión, la extracción, la producción mínima -a riesgo de perder la concesión-, hasta el transporte y la compra del total de la producción. Fundamentalmente, hay dos minas de suministro de azogue, la de Huancavélica, situada en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en el virreinato del Perú, que abastece a este virreinato desde que fue descubierta en 1563 y donde se funda la ciudad de la Villa Rica de Oropesa, el 4 de agosto de 1572; y la mina de Almadén que, pese a estar en la España peninsular, abastece al virreinato de Nueva España.

Las minas de azogue tuvieron una importancia relativa hasta que Bartolomé de Medina descubrió la amalgamación de la plata con el azogue, ya que una de las propiedades más sobresalientes del mercurio es su afinidad hacia otros metales. Se considera a Almadén como la zona minera más antigua de Europa y la más constante en cuanto a producción. Los celtíberos denominaban al material de las Béticas como *sisapo*, que en lengua celta significa *mina*. Los romanos conservaron el nombre de Sisapo para referirse al valle de Alcuía y la serranía de los Pedroches y llamaron *minium* al producto extraído. Los habitantes de los Pedroches son denominados desde hace siglos como "tarugos" por ser los que suministraban los travesaños para entibar las galerías de la mina. A su vez, los árabes denominaron a la mina *Hins-Al-Madem*, o Fortaleza de la Mina, y al mercurio *azauc*, de ahí su nombre de azogue. Desde la reconquista de esta zona y hasta los tiempos de los Reyes Católicos, las minas de Almadén habían sido gestionadas por el Maestrazgo de Calatrava, pero, en esta época, son incorporados a la Corona, concretamente en el año 1484 (Maturana, 1985).

El azogue almadeniense tiene como mineral principal el cinabrio, sulfuro de mercurio (HgS), de color rojo bermellón. Este mercurio tiene su origen en el manto terrestre, que se acumuló de manera muy notable en el sinclinal de Almadén, formando dos tipos de yacimientos: los que están impregnando unas cuarcitas silúricas (Almadén, Entredicho y La Vieja Concepción) y los que impregnan rocas volcánicas devónicas (Las Cuevas, Nueva Concepción y Guadalperal).

¹¹ Cantidades mucho mayores según los clásicos cálculos de Gunder Frank, quien afirma que entre 1500 y 1800 la producción de plata americana por parte de España fue el 87% de la plata mundial: 17 000 toneladas en el siglo XVI, 420 000 en el XVII y 740 000 en el XVIII (Frank, 1998; Cross, 1983).

En Almadén, el azogue era obtenido por un proceso de destilación mediante calcinación del cinabrio en hornos, seguido de otro proceso de condensación que, al enfriar el gas, daba el producto en estado líquido. Más tarde, este azogue se vertía en un envase de tres bolsas de cuero de gran calidad llamadas baldeses, de unos tres litros y medio, que equivalen a cuatro arrobas o un quintal y, también, a cuarenta y seis kilogramos o cien libras¹².

Los baldeses de cuero se enviaban a Sevilla en carros de bueyes de diez baldeses, sumando 460 kilogramos por carro. Se utilizaban bueyes, normalmente, porque eran capaces de transportar una cantidad mucho mayor de azogue que las mulas, que llevaban dos baldeses de dos arrobas, o medio quintal, cada uno, con lo que la acémila llevaba 46 kilogramos de peso. Y ello a pesar de que las carretas realizaban el trayecto entre Almadén y Sevilla en un mes y medio frente a los diez días que utilizaban las mulas (Hernández Sobrino *et al.*, 2011). La realidad es que cada buey transportaba 230 kilogramos frente a los 46 kilogramos de cada bestia. El buey carga cinco veces más que la mula, pero esta es cuatro veces y media más rápida. No obstante, las reatas de mulas continuaban coexistiendo con las carretas ya que en los meses de verano los bueyes no soportaban el calor y no tenían pastos donde comer, por lo que se suspendía su servicio y se disponía de las mulas (Durán, 2017).

Una vez en las Reales Atarazanas de la Casa de Contratación de Sevilla, se pesaba el mercurio y se volvía a envasar en unos baldeses más pequeños, de aproximadamente veinticinco kilogramos, que, a su vez, se introducían en unos pequeños barriles de madera. Cada tres barriles se encerraban en un baúl, siendo este el formato final de transporte. Los baúles de quintal y medio de azogue se embarcaban en la capital hispalense en naves con poca obra viva (quilla poco profunda) que navegaban aguas abajo del Guadalquivir hasta la desembocadura, donde esperaban los galeones de la Carrera de Indias para cruzar el océano (Maturana, 1985).

Después de una larga travesía, el azogue tenía dos posibles puertos de desembarco. El primero era Veracruz, desde donde se transportaba por tierra hasta México, capital del virreinato, que finalmente lo repartía entre las minas de Nueva España. El otro punto de desembarco era para el suministro al virreinato del Perú, con una logística más compleja que comenzó años más tarde, pues en un principio el mercurio que demandaba la mítica mina de Potosí procedía de la mina de azogue de Huancavélica, descubierta en el año 1563. Pero la producción de esta mina era insuficiente para soportar la demanda de todas las

¹² Este sistema de envasado se mantiene hasta 1793, cuando la Superintendencia General de Azogues adquiere 6.677 frascos de hierro fundido. A partir de este momento, el *frasco* se convertirá en la unidad internacional para el comercio del mercurio.

Se define *frasco* como la medida estándar de volumen de mercurio metálico que se corresponde a la de unos envases realizados en hierro (único metal que no se amalgama con el mercurio) de 2,5 litros de capacidad y un peso de Hg de 34,5 kilogramos (el equivalente a tres arrobas castellanas).

minas de plata del virreinato y pronto se comenzó a enviar azogue almadenense. Los galeones españoles hacían escala en La Habana y, en la siguiente etapa, desembarcaban en Portobelo, puerto natural de Panamá, continuando por el río Chagres mediante pequeñas embarcaciones. La carga se transportaba después en mulas, a través del Camino de Cruces, hasta su llegada al océano Pacífico, donde se volvía a embarcar hasta el puerto de Arica para, finalmente, seguir viaje terrestre hasta cada una de las minas del Perú.

El Camino Real del Azogue, entre Almadén y Sevilla, también era de ida y vuelta, con el regreso de las carretas cargadas de bienes necesarios para la mina y para las poblaciones del camino, sus gentes y sus animales. Entre los años 1500 y 1563, se producen 36 770 quintales de azogue, pero la producción se cuadruplica y, entre 1605 y 1645, se producen 148 600 quintales. Esta logística ocupa a muchas personas, pero también a muchas bestias, estimándose que en la segunda mitad del siglo XVIII había más de mil carretas involucradas en el transporte (Hernández Sobrino *et al.*, 2011).

Evidentemente, y tal y como se quiere significar en este trabajo, esta descomunal maquinaria minera -para aquel tiempo- produjo innumerables estudios y técnicas que permitieron que se desarrollara una mineralogía y una metalurgia que, sin duda alguna, se puede interpretar como el primer impulso a la geología española, obviamente, mucho antes del nacimiento de la geología científica.

Como se ha relatado, debido a la importancia que desde un primer momento se le otorga al conocimiento de los minerales, enseguida aparecen tratados y obras -gracias al interés y al impulso de la Corona y también a la Iglesia, que era el foco del conocimiento en aquellos años- firmados por los ya mencionados primeros minerólogos o mineralogistas, como Francisco Hernández y fray Bernardino de Sahagún, aunque el más completo fue, algo más tarde, Bernabé Cobo.

Socialmente, se producen varios efectos no deseables en España. Emigran a América los más jóvenes y los emprendedores, con lo que la península sufre una despoblación que se traduce en una escasez en la mano de obra. Económicamente, la falta de personal y el ingreso atípico gracias a los metales americanos crea una subida de salarios y una hiperinflación que termina con la minería peninsular y con otros sectores como el comercio de la lana castellana. *“La riqueza que había de enriquecer, y ha empobrecido”* por haber *“usado tan mal de ella”* que había hecho al mercader que no tratase y al labrador que no labrase con lo que ha aumentado la *“gente ociosa y perdida”* (González de Cellorigo, 1660). La consecuencia inmediata es que el Estado quiebra en los años 1590 y 1607. La deuda pública provoca que se ceda el monopolio de la piedra de alumbre de las minas de Mazarrón y se hipotequen las de Almadén, en 1521.

La minería peninsular del siglo XVI se completaba con las explotaciones de sal que habían propiciado los Reyes Católicos, algunas minas de cobre, pequeñas cortas de plomo y la plata de Guadalcanal.

2.2.5. La minería del siglo XVII

En la España peninsular aparecen las primeras siderurgias en Liérganes y la Cavada (Cantabria) y, en el año 1642, en Corduente (Guadalajara). En torno a la mitad del siglo se descubren las minas de zinc de Riopar (Albacete). No obstante, se trata de una minería que está despegando, ya que hasta mediados del siglo XVI la actividad minera en España era muy pequeña (no como en Europa central), probablemente debido a que la nobleza y los altos funcionarios propietarios de riquezas minerales no solo no las explotaban, sino que impedían cualquier actividad por parte de terceros.

En Hispanoamérica, durante el siglo XVII, se reduce algo la extracción de plata, pero se incrementa la producción de oro gracias a los nuevos placeres del virreinato del Perú, en Barbacoa y Chocó (Colombia) y otros como Copiapó (Chile). Mientras, en el virreinato de Nueva España, se extrae oro en Oaxaca y en el río San Antonio y se descubren nuevas minas de plata, en el año 1632, en Chihuahua y en Zimapán, en el actual estado de Hidalgo, México.

No obstante, las minas cada vez son más profundas y la explotación de las mismas cada vez más difícil. Para poder continuar con el ritmo demandado, los peritos españoles de aquella época desarrollaron elementos tecnológicos que lo permitieron. A pesar de considerar esta época como precientífica, pues así lo es, técnicamente se producen grandes mejoras destinadas a la explotación de las minas (Puche, 2000), desde la ventilación con los artilugios de Cornejo, en el año 1580, hasta la primera bomba de vapor para el desagüe de las minas del militar e inventor Jerónimo de Ayanz, en 1606, un siglo antes de las inventadas por franceses o ingleses (García Tapia, 2010).

Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613) es uno de los grandes genios de España pendiente de reconocimiento. Destacó por sus inventos y mejoras en las minas, especialmente con la máquina de vapor, y también destacó militarmente, incluso llegó a evitar un atentado, en el año 1581, contra el rey Felipe II. En el año 1587, es nombrado administrador general de Minas del Reino, haciéndose cargo de las quinientas cincuenta minas que se explotaban en el Imperio (García Tapia, 2010).

En un plano superior, destacan los avances a nivel mineralógico y metalúrgico, como la mejora en la amalgama con el ya comentado método de cazo de Álvaro Alonso Barba y el invento de los hornos "busconiles" o "dragones" para la destilación de mercurio de Lope de Saavedra, en el año 1633. La trituración y molienda del mineral se empieza a realizar en Potosí con "almadenetas", artilugio introducido gracias al *Re Metallica* de Agrícola, que venía a ser como un molino de martillos movido por un árbol de levas, en

sustitución de las mazas, los marros, los porrillos o las atahonas. En general, la trituración se ve muy favorecida por la fuerza hidráulica, de la que los españoles eran grandes conocedores gracias a los molinos de harina de trigo que se podían observar en todos los ríos de España.

Pero no solo se producen mejoras en las máquinas. En el diseño de las explotaciones hay que destacar al almadenense Juan de Buendía, quien en 1617, en las minas de Huancavélica, mejora la extracción del mineral, así como la ventilación y el desagüe, gracias al cálculo de las secciones, las pendientes y las profundidades con las que proyecta las galerías y los pozos. En general, la geometría y diseño de las minas mejoró notablemente con el uso de la brújula¹³.

Otro avance significativo se produce en el año 1635, cuando se utiliza por primera vez pólvora para realizar una voladura de roca en la España americana, concretamente “en el socavón de Nuestra Señora de Belén de Huancavélica”, según narra el cronista Fernando de Montesinos (c. 1593-c. 1654) en sus obras (Puche, 2000; Pérez Pimentel, dbe). Montesinos fue nombrado visitador de las minas del Perú y conoció las principales explotaciones, las cuales plasmó en “dos tratados de carácter informativo y burocrático”, titulado el primero *Beneficio común o Directorio de Benefactores de Metales y Arte de ellos* y el segundo *Memorial para la conservación del azogue que se pierde entre lamas y relaves* (Pérez Pimentel, dbe). En la península, la primera voladura se detonará en Almadén en 1698. Parece ser que la primera voladura subterránea se había realizado en el año 1526 en Schemnitz (actualmente Banská Stiavnica, una ciudad situada en el centro de Eslovaquia) (Puche, 2000).

2.2.6. Legislación minera imperial

Al ser la minería, y los beneficios que esta otorgaba, una actividad esencial para la Corona, y el hecho que, desde un primer momento esta actividad alcanzara gran complejidad, obligó al Estado a realizar una intensa labor legislativa. En principio, se adoptó la legislación castellana, que quedó recogida en la *Recopilación de Leyes de Indias*, pero, al contrario de lo que sucedió con la mayoría de las leyes españolas que se transpusieron literalmente, pronto se vio superada por las circunstancias continentales.

La norma general es que las minas eran de propiedad real y se podían explotar a cambio de una parte de lo extraído, según la *Real Cédula de 1504* expedida por los Reyes Católicos. Carlos I amplía la norma con su *Real Orden de 9 de diciembre de 1526*, que permite el descubrimiento y beneficio de las minas

¹³ Probablemente, el uso de la brújula en minería llegó a España, en la época del rey Carlos I, desde Alemania, donde la usaban los mineros e incluso existía un tratado que contenía los usos de la brújula en trabajos subterráneos, escrito por el minero alemán Rüleín von Calw (1463-1525) (Ludwig, 1997).

a todos los súbditos del rey, siempre y cuando informen a este y obtengan su permiso.

Según Molina Martínez, en su trabajo “Legislación minera colonial en tiempos de Felipe II”, la nueva normativa cumplía dos requisitos: (1) se mantuvo inalterable la doctrina jurídica castellana sobre el dominio real del subsuelo y (2) se permitía a los virreinos dictar nuevas leyes para que se adaptaran a sus realidades (Molina Martínez, 2000). La primera de estas nuevas leyes fue dictada en el virreinato de Nueva España por Sebastián Ramírez de Fuenleal, en 1532, y continuada en las ordenanzas de minas dictadas por el virrey Antonio de Mendoza, en 1539 y en 1550. En el virreinato del Perú, también merecen destacarse unas ordenanzas del año 1550 dictadas por el presidente La Gasca para Potosí y confirmadas por la Audiencia de Lima. En Chile, en ese mismo año, destacan unas ordenanzas redactadas por Antonio Núñez y aprobadas por el Cabildo de Santiago. Sin embargo, las más importantes y con una gran trascendencia, tanto en el virreinato del Perú como en el de Nueva España, fueron las *Ordenanzas del virrey Francisco de Toledo de 1574*. Algunas de estas normas fueron incluidas en las ordenanzas dictadas por Felipe II en los años 1559, 1563 y 1584 (Molina Martínez, 2000).

Efectivamente, Felipe II inicia un programa a nivel nacional para el mejor control y la reactivación de la minería que se basa en un plan de incentivos por descubrir nuevas vetas, en el desarrollo de nuevas tecnologías, en protección e implementación de la mano de obra, en un mayor control fiscal y en una legislación que abarque todo ello (Molina Martínez, 2000). Las *Ordenanzas de 1559*, la *Pragmática de Madrid de 1563* y las *Ordenanzas de El Escorial de 1584* constituyen, “referidos al ámbito castellano y con aplicación supletoria en Indias, los tres máximos exponentes de la actividad legisladora minera en tiempos de Felipe II” (Molina Martínez, 2000).

Este cambio comenzó cuando la regente Juana de Portugal, en nombre del rey, dictó en Valladolid la *Pragmática y Ordenanzas de 10 de enero de 1559*, donde se señalaba que las minas de oro, plata y azogue se incorporaban al patrimonio real. Por otra pragmática promulgada el 18 de marzo de 1563 y conocida como *Ordenanzas o Pragmática de Madrid de 1563*, se dictaron unas nuevas normas en las que se establecía que en las minas de oro la mitad debía ser para la Corona “sin descontar dello costas algunas”. Incluye la libertad de “catar y cavar” las minas a los extranjeros y suprimía la necesidad de autorización del propietario de la superficie del terreno, que solo podía reclamar una indemnización.

Más tarde, Felipe II nombra visitador del Consejo de Indias, y luego presidente, a Juan de Ovando y Godoy (1515-1575), un eclesiástico y jurista español al que encarga una relación geográfica, demográfica y de las riquezas naturales que existen en las posesiones americanas para que sean catalogadas. Esta relación de ordenanzas fue aprobada por Felipe II en 1573. En base a este

trabajo, el 22 de agosto de 1584, el rey promulga unas ordenanzas mineras que derogan las pragmáticas de Valladolid y Madrid y cualesquiera leyes de ordenamiento, partidas, derechos, fueros y costumbres que fueran contrarios a la nueva norma. Se conocen como las *Ordenanzas de El Escorial* y constituyen el código minero más importante y duradero de los publicados en España, donde estuvo vigente durante doscientos cincuenta años, tanto en la península como en Ultramar, incluso después de la independencia de las provincias americanas.

Las *Ordenanzas de El Escorial* están compuestas por ochenta y cuatro normas, de las que las setenta y tres primeras son una copia casi exacta de la *Pragmática de Madrid* (Molina Martínez, 2000). Incluye varias novedades, entre las que se encuentra la creación de una administración minera, independiente de otras administraciones de justicia o registros. En el año 1607, se amplía un poco esta norma mediante una real cédula que tiene por objeto fomentar la minería, limitando a una quinta parte como el máximo que podía exigir la Corona. Otorgaba la interpretación de todas las normas habidas al comisario de Hacienda y Contaduría, apuntando que “no se impidiese la labor de las minas, en cuanto buenamente se pudiese”, palabras que pueden suscitar cierta nostalgia en la minería contemporánea española, en todas y cada una de las comunidades autónomas.

En cuanto a la legislación intrínseca de los virreinos, en 1683 se promulgan las *Ordenanzas de Minas del Virreinato del Perú* por el virrey Melchor de Navarra y Rocafull (1626-1691), que estuvieron vigentes hasta que se promulgaron por Carlos II las *Ordenanzas de minas para el Virreinato de Nueva España*, en 1783. Finalmente, en el año 1794, se promulgan las *Ordenanzas de las minas de Perú y demás provincias del Río de la Plata*.

CAPÍTULO 3

LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII:

GEOLOGÍA PRECIENTÍFICA

Las bases para el nacimiento de la geología en España se establecen con la creación del Gabinete de Historia Natural, el nacimiento de las academias y los seminarios de minería de Nueva España, Potosí y Almadén y la política de becas que desarrollan el Estado y algunas entidades privadas.

Introducción

En el siglo XVIII se produce un fuerte crecimiento económico, destacando inventos como la máquina de vapor, que inicia la Revolución Industrial, y donde también destaca la edición de una obra singular, como es la *Enciclopedia*.

Fue una época muy fecunda, en la que la Francia ilustrada se convierte en modelo para otras naciones de Europa. En España existen ilustrados, y también academias militares y oficiales, tanto del Ejército como de la Armada, que actúan como verdaderos científicos. Hasta que llega la Revolución Francesa, entonces Francia pasa de ser el modelo a ser el enemigo, el más odiado cuando se produce la invasión de Napoleón.

Y también es el declive de unas potencias y el desarrollo de otras, aunque no al ritmo deseado por las segundas. En la Guerra del Asiento (1739-1748), Inglaterra decide invadir los territorios caribeños de España. En consecuencia, fleta la mayor armada conocida, solo superada por el desembarco de Normandía, con el fin de conquistar Cartagena de Indias, donde el almirante guipuzcoano Blas de Lezo (1689-1741), comandante de las tropas españolas, infringe una humillante derrota a Inglaterra (Victoria, 2005).

En este siglo, la ciencia alcanza un gran desarrollo gracias al influjo de un movimiento cultural caracterizado por la certeza del poder de la razón humana frente a la fe y la superstición; atrás quedan los discursos ptolomeicos, aristotélicos y tomistas. En este contexto, y durante los siglos XVIII y XIX, se contempla el inicio de la geología como ciencia. Los caballeros, con ciertas aptitudes y un mínimo de formación, se dedican a realizar investigaciones geológicas y paleontológicas. En las clases altas de los países más desarrollados de Europa, como puede ser Inglaterra o Francia, se habla de la ciencia de moda: la Geología. Se trata de un nivel superior al de los comerciantes que se decantan por la química, la cual no deja de ser una técnica necesaria para manufacturar o conocer aspectos mercantiles del propio negocio.

En concreto, en el siglo XVIII se producen grandes avances en mineralogía, petrología, estratigrafía, paleontología, geología minera del carbón, glaciología, sismología, tectónica, ingeniería geológica y cartografía.

Hay muchos ejemplos de grandes geólogos en este siglo, empezando por Georges Louis Leclerc (1707-1788), conocido como el conde de Buffon, y Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), su discípulo, al que se suele considerar un precursor de las teorías de Darwin; también, entre otros, es obligado citar a Georges Cuvier (1769-1832), Dieudonne de Gratet de Dolomieu (1750-1801), Élie de Beaumont (1798-1874), Jean Claude Delamétherie (1743-1817), Louis Constant Prévost (1787-1856), William Buckland (1784-1856) y William Smith (1769-1839), considerado este último como el fundador de la estratigrafía.

En el año 1778, el geólogo suizo Jean André de Luc (1727-1817) emplea por primera vez el término geología, tal y como se conoce actualmente, como se puede comprobar en su obra *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme (Cartas físicas y morales sobre las montañas y sobre la historia de la tierra y del hombre)*. Otro geólogo, su compatriota Horace Benedict de Saussure (1740-1799), considerado el fundador del alpinismo, lo divulga en su obra *Viajes a los Alpes* con el mismo significado (Gohau, 1991). En 1751, se estableció este mismo término para designar el estudio de la Tierra y su historia en la *Enciclopedia* de Diderot y D'Alembert. Diez años antes, en 1741, la institución más prestigiosa en historia natural de aquella época, que no era otra que el Museo Nacional de Historia Natural de Francia, ya había creado el primer puesto de profesor de la asignatura de Geología.

Y, sobre todo, destaca en el siglo XVIII el nacimiento de una corriente que, con el paso de los tiempos, se conocerá como “neptunismo”, cuyo precursor fue Abraham Gottlob Werner (1750-1817), quien convirtió la Academia de Freiberg en uno de los grandes centros científicos europeos y en la cuna de la mineralogía moderna. Estudiantes de casi todo el mundo acudían a Sajonia al reclamo de un afable profesor, de intensos ojos azules, que lograba transmitir sus conocimientos a los alumnos de tal manera que eran estos los que, más tarde, extendían las enseñanzas de su maestro. Gran conferenciante pero pésimo escritor, solo firmó veintiséis trabajos a lo largo de su vida, la mayoría de los cuales eran pequeños artículos para revistas (Durán, 2017).

El discípulo de Werner que le dio mayor fama, después de cursar el año 1800 en la Academia de Freiberg, fue el geólogo escocés Robert Jameson (1774-1854). Entre los discípulos alemanes de Werner se puede destacar al naturalista Alexander von Humboldt (1769-1859) y a los geólogos Friedrich Mohs (1773-1839), creador de la escala de dureza que lleva su nombre y quien tras el fallecimiento de Werner fue nombrado catedrático de Mineralogía en la Academia de Freiberg, y Leopold von Buch (1774-1853), conocido por su definición científica del periodo Jurásico y por ser el autor, en el año 1815, del primer trabajo geológico de Lanzarote. Para este trabajo utilizó el primer mapa geológico español, una

pintura de un autor local de la erupción del Timanfaya del año 1730, en la que se había separado, con distintos colores, por un lado las recientes coladas de lava y, por otro, los antiguos campos de piroclastos. En la vecina isla de La Palma hizo una descripción de la Caldera de Taburiente, con la que introdujo el término “caldera” en la literatura volcánica internacional dentro de su trabajo *Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln*, publicado en 1825. Efectivamente, en aquel impresionante paraje, es donde Buch obtiene el término “caldera”, en español, que sirve para definir los cráteres menores a dos kilómetros según la terminología vulcanológica actual: “Los españoles han dado el nombre de caldera a estas cavidades. Nosotros empleamos esta misma palabra en sentido técnico”, se puede leer en su obra (Barrera, 2015).

Frente a los “neptunistas” se encontraban los llamados “plutonistas”, representados por el geólogo escocés James Hutton (1726-1797) y su amigo John Playfair (1748-1819), geólogo y profesor de Matemáticas de la Universidad de Edimburgo, quien explicó la desordenada obra de Hutton en *Ilustraciones de la teoría Huttoniana*, publicada en 1802. También fue Hutton el representante de una de las partes en la segunda controversia de ese siglo cuando se enfrentaron los “uniformistas” con los “catastrofistas”.

Estos dos debates en torno al origen de las rocas y los ciclos de los procesos geológicos continuaron con gran intensidad, pero con un reconocimiento creciente de las teorías de James Hutton, que cambiaron la forma de entender la Tierra y la edad de esta, transformando a su vez las ciencias geológicas. El final de estos dos debates llegaría en la década de 1830, con la publicación de los *Principios de Geología* por parte del gran geólogo Charles Lyell.

Entretanto, en España, este siglo comienza con la muerte sin descendientes de Carlos II, el último rey de la dinastía de los Austrias, lo que da lugar, en 1701, a la Guerra de Sucesión entre los Borbones -que proponen a Felipe V, nieto de Luis XIV- y los austracistas; un hecho que para el pueblo español se traduce en una guerra civil. Algunas naciones europeas como Austria, Inglaterra y Holanda no quieren saber nada de una alianza entre Francia y España. Finalmente, se impuso el candidato de los franceses en el Tratado de Utrecht, donde se reconocía a Felipe V como rey, pero a cambio España perdía todas sus posesiones en Europa.

Y mientras en Europa nace la nueva ciencia de la Geología, con un desarrollo fantástico entre la clase alta de varios países, en España se produce una paradoja. Por un lado, ningún español ni institución española participan en ninguno de los apasionados debates que se están produciendo en Europa, ni siquiera estas controversias se conocen en España hasta años después, excepción hecha de los ilustrados que se preguntan sobre el origen de los fósiles y sobre algún fenómeno natural más, como puede ser el origen de los terremotos. Pero, por otro lado, en paralelo, los territorios españoles de uno y otro lado del

Atlántico desarrollan una minería en constante evolución, necesitada de unos conocimientos que poco a poco se van adquiriendo.

3.1. Los ilustrados

En España, los ilustrados no entraron en los grandes debates geológicos que se produjeron en este siglo pero sí se plantearon una de las grandes preguntas de la geología, ¿Cuál es el origen de los fósiles?

Tradicionalmente existen dos escuelas para explicar este origen de los fósiles: la escuela aristotélica (existencia de una *vis plástica* o *jugo lapidífico* que originaría los fósiles por generación espontánea) y la basada en la interpretación bíblica del Diluvio Universal.

Por regla general, se aceptaba el diluvianismo, por no contradecir a la Biblia y porque se entendía como una gran inundación, pero muchos de ellos no creían que fuese el origen de los fósiles, como es el caso del benedictino Benito Jerónimo Feijoo (1676-1764), nacido en Pazo de Casdemiro, Pereiro de Aguiar, provincia de Orense; quizás el filósofo más grande en lengua española del siglo XVIII y uno de los máximos exponentes de la llegada de la Ilustración a España. Sus discursos, publicados, entre 1724 y 1739, bajo el título de *Teatro crítico universal*, constituyeron un alegato a favor del libre pensamiento. Feijoo escribe: “*El Diluvio es la explicación más fácil, pero no la más acertada, para esclarecer el origen de los fósiles*”.

Esta misma posición se puede apreciar en la gran obra del diluvianismo español escrita por el granadino José Torrubia (1698-1761). Es probablemente el primer religioso que admite que los fósiles tienen su origen en antiguos animales, bien es cierto que lo pretende justificar con algunos pasajes de la Biblia y amparado por la idea del Diluvio Universal.

En el año 1720, José Torrubia comienza su singladura de misionero en Filipinas y, después de algunos avatares, retorna a Cádiz en 1735. Diez años después, vuelve a Nueva España, viajando por las actuales Guatemala, México y Honduras, para regresar de nuevo en 1749. En otro de sus viajes por Italia conoce al conde de Buffon; y también conoce la obra y menciona en sus escritos al geólogo más grande del siglo anterior, Nicolás Steno.

Torrubia explica sus ideas en un libro muy popular escrito el año 1754 en el que nombra continuamente a Feijoo -y no para bien-, y que fue muy conocido en toda Europa, en este caso tampoco para bien en bastantes ocasiones: *Aparato para la Historia Natural Española. Tomo Primero. Contiene muchas Dissertaciones Physicas, especialmente sobre el Diluvio. Resuelve el gran problema de la Transmigracion de Cuerpos Marinos, y su Petrificacion en los mas altos montes de España, donde recientemente se han descubierto (sic).*

Hay que destacar que Torrubia era un buen paleontólogo que había estudiado los fósiles de tres continentes -América, Europa y Asia-, lo que estaba al alcance de muy pocas personas en aquella época, solo un eclesiástico o militar español podía acceder a esos lugares enviado por su orden o por la Corona. A pesar de ser un diluvianista convencido, acierta al pensar que los fósiles son petrificaciones de restos orgánicos de seres vivos. Pero siempre dentro de la Biblia: son restos orgánicos como consecuencia del Diluvio.

Feijoo y Torrubia tienen claro el origen de los fósiles como procedentes de organismos vivos, no como juegos de la naturaleza ni de Dios. Sin embargo, Feijoo opina que están en terrenos que han emergido del mar y Torrubia piensa que su origen es el Diluvio.

Existen otros autores, como José Vicente del Olmo (1611-1696) en *Nueva descripción del Orden de la Tierra* (1681), que rechaza el Diluvio como origen de los fósiles y se apunta a la teoría de los jugos lapidíficos; o Pedro de Castro (quizás el seudónimo del jesuita Francisco Petrey o al menos la identidad que utilizó el jesuita para esta obra) en *Causas eficientes y accidentales del flujo y refluxo del mar.../ su autor, el capitán don Pedro de Castro* (1694), que observa fósiles marinos en medio de la llanura manchega y, al igual que Feijoo, piensa que fueron terrenos ocupados por el mar.

Los ilustrados también disertaron sobre los terremotos, al producirse el de Lisboa (Portugal) el 1 de noviembre de 1755, que destruyó por completo la ciudad y que se ha estimado en 9 grados en la escala de Richter. La deformación de la corteza terrestre fue tal que la desembocadura del río Tajo se quedó vacía de agua y cuando regresó, lo hizo con un tsunami de quince metros de altura que terminó por arrasarlo todo. También causó daños y víctimas mortales en el sur de España, en especial en Cádiz y Huelva. Se produjo un gran debate sobre si el origen de los terremotos era un castigo divino o un proceso natural. Los ilustrados españoles como Cevallos, Roche, del Barco y Feijoo se alinearon con la segunda opción, olvidando las teorías aristotélicas, todavía vigentes en aquellos años, y otorgaron un carácter explosivo a estos fenómenos, en la línea del francés Lemery y del inglés Lister, que reflejaron en sus obras, respectivamente, Buffon y Newton. Feijoo incluso llegó a proponer un origen eléctrico para los terremotos (Feijoo y Roche, 1756; Capel, 1980).

En España, durante bastante tiempo, los primeros seguidores de la Ilustración aceptaron, en gran medida, el Diluvio como origen del modelado terrestre, no así las teorías cosmogónicas asociadas a esta idea de la gran inundación. Grandes ilustrados, como el marino y científico Antonio de Ulloa, admitían el diluvianismo, eso sí, sin la intervención de un ente divino, simplemente como un proceso natural.

El cambio en estas ideas se observa en la figura del gran botánico Antonio José Cavanilles (1745-1804), en su faceta de geólogo. Durante mucho tiempo su obra permaneció olvidada, hasta el año 1958 en que se reeditó su libro *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos*

del reyno de Valencia (1795), que contiene interesantes ideas sobre geología (Sequeiros, 2003a; Sequeiros, 2003b). Cavanilles, después de ordenarse sacerdote, en el año 1772, llega a Madrid y, en el año 1777, al servicio del duque del Infantado, se instala en París. Allí asiste a clases en el laboratorio químico y mineralógico de Balthasar George Sage (1749-1825), quien sería el fundador de la Escuela de Minas de París (González Bueno, 2003; Sequeiros, 2003a; Sequeiros, 2003b).

Cavanilles supone un salto en el pensamiento respecto a los primeros ilustrados, ya que acepta las nuevas teorías en detrimento del diluvianismo. En los años en que redacta sus trabajos, la escuela dominante era la de Werner, que había sido difundida en España por Christian Herrgen y por los pensionados en la Academia de Freiberg. A lo que se añade que, al trabajar en terrenos calcáreos, sus ideas son claramente neptunistas, ya que observa que los estratos se han formado por un origen acuático, aunque no encuentra explicación para la formación de pliegues. Con respecto a los fósiles, los interpreta como restos petrificados de animales antiguos y los utiliza para la identificación de terrenos, sin embargo, no los explica utilizando el Diluvio y cree que las ideas de Torrubia en este sentido no son acertadas (González Bueno, 2003; Sequeiros, 2003a).

Como explica el gran historiador de la geología Leandro Sequeiros: “*Una de las grandes aportaciones científicas de la geología de Cavanilles está en el rechazo a las interpretaciones diluvistas de los fósiles. Este rechazo es abiertamente hostil hacia las propuestas de Torrubia...*” (Sequeiros, 2003b).

3.2. Paleontología

En el siglo XVIII se siguen publicando historias naturales centradas en el nuevo continente. Bajo la influencia de Alonso Barba y de Feijoo, el jesuita José Sánchez Labrador (1717-1798) escribe su obra *Paraguay Natural*, que constituye el primer tratado sobre la geología y la paleontología de la región que estudió, entre los años 1747 y 1767, en las actuales Argentina, Paraguay y Bolivia (León Garrido, 2016). Describe diversos fósiles de invertebrados e identifica huesos grandes como mamíferos grandes, descartando que provengan de gigantes. Sin embargo, para el también jesuita José Guevara serían restos de una raza de gigantes extinguida. Guevara menciona molares, cráneos, mandíbulas y tibias en las barrancas del río Carcarañá. Se trata de unos niveles del Pleistoceno, aflorantes en la desembocadura de este río Carcarañá, que contienen huesos y dientes de caballos, cérvidos, mastodontes, perezosos gigantes, osos y gliptodontes. Al contrario, Sánchez Labrador considera que los grandes huesos bien podrían ser de elefantes o ballenas (Ottone, 2008). Otra observación de Sánchez Labrador es sobre las conchas fósiles de la ciudad de Buenos Aires que, según explica, están allí depositadas debido al Diluvio.

Hasta casi el siglo XIX no se tiene el concepto actual de fósil, por lo que hay que poner en valor las observaciones de estos hombres, en su contexto temporal, donde el mundo tenía unos pocos miles de años y había sido creado en siete días.

En la población de Arrecifes, también en Argentina, en el año 1766, el capitán de fragata Esteban Álvarez del Fierro descubre una serie de “sepulcros de racionales con una estatura de gigantes”. Estos huesos son enviados a España donde los cirujanos de la Real Academia de Historia los interpretan como pertenecientes a un animal de la familia de los elefantes y, más tarde, serán identificados como huesos de mastodonte (León Garrido, 2016).

Un nuevo descubrimiento paleontológico se produce en los territorios españoles que coinciden con la actual Argentina, en el año 1787. El dominico Manuel Torres descubre los restos fósiles de un animal enorme en las orillas del río Luján, provincia de Buenos Aires. Los restos fueron enviados al Real Gabinete de Historia Natural al año siguiente, donde Juan Bautista Bru (1740-1799), dibujante y disecador, los plasmó con mucho detalle en cinco láminas de gran tamaño. Cuando Cuvier recibe estos dibujos, deduce que aquellos restos pertenecían a un nuevo género y una nueva especie, el *Megatherium americanum*. En el año 1796, Cuvier publica este trabajo en una de sus obras más conocidas y le hará plantearse la idea de que podían existir especies que se hubieran extinguido. Existe un libro que explica muy bien esta historia y lo relaciona con otros hechos curiosos, se trata de *El megaterio de Bru y el presidente Jefferson: una relación insospechada en los albores de la Paleontología* (López Piñero y Glick, 1993).

También el territorio de la Baja California, en Nueva España, fue estudiado entre 1738 y 1768, año de la expulsión de los jesuitas, por un miembro de esta orden, Miguel del Barco (1706-1790), quien elabora una tesis sobre la geología de la región, según la cual, los fósiles de bivalvos que se encontraban eran debidos a un levantamiento del terreno, lo que se ha podido comprobar como cierto con los actuales estudios geológicos. También en Nueva España, Joaquín Velázquez de León (1732-1786), promotor y primer director del Real Seminario de Minería de México, al estudiar los fósiles de la zona expuso argumentos para refutar las tesis del conde de Buffon sobre que la fauna americana estaba “degenerada” por el clima y era inferior a la del Viejo Mundo.

En la isla de Cuba, Antonio de Parra (1739-¿?), en su *Descripción de diferentes piezas de Historia Natural* (1787), primer libro de historia natural impreso en la Habana, trató de los animales marinos fosilizados, estudiándolos con criterios modernos (López Piñero y Glick, 1993). Y en Ecuador, Alexander von Humboldt (1769-1859) descubrió un molar de mastodonte en las faldas del volcán Imbabura que envió a Cuvier para su identificación.

3.3. La minería del siglo XVIII

La plata continúa siendo el principal producto de las minas americanas y su importancia se traduce en el desarrollo de la orfebrería, que con el tiempo obtendrá gran prestigio a nivel mundial. El siglo XVIII comienza en Hispanoamérica con el descubrimiento de nuevas minas y vetas de plata en Nueva España, las cuales permitieron que la producción de este virreinato pasara desde las cuatrocientas toneladas por año de principios de siglo hasta las casi novecientas toneladas por año de final de centuria¹⁴. Ejemplos sobresalientes de estos nuevos descubrimientos son la veta Madre en Guanajuato (más de doce kilómetros de extensión y potencias de hasta cincuenta metros) con importantes minas a lo largo de ella, como la Valenciana (entre 1788 y 1808 la mina produjo treinta millones de pesos, cantidad superior al producto interior bruto del virreinato del Perú); en Pachuca estaba la mina Santa Brígida y la mítica veta Vizcaína, de diez kilómetros de extensión, la que parece ser que hizo de su concesionario Pedro Romero de Terreros (1710-1781) el hombre más rico del mundo de su época. En el virreinato del Perú también se descubrieron nuevas minas y criaderos de plata en este siglo.

Una consecuencia de esta minería tan potente se produce cuando el gremio de azogueros de Potosí funda, en el año 1752, el Banco de Rescates, al que seguirían establecimientos similares en Nueva España: “*Es el nacimiento de nuestro sistema bancario*” (Puche, 2000).

En Hispanoamérica, aparte de los avances tecnológicos, los españoles crearon grandes obras escritas, en concreto en este siglo se debe destacar a Francisco Javier de Gamboa y sus *Comentarios a las Ordenanzas de Minas de la Nueva España*, que fue publicada en 1761. Este texto trata de legislación minera, geología, tecnología minera y economía e incluye un índice de todas las minas de plata explotadas en Nueva España, lo que ahora es México y el sur de los Estados Unidos.

Otros trabajos relevantes en lengua española tratan sobre las características de la plata y su manufactura como moneda, que era para lo que se utilizaba mayormente, desde *El tratado de ensayadores* (1623), escrito el siglo anterior por Juan Fernández del Castillo, hasta *Theoría y práctica de la arte de ensayar oro, plata y vellón rico* (1713) de Joseph García Cavallero o el *Promptuario y guía de artífices plateros* (1734) de Joseph Tramullas.

No obstante, la realidad es que los minerales metálicos americanos terminan creando una hiperinflación en la despoblada España peninsular. “*Los que realmente se enriquecieron fueron los banqueros europeos y Europa en general*”

¹⁴ Se trata de un tema recurrente. Las cantidades de plata y oro extraídas por los españoles en América siempre han ofrecido gran controversia y existen multitud de estudios sobre ello. Aparte de los números ofrecidos en un punto anterior, también se puede consultar (Humboldt, 2020) y (Bernal, 2000).

(Puche, 2000). De hecho, cuando se señala que España no participó activamente en la revolución científica de los siglos XVI y XVII, se pasa por alto que no se hubiera producido sin ese aporte de capitales y sin el cambio de paradigma que supuso el descubrimiento de América.

Es por ello, que durante el reinado de Carlos III, entre los años 1759 y 1788, se intentan crear unos cimientos para la futura industrialización del país, ya que hasta entonces se había disfrutado del monopolio del comercio americano con el único resultado de enriquecer a la banca europea. Como consecuencia de esta política de Carlos III, se vuelve a generar un nuevo interés por la minería peninsular. Algunos naturalistas -por ejemplo, Simón de Rojas en Andalucía-, y también algunos inversores, muestran ese interés por la investigación y la explotación minera. La administración colabora con reediciones de importantes obras como puede ser el tratado de mineralogía y metalurgia de Álvaro Alonso Barba.

No obstante, esta minería peninsular es muy modesta si se compara con la explosión que habría de venir en el siguiente siglo a partir de la ley minera de 1825, que ampliará la explotación privada del subsuelo. En este siglo XVIII, la ausencia de energía a pie de mina, fundamentalmente madera, y las trabas administrativas y comarcales, ya que no había buenas infraestructuras, frenaban el desarrollo minero.

Las grandes minas de minerales metálicos todavía no se habían desarrollado, guardando grandes reservas de mineral. Almadén está explotada por unos banqueros y cuando la Corona quiere recuperar su explotación sobreviene un incendio que durará varios años. Del mismo modo, la explotación de las minas de sulfuros de hierro y cobre de Río Tinto y de las minas de plata de Guadalcanal la realiza, desde 1725, un contratista de origen sueco, Lieberto Wolters¹⁵, al que sustituirán otros contratistas hasta que las recupere el Estado, en 1783.

Desde estas minas de Río Tinto se suministraba cobre a la prestigiosa Real Fábrica de Artillería de Sevilla -que tenía sus orígenes en 1525- de donde salieron piezas únicas de artillería, como el Cañón Tigre, del que se dice que arrancó un brazo a Nelson en el frustrado ataque a Tenerife de los ingleses en 1797 (Tous Meliá, 1999).

Por su parte, las minas y fábricas de fundición de plomo de Linares las rescata el Estado en 1748, tras décadas de explotación por empresas concesionarias. En el caso de este mineral, existía una red de depósitos, conocida como la Renta del Plomo, que suministraba perdigones y balas al ejército y barras para los alfareros,

¹⁵ La vida de Lieberto Wolters es muy interesante. En el año 1719, llegó a obtener un permiso de la Corona para recuperar la plata de los galeones hundidos en la Batalla de Rande, ocurrida en la ría de Vigo el 23 de octubre de 1702. Esta batalla fue el origen de las Cajas de Socorro y Montes de Piedad creados ese mismo año en España. Después de la experiencia de Vigo, Lieberto Wolters se dedicó a la minería (Domínguez, 2020).

de lo que se colige que la explotación del plomo (y también la del cobre) se realizaba por su carácter estratégico militar. De hecho, el cierre de la fábrica de Artillería de Sevilla, en 1810, provocó el cierre de Río Tinto durante más de una década.

Será entonces, en el siguiente siglo, cuando se produzca un espectacular auge en la minería española gracias a la desamortización del subsuelo y a la aparición de la máquina de vapor que lleva aparejada la explotación de los combustibles fósiles, como el carbón.

3.3.1. Carbón

En este siglo XVIII comienza una nueva minería que tendrá su importancia años después, se trata de la minería del carbón. La crisis en la industria maderera que habían sufrido, a finales del siglo XVI, algunos países europeos como Holanda e Inglaterra llega a España dos siglos después, fundamentalmente a Asturias. En Inglaterra, esta escasez había impulsado la minería y la exploración de vetas de carbón, lo que provocó un alto grado de profesionalización en el conocimiento de la geología. Este hecho quedó reflejado en famosos trabajos como el corte geológico de las capas de carbón de Somerset, realizado por John Strachey en 1719.

Efectivamente, la deforestación había llegado a España, pues también existía escasez de leña y madera en las provincias vascas por el consumo de las ferrerías y, además, se debía importar hulla inglesa para los astilleros de El Ferrol y para la fábrica de cañones de La Cavada en Santander.

Es, por ello, por lo que se promovieron exploraciones geológicas en Asturias, en concreto trabajos sobre el carbón que en aquellas tierras afloraba, como el que fomentaron, a partir del año 1777, una serie de nobles asturianos encabezados por Pedro Rodríguez de Campomanes (1723-1802). El carbón asturiano aunó una suma de intereses que iban desde la nobleza asturiana y la burguesía vasca hasta el ejército, que veía un mejor futuro para sus fábricas. En el año 1780 nace, por iniciativa de Campomanes, la Sociedad Económica Asturiana, que en uno de sus primeros actos decide pedir asesoramiento al Conde de Aranda, quien estaba destinado como embajador en París. A su vez, el embajador traslada la misiva al ingeniero militar Agustín de Betancourt quien, en 1785, emite la "Memoria sobre la purificación del carbón" en la que recomienda el uso de hornos (Lafuente y Valverde, 2003). También la Sociedad Vascongada se centró en el sector minero. Sobre las Sociedades Económicas se hablará más adelante.

En ese mismo contexto del interés por el carbón asturiano se debe señalar el "Estudio sobre la industria, la minería y las comunicaciones del Principado" que se le encarga a Antonio Carreño (c. 1750-1818), representante de la Junta General y de la Diputación de Asturias. En el año 1787, Carreño termina el informe sobre las minas de Asturias, especialmente las de carbón piedra. Como hecho

anecdótico de este texto, en uno de los apartados, Antonio Carreño se congratula de que su abuelo Francisco Carreño hubiera descubierto, en la década de 1730, el carbón en Valdesoto. En aquellos años, el carbón podía ser explotado por el propietario del terreno al no ser considerado como un mineral metálico, aunque este punto generó muchos litigios, al ser los montes terrenos comunales y al tener derecho el Estado a enajenar cualquier explotación si la consideraba necesaria.

Otra iniciativa más se produce en el año 1789, cuando el ilustrado Gaspar Melchor de Jovellanos (1744-1811) emite un informe para el Ministerio de Marina denominado “Beneficio del carbón piedra y utilidad de su comercio”, donde aconseja la mejora de los transportes, incluida la construcción de una carretera entre Langreo y Gijón. También, a instancias de Jovellanos, se crea, en el año 1794, el Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía, con la intención de aplicar las ideas ilustradas en la enseñanza, para lo cual se establecen tres cátedras: Matemáticas, Náutica y Mineralogía, esta última, a su vez, comprendía los estudios de física y química. Además, Jovellanos se muestra partidario de que la propiedad de los yacimientos carboníferos sea del propietario del suelo, no del Estado.

Bien es cierto que aquella carretera del carbón se vio relegada ante un nuevo proyecto de Fernando Casado de Torres, ingeniero de la Marina, para transportar el carbón de las Reales Minas de Langreo en chalanas por el río Nalón (lo que resultó inviable) y así alimentar los hornos levantados en Trubia en 1794 para la fabricación de armas. Estas minas de Langreo fueron explotadas por la Marina española entre los años 1791 y 1803 para conseguir, finalmente, carbón para la fábrica de cañones de La Cavada, que llegó a abastecer a la mayoría de la red de fuertes y baterías instaladas tanto en España como en el Imperio de Ultramar¹⁶. Fernando Casado también es conocido por haber puesto en marcha, en 1784, los primeros hornos de coque españoles.

En 1788, Raimundo Ibáñez crea la siderurgia de Sargadelos, donde se montará en 1797 uno de los primeros altos hornos alimentado por carbón vegetal. A finales de siglo, además de los hornos de Trubia, se montan las metalúrgicas de Fontamena y Oviedo.

Otra zona donde escaseaba la madera era en Almadén, ya que tantos años de explotación minera había dejado la zona sin árboles. Como se ha descrito anteriormente, hoy en día todavía se conoce como “tarugos” a los habitantes del Valle de los Pedroches (Córdoba) por haber suministrado durante décadas la

¹⁶ Para entender porque la Marina y el Ejército estaban tan involucrados en las infraestructuras se debe resaltar que hasta el primer tercio del siglo XIX la mayor parte del gasto presupuestario del gobierno -entre dos tercios y tres cuartos- estaba destinado a los ministerios de Guerra y de Marina, que tenían multitud de encomiendas estatales a su cargo (Lafuente y Valverde, 2003). Nada que ver con un Ministerio de Defensa del siglo XXI, que se ocupa únicamente de la política de defensa y de la administración militar.

madera para las minas de Almadén. Debido a esta escasez, el Estado intenta promover la explotación del carbón con la iniciativa privada, sin embargo, las malas comunicaciones e infraestructuras impedían su comercialización. A finales del siglo XVIII, la producción española de carbón no excedía las 10 000 toneladas al año, setenta veces menos que la producción francesa y, aproximadamente, trescientas veces menos que la producción inglesa.

3.4. El inicio de la geología científica española

Pudiera decirse entonces que la geología en España, aparte los debates sobre los fósiles y el Diluvio, se reduce a la mineralogía y a la búsqueda de las vetas minerales en relación directa con el desarrollo de la minería. No obstante, se dará un paso más que resultará crucial. En Europa se vive una necesidad de saber y de nuevos conocimientos y la monarquía española no quiere quedarse atrás.

La nueva dinastía borbónica se convierte en firme promotora de la ciencia con el hecho destacado de la creación de un Gabinete de Historia Natural y de los seminarios y academias de minería. Compaginado con esto, durante el siglo XVIII, la Corona impulsa la creación de otras muchas instituciones científicas -en un primer momento vinculadas al Ejército y a la Armada-, como la Academia de Ingenieros Militares de Barcelona (1715), la Academia de Guardia Marinas de Cádiz (1717), el Real Seminario de Nobles de Madrid (1725), las academias de Guardias de Corps de Madrid, de Artillería de Barcelona y de Ingenieros de Cádiz (1750), la Real Academia de San Fernando y de las Bellas Artes (1752), el Observatorio de Marina de Cádiz (1753), el Real Jardín Botánico (1755), la Real Sociedad Militar de Madrid (1757) o el Colegio de Artillería de Segovia (1762). También es reseñable, en este mismo sentido, el programa de expediciones científicas. El momento cumbre de la Ilustración española llegará durante los casi treinta años del reinado de Carlos III, entre 1759 y 1788, cuando la nueva ciencia se introduce en el mundo universitario y se crean por toda España las Sociedades Económicas, entidades destinadas a identificar los problemas particulares de cada provincia, para lo que se involucra a la nobleza provincial y al clero rural, aunado con los intereses de la Corona y con el soporte militar, con el claro propósito de promover la investigación y mejorar la enseñanza y la técnica (Lafuente y Valverde, 2003).

Es este sentimiento de adquirir saber el que provoca que la iniciativa privada se sume a este desarrollo de las ciencias naturales; en concreto, se centra el interés en la mineralogía, así como en la metalurgia y la prospección minera, muy necesarias todas ellas para el progreso económico.

También se puede observar que se produce una disminución radical en la censura, lo que permite adquirir cualquier libro de ciencia sin los problemas de antaño, especialmente desde que el rey Carlos III en una real cédula de 1768

establece que los autores católicos debían ser oídos antes de prohibirse sus obras, lo que significó un gran cambio al poder defenderse y rebatir.

Hay tres hechos que destacan en este siglo para que se produzca el inicio de la geología científica en España:

- Intercambios con el exterior: Se crean becas para estudiar en el extranjero y se contratan técnicos y científicos extranjeros.

- Se crean los seminarios y academias de minería de Nueva España, Potosí y Almadén con la finalidad de incrementar el conocimiento geológico del territorio, desarrollar las técnicas mineras y adquirir conocimientos tecnológicos en el ámbito de las Ciencias de la Tierra.

- Se crean instituciones científicas, donde será principal y fundamental el Gabinete de Historia Natural.

3.5. De cómo en España se convocan becas para estudiar en el extranjero y se contratan técnicos y científicos foráneos; y de cómo se crean laboratorios y cátedras que permiten aislar nuevos metales, caso del platino y el wolframio.

La convocatoria de becas y la contratación de técnicos en el exterior representa un claro ejemplo de inversión en ciencia que trae un retorno inmediato, al formar un círculo virtuoso que se retroalimenta: (1) la Corona fomenta el desarrollo científico gracias a intercambios con el exterior, ya sea mediante la pensión de estudios en el extranjero, ya sea mediante la contratación de técnicos y científicos foráneos; (2) esta actitud de la monarquía, en el contexto de las ideas ilustradas, provoca que la sociedad civil (integrada en aquellos años principalmente por el clero y los nobles) se movilice a nivel provincial creando las Sociedades Económicas; (3) a su vez, estas sociedades promueven la creación de seminarios, laboratorios y otras instituciones científicas y (4) el Estado, a través de sus ministerios de Guerra y de Marina, financia la creación de cátedras y laboratorios de química, mineralogía y metalurgia -como se ha visto Ejército y Armada disponían de presupuesto y de gente muy bien formada- (Lafuente y Valverde, 2003).

Un ejemplo sobresaliente de este círculo inversor ocurre cuando la Secretaría de Marina financia las cátedras fundadas en el Seminario Patriótico de Vergara, a partir de 1776. Y en el ámbito estrictamente estatal existen otros ejemplos, como el de la Secretaría de Guerra cuando promueve un laboratorio en la Academia de Artillería de Segovia en 1784 (que no iniciaría sus actividades hasta 1792); la Secretaría de Indias cuando funda la Real Escuela de Mineralogía de Indias (1789); la Secretaría de Hacienda cuando crea la cátedra de Química Aplicada a las Artes (1787) o el caso de la Secretaría de Estado que sufragó el laboratorio de Química del Jardín Botánico (1788) (Lafuente y Valverde, 2003).

Un hecho que tendrá especial trascendencia, y que estará vigente durante muchos años, es el envío de pensionados españoles a distintos países de Europa con el fin de adquirir los conocimientos y la formación que no hallaban en España. Comienza a mediados del siglo XVIII, por iniciativa de Zenón de Somodevilla (1702-1781), marqués de la Ensenada, secretario de los Despachos de Guerra, Marina, Hacienda e Indias en la corte de Fernando VI, aunque el auge en el envío de pensionados se produce durante el reinado de Carlos III (Fernández Pérez y González Tascón, 1990; Pelayo, 1990)¹⁷.

Gracias a los conocimientos que traen los técnicos extranjeros y a los que adquieren los españoles que salen al exterior a formarse, y gracias a que España sigue siendo la nación líder en el mundo, con una minería también líder en la que aparecen nuevos metales, la mineralogía española experimenta un gran avance cuando se produce el descubrimiento de uno de estos metales, el platino, y cuando en España se crean laboratorios y cátedras donde se estudiarán muchos de estos nuevos metales y minerales.

3.5.1. Platino

Existía una referencia sobre el platino en la obra del italiano Escalígero (1484-1558) cuando habla de un metal misterioso “*hasta ahora de imposible fusión por cualquiera de las artes españolas*”, afirmación que da fe de la alta tecnología española (Weeks, 1932).

Cuando los marinos Jorge Juan y Antonio de Ulloa (de los que más adelante se sabrá de su importancia en la historia de la ciencia en España) se encontraban en América realizando trabajos de geodesia, observaron unos yacimientos que habían sido desechados por contener un metal tan duro que no se alteraba por calcinación (no se fundía con los medios de aquella época), al que llamaron platina porque los mineros le decían “plata mala”. Será Ulloa el primero en describir el platino, o la platina, en su *Relación Histórica del Viage a la América Meridional*, publicado en 1748, donde explica que se encuentra en los lavaderos de oro del Chocó, por donde discurre el río Pinto, dentro del virreinato de Nueva Granada. No obstante, llama la atención que la literatura científica inglesa ha logrado introducir a William Brownrigg como el primero en describir este metal, a pesar de que lo hizo en 1750.

Sin embargo, dos hechos determinan que la historia del platino siga estando unida a España: por un lado, el Estado español posee el monopolio del mercado del platino por encontrarse este en el virreinato de Nueva Granada (actual

¹⁷ Se puede ampliar información sobre la ciencia española durante la Ilustración en la obra *Los mundos de la ciencia en la Ilustración española* (Lafuente y Valverde, 2003) y en *Ciencia, técnica y estado en la España ilustrada* (Fernández Pérez y González Tascón, 1990), especialmente en el capítulo “La adquisición de las técnicas mineras en la España de la Ilustración (1770-1800)”.

Colombia) y, por otro lado, se crean laboratorios específicos para el estudio de este metal.

En el año 1752, Antonio de Ulloa funda en Madrid la Real Casa de la Geografía y Gabinete de Historia Natural, donde se instalará un laboratorio metalúrgico que hará que todo el conjunto, en esos primeros años, sea conocido popularmente como Casa del Platino (Bolado Somolinos, 2012). Y unos años más tarde, en el año 1773, la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País, la más antigua de las sociedades económicas de España, funda en el Real Seminario Patriótico de Vergara¹⁸ unas cátedras de Química, Metalurgia y Mineralogía que serán ocupadas por grandes científicos como Joseph Louis Proust (1754-1826), quien ocupó la cátedra de Química desde 1778 hasta 1780, Francisco Chavaneau (1754-1842) o Fausto Elhúyar (Fagés, 1909).

En este seminario, con la ayuda y colaboración de Fausto Elhúyar, el francés Pierre François -Francisco- Chavaneau desarrolla y patentó, en el año 1783, el primer método de purificación y separación de platino, utilizando como disolvente agua regia, así como el proceso metalúrgico para hacerlo dúctil y maleable (Parra y Pelayo, 1996).

Estos antecedentes provocan que, en 1786, el Ministerio de Indias cree en Madrid el Laboratorio del Platino (o Laboratorio Químico-Metalúrgico, que se trataba de una antigua idea de Carlos III) y la cátedra de Mineralogía de Indias, lo que en el año 1789 desembocará en la Escuela de Mineralogía de Indias, conocida también como Real Escuela de Mineralogía de Indias y finalmente como Real Escuela de Mineralogía, ubicada en la calle Hortaleza, que a los dos años cambió a la calle del Turco, actual Marqués de Cubas (Puche, 1992; Parra y Pelayo, 1996).

En 1790, se contrata como profesor, para ambas dependencias, a Francisco Chavaneau y como ayudante a Joaquín Cabezas, "*profesor interino y magnífico fundidor*" (Parra y Pelayo, 1996). Chavaneau "*sería sustituido sucesivamente por Cabezas, (Pedro) Gutiérrez Bueno y Proust*" (Puche, 1992; Puerto Sarmiento, 1994).

El laboratorio y la escuela disponen de una buena asignación presupuestaria, lo que permite desarrollar tanto la actividad científica como la docente. Esta última incluía una formación de dos cursos de duración donde se impartían las asignaturas de Mineralogía, Geognosia, Metalurgia y Geometría

¹⁸ La Real Sociedad Vascongada de Amigos del País crea el Real Seminario Patriótico de Vergara con el fin de impartir educación superior para los hijos de nobles, funcionarios del Estado y militares. Desde su constitución en 1765, la Sociedad Vascongada tuvo una de sus prioridades en el sector minero, abarcando desde la apertura de nuevos yacimientos o la modernización de la maquinaria hasta la producción de nuevos metales. Sus cátedras de Química y Metalurgia y de Mineralogía y Ciencias Subterráneas acabarían siendo financiadas por la Corona "*a cambio de atender objetivos estratégicos y desempeñar misiones de espionaje industrial*" (Lafuente y Valverde, 2003). Sin lugar a dudas, el Seminario de Vergara fue un vector de entrada de la mineralogía en España (Parra y Pelayo, 1996).

subterránea (Parra y Pelayo, 1996). La Real Escuela de Mineralogía sigue aumentando su popularidad cuando se descubre la magnesita de Vallecas, en Madrid, y una variedad del cuarzo conocida como venturina en San Fernando, Cádiz (Parra y Pelayo, 1996).

Al año siguiente, en 1791, Chavaneau contrata como profesor de Mineralogía a Christian Herrgen, discípulo de Abraham Werner en la Academia de Freiberg. Por su parte, el químico francés Joseph Louis Proust había sido contratado en el año 1788 como profesor en el Real Colegio de Artillería de Segovia, que había sido fundado en 1784.

Christian Herrgen (1765-1816), también conocido con el nombre castellanizado como Cristiano, hablaba perfectamente los cinco principales idiomas europeos, lo que le permitió traducir las obras más importantes de la época para el uso en su cátedra, como por ejemplo la *Orictognosia* de Johann Friedrich Wilhelm Widenmann (1764-1798), del que se editaron 1.500 ejemplares¹⁹.

El alemán Herrgen se va a convertir en un actor principal en la historia de la mineralogía española. Durante veinte años, con un paréntesis durante la invasión francesa, fue el único profesor de esta asignatura, ya que Chavaneau, seis años después de contratar a Herrgen, en el año 1797, se ausenta de España y ya no volverá a ejercer sus funciones, lo que coincide con el cierre de la Escuela de Mineralogía. No obstante, al año siguiente se consigue su reapertura y Herrgen es nombrado profesor del, ahora denominado, Real Estudio de Mineralogía.

Algo más tarde, en una reunión en Madrid, Joseph Louis Proust acuerda con Cristiano Herrgen y con José Clavijo (director del Gabinete de Historia Natural) reunir los estudios de química y mineralogía en una sola escuela, con lo que el francés abandona el Laboratorio Químico del Real Colegio de Artillería de Segovia y, en el año 1799, se traslada a la sede del Real Estudio de Mineralogía, en la calle del Turco de Madrid (Parra y Pelayo, 1996).

Un hecho reseñable en la vida laboral de Herrgen es la propuesta que realizó en el año 1803, ante el secretario de estado, para la implantación de un nuevo plan de enseñanza de la mineralogía, lo que *de facto* significaba crear una auténtica carrera que habilitaba a los alumnos para ocupar cualquier puesto técnico en una explotación minera. Tres años más tarde, se pone en marcha esta propuesta con la contratación como profesor de las asignaturas de Orictognosia y Mineralogía, del que era su discípulo, Jacobo Martín de Párraga -quien estuvo pensionado alrededor del año 1803 en la Academia de Freiberg y en Dresde-,

¹⁹ Abraham Gottlob Werner empleó el término *Geognosia* para referirse al conocimiento y descripción de los terrenos y *Orictognosia* para referirse a una rama de las ciencias naturales que enseña y estudia los compuestos minerales y los fósiles. Estos dos términos perduraron en el argot geológico español porque los practicantes de esta ciencia siempre estuvieron muy vinculados con la Academia de Freiberg, según explica Salvador Ordoñez en su capítulo "Aspectos geológicos del viaje por Iberoamérica (1799-1804) de Alexander von Humboldt" (Cuesta Domingo y Rebok, 2008). Actualmente ambos términos están en desuso.

mientras que Herrgen se encargaba de la Geognosia. A estos estudios de mineralogía debían presentarse los cadetes de la Academia de Minas antes de comenzar su estancia en Almadén.

Durante la invasión francesa se suspenden las clases del Real Estudio de Mineralogía y, según las biografías de Herrgen²⁰, este decide salvar las colecciones en vez de sus propios bienes, lo que le permite una vez terminada la guerra, pedir la reapertura del estudio y la integración de la cátedra de Mineralogía en el Real Gabinete de Historia Natural, que era donde había escondido las colecciones para protegerlas del pillaje francés. Aún tuvo tiempo de explicar un curso completo de Geognosia en esta nueva etapa, antes de su fallecimiento en 1816, aunque ya el año anterior la enseñanza de la mineralogía se le había encargado a su ayudante, Donato García Nogueruela, quien será nombrado profesor en propiedad en 1818, y quien será el encargado de esta enseñanza en el Museo de Ciencias Naturales (donde se integrará el gabinete) hasta su jubilación, en el año 1854 (Parra y Pelayo, 1996).

Otros alumnos y discípulos de Cristiano Herrgen, aparte de Donato García y Jacobo Martín de Párraga, fueron Ramón Espiñeira, Francisco Carbonell, Andrés Alcón y Ramón Gil de la Quadra, así como el pionero de la geología militar, el brigadier Juan Sánchez Cisneros (Ordoñez, 1999; Parra y Pelayo, 1996). Del mismo modo, los farmacéuticos Francisco Carbonell y Andrés Alcón, el capitán de artillería Juan Manuel Munárriz y José Duro Garcés, catedrático de Química docimástica y Mineralogía de la Dirección General de Minas, constan como los principales discípulos del francés Joseph Louis Proust (Puerto Sarmiento, 1994).

A lo largo de su carrera, Christian Herrgen había implantado el sistema de clasificación de Werner, lo que supuso para la mineralogía española alcanzar el nivel de la mineralogía alemana, muy por encima de la mineralogía francesa. Esto produjo un hecho curioso cuando los mineralogistas franceses llegan a España con la invasión napoleónica, para implantar las ideas ilustradas, y se percatan de que el nivel español es superior al suyo y deben copiarlo (Parra y Pelayo, 1996).

3.5.2. Wolframio

En el año 1783, en el Seminario de Vergara, Juan José y Fausto Elhúyar consiguieron aislar, a partir de la wolframita (baba de lobo en alemán), el elemento llamado wolframio, también conocido como tungsteno (piedra pesada en sueco), siendo el símbolo químico W. Este trabajo se publicó en una

²⁰ Una completa biografía y bibliografía de Christian Herrgen puede encontrarse en:

- Maffei y Rúa Figueroa (1871-1872). *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos impresos y manuscritos útiles al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares*, vol. I, 351-354.
- Galera, A. "J. Christian Herrgen", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico. (<http://dbe.rah.es/biografias/18567/j-christian-herrgen>).

monografía llamada “Análisis químico del wólfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición” y fue editada ese mismo año por la Real Sociedad Económica de los Amigos del País de la ciudad de Vitoria²¹.

Por lo tanto, a España se le reconocen dos elementos de la tabla periódica, wolframio y platino, aunque en realidad son tres, por el vanadio descubierto por Andrés Manuel del Río, quien fue catedrático de Mineralogía y director del Seminario de Nueva España, donde sustituyó a Fausto Elhúyar en la dirección.

A pesar de ser conocidos por haber descubierto el wolframio, los hermanos Elhúyar, especialmente Fausto, tienen un destacado papel en la historia de la geología española al ser algunos de los protagonistas del segundo impulso que recibe esta ciencia.

Juan José Elhúyar (1754-1796) y Fausto Elhúyar (1755-1833) nacen en Logroño, donde su padre había obtenido plaza de cirujano después de huir de la mala situación económica que se vivía en la Francia de Luis XV. Eligen España porque sus padres tenían ascendencia española. Cursan estudios clásicos en Logroño y también estudios de ciencias exactas y naturales, que se ven interrumpidos durante el año 1767 con la expulsión de los jesuitas. Continúan sus estudios en París, donde gracias al químico Hilaire-Marin Rouelle (1718-1779) adquieren las técnicas necesarias para realizar análisis químicos a los minerales. Después de cinco años regresan a España, primero Juan José en 1777 y al año siguiente Fausto, y se instalan en Vergara (López de Azcona, 1985).

Cuando ya se encuentran asentados, el Ministerio de Marina encarga a Juan José un informe sobre la técnica que se utiliza en la fábrica de cañones de Carron (Escocia), de donde proviene el nombre de “carronada” para un determinado tipo de arma artillera. Juan José acude como miembro de la Sociedad Vascongada aunque los fondos del viaje los asume la Marina. Como compensación al trabajo realizado en Escocia, los hermanos disponen de una beca de la Marina -según parece se trata de una beca para Fausto mientras Juan José es becado por la Sociedad Vascongada (López de Azcona, 1985)- para estudiar en la Academia de Freiberg, la escuela de minería más importante en esa época gracias al gran geólogo Abraham Gottlob Werner. En el año 1781, Juan José viaja a Suecia para formarse en mineralogía con el químico y mineralogista Torbern Olof Bergman (1735-1784) y su alumno Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), en la Universidad de Upsala, la más antigua de Escandinavia. Mientras tanto, Fausto regresa a España y al año siguiente ya imparte las

²¹ Para una información más extensa sobre el descubrimiento del wolframio y sobre los hermanos Elhúyar:

- IGME. (1985). *Bicentenario del descubrimiento del wolframio por los hermanos Elhuyar: 1783-1983*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Palacios Remondo, J. (2015). *Los hermanos Juan José y Fausto Delhuyar Lubice y el aislamiento del wolframio metal*. Fundación Ignacio Larramendi.

asignaturas de Mineralogía y Geometría Subterránea en el Real Seminario de Vergara.

Al juntarse los dos hermanos, en el año 1782, Juan José comenta que Scheele ha sido capaz de aislar el trióxido de wolframio del mineral scheelita (entonces conocido como tungsteno, de fórmula CaWO_4) pero no el elemento como tal. Fausto tiene una muestra, recogida por él en Sajonia, de un mineral parecido a la scheelita, la wolframita ($\text{Mn, Fe} \text{ WO}_4$), del que los dos hermanos logran aislar e identificar un nuevo metal, el wolframio. Este elemento aparece en combinaciones químicas pero no en forma libre en la naturaleza, por lo que los hermanos Elhúyar fueron los primeros en obtener un elemento químico sin ser extraído directamente de la Tierra.

En el año 1784, de nuevo Juan José, junto con su cuñado y compañero Ángel Díaz y el botánico Celestino Mutis, es comisionado a las minas de plata de Mariquita, en el departamento de Tolima del virreinato de Nueva Granada, para atender una petición del virrey Caballero ante la llegada de unos expertos mineros alemanes que él mismo había solicitado previamente: *“Celoso del nombre de España, ruego al gobierno mande un mineralogista nacional, para evitar el sonrojo de acudir a extranjeros posponiendo a los españoles”* (López de Azcona *et al.*, 1992). Se trata del virrey Antonio Caballero y Góngora (1723-1796), quien había solicitado a la metrópoli el envío de expertos para aumentar la producción minera y que, cuando es aprobada su petición, solicita la figura de un mineralogista español. Finalmente, le fueron enviados ocho expertos mineros alemanes *“como Wiesner, Gortlieb Dietrich y Frederich Klem, entre otros”* (Lucena Salmoral, dbe).

Juan José realiza muy variados trabajos técnicos relacionados con la minería, tan pronto intenta introducir una nueva técnica de amalgama de plata para sustituir a la que introdujo Bartolomé de Medina, más de dos siglos atrás, como un informe sobre las deficiencias que observa en la explotación de las esmeraldas en las minas de Muzo o un plan de contingencia ante el engaño que se producía con la aleación del oro y el platino. A pesar de su temprana muerte, destacó por sus investigaciones, sus importantes cargos en la administración española y su labor como profesor de Mineralogía. Tanto la figura de Juan José Elhúyar como la notable labor que realizó en Tolima deberían ser objeto de estudio en futuras investigaciones.

Por su parte, Fausto será enviado al virreinato de Nueva España, en el año 1788, como director general de Minería y como profesor de Mineralogía. Antes de partir a América, será finalmente Fausto quien contrate a veinticinco mineros alemanes²² para enviarlos a las provincias españolas de Ultramar, quince de los

²² Uribe Salas, J. A. “Alejandro de Humboldt en Nueva España y el real Seminario de Minería de México”, en *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano* (Cuesta Domingo y Rebok, 2008). Y Aceves Pastrana, P. “Luis Fernando Lindner Lindental”, en Real Academia de la

cuales harán la travesía del Atlántico con él, pero antes de partir los clasifica en dos categorías acorde a su formación académica o práctica. Dentro de la primera se encontraban Federico Sonneschmidt, Francisco Fischer, Luis Lindner y Karl Gottlob Weinhold (aunque disfrutaban de sueldos distintos). El más prestigioso y con el sueldo más alto sería Federico Sonneschmidt (junto a Fischer), quien en su *Tratado de Amalgamación en Nueva España* declararía: “Vine a enseñar y salí aprendiendo”. También estaban Salvador Sein, Friedrich Mothes y ocho capataces de minas más.

Fausto conoce por su hermano que los españoles peninsulares son considerados un tanto altaneros, ya sea por envidia o por otras razones, lo que le crea bastantes problemas que empiezan el día de su toma de posesión, cuando se le niega la presidencia del acto. Por estas y otras razones, el colegio de minería, que pretendía abrir en el año 1789, es finalmente inaugurado como Real Seminario de Minería el 1 de enero de 1792, el cual, a medida que se sucedan los años, aumentará en prestigio.

Fausto Elhúyar, después de treinta y tres años de servicio en Nueva España, al producirse la independencia de México, retornará a la península. Es en esta nueva etapa de su vida cuando Fausto se convertirá en uno de los actores del segundo impulso que se da a la geología en España; tal y como lo fueron él mismo, su hermano Juan José o Andrés Manuel del Río (también becado en Freiberg y descubridor del vanadio), unos años antes, cuando sientan las bases de este impulso en su aprendizaje por Europa, que luego aplicarían en sus trabajos por las provincias americanas.

Dentro de la historia del wolframio, se ha comentado el protagonismo de la Sociedad Vascongada como promotora de la geología debido a que allí trabajaron los hermanos Elhúyar. Sin embargo, no se trataba de un caso único, ya que existían sociedades económicas a lo largo de toda la geografía peninsular (y en alguna provincia americana) que también tuvieron su protagonismo en el desarrollo de las ciencias naturales en general y de la geología y la minería en particular. Es el caso de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Santiago de Compostela, donde se crea otro Gabinete de Historia Natural a raíz de la donación, a su vez, del Gabinete de Historia Natural del eclesiástico y jurista gallego Antonio Montenegro Páramo Somoza, en el año 1784. Este gabinete era considerado en su época como el más importante de España de carácter privado (Barreiro Fernández, 2000). Al desaparecer la sociedad, el gabinete pasa a la Universidad de Santiago de Compostela en 1790, ampliándose con nuevas colecciones y con la adquisición, en 1846, de unos originales de los modelos cristalográficos de Haüy.

3.6. Los seminarios de minería de Nueva España, Potosí y Almadén

En 1765, se funda la Academia de Freiberg en el importante centro minero de los Erzgebirge, los “montes metálicos” de Sajonia (Alemania), montes que contemplaron la labor de Georgius Agrícola. El origen de esta institución se remonta al siglo XVI y, con el tiempo, llegó a ser considerada la universidad de metalurgia y minería más antigua del mundo y también llegó a ser, principalmente, la pionera en mineralogía. En España, la Real Academia de Minas de Almadén fue abierta por Carlos III en el año 1777, convirtiéndose en la cuarta del mundo tras la Academia de Freiberg, la Real Escuela de Minería de Schemnitz en Hungría y la Universidad Minera de San Petersburgo en Rusia, esta última erigida en el año 1773.

3.6.1. Real Seminario de Minería de Nueva España

No obstante, en España, en el año 1774, antes de la apertura de Almadén, el científico Joaquín Velázquez de León (1732-1786) le había recomendado a Carlos III la creación de un centro de estudios mineros en una de las provincias mineras más importantes, especialmente por sus depósitos de plata. Parece ser que, para realizar esta petición, Velázquez de León se había inspirado en los consejos e indicaciones que aparecen en la obra *Comentarios a las Ordenanzas de Minas* (1761) de Francisco Javier de Gamboa (1717-1794) (Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

Es así como, finalmente, se asiste, por Real Cédula de 1 de julio de 1776, al nacimiento del Real Seminario de Minería de Nueva España, que comenzó sus clases en 1792. El primer director de este centro fue Velázquez de León, al que sustituyó Fausto Elhúyar cuando se inician las clases y este, a su vez, fue sustituido por Andrés Manuel del Río. Veinte años más tarde, este Real Seminario de Minería de México sería definido por Alexander von Humboldt como el mejor centro científico de América (Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

Como se ha explicado, Juan José y Fausto Elhúyar, después del descubrimiento del wolframio en 1783, son comisionados en 1784 a Nueva Granada y en 1786 a Nueva España (aunque Fausto llegaría dos años más tarde), respectivamente, para organizar el sector minero.

A instancias de Fausto, también llega a Nueva España el madrileño Andrés Manuel del Río y Fernández (1764-1849) que había estudiado física en la Universidad de Alcalá de Henares. Al conocer las habilidades del joven, es el propio ministro José de Gálvez quien recomienda que sea pensionado en la Real Academia de Minas de Almadén -promoción de 1782- para instruirse en el arte de la mineralogía y la geometría subterránea a las órdenes del director Heinrich Christophe Storr, técnico alemán contratado por la Corona (Aceves Pastrana, dbe). En el año 1789, es nuevamente pensionado en la Academia de Freiberg.

Años después, en 1801, Andrés Manuel del Río será el descubridor de un nuevo metal, el vanadio.

Este hallazgo comenzó al analizar una mena de plomo de una mina situada en Zimapán, México, cuando llega a la conclusión de que contiene un elemento metálico desconocido, al cual denomina *zimapanio*, por su lugar de origen, luego lo llamó *pancromio*, que en griego significa "todos los colores" y finalmente *eritronio*, que en griego significa "rojo", al observar que sus sales calentadas eran rojas. No obstante, en la actualidad se denomina a este metal vanadio, ya que fue bautizado veintiséis años más tarde por un sueco, debido a los desafortunados incidentes que ocurrieron con las muestras de eritronio enviadas desde Nueva España y a la mala fe, o la desgana, de Alexander von Humboldt. Entre Andrés Manuel del Río y Humboldt se produjo una curiosa relación.

Desde marzo de 1803, y durante casi un año, el naturalista alemán Alexander von Humboldt estudia el virreinato novohispano, teniendo como base el Seminario de Nueva España. Humboldt estaba fascinado por el continente americano desde que había leído la *Historia natural y moral de las Indias* de José de Acosta. Además, los círculos científicos madrileños le dan una calurosa acogida y todo tipo de facilidades para viajar a las provincias de Ultramar, desde Antonio José Cavanilles hasta Cristiano Herrgen, que había sido compañero suyo en la Academia de Freiberg. Este último le informa de la existencia del Real Seminario de Minería de Nueva España y de que allí se encuentran Fausto Elhúyar y Andrés Manuel del Río, con quienes también habían coincidido en Freiberg²³.

Cuando llega al Real Seminario de Minería de Nueva España, forma un grupo con los estudiantes de Freiberg: Fausto Elhúyar, Andrés Manuel del Río y Luis Lindner²⁴. No obstante, con quien mayor afinidad tuvo de ese grupo, durante aquel año de 1803, fue con Andrés Manuel del Río. Tenían poca diferencia de edad, ya que cuando el alemán llegó a Nueva España tenía treinta y cinco años y el español treinta y nueve, además ya se conocían de su estancia en Freiberg y también habían coincidido en una segunda ocasión en París.

Cuando acontece el descubrimiento del eritronio, Humboldt, que todavía se encuentra en Nueva España, dirige una carta al Instituto de Francia comentando el descubrimiento, por parte de Andrés Manuel del Río, de un nuevo mineral, pero

²³ Uribe Salas, J. A. "Alejandro de Humboldt en Nueva España y el real Seminario de Minería de México", en *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano* (Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

²⁴ Luis Fernando Lindner Lindental (1763-1805) fue reclutado por Fausto Elhúyar para trabajar en Nueva España mientras desempeña el puesto de asistente en la Academia de Minas de Schemnitz (Hungría), su ciudad natal. Antes de partir, estuvo formándose en la Academia de Freiberg con Abraham Gottlob Werner hasta que se embarcó en junio de 1788 rumbo a América, a bordo de la fragata *Venus*, siendo uno de los técnicos alemanes que llegaría contratados por el Reino de España (Aceves Pastrana, dbe). Andrés Manuel del Río, Luis Lindner, Fausto Elhúyar y Alexander von Humboldt también tuvieron de compañeros en Freiberg a Leopold von Buch y a Horace-Benedict de Saussure (Ordóñez, 1992b).

las muestras nunca llegan ya que se produce un naufragio. Una vez en Francia, un análisis equivocado de una nueva muestra a cargo de Alexander von Humboldt y del químico francés Collet Descotils afirma que se trata de una impureza de cromo y no de un nuevo elemento. Del Río, durante diez años, aceptó el peritaje realizado en Francia, pero, cuando se publica por un tercero este descubrimiento, Humboldt se queda impasible y no defiende la autoría de su antiguo amigo. Esto provoca que Andrés Manuel del Río envíe una carta al alemán donde le recrimina no haber defendido su descubrimiento, a pesar de ser conocedor del mismo, misiva que sale publicada en el periódico el *Mercurio*, en el año 1819. Durante un cuarto de siglo se mantuvo el error, hasta que desde Suecia se confirma la existencia de un nuevo elemento denominado vanadio; entonces la comunidad científica enmienda la errata confirmando la exactitud de la hipótesis del madrileño. Incluso muchos científicos como George William Featherstonhaugh (1780-1866), considerado el primer geólogo de los Estados Unidos de América, sugirió que el vanadio debería llamarse *rionium* (Weeks, 1932).

Lamentablemente, no fue el único acto de deslealtad de este magnífico naturalista alemán, aunque mediocre geólogo (aparentemente sería una contradicción *in termine*, pero Humboldt creía que todas las capas de la Tierra tenían la misma disposición en todos los continentes, lo que le llevaba a continuas equivocaciones). Durante el año escaso que estuvo en el virreinato de Nueva España, a Humboldt se le brindó la oportunidad de conocer la botánica y la geología (midió montañas y volcanes y se le permitió visitar todas las minas que deseó) pero, además, dispuso de informes y estadísticas oficiales de todo lo concerniente a la economía y producciones del virreinato. Fruto de aquella información sería su obra *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España* (Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

Con toda esta información, después de casi un año de estudios, partió de Nueva España²⁵ con destino a Cuba y desde Cuba a Filadelfia, y de esta ciudad a Washington, donde visita al presidente Thomas Jefferson (1743-1826), quien tenía algunos conocimientos paleontológicos -según se puede apreciar en *El megaterio de Bru y el presidente Jefferson: una relación insospechada en los albores de la Paleontología* (López Piñero y Glick, 1993)-. Sin embargo, Jefferson no estaba interesado en el ámbito científico. Al comprar la Luisiana²⁶, los Estados Unidos de América habían duplicado su frontera con España y el presidente estaba muy interesado en adquirir conocimientos sobre este territorio, por lo que

²⁵ Ordoñez, S. "Aspectos geológicos del viaje por Iberoamérica (1799-1804) de Alexander von Humboldt", en *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano* (Cuesta Domingo y Rebok, 2008; Rebok y Puig Samper, 2002).

²⁶ Luisiana fue una gobernación española (1762-1803) que dependía de la Capitanía General de Cuba y esta, a su vez, del virreinato de Nueva España. Con la anexión de Luisiana, el Imperio español alcanzó su mayor tamaño. En 1803, Estados Unidos anuncia que ha comprado la Luisiana a Francia, que Napoleón había recuperado a los españoles de manera secreta en el Tratado de San Ildefonso (1800), aunque España había continuado administrando el territorio.

encargó al secretario del Tesoro que copiase toda la documentación que tenía el naturalista alemán de aquel territorio español (Rebok y Puig Samper, 2002). Así fue como Alexander von Humboldt pagó a los españoles las facilidades y el cariño que le permitieron estudiar un Nuevo Continente mientras disfrutaba de la hospitalidad española.

Volviendo a la figura de Andrés Manuel del Río, se debe señalar que es un personaje principal dentro de la historia del Real Seminario de Minería de Nueva España. Es el autor de publicaciones casi míticas, empezando por los *Elementos de Orictognosia*, que se considera la primera obra escrita sobre mineralogía de América y, quizás, uno de los primeros libros dedicado por completo a la geología escrito en España. La obra de Andrés Manuel del Río consta de dos partes, la primera publicada en 1795 y titulada *Elementos de Orictognosia (tierras, piedras y sales)* y la segunda parte conocida como *Elementos de Orictognosia (combustibles, metales y rocas)*, que fue publicada en 1805 e incluía una pequeña obra de Alexander von Humboldt, denominada *Introducción a la Pasigrafía geológica*. Precisamente el alemán considera *Elementos de Orictognosia* como “el libro más valioso de su época” (Flores Clair, 1999)²⁷.

Esta obra de Andrés Manuel del Río y la traducción que realiza Herrgen de la *Orictognosia* de Widenmann, en 1797, “*presentan asombrosas coincidencias, por lo que se puede pensar que están tomadas de una fuente común, sin embargo la obra de Del Río es más sintética, y quizá los términos químicos son más modernos*” (Ordóñez, 1999). Andrés Manuel del Río también es el autor de *Manual de Geología* (1841).

Así mismo, se puede considerar la obra de Juan José Elhúyar titulada *Orygtología* (1790) como una de las primeras obras españolas de geología, dándose la circunstancia de que fue encontrada entre los escritos del botánico Celestino Mutis (López de Azcona, 1985). A su vez, Ángel Díaz escribe *Tratado de Mineralogía* (1801).

Es importante la creación de esta literatura técnica española porque una de las pretensiones del Real Seminario de Minería de Nueva España era contar con unos libros de texto adecuados. En los primeros años de funcionamiento, los ejemplares relacionados con la mineralogía fueron los *Elementos de Orictognocia (sic)* de Del Río, *Orictognocia (sic)* de Widenmann, *Tablas Mineralógicas* de Karsten y *El beneficio de los metales* de Garcés (Flores Clair, 1999). Aparte de la Mineralogía, impartida por Andrés Manuel del Río, las asignaturas principales eran Matemáticas, impartida por Andrés José Rodríguez, Física, por Manuel Antonio Bataller y Química, que sería impartida por Lindner: “*En 1796, Fausto Elhúyar designó a Luis Lindner para encargarse de las clases de Química, que con alguna*

²⁷ El título exacto de esta obra es *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles, dispuestos según los principios de A.G. Werner, para uso del Real Seminario de Minería de México*. En el año 1985, la Universidad Complutense de Madrid publicó una edición facsímil.

interrupción impartió hasta su muerte en 1805” (Aceves Pastrana, dbe). Como hecho anecdótico dentro de este claustro de profesores está el enfrentamiento entre Lindner y Andrés Manuel del Río por una venta fraudulenta de seis acciones de la Mina del Morán del primero al segundo (Aceves Pastrana, dbe).

Y no solo se produce literatura técnica en español para la enseñanza. Fausto, en otra de sus obras conocida como *Memoria sobre la minería*, analiza -a modo de auditoría- la situación de esta técnica en el virreinato novohispano, donde identifica los siguientes problemas: “*escaso conocimiento geológico del territorio, insuficiente desarrollo de las técnicas de prospección, explotación y beneficio de los minerales y a la débil o inexistente reflexión científica sobre las características de los yacimientos minerales y su entorno geológico*” (Flores Clair, 1999; Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

3.6.2. La Academia de Minas de Potosí y el seminario de Nueva Granada

Existen varios precedentes a las academias y seminarios de minas que se fundaron en Hispanoamérica. El más conocido ocurrió cuando, el que había sido ensayador de la Caja Real de México, José Eustaquio de León, es nombrado director de la Casa de la Moneda de Guatemala y, una vez asentado, en el año 1749, decide crear una escuela de minas. Lamentablemente, el proyecto guatemalteco quedó abortado con la muerte del quilatador (Gavira Márquez, 2019), al igual que algún que otro proyecto como el frustrado Colegio de Minería de Lima.

Sin embargo, en el año 1757, fue fundada por Ventura Santélices, gobernador de Potosí, una Escuela de Metalurgia en esa ciudad. Según Santélices, estaba dirigida por una junta de expertos que contaba de “*dos personas peritas en la Chímica, de dos en la mineralogía, de dos en el beneficio de la plata y el oro*” (Gavira Márquez, 2019).

Con el precedente de esta Escuela de Metalurgia de Potosí, y un par de años después de crearse el Real Seminario de Minería de Nueva España, germina una nueva academia en Perú: la Academia y Escuela Teórica y Práctica de Minería y Metalurgia, más conocida como Academia de Minería de Potosí. Fue fundada por el gobernador Jorge Escobedo y Alarcón (1743-1805), el 10 de febrero de 1779, cuando reunió a los azogueros y les recitó un discurso titulado “*Sobre la utilidad y medios de fomentar el trabajo de minas y beneficio de metales en la imperial villa de Potosí*”, con el que quedaba inaugurada la academia y donde también presentó las “*Ordenanzas de la Academia y Escuela Teórico Práctico de Beneficio de metales*”. Jorge Escobedo era un ilustrado que dejó una enorme huella en Potosí. Se le reconocen tres hitos durante su gobierno como son la incorporación del Banco de Rescates a la Corona, pasando a denominarse Real Banco de San Carlos, la reconstrucción del Real Socavón de Potosí y la creación de la Academia de Minería. (Gavira Márquez, 2019).

Es muy curioso el hecho de que los tres cursos de la academia estaban basados en la obra de Álvaro Alonso Barba. Escobedo explicaba que *“Potosí era un lugar difícil con gente muy especial y el maestro Alonso Barba era conocido y respetado en la villa imperial por haber trabajado en el Alto Perú”* (Gavira Márquez, 2019).

La Academia de Minas de Potosí tuvo una vida muy corta en aquella primera etapa, al marcharse Escobedo a principios de 1782. Su sucesor consideró que la enseñanza debía subrogarse a las *Ordenanzas de Minería de Nueva España* con lo que la academia terminó languideciendo, no obstante, se considera que fue el origen de la Escuela de Minas y de la, actualmente, denominada Facultad de Ingeniería de Potosí.

Por lo tanto, fue España la primera nación que inauguró una escuela técnica en América, mucho antes que Inglaterra, Francia o Estados Unidos. Al discurrir la década de 1780, España cuenta con tres academias de minería: Nueva España, Potosí y Almadén (López de Azcona y Hernández Sampelayo, 1974), ocupando sin ninguna duda el primer lugar del mundo en cuanto a número de centros de estudio de minería y mineralogía, denominada en aquellos años *“orictognosia”*, lo que explicaría por qué el origen de la geología en España proviene en gran parte de la minería metálica y de la mineralogía. En palabras de Humboldt, después de su estancia en el Real Seminario de Minería de Nueva España: *“Ninguna ciudad del Nuevo Continente, sin exceptuar las de Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandes y sólidos como la capital de México”* (Cuesta Domingo y Rebok, 2008).

Incluso se podría hablar de una tercera academia en el territorio americano -cuarta en España-, la del virreinato de Nueva Granada (se correspondería con las actuales Colombia, Venezuela, Ecuador y Panamá), que es donde llegaron Juan José Elhúyar, Ángel Díaz y Celestino Mutis en el año 1784. Allí estaba el virrey Caballero, uno de los mejores virreyes según los historiadores, amigo personal de Juan José a quien nombra director general de Minas, y un virrey que fue el impulsor en Nueva Granada *“de la creación de las Sociedades de Amigos del País y de las Cátedras de Ciencias Naturales y Físicoquímicas”* (Palacios Remondo, 2015). Juan José Elhúyar y Ángel Díaz tan pronto dan clases de mineralogía como mejoran las amalgamas o vigilan las aleaciones. Todo ello en las minas de plata que se encuentran en Tolima, que a pesar de la distancia que la separaba de Santa Fe de Bogotá, la capital del virreinato, sin ninguna duda fue un centro de formación en mineralogía y minería.

3.6.3. Real Academia de Minas de Almadén

El origen de estos seminarios viene de una situación económica especial. La minería en España siempre había sido fundamental para su economía; desde los tiempos de los romanos o los cartagineses hasta las míticas minas de plata del Nuevo Mundo y la minería peninsular de Guadalcanal y Almadén. Sin embargo,

en los siglos XVI y XVII, la explotación de estas grandes minas peninsulares estaba en manos extranjeras, gestionada por técnicos extranjeros. En el año 1519, Jacob Fugger (en España la familia era conocida como los Fúcares) había financiado a Carlos I de España con medio millón de florines que debía recuperar con las rentas del Maestrazgo, la plata de Guadalcanal y el azogue de Almadén. El rey Felipe II también se financió con estos banqueros. Era tan fuerte la relación, que a raíz del hundimiento de la economía española, la banca Fugger quebró en 1607. Cuando el Estado quiso recuperar Almadén, se encontró con una explotación y unas instalaciones en una situación deplorable. Aun así, la administración se hace cargo de las labores de prospección y extracción con no muy buenos resultados. La culminación de este periodo se produce en enero del año 1755 con un incendio, posiblemente provocado por los condenados a trabajos forzados, el cual dura dos años y medio y, debido a la inundación consecuente (al no bombear el agua), destruye las labores antiguas que nunca se volvieron a recuperar, produce el hundimiento de varias casas, provoca la pérdida de trabajo de los mineros que se ven obligados a abandonar Almadén, así como la muerte de cuatro personas. Nueve días después de iniciado el incendio, aparece el superintendente de la explotación, Francisco Javier de Villegas, acompañado de Guillermo Bowles y Carlos Koehler; este último será nombrado poco después director de la mina. En julio de 1757 se destapa la mina, ya que se había intentado sofocar el fuego por falta de oxígeno, sin encontrar restos del incendio, aunque sí mercurio en el suelo. Finalmente, el fuego se apagó por el agua que se había acumulado después de tantos meses sin bombear, aunque durante mucho tiempo se creyó que fue el director Koehler, que había muerto unos días antes de la total extinción, y sus ayudantes los que lo habían apagado²⁸.

La importancia económica de la explotación de Almadén y el incidente del incendio provocan que la Corona de España, unos años después, se decida a nombrar una nueva dirección con dos cometidos: las labores propias de la explotación y la obligación de formar alumnos para el desempeño de esas labores, que a todas luces era necesario profesionalizar. En 1777 se construye la Casa Academia, donde residen y estudian los nuevos alumnos, y se nombra director de la Academia de Minas de Almadén a Enrique Cristóbal Storr (¿?-1802), en alemán Heinrich Christophe Störr. En el año 1788 -en 1784 según Maffei y Rúa Figueroa (1871)- es sustituido por el también alemán Juan Martín Hoppensack (¿?-1815), que cesa en 1792 (Ordóñez, 1992a).

Estos alumnos, cadetes del regimiento de la Corona de Nueva España, estudian en régimen militar, que consta de clases diarias acompañadas de prácticas en la mina, y deben realizar tres cursos en Almadén, con algunas asignaturas impartidas en Madrid en las cátedras de Chavaneau, Proust y

²⁸ Blog *El forzado de Almadén*. "El incendio de 1755". Publicado el 5 de enero de 2015. Web Efeverde. Agencia EFE. <https://www.efeverde.com/blog/el-forzado-de-almaden>.

Herrgen, pudiendo realizar un año más en Freiberg con unas becas de la Corona (pensionados según la terminología de la época). Las asignaturas impartidas inicialmente eran Geometría Subterránea, Física, Química, Dibujo y Mineralogía, para lo que cuentan en sus instalaciones con un pequeño museo de minerales y fósiles que se había preparado antes de la llegada de los primeros cadetes (Fagés, 1909; Ordóñez, 1992).

Algo más tarde, en el año 1785, otro antiguo alumno de la Academia de Freiberg, Francisco de Angulo (¿?-1815) crea -y ocupa él mismo tres años después- la primera Dirección General de Minas del Reino, dependiente de la Real Junta de Comercio, Moneda y Minas; en 1796, será nombrado director de la mina y de la Academia de Almadén. Además de crearse esta dirección general, la nueva normativa obliga a tener estudios en una de las escuelas de minería para poder acceder a cualquier empleo relacionado con la minería, no solo a nivel técnico, sino a nivel económico o de la administración del Estado. Y otro hito reseñable sucede en el año 1793, cuando se crea una cátedra de Mineralogía que ocupa Diego de Larrañaga (1760-1814), otro antiguo alumno de Freiberg que también recibió clases de Werner (Ordóñez, 1992b).

Entre 1810 y 1812, Almadén es ocupado por las tropas francesas, con lo que se interrumpe la actividad del seminario hasta prácticamente el año 1826. Diez años más tarde, el 7 de enero de 1836, se decide trasladar la actividad académica a Madrid, quedando Almadén como Escuela de Capataces de España.

La nueva Escuela de Minas de Madrid, en general toda la España peninsular, recibirá después de la emancipación de las provincias americanas a grandes técnicos españoles. Algunos se quedaron en los nuevos países y otros emigraron, como es el caso de Andrés Manuel del Río a Estados Unidos; pero muchos fueron los que volvieron a la península, como el director general de minería de Nueva España, Fausto Elhúyar, que regresó a España para ser el nuevo director general de minas del Reino.

Durante estos tres siglos confluyen: (1) las innovaciones tecnológicas en las minas (método de patio, cazo y cocimiento, los procesos para la obtención del mercurio); (2) los primeros tratados de geología (Acosta, Cobo, Del Río, Elhúyar) y minería (Alonso Barba, Pérez de Vargas) y (3) el descubrimiento de nuevos metales (Del Río, Elhúyar, Ulloa), lo que permitió desarrollar unas normas y procedimientos propios de un Imperio.

3.7. El Gabinete de Historia Natural

La Academia de Ciencias de París monta dos expediciones geodésicas para medir el meridiano terrestre, una a Laponia y la otra a la línea del Ecuador. El gobierno francés pide permiso para realizar las mediciones en España, en el paralelo *aequator* que pasaba por la Real Audiencia de Quito. En el año 1734, el

rey Felipe V insta a José Patiño, secretario de Marina e Indias, para que encuentre a dos valerosos e inteligentes españoles versados en la matemática y la astronomía que deben formar parte de la expedición. Resultan elegidos dos jovencísimos guardiamarinas, el alicantino Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) y el sevillano Antonio de Ulloa y de la Torres Guiral (1716-1795), ascendidos inmediatamente a tenientes de navío. En mayo de 1736 llegan a Quito, donde está situado el campamento principal y, a su vez, la base de la triangulación de los trabajos que desarrollaron los franceses y los españoles durante los dos años que trabajaron en los Andes. Jorge Juan realiza en un mercante el viaje de regreso a España, sin embargo, Ulloa embarca en la fragata francesa *Deliverance* que casi cae en manos inglesas tras un combate en alta mar. El capitán francés decide atracar en un puerto para reparar los daños sin darse cuenta que lo han asaltado los ingleses, con lo cual caen definitivamente presos de estos. No obstante, una vez en Londres, al conocer la identidad del ya famoso marino, le permiten regresar a Madrid, no sin antes ser honrado por los científicos ingleses y ser nombrado miembro de la *Royal Society*. Once años después de su partida, los dos marinos son ascendidos a capitán de fragata por el rey de España, quien los recibe a su regreso. Tan fascinado estaba el monarca por su aventura que les encarga la redacción de los trabajos y hechos acontecidos; Jorge Juan escribe la parte científica y Antonio de Ulloa la histórica. Se publicó en Madrid en 1748 con el título de *Relación histórica del viaje a la América Meridional, hecho de orden de S. M. para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la Tierra, con otras varias observaciones astronómicas y físicas, en cuatro volúmenes*. Nada más publicarse, ambos marinos fueron nuevamente ascendidos, esta vez a capitán de navío (Durán, 2017).

Cuatro años más tarde, Antonio de Ulloa, aprovechando este contexto, escribe al rey Fernando VI para que se cree en España el Gabinete de Historia Natural. Gracias a estas gestiones, en el año 1752, se instala en Madrid con el primitivo nombre de Real Casa de la Geografía y Gabinete de Historia Natural, en un local de la calle Magdalena que hacía esquina con la calle Lavapiés. Será el marino su primer director hasta el año 1755. Y será esta primera época especialmente productiva, liderada por Ulloa, que conforma a su alrededor un grupo de españoles y extranjeros. En el grupo de los españoles se encontraban José Solano, marino que luego sería gobernador de Santo Domingo; Salvador Medina, también marino, que fue destinado para ver el paso de Venus por el Sol desde California, donde le alcanzó la muerte; Juan Pedro Saura, experto en minas e historia natural; Eugenio Reygosa, administrador y asistente de Ulloa y Jerónimo la Puente, asistente de Reygosa. Y entre los extranjeros estaban los alemanes Andrés Keterlin y su hijo Juan, especialistas en siderurgia; el químico francés

Agustín de La Planché y el irlandés, prospector minero y naturalista, Guillermo Bowles, a estos dos últimos el marino los había conocido en París²⁹.

Antes de llegar al gabinete, Guillermo Bowles (1705-1780) realiza varios viajes de exploración para recoger ejemplares por toda la península ibérica. Se decide que le acompañen, además de su esposa, José Solano, Salvador Medina y, en ocasiones, Pedro Saura. Este recorrido se verá plasmado en un libro que el irlandés publicará, unos veinte años más tarde, titulado *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España*, con multitud de observaciones paleontológicas y geológicas. Bowles descarta en estos escritos un origen diluviano de los fósiles, los interpreta como restos de organismos marinos, mezclados con agua y barro y formando parte de las rocas (Peña de Camús, 2017). La misma idea que su contemporáneo, el valenciano Antonio José Cavanilles.

Después de este periodo, Antonio de Ulloa volvió a América, entre los años 1758 y 1763, como gobernador de Huancavélica y superintendente de sus minas de azogue donde intenta “*aplicar sus conocimientos y experiencias e introducir reformas administrativas, pero sus consejos no fueron escuchados, viéndose, además, obligado a defenderse de acusaciones de abuso de autoridad*” (Ruiza et al., 2004). Fruto de esta estancia es su *Relación y superintendencia de la Real mina de azogues de la villa de Guancavélica* (1758). De su experiencia en el continente también se debe reseñar su obra *Noticias americanas* (1771), donde describe algunos fósiles que relaciona con el Diluvio y con cambios climáticos de antaño.

Por su parte, Bowles, tras un breve periodo en el gabinete, interrumpe su cometido cuando se le requiere para que ayude a restaurar la mina de Almadén, afectada por el gran incendio generado entre 1755 y 1757 (Bolívar, 1988).

La realidad es que Antonio de Ulloa dimite, tras la caída del marqués de la Ensenada y, según algunos historiadores como Sánchez Almazán (2021), el gabinete se queda reducido “*a un almacén de productos de Indias para surtir la Real Botica y la Casa Real*”. Estos mismos historiadores afirman que apenas hubo continuidad entre este parte de la historia del gabinete y la siguiente. Lo que sí es cierto, es que el Gabinete de Historia Natural de Antonio de Ulloa fue el antecesor del Real Gabinete de Historia Natural, que será promovido por Carlos III.

Esta segunda parte en la vida del gabinete comienza en el año 1759, cuando ocurre un hecho verdaderamente relevante con la llegada al trono de Carlos III, después de morir su hermanastro Fernando VI. A principios de siglo, su padre el rey Felipe V ya había puesto las bases de la política científica ilustrada, pero será el rey Carlos III el que la desarrollará (Parra y Pelayo, 1996).

²⁹ El inicio y muchos pormenores de la creación del Gabinete de Historia Natural se encuentran descritos en Solano Eulate (1871), Calatayud Arinero (1986), Barreiro y Sánchez Moreno (1992), Sánchez-Almazán y Cánovas Fernández (2016) y Peña de Camús (2017).

El nuevo rey es un promotor de la ciencia y siempre ha deseado un museo de historia natural. Dota al gabinete de dos importantes colecciones, la del infante Luis Jaime y la que poseía un rico español del Perú, llamado Pedro Franco Dávila, que consistía en un conjunto de minerales, fósiles y una biblioteca con nueve tratados de geología entre otras ciento treinta y nueve obras de historia natural, pero también aves, armas y monedas, entre otros enseres. Esta colección tenía un catálogo que había sido redactado por el prestigioso cristalógrafo Rome de L'Isle (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

Dávila, hijo de criollo (un teniente de Segovia) e india, había puesto a la venta su colección, pero pide unas cifras desorbitadas por lo que en un principio no se realiza la compra; sin embargo, en un segundo intento, y gracias a las gestiones del agustino Enrique Flórez, sí se consuma la transacción, según la cual se nombra director perpetuo del museo al indiano, que disfrutará de una buena retribución y le será asignado personal. Sin embargo, no existió pago como tal, aparte del sueldo y la plaza a perpetuidad, como se puede leer en una carta de Bernardo de Iriarte a Floridablanca del año 1790: "*Negóse éste a vender su Gabinete, ofrecióle y pasóle enteramente a disposición de S. M.*" (Sánchez Almazán, 2021).

El 17 de octubre de 1771, el ministro Girolamo Grimaldi publica un real decreto de Carlos III creando un museo en el Palacio de Goyeneche, un edificio reformado en el número trece de la calle Alcalá de Madrid, en el que la primera planta se destina para Academia de Pintura y la segunda para el Gabinete de Historia Natural (Calatayud Arinero, 1988; Sánchez Almazán, 2021). Actualmente, el edificio es la sede de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando y de su museo, y en el frontispicio de su entrada todavía se puede leer: "*Carolus III Rex Naturam et Artem Sub uno Tecto in publicam utilitatem consociavit. Anno MDCCLXXIV*" (Martínez Ruiz, 2011).

Carlos III consideró el gabinete como parte de la Casa Real, con los mismos privilegios, dedicándole gran atención en sus tareas diarias. Llega a donar para las colecciones del gabinete las pepitas de oro y platino más grandes que habían llegado hasta la capital desde las minas americanas. Otro importante donante es Fernando López de Cárdenas (1719-1786), el cura de Montoro, quien, entre 1776 y 1783, envía tres colecciones de rocas y fósiles con una memoria explicando el origen diluviano de los fósiles. También llega un meteorito caído en Xixena (*sic*) el 17 de noviembre de 1773, actual municipio de Sena, en Huesca (Martínez Ruiz, 2011; Sánchez-Almazán y Cánovas Fernández, 2016).

En el año 1777, Dávila "*está enfermo y achacoso*" por lo que se nombra vicedirector a José Clavijo y Fajardo (1726-1806), autor de todo tipo de obras, entre ellas alguna científica como una traducción de la obra del conde de Buffon (Bolívar, 1988). Es anecdótico señalar que la obra de Goethe conocida como *Clavijo* está dedicada a este individuo. Clavijo continúa con el mismo cargo cuando se nombra director a Eugenio Izquierdo, que reside en el extranjero, por

lo que, al poco tiempo, es nombrado él mismo director e Izquierdo director honorífico. Como subdirector se nombra al geólogo Carlos Gimbernat (1768-1834), autor de un reconocido mapa geológico de Suiza denominado *Planos Geognósticos de los Alpes, la Suiza y el Tirol*, quien no ocupó físicamente su puesto ya que vivía en el extranjero y, según algunos historiadores, este nombramiento simplemente justificaba la pensión que disfrutaba de la Corona (Bolívar, 1988; Martínez Ruiz, 2011).

Bajo la dirección de José Clavijo aparece una nueva época de esplendor en el Museo de Historia Natural (que es como se denomina desde el real decreto de Carlos III), que abarca desde 1786 a 1790. A instancia del rey, en el año 1787, el secretario de estado conde de Floridablanca establece (todo ello a propuesta de Clavijo) que se imparta la enseñanza de las Ciencias Naturales en el Gabinete de Historia Natural -como se ha visto anteriormente, estando ya integrado dentro del Museo de Historia Natural-, que comenzará con las asignaturas de Mineralogía, a cargo de Christian Herrgen, y Orictognosia, impartida por Jacobo Martín de Párraga.

También, con otro real decreto de 1799 de Carlos IV, da comienzo la publicación de la primera revista científica española, los *Anales de Historia Natural*, que en 1801 pasó a denominarse *Anales de Ciencias Naturales*. Se nombra editores a Cristiano Herrgen, Domingo García Fernández, Antonio José Cavanilles y Joseph Louis Proust, hasta que la publicación se suspende en 1804. En los cinco años de vida que tiene, en esta primera época, ven la luz veintiún fascículos. El primer trabajo se titulaba "Materiales para la geografía mineralógica de España y de sus posesiones en América, según el sistema Widenmann" de Herrgen. También se publicó otro importante trabajo de Antonio de Ulloa sobre la platina, nombre con el que se conocía al metal platino que el marino había descubierto durante su estancia en América.

En esta etapa de Clavijo como director del gabinete se reciben colecciones y muestras de América y de la península. Como se puede observar, Clavijo es una figura clave en el desarrollo de la mineralogía dentro de este Gabinete de Historia Natural. Las colecciones se incrementan gracias a este sistema de envíos y a la figura del colector. En la península destacan, como colectores, Francisco Javier Molina y Juan Palafox Rovira, quienes recolectan petrificaciones y minerales de Madrid, Granada, Almería, las minas de Almadén y Córdoba. También se recluta a colectores de minerales alemanes, debido a su fama, entre los que destacan los hermanos Enrique y Juan Guillermo Thalacker³⁰, contratados en el año 1793, y quienes realizan una primera excursión por Aranjuez, la sierra de Guadarrama, Cercedilla y Navacerrada. Algo más tarde, Guillermo Thalacker, que será colector del gabinete hasta 1802, viaja por Guadalajara recogiendo muestras de titanio

³⁰ Sobre Juan Guillermo Thalacker véase *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos, y artículos, impresos y manuscritos, útiles al conocimiento y explotación de las riquezas minerales*, vol. II, pp. 189-190 (Maffei y Rúa Figueroa, 1871-72).

en Horcajuelo. En otro viaje, entre Madrid y Teruel, y siguiendo las instrucciones de Christian Herggen, visita y recoge ejemplares en Alcalá de Henares, Guadalajara, Torija, Algora, Alcolea, Luzón, Asella, Molina de Aragón, Rodenas, Cella y Teruel (Parra y Pelayo, 1996).

Como colectores en los territorios americanos se contrata también a dos hermanos alemanes, Christian y Conrad Heuland, los cuales habían contactado con el Gabinete de Historia Natural en el año 1792, cuando habían ofrecido la colección de minerales de su tío Jacob Forster. Clavijo redacta una "Instrucción" a los Heuland sobre cómo debe ser la recogida de las muestras minerales y la información que debe acompañar a cada toma. Este texto, por sí mismo, daría para escribir una tesis (Parra y Pelayo, 1996).

Las muestras o colecciones que están repetidas o tienen menos valor, previo permiso real, se van vendiendo al no tener espacio para tal cantidad de minerales y fósiles. Con el dinero de la venta se compran colecciones de minerales con cierto renombre, como la magnífica colección mineralógica de Forster (Bolívar, 1988).

Una parte muy importante del envío de muestras la componen las expediciones científicas. Según el inventario de López Piñero y Glick (1993), las principales expediciones que envían muestras al Real Gabinete de Historia Natural son:

- Expedición Botánica a Nueva Granada (1782-1808), en la que Celestino Mutis envió tres cajones con "*producciones naturales*" no identificadas.

- Expedición Botánica a Chile y Perú (1777-1786), donde Juan José Tafalla (1755-1812) descubre un pez fósil de gran tamaño en la intendencia de Arequipa.

- Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803), con un listado muy detallado de fósiles de grandes mamíferos y restos de troncos petrificados realizado por José Longinos Martínez Garrido.

- Expedición Alejandro Malaspina (1789-1794), con huesos posiblemente recolectados por Tadeo Haenke (1761-1817).

- Expedición de los hermanos Heuland a Chile y Perú (1795-1800), con fósiles bien clasificados y catalogados, con huesos de cetáceos, conchas de moluscos y braquiópodos, crustáceos y troncos fósiles, recolectados en las costas chilenas y en la actual Patagonia argentina³¹.

- Y el virrey Gil y Lemos envió desde Buenos Aires, en 1789, una "*remesa compuesta por grandes huesos*".

³¹ Véase CSIC. (1987). *La expedición mineralógica de los hermanos Heuland a Chile y Perú 1795-1800*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

Pero no solo existió el Gabinete de Historia Natural en la península. La impronta de España a nivel científico fue muy importante en Hispanoamérica, ya que existía una verdadera voluntad de replicar en las provincias americanas la cultura española a todos los niveles. En el año 1790, se había creado el primer Gabinete de Historia Natural de México a iniciativa del cirujano y naturalista José Longinos Martínez Garrido (1756-1802), que igualmente impulsó, en 1796, el Gabinete de Historia Natural de Guatemala. Lamentablemente, estas dos instituciones desaparecerán durante las guerras de independencia de las provincias americanas. A partir de este momento, la geología de Hispanoamérica se centró en la minería y en la mineralogía, dejando casi abandonada la paleontología, a pesar de que la Corona de España había puesto los cimientos para el desarrollo de esta importante parte de las ciencias geológicas.

3.8. Conclusión

Al acabar este siglo acontecen una serie de hechos que provocan una parada en el desarrollo de la geología. En concreto coinciden dos situaciones determinantes, la Guerra de la Independencia, que pone fin al periodo ilustrado en España y, a su vez, esta misma guerra es el comienzo de la pérdida de las provincias americanas. Finaliza así la Edad Moderna en España.

Sin embargo, y también durante este siglo, la creación de los seminarios y academias de minería y del Gabinete de Historia Natural dejará una semilla que con los años mostrará sus resultados en forma de Instituto Geológico y de Escuela de Minas, en el caso de los primeros, y con el nacimiento de la geología en la Universidad Central de Madrid, en el caso del gabinete. Lamentablemente, no seguirán adelante iniciativas privadas, como pudo ser el Seminario de Vergara (aunque quedarán los descubrimientos y adelantos metalúrgicos), y tampoco el impulso dado a la minería del carbón, que se detendrá durante unos años.

Se puede decir que existe un periodo de maduración de las ideas ilustradas y del esfuerzo de la Corona para desarrollar la minería y las ciencias naturales que será la base del segundo impulso al desarrollo de la geología en España, el cual, terminará germinando la siguiente centuria, cuando el país empiece a recuperarse de la guerra y del absolutismo de Fernando VII.

EDAD
CONTEMPORÁNEA

CAPÍTULO 4

LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XIX: GEOLOGÍA CIENTÍFICA

El segundo impulso al desarrollo de la geología en España se consolida con el asentamiento de la geología universitaria en la Universidad Central y en la Escuela de Minas de Madrid, así como con la creación de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino, que culminará en el año 1870 con la Comisión del Mapa Geológico.

Introducción

El geólogo alemán de este siglo, Karl Alfred von Zittel (1839-1904), autor de *Historia de la geología y la paleontología a finales del siglo XIX*, denominó a la época que se sitúa entre los años 1775 y 1830 como “*la edad heroica de la geología*”. Sin embargo, en España, la geología y el resto de las ciencias no aprovechan este momento al sufrir el país tres guerras y la pérdida de gran parte de su territorio.

Comienza con la guerra contra Inglaterra (1796-1802), que lleva tres siglos intentando entrar en la América española, sin ningún éxito; pero que en esta contienda, con el bloqueo de Cádiz y la paralización de la Flota de Indias, le produce graves problemas económicos a España. El aliado de España en esta guerra es Francia, con quien se firma el Tratado de Fontainebleau, el 27 de octubre de 1807, que determina la invasión militar conjunta de Portugal, permitiendo el paso de tropas francesas, llegando a 65 000 los soldados en suelo español. Este hecho es el precedente de la invasión francesa y de la Guerra de la Independencia española y, a su vez, este es el previo de la secesión de las provincias españolas americanas, excepto Puerto Rico y Cuba.

El primer tercio de este siglo tiene un protagonista, el rey Fernando VII (1784-1833), al que todos los historiadores, tanto sus contemporáneos como los actuales, han considerado como un mal gobernante y una persona sin escrúpulos que antepuso su bienestar al de la nación en todo momento. En el año 1820, durante un breve espacio de tiempo de tres años, un pronunciamiento militar restableció la Constitución de 1812 y los decretos de Cádiz dando lugar al denominado Trienio Liberal. No obstante, el final de su reinado se corresponde con la conocida como Década Ominosa, que se caracterizó por la persecución a los más radicales, combinada con la vuelta a un suave absolutismo o absolutismo de tinte liberal. Esta contradicción *in termine* no contenta a nadie y termina siendo el germen del carlismo. El final de esta época y de su reinado es el comienzo de una nueva guerra, en este caso civil, la Primera Guerra Carlista (1833-1840).

Prácticamente todo el siglo XIX estará marcado por la transición entre el absolutismo y el liberalismo. Durante la Década Ominosa, muchos intelectuales liberales se verán hostigados y algunos tendrán que exiliarse, aunque, por otro lado, muchos españoles de las provincias americanas retornarán a la península, recuperándose valioso talento.

En cuanto al desarrollo de la geología en este siglo XIX, se debe destacar el inicio de la geología universitaria en la Universidad Central de Madrid y la creación de la Comisión del Mapa Geológico. Además, es importante señalar el inicio de algunas técnicas como la petrografía, el interesante debate sobre el Transformismo o el inicio de la geología militar.

4.1. La Carta Geológica de España

Los seminarios de minería, especialmente la Real Academia de Minas de Almadén, creados por la demanda de técnicos de la minería americana y de la minería peninsular, fueron el germen de la Carta Geológica de España -futuro Instituto Geológico- y de la Escuela de Minas de Madrid; del mismo modo, el Gabinete y el Museo de Historia Natural serán el precursor de la geología universitaria en la Universidad Central, más tarde conocida como Universidad Complutense de Madrid.

Uno de aquellos técnicos españoles que retornará a la península debido a la secesión de los territorios americanos será Fausto Elhúyar. Al proclamar México su independencia, en el año 1821, el que había sido director de minas de Nueva España desde el año 1788, regresa para ocupar el puesto de director de minas a nivel nacional desde el año 1822 hasta su muerte, causada por una trombosis cerebral, en el año 1833.

Fausto Elhúyar tendrá un papel destacado en el segundo impulso a la geología, cuando reproduce, en sus años de director general de minas, lo que ha vivido a lo largo de su carrera profesional. En primer lugar, en el año 1828, por iniciativa suya se aprueba enviar como pensionados a la Academia de Freiberg a Lorenzo Gómez Pardo e Isidro Sainz de Baranda y el año siguiente a Joaquín Ezquerro del Bayo, Felipe Bauzá y Rafael Amar de la Torre. Desde finales del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX fueron becados una treintena de geólogos españoles. Comenzando con los hermanos Elhúyar y Andrés Manuel del Río hasta uno de los últimos de esta época, como fue el gran geólogo Juan Vilanova. No obstante, a mediados del siglo XIX el destino principal ya no era Freiberg, sino alguna capital europea como París o Londres.

Sin embargo, Gómez Pardo y Sainz de Baranda no llegan a la misma academia líder en el mundo en mineralogía a la que habían llegado cuarenta y siete años antes los hermanos Elhúyar. No obstante, como para Fausto y para Juan José había sido una experiencia única, Fausto recomienda al gobierno que continúe con estas becas.

Reproduce también lo que había conocido a finales del siglo pasado en el Seminario de Vergara y promueve la contratación de técnicos extranjeros. En particular, en el año 1830, conoce a un veinteañero alemán que ha estado cuatro años trabajando en España, se trata de Guillermo Schulz.

Con Guillermo Schulz y Schweizer (1805-1877) siempre ha habido una confusión sobre el año de su nacimiento y acerca de sus primeros años de escuela. Sin embargo, a pesar de que constan varias fechas distintas, parece probado que nació en 1805. Estudia en la Universidad de Göttingen y obtiene cierta experiencia al haber trabajado en las minas del Harz, Turingia y Sajonia. Gracias a las gestiones de su profesor Ludwig Hausmann (1782-1859) -autor de una curiosa obra sobre la geología española escrita en latín y conocida como "*De Hispaniae constitutione geognostica*" (1829)-, consigue que le contrate una compañía angloespañola para labores de minería y exploración, que desarrollará, entre 1826 y 1830, en las Alpujarras granadinas (Schroeder, 2006).

Cuando Schulz regresa a Alemania, después de su estancia en Granada, realiza una escala en Madrid donde se entrevista con Fausto Elhúyar, al que debe causar una excelente impresión, pues debido a este encuentro es nombrado comisario de minas, aunque permanecerá en su país de origen un año más visitando importantes regiones mineras como Bohemia o Baviera. Regresa definitivamente a España en 1831 -cincuenta años después del ingreso de Fausto en el Seminario de Vergara- y en 1833 es ascendido a inspector de distrito en Galicia y Asturias, el mismo año en el que muere Fausto. En el año 1854, es nombrado director de la Escuela de Ingenieros de Minas y presidente de la comisión encargada de la realización del Mapa Geológico de Madrid y General del Reino (Maffei, 1877).

La contratación de Schulz y el retorno de estos nuevos pensionados desde Freiberg activan el desarrollo de la geología. Y, en este punto de la historia, sí que se puede afirmar que este impulso está dotado de una fuerte base geológica, ya que sus resultados generan auténticos trabajos geológicos, como es el mapa geológico que realiza Schulz del noroeste de la península ibérica, el cual cartografía a la vez que levanta su topografía. La "*Descripción geognóstica del Reino de Galicia*" (1835) es una cartografía geológica que está al nivel del famoso mapa realizado por William Smith en 1815 y, por su complejidad, superior al "*Mapa Geológico de los alrededores de París*" de Cuvier y Brongniart (una buena cartografía que a diferencia de los mapas de Schulz o Smith no presenta ningún corte geológico). En un alarde de experto geólogo, Schulz realiza la cartografía a la vez que levanta la topografía, en una región tan complicada, geológicamente hablando, como Galicia, con las comunicaciones e infraestructuras del primer tercio del siglo XIX.

En este segundo impulso al desarrollo de la geología en España se produce el verdadero asentamiento de esta ciencia. Comienza con los geólogos-naturalistas del Museo de Historia Natural (de la Universidad Central), con los

geólogos-ingenieros de minas de los seminarios y academias de minería (Escuela de Minas), con los geólogos formados y/o becados en la etapa de Fausto Elhúyar (desde su vuelta de México en 1822) y con la creación de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino, en 1849. Y este proceso culminará, en el año 1870, con la Comisión del Mapa Geológico, en lo que sin duda es el mayor hito geológico de la historia de España hasta ese momento.

4.1.1. Comisión del Mapa Geológico de España

Hubo otras cartografías además de la "Descripción geognóstica del Reino de Galicia" (1835). Se considera, aparte de este trabajo de Guillermo Schulz, que los primeros mapas geológicos elaborados en España fueron el "Ensayo para la realización de un mapa geológico de Extremadura y numerosos distritos de las provincias limítrofes. Extremadura y norte de Andalucía" (1834) del francés Frederic Le Play (1806-1882); el "*Esquisse géologique des deux îles Baléares: Majorque et Minorque*" o "Bosquejo geológico de las islas Baleares: Mallorca y Menorca" (1834), del teniente coronel italiano Alberto Ferrero della Marmora (1789-1863) y el del belga Carlos Collette del año 1848 integrado en su "Reconocimiento geológico del Señorío de Vizcaya" (IGME, 2015; Collete, 1848).

Evidentemente, esto no era suficiente y, como ocurría en el resto de los países desarrollados, se deseaba tener un conocimiento de los recursos naturales reflejado en un mapa geológico a nivel nacional. Es, por ello, que se crea la "Comisión para formar la carta geológica del terreno de Madrid y reunir y coordinar los datos para la general del Reino" por Real Decreto promulgado el 11 de julio de 1849 y firmado por la reina Isabel II siendo Juan Bravo Murillo (1803-1873) ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas. En la exposición de motivos se puede leer el siguiente texto dedicado a la reina Isabel II:

"V.M., que en su glorioso reinado ha dado empuje a tantas obras útiles, está destinada a emprender también esta nueva, que no será entre todas, la que menos lustre le adquiera y menos gratitud, por sus fecundas consecuencias".

Desde un primer momento hubo un plan sistematizado en el que se empezaba por la provincia de Madrid y esta base serviría como referencia para las siguientes provincias. Además, el estudio se dividía en cinco áreas o secciones para abarcar todas las ramas de las ciencias naturales: (1) Geografía y Meteorología (aunque enseguida se abandonó la parte meteorológica); (2) Geología y Mineralogía, que se encarga a Rafael Amar de la Torre; (3) Geología y Paleontología, a cargo de Casiano de Prado; (4) Botánica, cuya realización se encarga al Jardín Botánico y (5) Zoología, con Mariano de la Paz Graells como responsable y ayudado por Laureano Pérez Arcas.

Bravo Murillo propone como responsable de la comisión a su amigo Fermín Arteta, que no tiene ningún interés en ello y, además, expone su falta de conocimiento geológico. Debido a esto, a finales del año 1849, se nombra presidente de la Comisión de la Carta Geológica a Francisco de Luján, quien ya

había reclamado en varias ocasiones un mapa geológico nacional para conocer los recursos minerales, especialmente los de carácter energético. De hecho, una de sus primeras medidas consiste en encargar a la Sección de Geología de la comisión un estudio sobre los yacimientos de carbón. Francisco de Luján ocupó este puesto hasta el año 1854, cuando el general Espartero le nombra ministro de Fomento y le sucede Guillermo Schulz como presidente de la comisión.

Existen tres etapas en la vida de la Comisión de la Carta Geológica. La primera etapa tuvo diez años de vida, hasta el año 1859; a partir de esta fecha viene la segunda etapa en la que se unifican, en una Comisión de Estadística, todas las cartografías que se habían iniciado unos años antes, como la urbana, la de fincas rústicas, la forestal, etc. No obstante, los mapas geológicos se elaboran bajo esta nueva comisión pero dentro de la denominada Brigada de Geología de la Junta General de Estadística, hasta que en el año 1870 (tercera etapa) se vuelve a habilitar su independencia con el nombre de Comisión del Mapa Geológico de España y se nombra director a Felipe Bauzá.

En el año 1873, procedente de la Inspección de Minas en la provincia de Cuba, se nombra como nuevo director a Manuel Fernández de Castro³² (1825-1895). Bajo su mandato se publicarán veinte memorias y se creará, en el año 1874, el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*, que con el tiempo adoptará la denominación de *Boletín Geológico y Minero* (López de Azcona, 1988a y 1994).

Otro hecho relevante de aquellos años es que, coincidiendo con el IV centenario del Descubrimiento de América, se encarga a Eugenio Maffei y Ramos (1827-1892) una publicación reseñable. Se trata de una bibliografía geológico-minera hispanoamericana correspondiente a los últimos cuatro siglos (1492-1892). Maffei, que había trabajado cuatro años a las órdenes de Guillermo Schulz en la confección de los mapas topográficos y geológicos de la provincia de Oviedo, fue el autor, junto a su compañero de promoción Ramón Rúa Figueroa, de la obra *Apuntes para una Biblioteca Española de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares* (1871-72,) del que se dice que “es el más importante repertorio bibliográfico escrito sobre la minería y mineralogía española” (Casanova Honrubia, db). Al fallecer Maffei se paralizó el trabajo, quedando todo el original en forma de fichas depositadas en la biblioteca de la Comisión del Mapa Geológico, de donde desapareció, con el transcurso de los años, la caja correspondiente al siglo XVIII (López de Azcona, 1994).

Finalmente, fruto del trabajo de muchos años, en el año 1889, se edita el Mapa Geológico Nacional, un hito en la historia de la geología española.

³² Otros compañeros de Manuel Fernández de Castro y de Casiano de Prado, miembros del cuerpo de ingenieros de minas, que participaron en los trabajos de la comisión fueron Amalio Maestre, Felipe Naranjo, Ezquerro del Bayo, Ramón Pellico y Matías Menéndez de Luarca (Bolado Somolinos, 2012).

En el año 1910, la Comisión de la Carta Geológica pasará a denominarse Instituto Geológico de España y en 1927 se amplía a su nombre actual, el de Instituto Geológico y Minero de España.

4.1.2. La Sección de Geología y Paleontología de la Comisión del Mapa Geológico: Casiano de Prado y Valle

La figura de Casiano de Prado en los inicios de la Comisión de la Carta Geológica es fundamental. Se trata de un gran geólogo que, desde el primer momento, se pone a trabajar y en cuatro años ha cartografiado dos provincias completas: Madrid y Segovia. La Sección de Geología y Paleontología es la verdadera protagonista de la comisión, al contrario, la Sección de Geología y Mineralogía que dirige Rafael Amar de la Torre no tiene tanto empuje, a pesar de ser una de las principales secciones junto a la de Geología y Paleontología de Casiano de Prado. Amar de la Torre se limita a buscar, en el mapa de Madrid, el contacto de los terrenos ígneos y metamórficos con los sedimentarios.

Casiano de Prado y Valle (1797-1866) nace en Santiago de Compostela, donde estudia cursos de Matemáticas Sublimes y Ciencias Naturales en el Real Colegio de Farmacia de San Carlos de la Universidad de Santiago de Compostela y, más tarde, algún curso de Geología y Botánica (probablemente en la Universidad de Alcalá de Henares). Casiano es hijo del arquitecto Melchor de Prado, quien acompañó como dibujante al ilustrado y naturalista José Cornide y Saavedra (1734-1803) en algunos de sus viajes científicos.

A la edad de veinte años es condenado a cuatrocientos días de prisión por fomentar la lectura de libros prohibidos y, en el año 1820, interviene en La Coruña en unas manifestaciones de apoyo al levantamiento liberal de Riego en la isla de León (Cádiz). En el año 1828 viaja a Madrid, por consejo del también gallego Jacobo María de Parga y Puga (1774-1850), miembro fundador de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, quien le recomienda a los profesores José Duro Garcés, para estudiar Química Docimástica (que es el estudio de ensayar los minerales para determinar los metales que contienen y en qué proporción), y al sacerdote riojano Donato García Noguera, para estudiar Mineralogía en el Museo de Ciencias Naturales.

En 1834 obtiene la titulación en minas, ingresando a continuación en el cuerpo de ingenieros de minas. Al año siguiente es inspector de minas de Aragón y Cataluña. En esta época se debe destacar su obra *Vindicación de la Geología* (1835), donde realiza una defensa de esta ciencia, aferrándose a las teorías de Cuvier, que había sido denostada con una real orden de 1834 que prohibía

escribir artículos sobre ella “por contener ideas contrarias a la religión, el trono, el estatuto real y las leyes”³³.

Durante toda su carrera profesional se suceden distintos desencuentros con la autoridad y, en 1840, es destituido durante cuatro años. Al finalizar el castigo retorna a su puesto, pero también vuelve a tener problemas, por lo que finalmente renuncia a su cargo. Después de dos años de trabajar en la cuenca minera de Sabero (León) para un empresario del partido liberal, amigo suyo, pide el reingreso, que le es concedido en el año 1848, con destino en las minas de Río Tinto donde, de nuevo, tiene enfrentamientos con sus superiores. Por su trabajo en Sabero se le considera uno de los introductores de los primeros altos hornos de coque en España.

En el año 1849, al ser nombrado vocal de la Comisión del Mapa Geológico y jefe de la Sección de Geología y Paleontología, comienza un incansable trabajo jalonado por sus viajes al extranjero. Viaja pensionado en el año 1851 -después de haberlo solicitado en repetidas ocasiones- a París y Londres, donde conoce a Roderick Murchison y a importantes geólogos franceses. Volverá a París en 1855.

Entre los dos viajes a París se inicia la construcción de la presa del Pontón de la Oliva, destinada a retener los caudales del río Lozoya para abastecer de aguas a Madrid. Casiano de Prado es nombrado geólogo de la obra y anticipa lo que va a ocurrir: “Los ríos de la provincia pueden perder aguas al atravesar los terrenos permeables (...) El Lozoya, en la faja cretácea del Pontón de la Oliva, puede perderla y la pierde, según he visto” (Puche, 2004).

Casiano de Prado es autor de varias memorias y mapas geológicos, entre otros: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid* (1864), Valladolid (1854), Segovia (1855), Palencia (1856), León (1861), Ávila (1861) y Toledo (1870). Entre su labor profesional destaca su aportación a la teoría de la fauna primordial³⁴ del geólogo francés Joachim Barrande (1799-1883), al encontrar los fósiles más antiguos conocidos en esa época en Los Cortijos de Malagón, provincia de Ciudad Real, en el año 1855.

Por iniciativa de Casiano, el geólogo francés Edouard de Verneuil (1805-1873), junto a sus compatriotas Edouard Collomb (1796-1875) y Edouard Lartet (1801-1871), son contratados por el gobierno español para colaborar en el mapa geológico a escala 1:1.000.000 que se debía integrar en el mapa geológico de Europa. Casiano había conocido a Verneuil durante su estancia en París. El francés es considerado un importante geólogo, discípulo de Élie de Beaumont,

³³ Un estudio muy riguroso sobre esta obra, y en general sobre la figura de Casiano de Prado, se puede encontrar en “Filosofía de la Geología y Religión: La Vindicación de la Geología de Casiano de Prado (1835)” (Sequeiros y González Fabre, 2011).

³⁴ Fauna primordial: Barrande desarrolló a partir de taxones hallados en Bohemia una teoría que se basaba en la premisa de que, en lo que entonces se pensaba era el Sistema Siluriano, se encontraban los fósiles de las primeras especies.

que trabajó durante veinte veranos en España y tuvo una gran influencia, no solo sobre Casiano, sino también sobre Manuel Fernández de Castro o Lucas Mallada. El gran geólogo Juan Vilanova proclamará años más tarde que Verneuil fue *"su primer profesor de Geología Práctica, y un amigo cordial, como suele estilarse entre los hombres que de buena fe se dedican al cultivo de las ciencias naturales"*. Así mismo, el historiador de la geología Salvador Ordóñez considera que Verneuil está al nivel de Werner y *"que ambos son imprescindibles referencias en el nacimiento de las Ciencias Geológicas en la España del siglo XIX"* (Ordóñez, 1992b).

Continuando con Casiano de Prado, los geólogos franceses, "los Eduardos", enseguida se dan cuenta del alto nivel del geólogo español, lo que ponen en conocimiento del Ministerio de Fomento, incluso al retornar a París le proponen como miembro del Instituto de Francia -para poco después ser aceptado-, lo que le supone una felicitación de la reina Isabel II de España (Sequeiros, 1997). También se debe mencionar que, trabajando junto a los franceses, Casiano descubrirá el primer útil paleolítico en España.

Destaca, igualmente, por su afición al montañismo y a la espeleología. Dentro del montañismo, se le considera como uno de los pioneros en España, incluso realizó ascensiones a los Picos de Europa y a otros montes de la Cordillera Cantábrica que, aparentemente, nadie había realizado. De hecho, bautiza a los Picos de Europa con ese nombre. En sus ascensiones, una vez coronaba, utilizaba un barómetro para medir la altitud de cada cumbre (Sequeiros y González Fabre, 2011).

Casiano de Prado ha sido toda su vida un auténtico rebelde con un fuerte carácter. Hay escritos en los que se muestra el enfrentamiento entre un inspector de minas asentado y protegido por sus compañeros, como es Casiano, y un joven Juan Vilanova (también este un hombre de carácter), al que recrimina la terminología que usa en sus escritos (terminación "ano" versus terminación "ico"). Se da la circunstancia de que ambos fueron pioneros en el estudio de la Prehistoria, quizás por eso, o por la diferencia de edades, se enfrentaron públicamente (Gozalo, 1998).

También tuvo, en el año 1850, un largo desencuentro, dentro de la Comisión del Mapa Geológico, con Mariano de la Paz Graells, responsable uno del área paleontológica y el otro del área zoológica, por unos huesos fósiles de elefante encontrados en el cerro de San Isidro de Madrid.

Finalmente, durante un viaje de campo por las islas Canarias, contrajo una enfermedad infecciosa que le causa el fallecimiento al regresar a Madrid. En la necrológica escrita por Fernández de Castro se podía leer: *"El año de 1866 fue triste para la Geología, pues dejó de existir el primero de nuestros geólogos..."* (Sequeiros, 1997).

4.1.3. La minería del siglo XIX

España ha tenido varias épocas a lo largo de la historia en las que ha destacado a nivel mundial gracias a sus explotaciones mineras. Comenzó siendo el proveedor europeo de metales en las épocas clásicas, cuando la península ibérica suministraba a todo Occidente. Más tarde, con los metales nobles americanos vuelve a ser líder mundial, para entrar en un lento declive que se verá interrumpido en este siglo XIX. La producción minera de estos años vuelve a poner a España a la cabeza de Europa, siendo el primer productor de mercurio, cobre, plomo y hierro. También se debe destacar la minería energética con la explotación del carbón.

Varios factores provocaron que en esta época se desarrollara la minería y la exploración geológica para encontrar nuevos yacimientos. Dos de estos factores fueron el cambio en la legislación minera española y la entrada de capitales extranjeros, acompañados a su vez de cierta inversión nacional, fruto del auge que sufrieron los precios de los minerales metálicos debido a la fuerte demanda que provocó la Revolución Industrial.

Mediante Real Decreto de 4 de julio de 1825, aparece la primera legislación minera moderna de España, promulgada por López Ballesteros, ministro de Hacienda de Fernando VII, y elaborada por Fausto Elhúyar. En esta nueva reorganización, entre otras novedades, se determina el traslado de la Escuela de Minas de Almadén a Madrid y la creación de las inspecciones de minas, que dentro de sus competencias tenían una muy definida: el estudio geológico de la región sobre la que se asentaba la inspección.

Esta ley logra liberalizar el sector, acabando con el monopolio del Estado y dando entrada al capital nacional y extranjero, exceptuando las siguientes minas: las de azogue de Arrayanes y Almadén, las de cobre de Río Tinto (esta última se venderá por un gobierno ultraliberal del Sexenio Revolucionario, 1868-1874), las de plomo de Linares y Falset, las de calamina de Alcaraz, las de azufre en Hellín y Benamaurel y la de grafito o lápiz-plomo de Marbella.

Además, con esta ley se logra incentivar la apertura de nuevas minas de cobre, hulla o plata, lo que dará como resultado la creación de hasta cincuenta nuevas compañías mineras. Lamentablemente, excepto en contadas ocasiones, no se impulsan las infraestructuras (carreteras, ferrocarriles y puertos) por lo que el mineral español tiene muchos problemas para llegar a la costa y poder ser exportado. Los metales pueden aguantar el sobrecoste del transporte pero la hulla no puede competir, en las zonas costeras españolas, con el carbón inglés.

Otro inconveniente de esta ley era la limitación de la superficie de las concesiones, menos de media hectárea, lo que no permitía una adecuada planificación de las labores. Estas limitaciones se van eliminando con la Ley de Minas de 1859 y con el Decreto de Bases de 1868, que estuvo vigente hasta la Ley de Minas de 1944, que ya posibilitaba la libre demarcación de la superficie.

En lo que se refiere al carbón -según se aclara en una instrucción posterior al real decreto de 1825-, pertenecen a la Corona todos los yacimientos de minerales del Reino, con lo que se acababa con la situación especial que tenían los yacimientos de carbón de piedra. La producción se reinicia en estos años y especialmente por una Real Orden de 1829, que trata de promover la explotación de carbón de hulla. No obstante, el carbón asturiano siempre ha tenido difícil poder competir con otros carbones extranjeros debido a la calidad del mismo, a la poca potencia de las capas, muchas de ellas verticales, y a la orografía asturiana que dificultaba su comercialización.

Bien es cierto que, en estos años, se dan una serie de circunstancias que aceleran la actividad de este combustible. En primer lugar, entran en escena grandes geólogos, entre los que destaca el ya mencionado Guillermo Schulz, quien publica dos importantes obras sobre la geología de Asturias: el "Atlas geológico y topográfico de Asturias" y "Descripción geológica de la provincia de Oviedo". También se mejoran las infraestructuras asturianas, como la carretera "carbonera" que se termina de construir en el año 1842, para llevar a puerto el mineral; o el ferrocarril de Langreo a Gijón, que se inaugura en 1852, con tres veces más capacidad que la carretera inaugurada la década anterior. Finalmente, aparecen inversores extranjeros, como por ejemplo Asturiana del Zinc, que se funda en el año 1833 con capital belga y español; y también aparecen inversores nacionales, como es el caso de la empresa originaria de Duro Felguera, que comienza a usar su horno de La Felguera en 1860.

Cabe señalar que la explotación del carbón en España se ha podido realizar siempre gracias al Estado. Se da la circunstancia de que los mayores yacimientos carboníferos se encontraban en Asturias, León, Córdoba y Ciudad Real, lejos de las zonas industriales, especialmente en este siglo XIX. Es por lo que el Estado subvencionó el carbón durante todo este siglo y principios del XX, obligando a los ferrocarriles y a la industria siderúrgica, eléctrica y manufacturera a consumirlo por ley. Hasta tal punto es así, que el sector elegirá, en el año 1967, una nacionalización voluntaria con la creación de Hulleras del Norte, S.A. (Hunosa) y la Empresa Nacional de Carbones del Sur (Encasur), controladas por el Estado.

Pero en este siglo XIX no solo se investiga el carbón, ya que los metales sufren una demanda progresiva en función de las transformaciones que hubo en la economía internacional. El consumo de plomo se debe al desarrollo urbano (cañerías, tubos, pinturas, etc.) y a su utilización en la amalgama para la fundición de cobre y plata. Por su parte, el hierro, debe atender la demanda del naciente ferrocarril de la segunda mitad del siglo XIX y el cobre es necesario para los tendidos eléctricos de finales de este mismo siglo.

Y en España existen yacimientos de cada uno de estos metales. El plomo es el primero de los minerales que empieza a desarrollar la minería, además, al ser su fundición fácil, igualmente su metalurgia es sencilla, lo que permitió que, en muchos casos, se quedara en manos españolas. Los principales yacimientos de

plomo de aquella época estaban en la Sierra de Gádor y Sierra Almagrera (Almería), en la sierra minera de Cartagena-La Unión (Murcia), en el distrito minero de Linares-La Carolina (Jaén) y en Ciudad Real, sumándose a finales de siglo Mazarrón (Murcia) y Córdoba. Las provincias de Murcia, Jaén y Almería suministran el ochenta por ciento del plomo peninsular producido durante los siglos XIX y XX (Pérez de Perceval, 2005). En el primer tercio del XX, se terminarán agotando muchas explotaciones y otras ya no serán tan rentables, sobreviviendo el distrito minero de Cartagena-La Unión que, al introducir nuevos métodos de extracción y metalurgia, tendrá una nueva época dorada.

El mineral de hierro, al contrario que el plomo, necesita de un fuerte componente tecnológico y mucha energía para poder ser transformado, debido a su alto punto de fusión. En España, a pesar de que existían muchos yacimientos, no se disponía de carbón cercano para su tratamiento. Los altos hornos de Marbella, en Málaga -que fueron en 1826 el segundo establecimiento siderúrgico de España, solo después de Sargadelos-, se crean por iniciativa privada; sin embargo, utilizaban carbón vegetal, por lo que pronto se vieron superados por algunas fábricas, como la asturiana de La Felguera, que aprovechaba la cercanía a los yacimientos de carbón de Mieres y Langreo.

Esto es así hasta que, en el año 1856, unos nuevos hornos que necesitan hierro libre de fósforo otorgan gran protagonismo al distrito minero de Bilbao. Este hierro adquiere una gran demanda en Inglaterra, que a su vez trae consigo un efecto muy positivo, ya que permite que en el retorno de los barcos se transporte carbón, lo que significa el suministro de energía necesaria para el proceso a un precio competitivo. A esto hay que añadir las minas de Alquife, en la comarca granadina del Marquesado de Zenete, que se convierten en este siglo en grandes productoras de mineral de hierro, a pesar de la dificultad añadida del transporte hasta el puerto de Almería, pero que serán en la segunda mitad del siglo siguiente las que sucedan a Vizcaya en la producción española de hierro.

Por su parte, el mineral de cobre en España se ha extraído, desde hace varios siglos, de los yacimientos de piritas volcánico sedimentarias de edad devónico-carbonífero de la Faja Pirítica Ibérica. Cuando a mediados del siglo XIX se encuentra un proceso para aprovechar el azufre asociado a estas piritas, que aparece como subproducto del cobre, la minería de este tipo de yacimientos se multiplica. De aquella época destacan compañías mineras como la escocesa *Tharsis Sulphur & Copper Co.*, que construyó una línea de ferrocarril hasta la costa, *Société Française des Pyrites de Huelva*, *Peña Copper*, *Aguas Teñidas* o *Río Tinto Company Limited*, esta última de especial relevancia.

Los trabajos iniciales subterráneos de Río Tinto comenzaron en el año 1885, en lo que se conoce como Pozo Alfredo, que llegó a ser, desde 1877 a 1891, la mina de cobre con las mayores producciones del mundo; a su vez, los trabajos de exterior comenzaron en el año 1907, en la mítica Corta Atalaya. Cuando se cerró la mina, en el año 1994, era la explotación a cielo abierto más grande de

Europa. Ya en el año 700 a.C. existía una importante explotación de este yacimiento que, después de siglos de historia, fue vendido por el Estado español, en el año 1873, por la enorme cantidad de 92,8 millones de pesetas (€ 557 739)³⁵, lo que dio origen a una de las empresas mineras más grandes del mundo, conocida en el siglo XXI como *Río Tinto Group*. Estos inversores construyeron un ferrocarril, un gran embarcadero en Huelva y fueron los que planificaron los trabajos de explotación a cielo abierto.

No ocurrió lo mismo con las minas de mercurio de Almadén, cuando, en una sesión de la Cámara Baja, el general de Artillería, geólogo y ministro de Fomento, Francisco de Luján, declaró: “*No hay dinero en el mundo para comprar Almadén*”, según se recoge en el diario de sesiones de las Cortes.

No obstante, la producción minera no se veía reflejada en la producción siderúrgica. Tanto el cobre de Río Tinto y el plomo de Linares y Cartagena, como el mineral de hierro de Vizcaya son materias primas que se exportan y proporcionan importantes divisas al país, pero el valor añadido del producto terminado en forma de lingote, bobina o cable acababa en otros países europeos.

Como se ha explicado, fueron un variado grupo de factores los que desarrollaron esta minería del siglo XIX -fundamentalmente el cambio en la legislación minera española y la entrada de capitales- pero también hubo un tercer factor determinante: el fin de la minería americana. Al perderse las posesiones de aquel continente se ayudó, indirectamente, al despegue de la minería peninsular. Desaparece el suministro americano y se produce un efecto rebote en la orilla este del Atlántico, como se puede observar al seguir la trayectoria de Fausto Elhúyar, quien, al poco de retornar de Nueva España, se dedicó a la redacción de una nueva ley de minas para potenciar esta industria en la península.

No obstante, durante el primer cuarto de este siglo todavía las minas americanas pertenecen a España. Un paradigma de aquellas explotaciones es la gran mina de cobre de El Chino, o *Chino Mine*, también conocida como mina de Santa Rita, al estar ubicada en la localidad de Santa Rita, Nuevo México, actualmente Estados Unidos. En el año 1800, la zona pertenecía a la Corona española y era conocida por los indios apaches como un lugar donde encontrar cobre nativo para sus abalorios y utensilios. Parece ser que uno de estos apaches enseñó la zona al teniente coronel del ejército español José Manuel Carrasco, destinado en el reino de Nuevo México, uno de los ochos reinos del virreinato de Nueva España, jurisdicción bajo la que se encontraban los terrenos del

³⁵ Se creó una comisión que tasó minas, más muebles e inmuebles, en 104 357 769 pesetas con 44 céntimos. La subasta se llevó a cabo el 14 de febrero de 1873, adjudicándose las minas a la casa *Matheson & Co.* de Londres, en 92 800 000 pesetas; según el testimonio del ingeniero Serafín Baroja, recogido por su nieto, el antropólogo Julio Caro Baroja, en “*Dos testimonios históricos y familiares. La vida en la mina (Río Tinto entre 1868 y 1871)*” (Caro Baroja, 1969).

yacimiento. Carrasco inició los trabajos de minería pero, cuatro años más tarde, traspasó la concesión de la mina de Santa Rita del Cobre, como la había bautizado, a Francisco Manuel de Elguead, quien construyó un fuerte para protegerse de los apaches y la explotó con mano de obra de un penal de la Corona.

4.1.4. La geología en la Escuela de Minas de Madrid

La Escuela de Minas se instala definitivamente en Madrid en el año 1835. Los primeros estudiantes pensionados en el extranjero, después de la Guerra de la Independencia, procedían o tenían su referencia en esta nueva sede. Frecuentemente, se les conocía como los geólogos ingenieros y algunos se denominaban simplemente geólogos, dada la importancia que tenía la geología en aquellos años. Aquellos técnicos fueron a formarse en la escuela que hizo famosa uno de los mejores geólogos del mundo, Abraham Werner, fallecido en 1817, unos años antes de que llegaran estos pensionados.

La implantación de la enseñanza de las ciencias geológicas en la Escuela de Minas de Madrid tiene su origen en algunos de estos alumnos que habían recibido formación en la escuela de Freiberg. Siguiendo lo aprendido en aquella escuela alemana, introducen la Geognosia, la Petrefactología (Paleontología) y la Historia de la Creación.

De hecho, uno de los pocos países donde, en el siglo XIX, se continúa usando el término geognosia para designar a la geología es en España, debido a la influencia werneriana, ya que Alemania era el único país en el que este término se utilizaba habitualmente a principios de este siglo XIX, fecha en la que estuvieron los españoles.

4.1.4.1. Los pensionados del año 1828 en la Academia de Freiberg: Gómez Pardo y Sainz de Baranda

Lorenzo Gómez Pardo

Lorenzo Gómez Pardo y Ensenyat (1801-1847) recibió diversos cursos en el Museo de Historia Natural, entre ellos tres de Mineralogía impartidos por el experto mineralogista Donato García Noguera. También había estudiado Geología con Louis Cordier (1777-1861) en París, antes de licenciarse en Farmacia en 1828. Un par de meses después, es pensionado para ir a estudiar a la Academia de Freiberg junto a Sainz de Baranda. A su vuelta, se le nombra profesor de Mineralogía en la Escuela de Minas. Con Sainz de Baranda, su compañero en Alemania, intervienen de manera decisiva para que la escuela sea trasladada desde Almadén hasta Madrid, aunque algunos historiadores han hecho responsable de este traslado a Fausto Elhúyar. Bien es cierto que tenían mucha relación con él, ya que Gómez Pardo vivió durante años en el número uno de la calle Florín y acudía habitualmente al despacho y domicilio de Fausto, en el número dos de esa misma calle. Entre otras muchas ocasiones para fundar la

Academia de Ciencias Naturales conocida poco después como Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, según un Real Decreto de 25 de febrero de 1847.

No obstante, lo que caracteriza la vida de este científico es su pasión por la política de su tiempo, lo que le costó en determinados momentos ser destituido de sus cargos. Ingresó en la Milicia Nacional, un cuerpo de ciudadanos armados para defender el régimen constitucional de 1812, que se caracterizaba por tener un gran componente patriótico y férreas ideas liberales. Un tiempo después, se disuelve la milicia con la restauración del absolutismo, pero se vuelve a establecer en el Trienio Liberal (1820-1823), momento que aprovecha Gómez Pardo para reingresar y permanecer en ella durante ese nuevo periodo. Aún volverá a alistarse en una tercera ocasión, a la muerte de Fernando VII. Hasta que, en el año 1844, coincidiendo con el inicio de la Década Moderada, pierde todos sus cargos debido a sus ideas poco moderadas. Este hecho provoca su pase al sector privado, ingresando en la Peninsular Minera, pero cae gravemente enfermo y fallece un año después, en 1847 (Vitar, 2007).

De Lorenzo Gómez Pardo existían diversos documentos en el archivo de la iglesia de San Andrés Apóstol de Madrid, parroquia en la que había nacido, que desaparecieron cuando fue quemada en el año 1936. Sin embargo, ha llegado su legado gracias al testamento de su hermano en el que se donan todos sus instrumentos, libros, correspondencia, colecciones de minerales y demás útiles de su profesión a la Escuela de Minas, así como una renta de cuarenta mil reales al año para premios extraordinarios de carrera y para la creación de un laboratorio, lo que desembocó con el tiempo en la creación de la Fundación Gómez Pardo. Con estos fondos se compró un terreno, en el año 1884, para la construcción del futuro laboratorio, en la manzana formada por las calles Ríos Rosas, Alonso Cano, Juan de Alenza y Beata Mariana, actualmente conocida como Cristóbal Bordiú; justo donde se instalarían algo más tarde la Escuela de Minas y el Instituto Geológico y Minero. Aquel laboratorio era un bonito edificio que, lamentablemente, fue derribado en el año 1971.

Gómez Pardo, en su corta y ajetreada vida, no dispuso de tiempo, o no quiso emplearlo, en dejar por escrito sus conocimientos, ya que no han llegado obras escritas suyas³⁶.

Isidro Sainz de Baranda

Su compañero en Freiberg, Isidro Sainz de Baranda y San Juan (1806-1878) era uno de los hijos de Pedro Sainz de Baranda, el primer alcalde de Madrid (antes se les llamaba "corregidores"). Pedro Sainz de Baranda asumió el mando, ante el vacío de poder y la huida del resto de regidores de la corporación, en el año

³⁶ Se ha tratado en profundidad su biografía y su legado en *La pasión científica de un liberal romántico* donde se le define como "liberal romántico movido por la pasión científica y el fervor constitucional en la lucha contra el absolutismo" (Vitar, 2007).

1812, tras la ocupación francesa. En marzo de 1820, durante el Trienio Constitucional, se convierte en el primer alcalde elegido por “aclamación popular”, sin embargo, con la reposición de Fernando VII se ve obligado a exiliarse a París.

Isidro acompaña a su padre a París, en el año 1823, e inicia sus estudios de minería en la capital francesa, que continuará en España a su vuelta. Al finalizar sus estudios, se le pensiona para ir a Freiberg. Una vez regresa de Alemania, se encuentra con que en España existía la necesidad de enviar a la provincia de Filipinas a expertos que desarrollasen la minería en aquellas islas, fundamentalmente la minería del carbón para los navíos de la Armada y para los buques correo y comerciales. Después de la independencia de México, la Diputación Provincial de las islas Filipinas había pasado a ser administrada directamente desde Madrid, un hecho al que es sensible Fausto Elhúyar, al haber sido el responsable de la provincia como director de minas de Nueva España y, después de la independencia, como director general de minas del gobierno de España.

Así, por una Real Orden de 9 de marzo de 1837, se nombra a Sainz de Baranda como primer inspector de minas de las islas Filipinas. Llega al año siguiente y logra implantar la Ley de Minas de 1825, vigente en todo el Estado, y redacta un reglamento de minas específico para la provincia. Durante un tiempo es el único técnico en unas islas que tienen territorios muy extensos, agrestes y violentos. Aparte de un estudio sobre la existencia de oro en la zona de Camarines, poco se puede destacar de la estancia de Sainz de Baranda en estas islas del Pacífico. De hecho, existen informes de la metrópoli donde se pone en duda su trabajo, siendo cesado el 27 de marzo de 1856.

Su hijo, José, fue ingeniero de montes y también estuvo destinado, años después, en Filipinas. Su nieto, Isidro, también fue ingeniero de minas y su nieta, María, contrajo matrimonio con Rafael del Riego y de Ramón, un gran ingeniero de minas ovetense que dirigió la Sociedad Hulleras de Turón entre 1921 y octubre de 1934, cuando fue asesinado.

Los dos pensionados enviados a Freiberg según orden de 1828, Gómez Pardo y Sainz de Baranda, tuvieron poca aportación en cuanto al desarrollo de la geología se refiere y, en concreto, Sainz de Baranda mostró un perfil general bajo, probablemente marcado por un destino lejano del que no supo sacar provecho.

4.1.4.2. Los pensionados del año 1829 en la Academia de Freiberg: Ezquerro del Bayo, Bauzá y Amar de la Torre

Antes de viajar a Alemania, los tres habían colaborado juntos en una comisión sobre las “Minas de carbón de piedra de Asturias”, trabajo que sería publicado en 1831. El primer curso discurre en Freiberg, dedicando las vacaciones de verano a ver fábricas siderúrgicas y minas. En segundo curso asisten a clases en Heidelberg y, en tercero, de nuevo en Freiberg, pero siempre visitando todas

las explotaciones que les fuera posible, ya que entre las instrucciones de Fausto Elhúyar está la de visitar minas incluso en terceros países, como Bélgica. Los tres pensionados de 1829 tienen un protagonismo en la geología española mucho mayor que sus dos compañeros del año anterior.

Joaquín Ezquerro del Bayo

Joaquín Ezquerro del Bayo (1793-1857) nace en Ferrol. Siendo un adolescente, año de 1810, debe exiliarse a Francia al ser señalado como afrancesado. Regresa a España y, en 1821, ingresa en la Escuela de Ingenieros de Caminos y es elegido diputado por el Partido Liberal, lo que provoca que al regresar el absolutismo tenga que volver a exiliarse en Francia, interrumpiendo sus estudios. Al retornar en 1828, se le encarga el levantamiento de un plano de las minas de Río Tinto, debido a lo buen dibujante que era, y en 1830 llega pensionado a Freiberg, donde estudiará los próximos cinco cursos. Una vez de vuelta en España, es nombrado profesor en la Escuela de Minas, cargo que ocupa hasta 1844. Destaca su traducción, ampliada con notas referentes a España, de los *Elementos de Geología* (1847) de Charles Lyell. Elige los *Elementos de Geología* por ser más prácticos que la gran obra de Lyell, los *Principios de Geología*, que son más teóricos.

Ezquerro es autor de la primera síntesis de la geología de España, se trata de un bosquejo geológico de la península ibérica para la Comisión del Mapa Geológico denominado "Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la península", publicado en tres partes (1850-1857), al que acompaña el "Mapa geológico de la España peninsular" (1851) a escala 1/2.500.000, el primer mapa impreso de estas características.

Tuvo correspondencia con geólogos famosos de su época entre los que destaca Roderick Murchison, autor de *The Silurian System* (1839), y se sabe que mantuvo amistad con Lyell. Asimismo, fue socio fundador de la Real Academia de Ciencias de Madrid.

Felipe Bauzá

Felipe Bauzá y Rávara (1802-1875) nace en Madrid. Es hijo de Felipe Bauzá y Cañas (1764-1834), político liberal, capitán de navío de la Armada española y cartógrafo jefe de la expedición de Alejandro Malaspina. Bauzá padre conoció a Alexander von Humboldt cuando éste estuvo en España. Su madre es María Teresa Rávara, madrileña de ascendencia italiana, emparentada con el comerciante genovés Filippo Ravara. Este dato, extraído de las biografías de la Real Academia de Historia de España, es importante ya que hay equivocaciones en algunos historiadores con el apellido materno. Este apellido, en español, adoptó la tilde.

Felipe Bauzá se forma como ingeniero de caminos y, al terminar, coincidiendo con el exilio de su familia en Londres, decide completar su

educación en la Facultad de Ciencias de París, entre 1824 y 1828. Al regresar a España, se matricula en la Escuela de Minas y asiste a los cursos de la Escuela de Mineralogía de Donato García Noguera. Entre 1830 y 1833, cursa becado en la Academia de Freiberg, un año académico menos que sus compañeros Ezquerro y Amar. A su regreso, comienza a dar clases en la Escuela de Minas y, tras pasar por varios destinos en la inspección minera, en el año de 1870 es nombrado presidente de la Comisión del Mapa Geológico, cargo que ejerció hasta su jubilación, en el año 1873. Entre sus primeros destinos, destaca el ingreso en una brigada de estudio para la captación de aguas subterráneas en Castilla la Vieja y Extremadura. En cuanto a sus obras, entre otras, se deben señalar: "Bosquejo y plano geológico de las provincias de Barcelona y Tarragona con algunos apuntes de las de Lérida y Gerona" (1861), "Breve reseña geológica de la provincia de Gerona" (1874) y "Breve reseña geológica de las provincias de Tarragona y Lérida" (1876).

Rafael Amar de la Torre

Rafael Amar de la Torre (1802-1874) nace en Barcelona pero se traslada a Madrid, en 1822, para estudiar ingeniería de caminos. Al terminar, se incorporó a la Real Escuela de Almadén para completar su formación en minería, finalizando en 1828. Durante esta época se alista en la Milicia Nacional para defender la causa liberal y, debido a algunos actos destacados, es declarado dos veces benemérito de la patria. Entre 1830 y 1834 es pensionado en la Academia de Freiberg, donde adquiere conocimientos de mineralogía, geología y paleontología. En el año 1836, ingresa como profesor de Mineralogía y Geognosia en la Escuela de Minas y también imparte esta asignatura en la Escuela de Caminos de Madrid. Dentro del ámbito universitario se debe destacar que, en 1838, organiza los primeros campamentos de geología. Para explicar la asignatura de geología redacta unos *Apuntes de Geognosia*, de los que existe un ejemplar manuscrito, de 1845, en el Instituto Geológico y Minero de España, donde se puede apreciar que explica la edad de las rocas según la teoría del geólogo inglés Henry de la Beche. Años más tarde, comenzará a utilizar en sus clases los *Elementos de Geología* de Lyell, traducidos por su compañero Ezquerro del Bayo. Para las clases de mineralogía utiliza los conceptos sobre los siete sistemas cristalográficos y la tabla de durezas que aprendió en Freiberg de su profesor Friedrich Mohs (1773-1839). Así mismo, en estos años de docencia da mucha importancia a la paleontología, se dice que fue el primero que comenta la existencia de *icnitas* en España, y comienza a impartir clases de esta materia a sus alumnos, sin ser retribuido, hasta que se reconoce oficialmente como asignatura, en el año 1845 (Puche, 2002; López de Azcona, 1984b).

Fue miembro de la Academia de Ciencias de Madrid y fundador de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1849). Destaca, dentro de su faceta académica, su contestación, en el año 1862, al discurso de ingreso de un compañero titulada "La importancia y aplicación de los estudios geológicos" (Puche, 2002).

En el año 1849, abandona la enseñanza al ascender a inspector general de minas, en el que uno de sus primeros informes es sobre el sondeo artesiano del matadero *Grenelle* de París, que se intentaba replicar en la calle Espoz y Mina de Madrid. Ese mismo año es nombrado vocal de la Comisión del Mapa Geológico de Madrid y General del Reino, trabajando en el mapa de Madrid. Fue el cuarto director de esta Comisión, de forma interina, en 1857.

4.2. El Gabinete de Historia Natural y el Museo de Historia Natural sientan las bases de la geología universitaria

De igual manera que la Carta Geológica del Reino fue el antecedente del Instituto Geológico y Minero de España y los seminarios y academias de minería fueron el antecedente de la Escuela de Minas; el Gabinete de Historia Natural y el Museo de Historia Natural fueron el antecedente de las facultades de geología españolas.

En este siglo XIX, el Museo de Historia Natural sufrirá una interrupción en su funcionamiento con la invasión francesa; y algo más tarde, durante la Guerra de la Independencia, cuando las tropas francesas abandonan Madrid, sufre un expolio del que el gran Benito Pérez Galdós deja testimonio en su obra *El equipaje del rey José*. Le sigue una parálisis durante los últimos años de la invasión y el primer año del reinado de Fernando VII.

Por su parte, el Gabinete de Historia Natural retoma su actividad una vez ha finalizado la Guerra de la Independencia en el año 1814, dejando atrás la prometedora época de Clavijo, donde se impartían clases de Mineralogía y Orictognosia a cargo de Herrgen y Martín de Párraga. Una de las primeras medidas adoptadas en la posguerra es el cambio de denominación, debido a una Real Orden de 1 de octubre de 1815, cuando se estableció el "Plan para la enseñanza de las Ciencias Naturales", por el que se designaba un único establecimiento para la enseñanza de estas ciencias, el Real Museo de Historia Natural. Esta nueva institución fusionaba varios centros en uno: el Jardín Botánico, el Estudio de Mineralogía, el Laboratorio de Química y el mismo Gabinete de Historia Natural. Es decir, el gabinete se integra dentro de la estructura del museo.

Christian Herrgen todavía tiene tiempo, en esta nueva etapa, de impartir clases durante un curso antes de fallecer, pero enseguida le sustituye su ayudante, el sacerdote Donato García Noguera (1782-1855), natural de Logroño, quien se licencia en Botánica, pero llegará a ser un buen geólogo y un maestro de la Mineralogía. Tanto es así, que dio clases a muchos importantes geólogos de esta asignatura, entre otros, a su discípulo Juan Vilanova, a Casiano de Prado, a Gómez Pardo, a Felipe Bauzá, a Francisco de Luján o al autor de la primera obra escrita sobre geología militar en España, y quizás en el mundo, Juan Sánchez Cisneros, quien también había sido alumno del maestro Herrgen.

Donato García escribió un *Tratado de Geología* que no se publicó por impedirlo la censura, aunque basándose en sus clases otro de sus alumnos, Antonio María Cisneros y Lanuza, escribió *Lecciones de Mineralogía* (1843) “para ayuda de los alumnos que cursan la cátedra de esta asignatura en el Museo de Ciencias Naturales de la corte”, según consta en la portada. Entre estas clases y otras ocupaciones, Donato García clasifica en el museo varias colecciones mineralógicas, incluidos los minerales de la expedición de Alejandro Malaspina.

En el año 1815, se suprime el puesto de director para nombrar una Junta de Patronato, “bajo la dirección, más tarde, de Donato García, un entendido mineralogista”, ya que desde 1819, y durante unos años, será Donato García el presidente de esta junta. Hasta el año 1845, el Real Museo de Historia Natural estará regido por esta junta, que se verá afectada por continuos cambios y vaivenes. Un hecho a señalar de aquellos primeros momentos del siglo ocurre en el año 1817, cuando Francisco Miaja, director de las minas de Río Tinto, envía al centro una colección mineralógica de más de mil ejemplares (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

El tiempo discurre despacio en aquellos años posteriores a la guerra. Se puede destacar la publicación de la obra *Curso completo de geología* (1843) de Julián López Novella y Francisco de la Peña. Hasta que se produce un gran cambio, debido a un Decreto de 8 de junio de 1843, al constituirse una Facultad de Filosofía en la Universidad de Madrid, donde se integran las enseñanzas del Museo de Historia Natural, incluyendo las asignaturas de Mineralogía y Geología. Dos años después, en el año 1845 y dentro del Plan Pidal, la Mineralogía aparece como asignatura de la licenciatura y la Geología en el doctorado. De hecho, el Museo de Historia Natural pasa a estar adscrito a la Facultad de Filosofía, quedando como un gabinete de esa facultad pero sufriendo una gran pérdida de contenido.

Efectivamente, en esta nueva etapa, el Real Museo de Historia Natural pierde entidad, ya que, funcionalmente, se trata de un departamento dentro de la estructura de una facultad. Al frente se nombra a Mariano de la Paz Graells y Agüera (1809-1898), quien desempeña este cargo de manera discontinua hasta 1867, año en el que “se nombra a un comisario regio, don Francisco Méndez Álvaro, con una junta de profesores y con un director para el Botánico, don Miguel Colmeiro, y otro para el Museo, don Lucas Tornos, que desempeñó la dirección hasta su muerte, acaecida en 1882, año en que fue nombrado para sucederle don Miguel Maisterra” (Bolívar, 1988). En esta cita, donde dice museo debería decir gabinete, pues en ese año ya estaba integrado dentro del Real Museo de Historia Natural, igual que el Jardín Botánico; o, alternativamente, interpretar museo como el lugar de las colecciones, no como la entidad. En muchos textos de aquellos años se sigue usando indistintamente los términos “gabinete” y “museo” para ambas cosas.

Lo verdaderamente destacable es que el Gabinete de Historia Natural y el Museo de Historia Natural son el origen de las facultades de ciencias geológicas desde que, una vez integrados ambos organismos dentro del Museo de Historia Natural, constituyen la Sección de Ciencias Naturales de la Facultad de Filosofía de la Universidad Central, en el año 1845. Lo que representa el inicio de la geología universitaria.

Como catedrático de Mineralogía en la Facultad de Filosofía de la Universidad de Madrid se nombra a Donato García (ya era catedrático en el museo desde 1818), quien es sustituido, al jubilarse en 1853, por Juan López Chavarrí y Caudete (1813-1876), el cual ocupará definitivamente la cátedra cuatro años más tarde. También figuraba como catedrático interino Manuel María José de Galdo de Neira (1825-1895) quien, entre 1857 y 1867, impartió la asignatura de Mineralogía y nociones de Geología en el Bachillerato de Ciencias de la nueva facultad (Bolado Somolinos, 2012).

Y por una Real Orden de 12 de octubre de 1849, un discípulo destacado de Donato García, el valenciano Juan Vilanova -a pesar de ser un simple ayudante- es comisionado para realizar estudios de geología en París y en Freiberg. El mentor de Vilanova es Graells, quien llega a escribir al ministerio que *“el objeto de comisionar en el extranjero a Vilanova es hacer de él un profesor para la cátedra de Geología vacante en este Museo”*. Bien es cierto que Graells escribe que la plaza es para el museo, pero desde la aprobación del Plan General de Estudios de Pidal de 1845 se determina que la enseñanza de la asignatura de Geología debe ser impartida en la Sección de Ciencias Naturales de la universidad. Por lo tanto, se refiere al museo como parte integrante de la universidad, esto es, el museo se ha transformado en un departamento que pertenece a la Universidad Central (Gozalo, 1993).

Juan Vilanova y Piera (1821-1893) se licenció en Medicina y en Ciencias Naturales. Los historiadores le consideran como el mejor geólogo de su generación y el primer geólogo procedente de las Ciencias Naturales dotado de una verdadera proyección internacional³⁷. Desde luego, es uno de los grandes geólogos de aquella época, que llegó a personificar algunas polémicas o controversias al modo de las que protagonizaban los geólogos ingleses o franceses de aquel siglo. Cabe destacar su, ya mencionado, intercambio de opiniones con Casiano de Prado o su enfrentamiento con Justo Egozcue (Sequeiros, 1991).

Durante su estancia en París recibe clases de Prévost, Brongniart, Dufrenoy o Gay-Lussac, también recibe cartas de recomendación de Verneuil y consejos de Élie de Beaumont. Especialmente reseñable es su relación con Alcide d'Orbigny

³⁷ Salvador Ordoñez, coord., “Bicentenario de Juan Vilanova y Piera (1821-1893)”. Webinar celebrada el 5 de mayo de 2021. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG), <http://www.icog.es/TyT/index.php/2021/05/bicentenario-de-juan-vilanova-y-piera-valencia-5-05-1821-madrid-7-06-1893/>

(1802-1857), discípulo de Cuvier (Ordoñez, 2021). A esto hay que añadir que Vilanova se convierte en un gran recolector de ejemplares durante su recorrido por varios países de Europa y, en el periodo comprendido entre los años 1850 y 1853, llega a enviar ciento veinte cajas con muestras del Vesubio, el Etna y los Alpes, entre otros muchos lugares (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

A su regreso, la asignatura de Geología (que se impartía dentro de Mineralogía) y la de Paleontología (que se impartía dentro de Zoología y Mineralogía) se independizan en una sola cátedra de Geología y Paleontología, que obtiene el mismo Vilanova (aprobado por una Real Orden de 1854), aunque desde un primer momento impartirá por separado ambas asignaturas. Toma posesión de esta cátedra en el año 1853, cuando regresa de Francia después de estar pensionado por el gobierno. Al año siguiente, comienza las clases de manera continuada hasta el año 1873, en el que las dos ciencias se separarán en dos cátedras (Gozalo, 1993).

Después de esta separación, Vilanova conserva la cátedra de Paleontología, que mantiene hasta su jubilación. En la década de los años setenta de este siglo XIX, como se explicará a continuación, formó un núcleo de la enseñanza de las ciencias geológicas en la Universidad Central junto a Juan López Chavarri, que está terminando su vida profesional, y Antonio Orio, que la está empezando, ambos responsables de las asignaturas de Mineralogía, y junto a José María Solano en Geología y, en la década siguiente, Francisco Quiroga en Cristalografía.

Durante su trayectoria profesional fue vocal de la Comisión de la Carta Geológica (1849-1858) y jefe de la Sección Geológica del Este de España, donde realiza el estudio de las provincias de Valencia y Castellón, con grandes dificultades ya que coincide con una epidemia de cólera. También estudia Teruel y parte de Alicante. Se le atribuye la primera descripción del hallazgo de un dinosaurio en España, un *Iguanodón*, como explica en su obra "Restos de *Iguanodón* de los lignitos de Utrillas y otro de Morella" (1873). Además, fue profesor de Geología en la Escuela de Institutrices, fundada por Fernando de Castro y, probablemente, una de los primeros organismos que se dedicaron, de manera exclusiva, a la formación de la mujer en España (Ordoñez, 2021). Y, por supuesto, siempre se destaca de su carrera la decidida defensa de la autenticidad de las pinturas rupestres de la cueva de Altamira, en contra de la opinión general, lo que le ha valido el título de "Padre de la Prehistoria española".

Probablemente fue Vilanova quien formuló las preguntas para obtener el grado de doctor en Ciencias Naturales, en el apartado de Geología general, en alguno de aquellos cursos (Montero, 2003):

- *Origen, progresos y estado actual de la Geología*
- *Origen y desarrollo de la tierra hasta la época actual*
- *Influencia y modo de obrar de las causas internas y externas sobre la corteza del Globo (sic)*

- *Desarrollo de las principales leyes paleontológicas*

Otras cinco preguntas correspondían a nociones de mineralogía y el resto eran preguntas de zoología y botánica.

Continuando con la cronología dentro del Museo de Historia Natural -que como se ha explicado estaba integrado en la Sección de Ciencias Naturales de la Facultad de Filosofía de la Universidad Central-, en el año 1856 se suceden nuevos nombramientos y alguna reforma educativa. Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898), uno de los integrantes de la Expedición al Pacífico -de la que llegaron mil doscientas muestras de minerales al museo (Sánchez Almazán *et al.*, 2010)- es nombrado ayudante de Mineralogía y Geología; hasta 1859, año en el que Jiménez se va a Zoología y la plaza de profesor ayudante de Mineralogía y Geología la toma Antonio Orio y Gómez (1830-1892). Orio será nombrado, en el año 1871, catedrático de Botánica y Mineralogía con nociones de Geología, que ejerció hasta su muerte en 1892 (Pelayo, 2004); y fue coautor, junto a Tomás de Andrés y Andrés Montalvo (1838-1899), de la obra *Elementos de Geología y Mineralogía* (1870).

Aprovechando una reforma de aquel año de 1856, en la que se restaba por orden ministerial cierta independencia al gabinete (aquí significa departamento universitario), la junta que lo preside decide enviar una carta al ministerio explicando cómo debe ser la enseñanza de las ciencias naturales en el futuro. Se expone que en el museo no se deben enseñar generalidades de ciencias naturales sino cursos superiores y que las cátedras de Geología son dos pero que en un futuro deben aumentar. Algún caso le hizo el ministerio a la junta ya que, en la reforma de la educación del año siguiente, siendo ministro Claudio Moyano, se crea la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y se lleva al Museo de Historia Natural la docencia de los tres últimos años de la carrera de Ciencias Naturales, que equivalía a los grados de licenciado y doctor (Montero, 2003).

La Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid se crea en el año 1857 y es la primera facultad de ciencias de España. Laureano Pérez Arcas (1824-1894) es nombrado secretario de la facultad y, casi al final de su vida, en 1890, llegará a ser decano.

Sin embargo, diez años más tarde, en 1866, desde el museo se oficia al gobierno para que implante medidas y mejoras para el progreso de las ciencias naturales en España. La primera que se propone es: *“Constituir el Museo de Ciencias Naturales en un centro independiente, con personal propio y dedicado tan solo a la investigación científica, por ser el carácter docente y universitario impropio de esta clase de establecimientos”*.

Mientras tanto, el día a día continúa, y en esas mismas fechas se nombra a Augusto González de Linares (1845-1904) ayudante interino de la Sección de Geología y Mineralogía, quien es conocido por haber identificado las facies *Weald* en España en la sierra del Escudo de Cabuérniga, provincia de Santander.

En el año 1868, Lucas de Tornos es nombrado director del gabinete y González de Linares deja la interinidad, tomando la ayudantía segunda José María Solano y Eulate, el cual es pensionado durante dos meses en el Museo de Ciencias de París.

Pero no solo es en el Museo de Historia Natural donde se desarrolla la actividad de los naturalistas españoles, sino que aparecen nuevos escenarios. El 8 de febrero del año 1871 se funda la Sociedad Española de Historia Natural a raíz de las reuniones que se venían celebrando en casa de Laureano Pérez Arcas. En el acta de fundación se puede leer que ese día “se encuentran reunidos en la sala de profesores del Instituto Industrial los señores Bolívar, Colmeiro, González Hidalgo, Jiménez de la Espada, Martínez y Sáez, Paz y Membiela, Pérez Arcas, Solano y Eulate, Uhagón, Vilanova y Zapater”. Esta sociedad participará activamente en la realización de excursiones científicas, como la de Odón de Buen en la fragata *Blanca* (1885), la expedición de Quiroga al Sahara (1886) o la de Manuel Martínez de la Escalera a Guinea (1901).

Para las ciencias naturales tuvo una relativa importancia la expedición científica y comercial al Sahara Occidental, liderada por Francisco Quiroga (1853-1894) conjuntamente con el inventor de la radio, el comandante Julio Cervera y Baviera³⁸ (1854-1927), acompañados ambos, a su vez, de un intérprete y dos de los mejores hombres de la Compañía de Tiradores del Rif. Firmaron acuerdos comerciales, compromisos de protección a las tribus locales y un tratado para la anexión de la región de Adrar al territorio español de Río de Oro. Quiroga compagina estos trabajos con la recogida, en su cuaderno de campo, de todos los elementos geológicos que caracterizan este territorio. La expedición cuenta con la participación de la Sociedad Española de Historia Natural, pero está organizada por la Sociedad Geográfica Comercial, con soporte científico de la Sociedad Geográfica de Madrid, esta última fundada en 1876.

Hoy en día, la Sociedad Española de Historia Natural es la corporación científica privada más antigua que existe en España, ostentando desde 1903 el título de “Real Sociedad”. También se fundó, en el año 1871, el Ateneo Propagador de las Ciencias Naturales por los jóvenes Bolívar, Calderón, Boscá, Quiroga, los hermanos José y Maximino Sanz de Diego, Mazarredo, López Vidaur y algunos más, el cual tuvo una vida muy corta.

Continuando en 1871, existe una obra que cuenta como estaba en aquel año el Museo de Historia Natural, cuando todavía se ubicaba en el segundo piso de un edificio reformado de la calle Alcalá, en Madrid, según había dispuesto el

³⁸ “Marconi reconoce en numerosos escritos que no entraría en la radio, es decir, en la transmisión de voz humana y no de señales telegráficas, hasta el año 1913. Cervera llevaba once años de adelanto, pues ya en 1902 había demostrado el funcionamiento de un sistema de transmisión de voz humana sin hilos, estableciendo, además, una comunicación constante durante cuatro meses entre Jávea e Ibiza, patentando su invento en cuatro países: España, Alemania, Bélgica y en la misma Inglaterra, donde Marconi no puso ninguna objeción, considerando justa la patente de Cervera”. Extraído de “Julio Cervera y Baviera” en Diccionario Biográfico electrónico, Real Academia de la Historia. (Carrillo de Albornoz y Galbeño, dbe).

siglo anterior el rey Carlos III. Se trata de la obra *Ignacio Bolívar y las ciencias naturales en España* (Bolívar, 1988) donde se cuenta la historia del Gabinete de Historia Natural, luego llamado Real Museo de Historia Natural. Gran parte de esta obra, a su vez, está basada en la *Guía del Gabinete de Historia Natural* que ese mismo año de 1871 había publicado el madrileño José María Solano y Eulate (1841-1912), catedrático de Geología unos años más tarde, donde se puede leer:

“Constaba el Museo de dos salas de mineralogía, con hermosos pero inadecuados armarios de caoba, demasiado altos, y mesas centrales o gavetas; los primeros contenían bellos ejemplares de gran tamaño, y en una repisa figuraba la rica colección de mármoles formada por Carlos III; en las mesas y vitrinas bajas había una numerosa colección sistemática, escogida en gran parte de la de Parga, y arreglada por la clasificación de Hauy, además de otras mesas con calcitas y cuarzos cristalizados, una serie de aerolitos, un imán natural, etc. La colección expuesta constaba, según el señor Solano, de 8.597 ejemplares, y además de ella, en la sala de Juntas y en la cátedra, existían otra porción de ricas colecciones, como la de estudio, la de la cátedra, la de Parga, la de Don Donato, la de Lobo, la de ensayos, y más de 17.000 ejemplares encerrados en 313 cajones en los sótanos, que nadie sabía a punto fijo lo que podían contener”.

De las dos salas de minerales se pasaba a la de aves, donde se encontraba el despacho del director. La sala cuarta era la de mamíferos y la sala quinta la de reptiles, de donde salía otra pequeña sala que hacía las funciones de biblioteca. La sala sexta era la de peces y la séptima era de rocas y minerales, que estaba distribuida con las colecciones de Vilanova y Solano rodeando toda la estancia, alojadas en armarios con cajones y *“en cuyo centro estaba en una gran urna de madera y vidrio el respetable esqueleto del megaterio, casi único durante mucho tiempo en el mundo, remitido en 1789 por el marqués de Luján, virrey de Buenos Aires, y montado por Garriga de un modo algo inexacto, con no pocas piezas postizas de corcho; esta superchería, conocida por los antiguos profesores del Museo, había motivado el que no se dejase copiar”*. Existía una sala octava que daba acceso a la cátedra del museo donde había otra pequeña colección de minerales, una sala novena donde se alojaban las colecciones entomológicas y una colección de insectos recogida por la Comisión del Pacífico, y una sala décima para osteología (sic) y cuestiones de anatomía, con una sala de juntas (Bolívar, 1988).

Discurre el año 1875, en la Sección de Geología y Mineralogía del Museo de Historia Natural cuando José María Solano es nombrado ayudante primero y su puesto de ayudante segundo lo ocupa Ignacio Bolívar Urrutia (1850-1944). Dos años después, ambos serán catedráticos, Solano de Geología y Bolívar de Entomología. En 1876, el puesto de ayudante de la sección lo toma Alfonso de Areitio y Larrinaga (1847-1884), un marino mercante que luchó contra los insurrectos de Cuba, pero su afición a las ciencias naturales le hizo recalar en el museo. Es el autor de *Catálogo de especies fósiles vegetales españolas*.

Efectivamente, la cátedra de Geología la ocupa José María Solano, desde que la gana en 1877 hasta su jubilación en 1909. Por su parte, las asignaturas que impartía Juan Vilanova habían sido separadas en dos cátedras en el año 1873, eligiendo éste la de Paleontología, que más tarde se denominaría cátedra de Paleontología, Geología y Prehistoria (Altamira), cátedra que continuará ocupando hasta su fallecimiento en 1893.

Aquel año de 1877, el Museo de Historia Natural y la Facultad de Ciencias Naturales continuaban estando íntimamente unidos (de hecho, el primero dependía de la segunda); el museo, como en años anteriores, estaba regido por una junta de profesores presidida por el rector, quien delegaba en uno de los dos directores: Miguel Colmeiro del Jardín Botánico o Lucas de Tornos del Gabinete de Historia Natural (Bolívar, 1988).

Al año siguiente, en la Sección de Geología y Mineralogía, Francisco Quiroga será nombrado ayudante segundo y, tres años más tarde, llegará a ser ayudante primero.

Por un Real Decreto del año 1880, se establecen algunas variaciones en el plan de estudios de la Sección de Ciencias Naturales. La asignatura de Geología se imparte en cuarto curso de licenciatura, las asignaturas de Mineralogía en primer y tercer curso y, por último, Paleontología Estratigráfica se imparte en el doctorado (Pelayo, 2004).

En 1882, la cátedra vacante de Mineralogía de Juan López Chavarri la asume Miguel Maisterra Prieto (1824-1897), quien ya tenía la plaza de profesor de Ampliación de Mineralogía desde la muerte del mismo Chavarri en 1876; a su vez, Federico Gredilla es nombrado ayudante segundo de Geología y Paleontología y, un año después, será primer ayudante. Antonio Orio, catedrático de Mineralogía y Botánica del preparatorio de la facultad, es nombrado secretario del museo, que más tarde será sustituido por Juan Vilanova.

En esta época, las clases de la Facultad de Ciencias se daban en el Museo de Historia Natural, excepto las del curso preparatorio, que al contar con un gran número de estudiantes se impartían en la universidad. La confirmación de que el museo se consideraba un lugar para formación de futuros científicos es que solo se abría al público por la mañana. Por aquella época, alrededor del año 1884, Vilanova decide separar las colecciones paleontológicas de las geológicas y las instala en otra sala del museo "*que daba a la calle de la Aduana*" (Bolívar, 1988).

Unos años después, en 1887, por un nuevo real decreto, se creó la cátedra de Cristalografía, resultado de desdoblarse la de Ampliación de Mineralogía, que es ganada al año siguiente por Francisco Quiroga. Se trata de la primera cátedra de Cristalografía de Europa (Ordóñez, 1992b).

Quiroga es nombrado, en 1893, secretario del museo, puesto que ha quedado vacante a la muerte de Vilanova. Al año siguiente fallece el propio

Quiroga, a los cuarenta y un años y recién llegado de la expedición al Sahara, ocupando la secretaría Ignacio Bolívar, también solo por un año. Igualmente, Lucas de Tornos fallece en 1893, el mismo año que Vilanova, y es sustituido como director del Gabinete de Historia Natural por Miguel Maisterra. Tras la muerte de Quiroga, en el año 1894, Tomás de Andrés y Andrés Montalvo obtiene la cátedra de Cristalografía (Pelayo, 2004). Por su parte, Salvador Calderón y Arana (1851-1911) obtiene la cátedra de Mineralogía y Botánica que había quedado vacante, dos años antes, al fallecer Antonio Orio. Calderón es conocido por su obra *Los minerales de España*, la que se ha denominado, entre los historiadores de esta ciencia, como primera mineralogía topográfica española y que fue un manual que estuvo durante un siglo enseñándose en las clases de esta asignatura. Además, se trata de la primera obra que publica la Junta de Ampliación de Estudios (JAE).

La cátedra de Paleontología de Vilanova será ocupada, en 1895, por Francisco Vidal y Careta (1860-1923), catedrático de Paleontología Estratigráfica de la Universidad de La Habana, en la provincia española de Cuba. Este mismo año, el Museo de Historia Natural se instala, abandonando su anterior ubicación de manera precipitada (Sánchez Almazán *et al.*, 2010), en el palacio de Bibliotecas y Museos de Recoletos (actual Biblioteca Nacional), que no abrirá sus puertas al público hasta siete años después, aprovechando la fiesta de la jura y coronación de Alfonso XIII.

A modo de resumen del siglo XIX, se puede decir que hasta el año 1880 el Museo de Historia Natural tiene una existencia triste, marcada por la guerra primero y, más tarde, por la falta de público y de presupuesto, coronada esta situación por la pertenencia a la Facultad de Filosofía. Aunque en el último tramo del siglo se animó con la llegada de grandes geólogos como Calderón, Quiroga, Bolívar y Macpherson.

En cuanto a la universidad se refiere, el plan Pidal del año 1845 reconoció dentro de la enseñanza superior a la "Ciencia de la Geología":

"El plan Pidal del año 1845 supone el punto de partida de la universidad española contemporánea y en particular para la Facultad de Ciencias" y "la definitiva institucionalización de la Facultad de Ciencias, después del Proyecto de Alonso Martínez de 1855 por el que se creaba la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, tuvo lugar con la Ley Moyano de 1857,..., que pasará a la historia como el hito fundamental de la instrucción pública en el siglo XIX" (Bolado Somolinos, 2012).

Bien es cierto que se pueden encontrar unos pequeños antecedentes a la enseñanza universitaria. El asentamiento de la mineralogía tiene un primer hito cuando en el año 1789 se fundó -como una antigua iniciativa de Antonio de Ulloa y gracias al aislamiento de la platina en el Seminario de Vergara- la Real Escuela de Mineralogía de Indias, nombrándose catedrático a Francisco Chavaneau. En torno a 1791, esta escuela contrata a Cristiano Herrgen para hacerse cargo del Laboratorio del Platino. Y, finalmente, el verdadero inicio es cuando se establece,

a propuesta de José Clavijo y Cristiano Herrgen, el Real Estudio de Mineralogía, en el año 1799. En 1816 murió Herrgen y la enseñanza de la mineralogía, ya integrada dentro del Museo de Historia Natural, fue encargada a Donato García, que dos años después fue nombrado profesor en propiedad (Parra y Pelayo, 1996). Así mismo, desde 1836, se empiezan a impartir en la Escuela de Minas clases de Mineralogía y de Geognosia. Incluso anterior a estas fechas, se pueden encontrar las clases de estas asignaturas en los seminarios y academias de minería de Nueva España, Potosí y Almadén al menos desde el año 1776, e incluso desde 1757 si se considera la Escuela de Metalurgia de Potosí.

4.2.1. Representación española en el Primer Congreso Geológico Internacional y de cómo este hecho provoca el nacimiento de los diccionarios geológicos

La idea de los congresos geológicos internacionales nace en el año 1876 en Filadelfia (EE.UU.), cuando se reúnen unos geólogos americanos, entre los que se encontraban James Hall y Thomas Sterry Hunt, con la idea de uniformar el lenguaje y el color de las cartas geológicas (Ordóñez, 1992a).

En el mes de septiembre de 1878, coincidiendo con la Exposición Internacional de París, se celebra el Primer Congreso Geológico Internacional, al que asistieron en representación de España: Juan Vilanova como portavoz, José Macpherson, Ramón Adán de Yarza, Manuel Fernández de Castro, Federico de Botella, Jaime Almera, Piquet (ingeniero civil), Girónimo (*sic*) Rojas (profesor de Historia Natural del Seminario Conciliar de Santiago), Vicente López Seoane, Antonio Machado Núñez y José María Solano. Se celebrará un segundo congreso en Bolonia, en 1881, un tercero en Berlín, en 1885, y el cuarto en Londres, en 1888, al que asistirán Macpherson, Vilanova, Jaime Almera y Arturo Bofill (Perejón, 2009).

Dentro de la primera representación se debe destacar a dos grandes geólogos que no han sido mencionados hasta ahora: el alicantino Federico de Botella y de Hornos (1822-1899), formado en la Escuela de Minas de París, donde fue discípulo de Élie de Beaumont, con quien descubre su vocación por la geología; y el gran petrógrafo bilbaíno Ramón Adán de Yarza (1848-1917), cuñado de José María Solano, y autor de la *Descripción física y geológica de la provincia de Vizcaya* (1882) y de la *Descripción física y geológica de la provincia de Álava* (1885), dentro de la Comisión del Mapa Geológico.

En este congreso de París destaca el hecho de que el español Juan Vilanova propone la realización de un diccionario geológico. Tres años después, coincidiendo con el Segundo Congreso Geológico Internacional celebrado en Bolonia, presentó un bosquejo del futuro diccionario y en el congreso de Berlín presentó el diccionario definitivo, que había sido editado un año antes en Madrid con el nombre de "Ensayo de Diccionario Geográfico-Geológico" (Durán Valsero, 1994).

Comienza con este diccionario de Vilanova la historia de los diccionarios geológicos españoles. El siguiente es el de Pedro de Novo y Fernández Chicharro, cuando publica, en 1942, un diccionario que se reedita en 1949 con el nombre, ligeramente alterado, de *Diccionario de voces usadas en Geografía Física*. Pedro de Novo había sido el traductor al español de la obra *Das Antlitz der Erde* de Eduard Suess, a la que tituló *La faz de la Tierra*.

En el año 1944 se publica el *Diccionario Petrográfico* de Maximino San Miguel de la Cámara, del que su autor dice que es el trabajo “*más pesado y fatigoso*” que ha realizado (Durán Valsero, 1994). Por último, dentro de este inciso de la historia de los diccionarios geológicos editados en español, se debe mencionar el *Palabrero geológico* (2019) de Juan José Durán Valsero.

4.2.2. Los inicios de la Petrología con Francisco Quiroga y José Macpherson

Francisco Quiroga y Rodríguez (1853-1894) nace en Aranjuez, provincia de Madrid. Estudia Farmacia y Ciencias Naturales y se doctora en ambas disciplinas. Su padre, veterinario y profesor de Anatomía, mantenía una estrecha amistad con Casiano de Prado, a quien el pequeño Francisco acompañaba en algunos de sus trabajos de campo. Se supone que de esta experiencia le viene su afición a la geología y, en concreto, a la mineralogía. Cuando obtuvo la plaza de auxiliar de Mineralogía en el Museo de Historia Natural, se encargó de clasificar las muestras de la expedición del Pacífico de 1862; curiosamente, unos años más tarde, él mismo liderará la expedición al Sahara. Fue catedrático de Cristalografía -el primer catedrático como rama independiente de las universidades europeas-, miembro de la Institución Libre de Enseñanza y profesor de Química y Geología en la Asociación para la Enseñanza de la Mujer, además de fundador de la Sociedad Española de Historia Natural.

“Las colecciones mineralógicas iban siendo mejor estudiadas, por el ayudante de esta sección, persona tan sabia, modesta, trabajadora y buena como era don Francisco Quiroga, que se pasaba la vida entera en el pequeño laboratorio que había logrado crear, y en el cual el señor Maisterra le dejaba hacer” (Bolívar, 1988).

En aquel laboratorio, Quiroga realizará múltiples estudios microscópicos dentro del campo de la petrografía, entre los que se puede destacar sus análisis de láminas delgadas de ofitas, basaltos y andesitas. Una de las primeras decisiones que tomó, nada más llegar, fue la de solicitar instrumental nuevo para aquella dependencia. Poco después, al pequeño laboratorio llegaron algunos instrumentos como goniómetros, refractómetros, aparatos de polarización, microscopios petrográficos y gran cantidad de textos geológicos. En el año 1871, José María Solano, catedrático de Geología, también había conseguido un microscopio petrográfico de la marca Nacet (Bolívar, 1988), uno de los tres que había junto a los de Bolívar y Quiroga.

Quiroga, Bolívar y Calderón habían formado un grupo donde confluye la amistad y el interés por las ciencias geológicas. Dentro de este grupo se puede considerar también al geólogo José Macpherson, hermano del cónsul inglés en Madrid, quien pasaba muchas horas en el laboratorio de Quiroga, especialmente con los microscopios petrográficos. El manejo del microscopio crea un fuerte vínculo entre Quiroga y Macpherson. Por ello se considera a estos dos geólogos como los pioneros de la petrografía de minerales en España. A Macpherson se le considera un gran geólogo y se le llama “maestro de maestros”, ya que en su casa laboratorio de Madrid enseñaba las técnicas petrográficas aprendidas en el extranjero, tanto a Quiroga como a Salvador Calderón y a Eduardo Hernández Pacheco.

Mientras, en el laboratorio que Quiroga posee en el Museo de Historia Natural, se especializarán en petrografía los geólogos López Cañizares, que sustituyó a Quiroga en el cargo de ayudante, Lucas Fernández Navarro, que algún día ocupará la misma cátedra de Cristalografía de Quiroga, y Hernández Pacheco.

De hecho, en los primeros mapas geológicos se interpretaron muy bien las rocas y las formaciones debido al alto nivel petrográfico que todos los geólogos de aquella época consideraban imprescindible para desarrollar su profesión. Sin embargo, adolecían de conocimientos en tectónica o en geología estructural, lo que les inducía a errores a la hora de interpretar estructuras complejas deformadas, como las que ofrece la geología del Macizo Ibérico.

No obstante, al que se considera habitualmente como el pionero de la petrografía española es a José Macpherson y Hemas (1839-1902). Aunque de origen escocés, nace en Cádiz, en un parto por el que, poco después, fallece su madre.

A José Macpherson le inicia como naturalista su hermano Guillermo, el cónsul inglés, que le presenta a Domingo Orueta Aguirre y a Antonio Machado, el abuelo de los poetas, y quien también le pone en contacto con Juan Vilanova, que más tarde le introducirá en los círculos de geólogos madrileños (Barrera, 2002). Efectivamente, su interés por la geología se despierta en las salidas de campo que realiza con Domingo Orueta Aguirre³⁹, mientras estudia la serranía de Ronda, y al apuntarse al grupo de mineralogía de la Universidad de Sevilla liderado por Antonio Machado. Orueta es quien enseña a Macpherson el uso del microscopio (Barrera, 2002).

³⁹ El geólogo Domingo Orueta Aguirre (1833-1895) se forma en Inglaterra y en Suiza y, con el dinero de su herencia, sigue de forma autodidacta estudios en geología y paleontología (al igual que más tarde hará Macpherson) (Barrera, 2002). Sus trabajos los continúa su hijo, el ingeniero de minas Domingo Orueta Duarte (1862-1926). “Padre e hijo tuvieron vidas paralelas, en lo personal y político, ambos de una posición económica holgada” (Ordóñez y García del Cura, 2018).

Se trata de un acaudalado erudito, principalmente gracias a la dote de su hermana Catalina, quince años mayor que él, a la que considera su segunda madre. José aprende a leer a la edad de nueve años y, sin titulación oficial alguna, se dedica a estudiar por Europa con los mejores especialistas y con los instrumentos más modernos. Estudia química y mineralogía en París, con grandes maestros como Félix Pisani (1831-1920), y también estudia en Austria e Inglaterra (Barrera, 2002).

Vuelve a Cádiz durante un tiempo y escribe *Método para determinar minerales* (1870), pero enseguida retorna a París para continuar con esa formación diseñada a su medida, donde realiza excursiones con los profesores Gabriel Auguste Daubrée (1814-1896) y su discípulo Stanislas-Étienne Meunier (1843-1925). Su siguiente destino es Suiza, con el fin de estudiar los Alpes de la mano del geólogo francés Eduard Collomb (1796-1875). Conoce a otros muchos geólogos de su época, como Suess, Delanoue o Warrington Smith, y paleontólogos como Herbert, Bayan o Etheridge (Martín Escorza, 2001). Al regresar de este viaje edita el *Bosquejo Geológico de la provincia de Cádiz* (1872), uno de los treinta y ocho trabajos que llegó a publicar sobre temas geológicos a lo largo de su vida, incluida una obra póstuma llamada *Geología* (1913). En el año 1876, fue uno de los socios fundadores de la Sociedad Geográfica de Madrid.

En 1883, su hermano Guillermo segrega de la finca donde reside una parcela y se la vende a José, se trata de una vivienda en el Paseo de la Castellana de Madrid (justo al lado de donde se instalará en un futuro el Museo Nacional de Ciencias Naturales). “En ella, José comienza en el verano de 1883 la construcción de un hotel muy sencillo, de planta cuadrada de diez metros de lado, que constaba de sótano, planta baja, principal y buhardilla, estando destinado el resto a jardín” (Barrera, 2002). También contará con un laboratorio y una gran terraza para poder ver la sierra. Ya desde el año 1875 había fijado definitivamente su residencia en Madrid, viviendo en casa de su hermana Catalina y, en 1884, se instala en su nueva vivienda.

El laboratorio de petrografía pronto será un lugar muy conocido entre los geólogos madrileños, ya que alberga colecciones de minerales, rocas y láminas delgadas recopiladas en sus numerosos viajes, así como una biblioteca con las obras de geología más importantes del momento, muchas de ellas dedicadas por el correspondiente autor. Este laboratorio se caracterizaba por tener tres modernos microscopios petrográficos de las casas Nadier, Watson y Zeiss (Ontañón, 1999) y material para hacer láminas delgadas que preparaba él mismo. Solo de la provincia de Sevilla realizó más de cuatrocientas láminas (Martín Escorza, 2001), lo que le convierte en un técnico en la preparación de las láminas delgadas pero también en un experto petrólogo.

Macpherson considera a Quiroga su alumno predilecto, pero a la temprana muerte de este, el más asiduo visitante del laboratorio será Hernández Pacheco, quien describe de la siguiente forma aquella vivienda-laboratorio⁴⁰:

“Esta casa estaba en consonancia con las aficiones del dueño, constituyendo un verdadero laboratorio geológico, con biblioteca bien surtida de obras especiales, mapas y las revistas más importantes de Geología; junto a la biblioteca estaba el pequeño gabinete de trabajo, con luz adecuada para la observación microscópica; otras dependencias eran el laboratorio fotográfico, pues Macpherson era excelente fotógrafo, y el taller de Petrografía; ocupando las colecciones mineralógicas, litológicas y paleontológicas, una pequeña construcción en el jardín, en el que estaba instalado un observatorio meteorológico”.

4.2.3. La Institución Libre de Enseñanza

Debido a la “cuestión universitaria” de 1875 que restringía la libertad de enseñanza, Francisco Giner de los Ríos (1839-1915) sufre destierro en Cádiz, donde entabla una estrecha relación con José Macpherson (Ordóñez, 1992a). De nuevo en Madrid, aunque desposeído de su cátedra de Filosofía del Derecho, en unión de otros profesores igualmente destituidos por su posicionamiento liberal, funda la Institución Libre de Enseñanza con el respaldo de aproximadamente trescientos accionistas pertenecientes al entorno intelectual de la época, entre los que curiosamente no se encontraba Macpherson (Perejón, 2009). Las enseñanzas, en el nuevo centro, no se ajustaban a un plan de estudios determinado; más bien se ajustaban al perfil de los profesores que se acercaron a la institución. Entre los primeros profesores y colaboradores, en el ámbito de las ciencias naturales, además de Macpherson, que sí colaboró aunque no fue primer accionista, se encontraban Salvador Calderón, Laureano Calderón -hermano de Salvador que era físico y cristalógrafo-, Francisco Quiroga y Augusto González de Linares (1845-1904), que había perdido su cátedra de Historia Natural en la Universidad de Santiago al haber asumido las ideas de Darwin y defendido la filosofía krausista.

Ya en 1869, Giner de los Ríos había reclamado la instauración de una cátedra de Paleontología en cualquier universidad, así como la separación de las colecciones paleontológicas de las geológicas en los laboratorios y centros de enseñanza. El departamento de Geología de la Institución Libre de Enseñanza se inició con las colecciones mineralógicas de Calderón, Quiroga y González de Linares, así como las láminas delgadas de Quiroga y Macpherson. Este último también aportó siete modelos cristalográficos construidos por Tennant. La asignatura de Mineralogía se impartía durante dos horas a la semana y la de Geología se comenzaba a impartir a los prebachilleres, dada la importancia que

⁴⁰ Discurso inaugural de la Sección de Ciencias Naturales con la ponencia "El geólogo gaditano D. José Macpherson y su influencia en la ciencia española". 11º Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias celebrado en la ciudad de Cádiz, del 1 al 7 de mayo de 1927 (Hernández Pacheco, 1927).

se le otorgaba. En un lugar destacado, estaban las excursiones al campo para ver *in situ* las formaciones del Silúrico entre Madrid y Guadalajara, en esta misma provincia el Triásico y Jurásico de Sigüenza, el Cretácico de Segovia o los terrenos terciarios de Madrid. Con el tiempo, otros naturalistas y geólogos como Mallada, Orueta, de Buen, Fernández Navarro, los Hernández Pacheco padre e hijo, Dantín, Sos Baynat y algunos más, colaborarán con la institución.

En el año 1902 muere Macpherson, dejando sus bienes científicos a Giner de los Ríos, así como fondos para la construcción de un pabellón. En el otoño de 1936, los archivos de la Institución Libre de Enseñanza y el laboratorio de Macpherson se dismantelaron y, al menos los archivos del laboratorio, se enviaron al cercano Museo del Castillo de Valencia de Don Juan (Ontañón, 1999), perdiéndose gran parte del material.

En el ya citado undécimo congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Eduardo Hernández Pacheco declaraba:

“Con poca diferencia de tiempo se dieron en España dos colosos de la investigación micrográfica que avanzaron en sus estudios paralelamente: primero, Macpherson, que empleó el microscopio para dilucidar la estructura del organismo terrestre; poco después, Cajal, para aclarar la del mundo biológico” (Hernández Pacheco, 1927).

4.2.4. Emilia Pardo Bazán

Existe una curiosa historia con Macpherson, según se revela en la investigación de José Luis Barrera, uno de sus biógrafos. En el relato *Una Pasión* de Emilia Pardo Bazán (1851-1921), el interlocutor de la escritora es un geólogo de origen inglés al que identifica como Federico Bruck. Barrera considera que este geólogo emula a José Macpherson, quien era amigo de Emilia Pardo Bazán (Barrera, 2008). Francisco Giner de los Ríos había presentado a la gran escritora gallega al geólogo gaditano y hay constancia de la relación de amistad entre Macpherson y Pardo Bazán, a la que incluso llegó a visitar cuando se encontraba en Galicia. Barrera explica que *“a lo largo del texto se descubren multitud de alusiones personales y profesionales que coinciden con la figura de José Macpherson”*, así como que *“no consta que, a pesar de la formación científica que tenía la novelista -se sabe que leía textos de física, mineralogía y de astronomía-, conociera con tanta precisión la terminología y los conceptos geológicos”*. Además, Barrera expone que Pardo Bazán utiliza con gran precisión el término “lámina de roca”, cuando en España sólo observaban láminas petrográficas por el microscopio Macpherson y José Quiroga (Barrera, 2008).

En el relato se alude continuamente a la geología:

“Heme aquí en las Engrovas: ¿ha estado usted por acá alguna vez? Parece mentira, cuando uno se acuerda de esas Mariñas tan risueñas, tan alegres hasta en la peor estación del año, que Galicia encierre sitios tan agrestes y salvajes.

Por supuesto que para mí son los mejores. Esa parte donde usted vive es una tierra blanda, deshuesada, sin consistencia. Aquí encuentro magníficas rocas metamórficas, terrenos de transición, con todas sus curiosas variedades. Sólo me estorba mucho la vegetación feraz y compacta, que me impide reconocer bien el terreno. Espero que en el corazón de la sierra las rocas se me presentarán en su noble y augusta desnudez".

En el texto de Emilia Pardo Bazán incluso se describe el uniforme de trabajo del geólogo:

"...cuando una tarde se me presentó de la manera más impensada, enfundado en su traje habitual de "hacer geología". El paño de su chaquet caía flojo y desmañado sobre su vasto cuerpo; una camiseta de color le ahorraba la molestia de ocupar el baúl con camisas planchadas; su sombrero, abollado, lucía una capa de polvo a medio estratificar; y como le vi que traía calzados los guantes, comprendí al punto que estaba de excursión, pues Bruck no usa guantes sino para el monte, dado que en la ciudad no hay peligro de estropearse las manos".

4.2.5. Barcelona

Estos inicios de la geología científica en España están vinculados de manera casi exclusiva a la villa de Madrid. Sin embargo, hubo un pequeño movimiento en la ciudad de Barcelona durante el Trienio Liberal (1820-23), en el que su universidad tuvo una cátedra de Geología regentada por Agustín Yáñez (1789-1857), autor de *Lecciones de Historia Natural* (1845). Al finalizar el trienio, cierra la universidad y desaparece la cátedra. Unos años más tarde, la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona promueve unos cursos de Geología, a los que también se les llamó cátedra, que imparte José Antonio Llobet y Vall-Llosera (1799-1862), el autor de la obra, editada en el año 1842, denominada *Elementos de jeología (sic)*.

Igualmente en Barcelona, pero a finales de este siglo, en el año 1898, se produce la primera reunión que la Sociedad Geológica de Francia celebra en un país extranjero. Son invitados por el canónigo Jaime Almera Comas (1845-1919), miembro de esa sociedad desde hacía diez años y autor del levantamiento del mapa geológico de la provincia de Barcelona por encargo de la Diputación de Barcelona, a una escala 1:40.000. Se le considera el fundador del Museo Geológico del Seminario de Barcelona, donde había cursado estudios eclesiásticos. Más tarde, cursó la licenciatura de Ciencias Naturales y Físicas en la Universidad de Barcelona. No obstante, Almera no tuvo ningún contacto con la universidad y desarrolló su carrera de geólogo dentro de la llamada Escuela del Seminario, formada toda ella por sacerdotes discípulos suyos como Mariano Faura

y Sans (1883-1941), Norberto Font y Sagüé (1873-1910), José Ramón Bataller (1890-1962) y Luis Vía Boada (1910-1991), este último discípulo de Bataller⁴¹.

Junto con Almera, en la reunión de la Sociedad Geológica de Francia, actúa de anfitrión Luis Mariano Vidal Carreras (1842-1922), ingeniero de minas, miembro de la Comisión del Mapa Geológico de España y autor de diversos estudios geológicos como "Geología de la provincia de Lérida" (1875) o "Reseña física y geológica de las islas de Ibiza y Formentera" (1880), así como ingeniero jefe del distrito de minas de Gerona. Entre los años 1908 y 1910, fue el director del Instituto Geológico y Minero de España (Gómez Alba, 1992).

Debido al conocimiento que Almera tiene de la provincia de Barcelona y Vidal de las provincias de Lérida y Gerona, los geólogos franceses tienen la posibilidad de visitar y conocer la geología de estas provincias, así como la vertiente española de los Pirineos.

Quizás esta reunión de la sociedad geológica francesa tuvo algo que ver en la constitución de la *Institució Catalana d'Historia Natural* un año después. Esta asociación, que tuvo su origen en asociaciones de excursionistas, editaba un boletín que tenía algunos trabajos de los geólogos del Museo del Seminario Conciliar de Barcelona, como Almera, Norberto Font o Mariano Faura. También alguna publicación de Luis Mariano Vidal (Truyols, 1999a). El boletín se dejó de editar en la Guerra Civil, después de unos años muy agitados donde hubo escisiones y luchas entre los socios, hasta que volvió a editarse en 1972, con la excepción del año 1949 en que hubo un número. Tanto al inicio, como en el número de la posguerra, como a partir de 1972, el boletín se publicó en catalán sin ningún problema de censura (Julivert, 2014).

También se debe reseñar, aunque bien es cierto que tuvo poca importancia en la geología de aquella época, la inauguración, en 1882, del Museo de Geología de Barcelona, conocido como Museo Martorell por ser el apellido de su póstumo promotor (Julivert, 2014).

Y ya fuera del ámbito de la ciudad de Barcelona, y volviendo a principios de siglo, existe un trabajo geológico muy curioso realizado por el farmacéutico Francesc de Bolós (1773-1844), del municipio de Olot, en la provincia de Gerona, cuando estudia esa región volcánica y es capaz de identificar su morfología (ya la había identificado Bowles en su recorrido por esta zona) y de reconocer el basalto. En 1807, recibe la visita del geólogo William Maclure, del que Bolós piensa (parece ser que acertadamente) que está espiando el terreno para la futura invasión francesa del año siguiente, y en 1830 recibe la visita del gran Charles Lyell que había leído el trabajo de Maclure. Aunque Bolós, en 1820, ya había insertado sus investigaciones en una revista de agricultura, publica finalmente, en el año

⁴¹ Información extraída de Julivert (2014), excepto las fechas de nacimiento y deceso, que en esta obra raramente coinciden con las fechas reales.

1841, su obra *Noticias de los extinguidos volcanes de la villa de Olot y de sus inmediaciones hasta Amer...*

4.3. Paleontología, Transformismo y Prehistoria

Es de destacar el esfuerzo realizado, durante el reinado de Isabel II, para reforzar la imagen exterior de España con iniciativas como la creación de la Comisión Científica del Pacífico (1862-1865), en la que, a pesar de primar la cuestión zoológica, se contaba con el geólogo Fernando Amor y Mayor (c. 1820-1863), quien lamentablemente falleció durante la expedición⁴². Sin embargo, estos esfuerzos no son suficientes para que la geología y la paleontología españolas participen en los circuitos científicos de aquella época. En general, en todo este siglo, llegan las ideas extranjeras con cierto retraso y, en concreto, la paleontología se pone al día gracias al esfuerzo de grandes científicos como los geólogos Juan Vilanova y Lucas Mallada, además de otros trabajos puntuales como el realizado por Luis Mariano Vidal en sus reconocimientos paleontológicos para las memorias de las provincias de Gerona y Lérida.

La paleontología en España, durante el siglo XIX, está representada por la ya comentada cátedra de Vilanova. Anteriormente, la asignatura se impartía junto a mineralogía o junto a zoología y, cuando llega Vilanova, en 1852, la cátedra pasa a denominarse Geología y Paleontología, aunque imparte las dos asignaturas por separado. En el año 1873, esta asignatura tendrá una cátedra propia y, en el año 1884, se denominó de Paleontología, Geología y Prehistoria (Altamira). Vilanova conservará la cátedra de Paleontología hasta su jubilación. Dos años después de fallecer, en el año 1895, le sucede en la cátedra Francisco Vidal, quien ya había ocupado una cátedra de Paleontología en La Habana.

4.3.1. La paleontología en la Escuela de Minas y en la Comisión del Mapa Geológico de España

La paleontología en la Escuela de Minas de Madrid comienza cuando Gómez Pardo y Sainz de Baranda regresan de la Academia de Freiberg y recomiendan impartir clases de Petrefractología. Se establece la primera cátedra de esta materia, en el año 1845, a cargo de Rafael Amar de la Torre, aunque desde 1840 ya daba algunas clases de esta asignatura. Desde 1849 hasta 1866, se suceden en la docencia Felipe Naranjo (en la etapa 1849-59), Policarpo Cía y Francés, y Matías Menéndez de Lurca. Son profesores que no tienen formación paleontológica y acuden a los textos extranjeros. No explicaban esta asignatura

⁴² "El Sr. Amor contrajo una enfermedad del hígado, en Mayo de 1863, en el desierto de Atacama, y falleció de sus resultas, en el mes de Octubre del mismo año, en San Francisco de California". Es curioso porque otro de los expedicionarios al Pacífico, el botánico Juan Isern Battló "contrajo una enfermedad del hígado en el Río Marañón. Pudo llegar hasta Madrid, donde falleció, el 23 de Diciembre de 1865, a los pocos días de ver su patria, su familia y sus amigos". Finalmente, el fotógrafo Rafael Castro abandonó unos meses antes la expedición y, ya en la península, se suicidó el 2 de Diciembre de 1865 de un tiro de pistola en el corazón (Almagro, 1866).

como si de una ciencia se tratase, sino que la consideran como un complemento a los estudios geológicos (Truyols, 1999b).

No obstante, aparecen profesores más expertos en la materia. Desde 1866 hasta 1879 será profesor de Geología y Paleontología el navarro Justo Egozcue y Cía (1833-1900), autor de *Tratado de Paleontología* (1868) -que no lleva su firma pero que el historiador Leandro Sequeiros le atribuye al llevar sus iniciales, la "E" y la "C", en la primera página (Sequeiros, 1989)-, quien también fue presidente del Instituto Geológico y Minero desde 1895 hasta 1900. Al dilucidar quién fue el iniciador de la docencia de la paleontología en España, se produce un debate cuando Juan Vilanova lee su discurso de recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y afirma ser él mismo, a lo que pronto es respondido por Egozcue, que le reconoce ser el primer catedrático pero no el primero en explicar esta asignatura, promoviendo una entretenida polémica.

A Justo Egozcue le sustituye su discípulo Lucas Mallada, que imparte la asignatura desde 1879 a 1892, y Florentino Azpeitia y Moros (1859-1934), a partir de 1896. Continuarán con la asignatura en el siguiente siglo Juan Gavala y Laborde (1885-1977) y Primitivo Hernández Sampelayo (1880-1959).

Con la llegada de Mallada, la paleontología se convertirá en una técnica para la datación de terrenos, según los nuevos trabajos de Cuvier y Brongniart, en la cuenca de París, y los de William Smith, en Inglaterra, pero tampoco se abordará como una ciencia en toda su amplitud. Se utilizaba como un simple complemento a la geología, hasta tal punto que solo se estudiaba la fauna fósil pero no la flora fósil, al considerarla fuera de este ámbito.

Merece especial atención la figura de Lucas Mallada y Pueyo (1841-1921), quien nace en Huesca y estudia en Madrid en la Escuela de Minas. En el año 1870, consigue entrar a trabajar en la Comisión del Mapa Geológico de España para realizar su vocación de geólogo de campo y paleontólogo (Sequeiros, 1992). Publica ocho gruesos volúmenes de memorias geológicas adjuntas al Mapa Geológico, con un total de 5.654 páginas relativas a las provincias de Cáceres, Huesca, Córdoba, Jaén, Navarra, Tarragona, León y Teruel. Se deben destacar sus obras, eminentemente paleontológicas, *Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España* y *Catálogo de especies fósiles de España* (1892), en el que identifica 4.058 especies.

Mallada es un paleontólogo de la era científica de la geología y considera a Werner y a Hutton como los iniciadores de esta nueva era. Incluso se le ha llamado el "padre" de la paleontología española, aunque no lo fue. Se hizo un personaje público a raíz de sus artículos periodísticos en el periódico *El Progreso* que fueron recopilados en el libro *Los Males de la Patria* (1890). Ingresó en la Real Academia de Ciencias, en el año 1897, en sustitución del que había sido su jefe en la Comisión del Mapa Geológico, el insigne geólogo Manuel Fernández de Castro, fallecido dos años antes, a quien dedicó su discurso de entrada titulado "Progresos de la Geología española en el siglo XIX".

Será con las nuevas ideas de Lucas Mallada cuando la Comisión del Mapa Geológico empezará a ocuparse de la paleontología. Durante los diez años de la primera etapa de la comisión, solo se presentó un trabajo de paleontología y en la segunda etapa (la de las brigadas geológicas), ninguno. En cambio, durante la reestructuración de la comisión, en 1873, realizada por Fernández de Castro y con Mallada a sus órdenes, se presentarán cuarenta y cuatro trabajos paleontológicos, en la época comprendida desde su llegada hasta final de siglo.

Un ejemplo de lo poco permeable que se era a las nuevas ideas ocurre con las clases de paleontología de Justo Egozcue, ya que hasta el final de su docencia no insertará en el temario ninguna referencia a las ideas de Lamarck, Darwin o la teoría del Transformismo (Truyols, 1999b).

4.3.2. Transformismo⁴³

La polémica del siglo sobre la evolución de las especies llega a España introducida por Antonio Machado Núñez (1815-1896), el abuelo de los insignes poetas Antonio y Manuel Machado, que es el primero que comenta las ideas de Charles Darwin, siendo antropólogo, zoólogo y geólogo con acentuadas ideas liberales. Su nombre debe figurar en la historia de las ciencias geológicas porque, a mediados de la década de 1840, impartió en Sevilla, promovido por la Sociedad Económica de Amigos del País de esa provincia, los primeros cursos de España denominados como "Curso de Geología", cuando esta ciencia estaba rodeada de gran popularidad debido a los debates que suscitaba en varios países de Europa y que, además, ocupaba un papel protagonista (que años más tarde heredaría la biología con las teorías evolutivas de Darwin). En estos cursos introdujo las teorías de Charles Lyell en España. En el año 1846, obtiene la cátedra de Mineralogía y Zoología de la Universidad de Sevilla, donde crea en 1850 un Gabinete de Historia Natural. En el ámbito geológico destaca su obra *Apuntes para una memoria geognóstico-agrícola de la provincia de Sevilla* (1870). Y en el año 1876, colaborará en la puesta en marcha de la Institución Libre de Enseñanza de Giner de los Ríos (Sequeiros y Mayoral, 1996).

El transformismo también aparece en la tesis doctoral "¿Es o no el hombre animal?" del madrileño Salvador Calderón y Arana (1851-1911), quien hereda, en 1884, la cátedra de Antonio Machado en la Universidad de Sevilla. Esta tesis, que plantea el darwinismo de una manera clara, ha sido recuperada, en el siglo XXI, por el Museo de la Geología de la Universidad Complutense de Madrid. La lectura de la tesis tuvo lugar en el año 1872, trece años después de la publicación en Londres de la famosa obra de Darwin (Soutullo y López-Acevedo, 2015). Se debe

⁴³ El término "Transformismo" se refiere a una teoría biológica que explica la aparición de las distintas especies a través de sucesivas transformaciones. Es una teoría precursora del evolucionismo y se relaciona con Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). No obstante, en España, a mediados del siglo XIX, se denominaba con este término a las teorías evolucionistas de Charles Darwin.

resaltar que la primera tesis que defiende el origen evolutivo del hombre en España fue la de un geólogo (no un médico, un farmacéutico o un químico, como en el resto de Europa), igual que el creador de esa teoría, Charles Darwin, que también era geólogo.

Algo más tarde, en el año 1875, el sevillano Rafael García Álvarez (1828-1894) doctor en Ciencias Naturales, publica en Málaga cinco artículos sobre Darwin y el Transformismo, que años más tarde fusionó y perfeccionó en una obra, con prólogo de José Echegaray, que causó gran polémica en la sociedad de su época y que llevaba por nombre *Estudio sobre el Transformismo* (1883). En este trabajo, el autor quiere mostrar todo el respeto a la Fe, pero también a la Ciencia, y en sus páginas alude a san Agustín y santo Tomás de Aquino para no transgredir dogmas católicos de ningún tipo (Sequeiros, 2008).

Especial relevancia tiene la historia del militar español Félix de Azara (1742-1821), que estuvo veinte años explorando América del Sur y planteó la evolución de las especies antes que Darwin, quien conocía sus obras. Nace en Barbuñales, provincia de Huesca, estudia en su universidad y luego en la academia militar de Barcelona. En el año 1781 es destinado a Paraguay para delimitar las fronteras entre España y Portugal que había determinado el tratado de San Ildefonso (1777) en los territorios de América del Sur.

Se trataba de un destino que debía durar un año pero en el que, finalmente, estuvo veinte, con muchos meses libres para recorrer el continente acompañado de un par de libros en los que iba comparando la fauna y la flora locales con las ilustraciones de aquellos ejemplares. Se trataba de las obras del conde de Buffon y la *Historia Natural* del jesuita José de Acosta. Le resultaba difícil imaginar una creación única cuando existían tantas variedades de especies distintas, también observa que en distintos continentes hay especies parecidas, pero no iguales. Según Leandro Sequeiros: “Azara, basándose en observaciones biológicas, emite la hipótesis de las creaciones sucesivas, que años más tarde estará muy en boga propugnada por los discípulos de Georges Cuvier” (Sequeiros, 2009).

Azara aborda el tema de la evolución de las especies muchos años antes que Darwin. Se cree que Darwin, en su viaje en el *Beagle*, llevaba -además de un libro de Charles Lyell, otro de Humboldt y de unos diccionarios de español- la obra de Félix de Azara conocida como *Viajes por la América Meridional* (1809). Desde luego, la obra y el pensamiento de Azara son nombrados en numerosas ocasiones por Charles Darwin. En *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo* cita a Félix de Azara en quince ocasiones, en *El origen de las especies* en dos ocasiones, y una vez en *El origen del hombre* (Sequeiros, 2009).

Pero el militar español llega más lejos, aparte de interpretar las mutaciones como las conocemos hoy en día, considerando que el hombre es una de las causas de la evolución de las especies (Sequeiros, 2009), una idea del pensamiento del siglo XXI.

Una simpática anécdota con Charles Darwin ocurrió, en el año 1870, cuando los hermanos Bosch de Badalona, provincia de Barcelona, diseñan como marca de la bebida *Anís del Mono* la figura de un simio con la cara del inglés. Sin embargo, no lo hicieron para ridiculizarle, al contrario, querían darle un respaldo científico a la calidad de su bebida con su eslogan: “*Es el mejor. La ciencia lo dijo y yo no miento*”.

Otra rama, dentro de la paleontología de este siglo, que además tiene un particular interés, es el estudio de la Prehistoria, y estuvo muy en boga, especialmente, por el descubrimiento de las pinturas de Altamira.

4.3.3. Altamira

Un trabajador de sus fincas comenta el descubrimiento de la cueva de Altamira, en el año 1868, a Marcelino Sanz de Sautuola (1831-1888), un estudioso de las ciencias naturales, especialmente de la botánica y la geología.

La cueva de Altamira es una cavidad natural producida en una roca caliza de edad pliocena situada en Santillana del Mar (Cantabria) en la que se conserva uno de las expresiones pictóricas y artísticas más importantes de la Prehistoria, específicamente de la cultura del Paleolítico Superior, por lo que fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1985. Las pinturas de la cueva pertenecen a las culturas Magdaleniense y Solutrense. Esta cueva estuvo ocupada durante 22 000 años y quedó sellada hace unos 13 000 años, cuando la entrada quedó cerrada por un derrumbe, conservando en su interior lo que se ha denominado la Capilla Sixtina de la Prehistoria. Se trata de pinturas con tonos negros, rojos y ocre que representan animales, figuras antropomorfas y dibujos abstractos. En el año 2008 se hizo una extensión de la denominación a otras diecisiete cuevas del País Vasco, Asturias y Cantabria, denominándose al conjunto “Cueva de Altamira y arte rupestre paleolítico del norte de España”, en el que se integraron pinturas tan interesantes como las de la cueva de La Covaciella, situada en el concejo de Cabrales (Asturias) y descubierta gracias a una voladura, que sirvió para ampliar una carretera, en el año 1994. En este caso, se trata de unas pinturas de unos 14 000 años de antigüedad, también del periodo Magdaleniense y que, gracias a que igualmente la cueva se encontraba sellada, tienen una calidad y conservación muy altas, lo que hace que estos bisontes estén considerados como los mejor conservados de la cornisa cantábrica.

Continuando en el año 1880, y después de haber realizado varias visitas a la cueva, Sanz de Sautuola está convencido de encontrarse ante una muestra de arte prehistórico por lo que decide escribir su obra *Breves apuntes sobre algunos objetos prehistóricos de la provincia de Santander*, con una reproducción gráfica de las pinturas. Acompañado de sus escritos realizó una presentación de estas ideas a Juan Vilanova, cuando este ya era catedrático. Vilanova se decidió a visitar la cueva ese mismo año, con lo que la teoría del origen prehistórico de las pinturas de Altamira recibió un fuerte respaldo gracias a su aval; sin embargo,

quizás por este apoyo, no fue aceptada por sus colegas franceses Cartailhac, Mortillet y Harlé, los que se suponía que eran los científicos europeos más expertos en estudios prehistóricos y paleontológicos. Por otro lado, la mayoría de los miembros de la Institución Libre de Enseñanza asumieron que las pinturas eran falsas, lo que también influyó, sin duda alguna, en la posición de los franceses.

A pesar de los esfuerzos de Sanz de Sautuola para demostrar el origen prehistórico de la expresión artística de Altamira, incluso con la numantina defensa que realizó el gran geólogo español Juan Vilanova en el Congreso Internacional de Antropología y Arqueología celebrado en Lisboa, en el año 1880, e incluso con la publicación de un artículo del político sevillano Miguel Rodríguez Ferrer en la prestigiosa revista *La Ilustración Española y Americana* avalando la autenticidad de las pinturas y resaltando su inmenso valor, no se pudo evitar el descrédito ni las dudas sobre Altamira (Durán, 2017).

Cuando sucede el fallecimiento de Sanz de Sautuola, en 1888, y el de Vilanova, en 1893, las pinturas todavía se consideraban fraudulentas y no se les otorgaba importancia alguna. Este error no duró mucho tiempo, ya que se empezaron a encontrar, algunos años después, piezas de arte similares en numerosas cuevas, principalmente francesas. Emile Cartailhac, tras los nuevos descubrimientos en estas cuevas, decide visitar Altamira, lo que provoca su arrepentimiento y la publicación, en 1902, en la revista *L'Antropologie* de un artículo titulado "*La grotte d'Altamira. Mea culpa d'un sceptique*" (La cueva de Altamira. *Mea culpa* de un escéptico). El reconocimiento científico sobre la autenticidad del arte paleolítico de Altamira llegó con el artículo de Cartailhac y con los trabajos del geólogo Henri Breuil (1877-1961) en torno al "Arte parietal". A partir de estos hechos, la cueva tiene varios periodos de investigación arqueológica dirigidos por importantes científicos como los españoles Hermilio Alcalde del Río (1866-1947) o Joaquín González Echegaray (1930-2013) y por el propio Breuil y el geólogo Hugo Obermaier (1877-1946).

El sacerdote nacionalizado español Hugo Obermaier fue discípulo del geólogo Albrecht Penck (1858-1945), con quien había estudiado las épocas glaciares de los Alpes y los Pirineos franceses. En 1900, llega a España y explica el glaciario de los Picos de Europa, Sierra de Gredos, Guadarrama y Sierra Nevada (Carmona, 1932). En 1916, publica su obra *El hombre fósil* y, en el año de 1922, se crea para él la cátedra de Historia Primitiva del Hombre, en la Universidad Central de Madrid.

4.4. Hidrogeología

En España, antes del siglo XIX, ya existían importantes antecedentes sobre la técnica de la hidrogeología. Alfonso X el Sabio, en *Las Partidas*, dictaminaba que el propietario del terreno es el dueño del agua del pozo que exista en ese lugar, en la que se considera como la primera ley sobre aguas subterráneas. Esta obra también prioriza el uso del agua para molinos, ferrerías (herrerías) y navegación.

Más tarde, los españoles, a través de su vasto imperio, exportan a América, y a otras partes del globo, su tecnología del agua para minería, abastecimientos urbanos y regadíos. De esa época destaca la obra *Espejo cristalino de las aguas de España* (1697) del médico Alfonso Limón Montero (1628- c. 1697), donde el autor desarrolla un método basado en la observación y en la experimentación, “dando pruebas de una cultura típicamente científica, siempre que utilizaba un informe ajeno, citaba la procedencia del mismo”, “por lo que se puede considerar a Limón como un auténtico pre-ilustrado” (Baltuille, 2009).

Ya en este siglo XIX, en el año 1822, el ingeniero de minas francés Garnier publica una obra, de gran éxito, que trata de mejorar las producciones agrícolas con el agua de los pozos artesianos. En España, se comisiona a Cristóbal Bordiú, un técnico del Estado, para adquirir conocimientos sobre este tipo de pozos en Francia e Inglaterra y se destina a Sainz de Baranda y a Joaquín Ezquerro del Bayo para que busquen zonas donde poder realizarlos en España.

Sin embargo, en Madrid, a los pies del Sistema Central, la solución no pasa por sondeos profundos sino por canalizaciones bien hechas. Aun así, se intentaron realizar, según la moda parisina, pozos artesianos buscando acuíferos confinados, cuando lo que de verdad había eran acuitardos. En el año 1851, se cubre la demanda de agua de la ciudad, para muchos años, con las obras del Canal de Isabel II, infraestructura emblemática de Madrid, siempre asociada al nombre de la villa. Una de las obras del canal fue la construcción de la presa del Pontón de la Oliva sobre unas calizas cretácicas karstificadas, que tal y como se ha explicado, según el geólogo Casiano de Prado provocaría la pérdida de agua embalsada. Finalmente se construyó la presa, la cual nunca se llenó por las pérdidas de agua sufridas en los materiales cretácicos. El mismo Casiano, en su obra de 1864, *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, realiza un inventario de los recursos hídricos que se conocen en la provincia y apunta zonas donde sería factible realizar pozos artesianos.

Dentro de la hidrogeología, el gran geólogo Juan Vilanova publica, en 1861, su obra *Geología aplicada a la agricultura*, donde dedica especial atención a las aguas subterráneas. Años más tarde, publicará su obra *Teoría y práctica de pozos artesianos y arte de alumbrar aguas* (1880), por la que ha sido denominado por algunos historiadores como el padre de la hidrogeología española (Ordóñez, 2021).

La preocupación por la hidrogeología también se refleja en la Ley de Aguas de 1866 de España, que pasa por ser la primera que se ocupa de las aguas subterráneas. En ella se otorga prioridad al agua para abastecimiento, navegación, riego, industria y transporte de maderas, y se declara el dominio del Estado sobre este recurso. Y una obra clarificadora fue *Las aguas de España y Portugal*, publicada en 1900 por el ingeniero de caminos, canales y puertos Horacio Bentabol, donde explicaba que las aguas subterráneas y las superficiales son el mismo recurso, y que el actor principal del abastecimiento de agua es el

propio agua, y no los canales de riego, lo cual le enfrentó con muchos de sus compañeros de profesión.

4.5. Sismología

Se debe destacar que, a finales de este siglo XIX, se instala en la España peninsular el primer sismógrafo, concretamente en el Real Instituto y Observatorio de la Marina en San Fernando (Cádiz), en el mes de enero del año 1898. El aparato instalado era el designado con el número seis de los fabricados por el sismólogo inglés John Milne. Con la llegada del nuevo siglo, los científicos de la Compañía de Jesús instalarán sismógrafos en el observatorio de la Cartuja (Granada), en 1902 –donde destaca el trabajo del padre Manuel María Sánchez-Navarro Neumann– y en el observatorio del Ebro (Tarragona), en 1903. Como muy bien explica el jesuita y geólogo Leandro Sequeiros en muchos de sus escritos, esta orden de los jesuitas tenía una larga tradición en las observaciones sísmicas de los países donde poseía misiones, tanto de América Central, América del Sur o de Asia. En el observatorio de Manila ya se habían instalado los primeros sismógrafos en 1866, contando con un registro regular desde el año 1877.

La Compañía de Jesús también contaba con observatorios astronómicos desde épocas tempranas. En el anterior siglo, el padre Buenaventura Suárez (1679-1750) observó los satélites de Júpiter y calculó correctamente los eclipses del Sol y de la Luna desde su observatorio en el virreinato del Río de la Plata, explicándolo en su obra *Lunario de un siglo* (1744) donde se puede leer:

“Danse al fin de él reglas fáciles para que cualquiera, sin matemáticas, ni aritmética pueda formar de ellos lunarios de un siglo los de los años siguientes desde el 1842 al 1903”.

4.6. Geología Militar

El análisis de inteligencia ligado a las diferentes disciplinas geológicas, incluso cuando aún estas eran incipientes, ha estado unido al entorno militar desde un primer momento. Se pueden encontrar ejemplos, con la debida distancia, en los tiempos de la conquista de México, cuando Hernán Cortés ordenó fundir cacerolas y otros utensilios de cocina para obtener cobre para fabricar munición; o cuando tuvo que enviar una expedición al volcán Popocatepetl en busca de azufre para fabricar pólvora (Cervantes de Salazar, 1914).

Algo más tarde, en el siglo XVIII, en algunas regiones de Europa se observa una relación del ejército con la mineralogía y la minería. Sin embargo, según el gran historiador de la geología militar Edward Rose, los primeros escritos y la fundación de esta rama de la ciencia aparecen en el siglo XIX (Rose *et al.*, 2018). Los pioneros en su desempeño fueron los ejércitos napoleónicos en su invasión de Egipto, a punto de iniciarse ese siglo, en el mes de julio del año 1798. En esta campaña, integrada en el ejército francés, se encontraba una Comisión de Ciencias y Artes que contaba con cuatro miembros denominados como

“mineralogistas”: Dieudonne de Gratet de Dolomieu, en cuyo honor se denominó la dolomita (mineral compuesto por carbonato cálcico y magnésico), quien en Egipto cayó preso, enfermó y terminó muriendo en Francia; y sus discípulos Louis Cordier, quien da nombre a la cordierita (ciclosilicato de hierro, magnesio y aluminio), François-Michel de Rozière y Víctor Dupuy (Rose *et al.*, 2018).

En cuanto a las obras sobre esta materia, existe un primer trabajo, a modo de pequeño memorándum, que relaciona la geología con la ciencia militar, escrito por el geólogo suizo Johann Samuel Gruner (1766-1824), alias von Grouner, un veterano de las guerras napoleónicas, y que fue publicado, de manera póstuma, en 1826 (von Grouner, 1826). Sin embargo, hasta el año 1849 el británico Richard Baird Smith no publicará “*Essay on Geology, as a branch of study especially meriting the attention of the Corps of Engineers*” (Smith, 1849) o, años más tarde, en 1862, el artículo “*Importance of a knowledge of geology to military men*” publicado por el capitán F.W. Hutton (Hutton, 1862; Rose *et al.*, 2018).

Actualmente, no cabe duda, la geología militar es fundamental en el despliegue de un ejército antes de que se vea paralizado por falta de suministros.

4.6.1. El inicio de la Geología Militar en España

La relación entre el ejército y los suministros minerales es intrínseca al mismo ejército. Se sabe que en el año 1359 ya había cañones a bordo de barcos españoles (Armada castellana) que estaban fabricados por una aleación de cobre, estaño y hierro, y sus proyectiles eran impulsados por pólvora, compuesta a su vez por carbón vegetal, salitre y azufre (Durán, 2017). Además, todos los ejércitos necesitan saber dónde poder instalarse y unos mínimos recursos para su mantenimiento, fundamentalmente el agua. Estos temas se comienzan a estudiar de una manera profesional con los grandes movimientos de unidades militares que se produjeron en las guerras napoleónicas.

De la misma manera que ocurrió en otros países europeos, en España los primeros escritos de esta rama de la ciencia también aparecen en el siglo XIX, justo después del periodo de guerras europeas. La primera obra que trata este tema de manera directa son los *Elementos sublimes de geografía física aplicados a la ciencia de campaña*, publicada en 1819 por el brigadier Juan Sánchez Cisneros, donde geografía física es un sinónimo de geognosia o geología (Sánchez Cisneros, 1819).

Este documento es anterior a todos los conocidos hasta el momento en Europa sobre geología militar, por lo que se podría considerar como la obra pionera y, por lo tanto, la que da comienzo a esta disciplina, tanto en España como en Europa.

Existen algunos antecedentes a esta idea. Especialmente la tesis de Muro Morales (1990) en la que explica la influencia que la ciencia y las ideas sobre el territorio han tenido en las enseñanzas militares del siglo XIX y donde analiza la

utilización de esta ciencia por los cuerpos de estado mayor, artillería e ingenieros de un ejército. También explica que en la obra de Sánchez Cisneros se relaciona el sustrato geológico y las ciencias de la Tierra con la estrategia, y asume que el brigadier es el pionero en la introducción y difusión en España de las nuevas ideas sobre estrategia militar que aparecen por Europa (Muro, 1990).

Otros trabajos sobre Sánchez Cisneros se pueden encontrar en la interesante tesis de Casanova Honrubia (2009) sobre los estudios geológicos realizados en la provincia de Valencia, en un apartado donde se habla sobre el militar español, o en el trabajo de Gil Novales (1983) sobre el arte de la guerra. No obstante, en ninguno de ellos se relaciona la milicia con la geología de manera directa, ni se considera esta ciencia mixta como una nueva disciplina, ni tampoco se le aplica el nombre de geología militar.

En esta tesis se estima que el brigadier Juan Sánchez Cisneros fue el iniciador de la geología militar en el año 1819, al menos en España, y gracias a sus obras, especialmente a *Elementos sublimes de geografía física aplicados a la ciencia de campaña*. Y se analizará la continuidad de su obra en la figura del geólogo y general Francisco de Luján, en el texto *La guerra y la geología* (1871) del general Ángel Rodríguez de Quijano y Arroquia y en las conferencias, sobre este tema, que impartió el catedrático Francisco Vidal Careta, en el año 1904, compiladas en un tomo y denominadas *Geología Militar* (1905) (Vidal, 1905)

4.6.2. La geognosia aplicada a la ciencia de campaña del brigadier Sánchez Cisneros

Juan Sánchez Cisneros nace en Murcia, en el año 1769, pero se desconoce la fecha de su muerte. Algunos autores documentan que puede ser originario de la localidad murciana de Caravaca de la Cruz (Casanova, 2009). En el año 1790, en busca de aventuras, llegó a la ciudad de Orán, que se encontraba bajo soberanía española, donde había acudido por sus propios medios para, una vez allí, ingresar en el ejército, en lo que se denominaba precisamente en el siglo XVIII como *aventurero*: un oficial o soldado de fortuna que no sentaba plaza (Carrillo de Albornoz, db).

Después de su estancia africana, abandona el ejército y se supone que durante algún tiempo aprovecha para estudiar en la Academia de Matemáticas de Cádiz. En el año 1794, se reincorpora al ejército donde es nombrado teniente de la costa de Andalucía y capitán de Milicias provinciales, con sede en Sanlúcar de Barrameda (Carrillo de Albornoz, db).

Desde su juventud, Sánchez Cisneros es un ilustrado que, con el paso de los años y el devenir de la historia de España, se transformará en un liberal. Es notable su interés por adquirir nuevos conocimientos, lo que explica que una vez destinado en Madrid pueda compatibilizar su vida en el ejército con su asistencia, durante los dos años necesarios para completar un curso, en la Real Escuela de

Mineralogía que dirigía Francisco Chavaneau, quien firmó el diploma del alumno Sánchez Cisneros el 14 de noviembre de 1796.

Chavaneau había contratado, en 1791, al alemán Cristiano Herrgen (1765-1816), destacado discípulo de Abraham Gottlob Werner -el fundador de la moderna mineralogía- como profesor en la escuela. Desde que empezó el curso en el año 1795, Sánchez Cisneros disfruta de la relación con Herrgen, se interesa por la mineralogía y comienza a utilizar el método de Werner de clasificación de minerales.

En aquellos años, publicó varios escritos de geología, como “Discurso físico-natural sobre la formación de las montañas calizas y su origen y el descubrimiento en la de Gibraltar de una petrificación animal que se conserva en el Real Gabinete del Laboratorio Químico de Madrid” (1799) o la “Carta africana sobre los terremotos y sucesos ocurridos en Orán” (1799), entre otras memorias científicas. Además, durante tres años se dedica a estudiar la margen izquierda del Turia y la Sierra del Espadán, en una exploración botánica y mineralógica.

En el año 1802, vuelve a la Escuela de Mineralogía de Madrid, entonces denominada Real Estudio de Mineralogía, para asistir a un nuevo curso de Orictognosia, que impartía Cristiano Herrgen, en el que se utilizaba como libro de texto la traducción de la obra del mismo nombre de Johann Friedrich Widenmann, realizada por el mismo Herrgen. La vida de Sánchez Cisneros es una dicotomía entre la milicia y su interés por las ciencias, que había comenzado por la química; sin embargo, después de conocer a Cristiano Herrgen, este interés se enfocará a la mineralogía y a la geología.

En el año 1808, su faceta científica se ve interrumpida y debe dejar paso a su faceta militar. Se encuentra en Valencia, destinado en el Regimiento de Zapadores de esa ciudad, cuando comienza la Guerra del Francés o de la Independencia. Se da la circunstancia de que antes de estallar la guerra, en el mes de febrero de ese año, el geólogo escocés-americano William Maclure (1763-1840), de paso por Valencia, intenta contactar con él, pero no llega a conseguirlo. Se dice que el viaje de Maclure por España no solo tenía una finalidad geológica, sino que trabajaba para el ejército francés como espía amparado bajo el paraguas de geólogo.

Con su regimiento, participa en las obras de defensa en el primer sitio de Zaragoza, donde resulta herido dos veces, y también se le encarga la jefatura de un hospital de campaña en Vinaroz. Algo más tarde, crea y sufraga, parece ser que junto a una rica terrateniente a la que administraba sus fincas en Valencia, el Batallón de Gastadores de Aragón, con el que sobresale en el ataque a Alcañiz, donde es nuevamente herido por una mina que coloca él mismo para derribar las defensas. Interviene en las batallas de Fuensanta, Checa, Auñón y Sagunto, donde es capturado, pero logra huir hasta Cádiz, participando en su defensa, y todavía ayudará en el bloqueo de Tortosa. En el año 1812, asciende a teniente coronel del Cuerpo de Ingenieros, donde había ingresado poco antes.

Al finalizar la guerra es promovido a brigadier de infantería y, en 1822, asciende a mariscal de campo.

El año 1838 es el último en el que aparece publicado su nombre en el Estado Militar de España, a punto de cumplir los setenta años de edad, lo que se interpreta como su retirada definitiva del servicio o su fallecimiento (Carrillo de Albornoz, dbe). Una completa biografía de la vida militar del brigadier Sánchez Cisneros se puede encontrar en los expedientes personales y en las hojas de servicio del Archivo General Militar de Segovia.

Después de la guerra contra el francés, al llegar la paz, se dedicó a escribir obras sobre la ciencia militar debido al impacto que le causó la contienda. También influyó el hecho que, en Europa, después de las guerras napoleónicas, se vivió la moda de escribir tratados militares. Una característica de muchos de sus escritos es que contienen continuas referencias a las ciencias geológicas y mineralógicas. De sus obras relacionadas con la milicia se pueden destacar: *Instrucción militar* (1811); *Ideas sueltas sobre la ciencia militar* (1814); *Principios elementales de Estrategia en diálogo* (1817) -se trata de un diálogo entre un general y un oficial discípulo suyo de la academia-, *Instituciones del derecho público de la guerra* (1817); y *Ensayo de un Diccionario razonado sobre la ciencia de la guerra* (1826). En esta última obra ensalza al “profundo geognosta Humboldt” e inserta una “nota particular sobre el levantamiento de planos topográficos”.

Sin embargo, su obra más importante, aunque prácticamente desconocida, son los *Elementos sublimes de geografía física aplicados a la ciencia de campaña*, una obra claramente precursora de la ciencia de la geología militar. Fue publicada antes que el *Vom Kriege (De la guerra)*, el conocido libro de Carl von Clausewitz, que, como su nombre indica, trata sobre conflictos bélicos.

Los *Elementos*, en su primera página tienen una cita de Fhocylides muy curiosa: “Trabaja: Tú debes pagar tu vida con tu trabajo, el holgazán roba a la sociedad”. Y comienza nombrando a Humboldt, Werner, Herrgen y Donato García. En otro capítulo, también nombra a tres diluvianistas como Whiston, Burnet y Woodward, al hablar de la formación de la Tierra, lo que demuestra su conocimiento de las ciencias geológicas y de los autores contemporáneos que las cultivan. De hecho, Juan Sánchez Cisneros es un convencido “werneriano”, gracias, en primer lugar, a la influencia de Herrgen y, más tarde, a la influencia de su ayudante Donato García Noguera, quien después de la guerra se incorpora al Real Museo de Historia Natural (producto de fusionar el Jardín Botánico, el Estudio de Mineralogía, el Laboratorio de Química y el Gabinete de Historia Natural) y que en 1816, a la muerte de Herrgen, asumirá sus clases (y dos años más tarde su cátedra).

En los *Elementos*, explica que la ciencia militar no puede sostenerse sin la geología: obras, minas, búsqueda de agua, terrenos por donde dirigir galerías o trincheras, la graduación de la pólvora, el empuje o aguante de los terraplenes,

entre otras cuestiones, y se pregunta cómo han de adquirir los generales, jefes y oficiales estos conocimientos. Cuenta que Aristóteles le decía a Alejandro que, para ser verdaderamente grande, debían ser grandes sus conocimientos en filosofía natural (es decir, en ciencias naturales) y también indica que los griegos enseñaban esta ciencia en las academias militares. Según Polibio *“no podrá adelantar mucho un General que carece de estos conocimientos”*.

En los primeros capítulos de esta obra describe la formación de la Tierra, de la superficie del globo y de las montañas. En el capítulo quinto hace una división de las rocas en cinco grupos, de más antiguo a más moderno: (1) primitivas (granito, gneis, granitino (*sic*), pizarra arcillosa, cuarzo y caliza), (2) transición, (3) secundarias (arenisca, caliza secundaria, yeso, creta, calamina, carbón y basalto), (4) de acarreo (arenas y cantos rodados) y (5) volcánicas. En la formación de las rocas volcánicas, señala que hay dos escuelas, la francesa, que considera que es debida al fuego, y la alemana, de los neptunistas, que la atribuyen al agua. A esta última concede, equivocadamente, más acierto. Continúa con el origen de los volcanes, los ríos y la extensión y altura de las montañas, adjuntando unas tablas con variadas mediciones, algunas de ellas realizadas por él mismo.

Acto seguido, describe las partes en las que se aplica la geografía física a la ciencia de campaña: (1) la salud del ejército, en cuanto a si se asienta en un terreno con mucha humedad o en un terreno donde escasea el agua, la temperatura ambiente, etc., (2) la seguridad estratégica de los campos, dando una especial relevancia a todo lo que se refiere a las infraestructuras, como caminos o asentamientos, en relación con el tipo de roca o suelo sobre el que se encuentren, incluyendo si puede haber desprendimientos o inestabilidades, (3) el ataque y la defensa de las plazas y qué rocas son mejores para ello, poniendo el ejemplo de una atalaya de caliza con karstificaciones -formando cuevas- que se pueden rellenar de explosivo sin hacer el menor ruido y realizar una voladura, (4) teoría de las minas militares, que es un auténtico manual de voladuras, con un análisis de la pólvora, de las durezas y tenacidades de las rocas y de la interacción entre cada roca con la pólvora, (5) terraplenes, entendidos en un sentido más amplio como el empuje o asentamiento de la tierra en las construcciones militares, (6) se trata de un capítulo donde se centra en otros lances de la guerra y (7) influjo del clima en los hombres de la milicia.

4.6.3. Francisco de Luján: geólogo, artillero y ministro de Fomento

Se puede apreciar cierta continuidad de la obra del brigadier Cisneros en la figura de Francisco de Luxán y Miguel-Romero, quien nació en Madrid el 14 de julio de 1798 y falleció en la misma ciudad el 12 de julio de 1867 (López de Azcona,

1984c)⁴⁴. Actualmente se le debe conocer como Francisco de Luján ya que en la ortografía española se produjo un cambio que transformó la X fricativa en una J.

Francisco y su hermano Pedro se incorporaron al Real Colegio de Artillería en julio de 1812, cuando la sede del mismo estaba temporalmente en Mahón, debido a la guerra, donde se mantuvo hasta 1814 cuando retornó a su tradicional ubicación en Segovia. Allí tuvo la suerte de recibir clases de química aplicada a la artillería y de mineralogía de Francisco Carbonell, químico y farmacéutico y una de las figuras más destacadas de la ciencia española en esa época, que también se encontraba en Mallorca debido a la contienda. Francisco completará su formación con unas clases de química en el Colegio de Farmacia de Sevilla.

Entre 1823 y 1827, es dado de baja en el ejército por sus ideas liberales y permanece en la casa familiar de Castuera, en la provincia de Badajoz, donde se dedica a realizar diversos estudios geológicos. Al reintegrarse a la milicia, es destinado a la Fábrica de Bronce de Sevilla y, al poco tiempo, es comisionado en Madrid para cursar estudios de química y metalurgia, asistiendo a las clases de José Duro Garcés y Donato García Noguera, respectivamente. Además, recibe formación en la Dirección General de Minas y en el Gabinete de Historia Natural, entre los años 1831 y 1833, interrumpidos por un breve periodo en 1831, cuando estuvo unos meses en la cárcel. Entre 1833 y 1835, recibe clases en la Escuela de Minas de París de los más prestigiosos geólogos franceses del momento, como Élie de Beaumont, Dufrenoy o Constant Prévost, al aceptar una nueva comisión de servicio que le llevó a visitar Bélgica, Países Bajos, Alemania, Inglaterra y Francia. Es entonces cuando el artillero Luján adquiere una buena formación geológica.

Regresa a España en el contexto de la primera guerra carlista (1833-1840), participando en el año 1837 en la toma de Irún, por lo que recibirá la Cruz "Laureada" de San Fernando, y en la defensa de Madrid frente a los partidarios del infante Carlos. Ascende a coronel en 1841 y al año siguiente es nombrado maestro de la joven Isabel II.

En aquel año de 1841, Francisco de Luján imparte un curso en la Sociedad de Instrucción Pública, que tenía su sede en el antiguo convento de los Capuchinos del Prado, donde defiende que sin geología no puede haber progreso. Fruto de estas clases, se editará su obra *Lecciones de Geología* en la que aborda durante los cinco primeros capítulos la formación de la Tierra, la temperatura terrestre, la atmósfera, la circulación del aire y el ciclo del agua. Nombra a Werner, a Hutton y a Élie de Beaumont, también a Louis Cordier,

⁴⁴ De Francisco de Luján hay varias fechas de nacimiento (al menos cuatro que tengan alguna explicación: 1795, 1798, 1799 y 1800). Bien pudiera ser 1798, como nombra López de Azcona (1984c), porque coincide con la edad de su hermano Pedro (1796-1856) y con la suya como la correspondiente a unos cadetes que ingresan en el Real Colegio de Artillería. Sin embargo, el Diccionario Biográfico electrónico de la Real Academia de la Historia señala 1795.

cuando acepta que la Tierra terminará solidificándose, y a Georgius Agrícola, a quien achaca no haber hablado en su obra de los pozos artesianos. Evidentemente, conoce a los geólogos clásicos, pero también a los modernos, como demuestra en el capítulo sexto, cuando se refiere a los fósiles y nombra repetidamente a Charles Lyell y a Georges Cuvier. En otra parte del texto se atreve a abordar los grandes debates que tuvieron lugar en Europa y define su postura en un punto intermedio entre el uniformismo y el catastrofismo, con ciertas similitudes a la concepción actual. En el resto de capítulos habla sobre la orografía, la meteorización, las capas del terreno, los metales, las rocas, y las características del terreno según su edad, para finalizar disertando sobre los volcanes.

Explica que la geología y la orografía del terreno tienen influencia sobre las fronteras y en la soberanía de los países por lo que interpela a los consejeros reales de Felipe IV en los siguientes términos: *“si hubieran sabido geología, a falta de amor patrio y de corazón español, hubieran preferido mil veces la muerte a la mengua de firmar la separación de Portugal”*.

De nuevo por sus ideas políticas, en el año 1843, es obligado a marcharse de Madrid. Aprovecha estos años de destierro para escribir, por encargo de un antiguo compañero de armas, el *Tratado elemental de Mineralogía* (1845) para la Academia de Artillería.

Con la vuelta de Espartero al poder, es nombrado ministro de Fomento, cargo que también desempeñará posteriormente con O'Donnell. En 1847, dentro de una campaña de Narváez para integrar en la vida pública a los progresistas, es nombrado teniente general y, más tarde, brigadier. Presidió la Comisión del Mapa Geológico (1849-1853), publicándose bajo su mandato las memorias de 1850, 1851 y 1852. Así mismo, formó parte de la nueva Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en la Sección de Ciencias Naturales.

Luján fue el primer ministro, y el único miembro de los progresistas, con formación científica. En el Gobierno, impulsó el Proyecto de Ley de Minas de 1854, la Ley General de Ferrocarriles de 1855 y participó en la elaboración del Plan de Ferrocarriles de 1867. En todo momento, procuró el fomento de la minería, lo que constatan algunas de sus frases más célebres recogidas en el diario de sesiones de las Cortes, como: *“Un impulso tecnológico en el que el carbón está en la base del poder de las naciones”* o, la ya mencionada, *“No hay dinero en el mundo para comprar Almadén”*.

Aunque se había desligado del Ejército para dedicarse a la política, es nombrado mariscal de campo en el año 1863, cuando también recibe la Gran Cruz de San Hermenegildo.

Sus principales obras son: *Lecciones de Geología: explicadas (sic) en la Sociedad de Instrucción Pública* (1841); *Tratado elemental de mineralogía* (1845), en dos tomos destinados a la enseñanza de esta ciencia en la Escuela de Artillería

de Segovia; “Estudios y observaciones geológicas relativos a terrenos que comprenden parte de la provincia de Badajoz, y de las de Sevilla, Toledo y Ciudad Real, y cortes geológicos de estos terrenos” (1850) y como coautor de *Reseña Geológica de España* (1859).

Francisco de Luján fue un gran geólogo y un buen militar, pero en sus escritos no profundiza en la geología militar como tal, excepto en su *Tratado de Mineralogía*, que está destinado a los alumnos de la Academia de Artillería. Sin embargo, sí que se puede considerar como claro ejemplo del geólogo-artillero que conoce la importancia que tiene la más noble de las ciencias en el arte de la guerra⁴⁵.

4.6.4. La guerra y la geología del general Rodríguez de Quijano y Arroquia

Ángel Rodríguez de Quijano y Arroquia (1820-1903) anticipa en su obra que el brigadier Sánchez Cisneros es el iniciador de la geología militar. Nace en La Carolina, provincia de Jaén, a los dieciocho años ingresa en la Academia de Ingenieros y a los veintidós sale como teniente del cuerpo. Asciende a capitán por méritos de guerra, en el año 1843, debido a su decidida defensa del fuerte de Guadalajara. En 1846, es comisionado al extranjero para el estudio y análisis de las escuelas militares de otros países, lo que a su vuelta se tradujo en la publicación de una extensa memoria sobre el funcionamiento de estas instituciones. Entre los años 1854 y 1862, en situación de supernumerario del ejército, ingresa en la compañía que construye el ferrocarril Madrid-Jadraque. Dos años antes de acabar la línea, había sido ascendido a teniente coronel y cuatro años más tarde es de nuevo ascendido, esta vez a coronel. Después de diversas comisiones de servicio, vuelve a su regimiento en 1871, con el que participa en varias batallas de las guerras carlistas, como las operaciones para el levantamiento del cerco a Pamplona que habían montado los seguidores del infante Carlos y el posterior cruce del Alto del Perdón para asegurar Puente la Reina. En el año 1888 pasa a la reserva, ya ascendido a mariscal de campo (el equivalente a general de división) y le son concedidas la Gran Cruz de Carlos III y la Gran Cruz de Alfonso XII. Una biografía muy detallada del general Rodríguez de Quijano se puede encontrar en la necrológica que se publicó en la revista del *Memorial de Ingenieros* (*Memorial de Ingenieros*, 1903).

Durante toda su carrera, realizó diversos trabajos sobre dibujo técnico que fueron publicados y sirvieron de guía a los nuevos cadetes. Es de reseñar, también, su nombramiento en 1875 como presidente de la junta redactora de la publicación militar *Memorial de Ingenieros* y la edición de una obra muy notable, escrita cuando ya se encuentra en la reserva, conocida como *El terreno, los*

⁴⁵ Sobre Francisco de Luján se puede encontrar una completa biografía en “Vida militar de Francisco de Luxán Miguel-Romero” (Martínez Oyarzábal, 2016), en *Milicia y Geología, Francisco de Luxán*.

hombres y las armas (1892), publicado en la *Revista técnica de Infantería y Caballería*.

No obstante, su principal obra es *La guerra y la geología* (1871), de la que en su época se dijo que “*marca una nueva etapa en la ciencia militar*” o “*obras como esta demuestran que existen en nuestro suelo hombres estudiosos, cuya modestia no puede ocultar el mérito que atesoran, ellos son una esperanza de la patria (...) y orgullo nobilísimo del ejército al que pertenecen*” (Declaraciones de sus compañeros de armas en la revista *Memorial de Ingenieros*, 1903). Fue inmediatamente traducida al francés y muy bien acogida por la prensa especializada internacional (*Revista Memorial de Ingenieros*, 1903). A diferencia de *Los Elementos* del brigadier Cisneros, la cual no se nombra en las historias de la geología militar, *La guerra y la geología* aparece en casi todos los artículos de historia sobre esta materia gracias a su traducción al francés.

El general Rodríguez de Quijano comienza su libro nombrando a Descartes y al conde de Buffon, así como las teorías que existen sobre el origen de la Tierra; pero a continuación, explica, que, para la geología militar, no son importantes dichas teorías, es en el exterior del planeta, en su superficie, donde debe centrar la atención el geólogo militar.

Añade que el militar no tiene suficiente con el conocimiento de la topografía para preparar las operaciones, sino que debe conocer la geología del terreno y, sin llegar a ser un geólogo, debe admitir la hipótesis de que las montañas están formadas por plegamientos o levantamientos y que la corteza terrestre está formada por capas sedimentarias. Se puede leer en la introducción de esta obra: “*La topografía es incompleta, militarmente hablando, sino está hermanado el conocimiento de la superficie del terreno con la naturaleza del suelo y las condiciones físicas y climatológicas que le son inherentes*”.

A lo largo de toda esta obra Rodríguez de Quijano, menciona, en varias ocasiones, los *Elementos sublimes de geografía física aplicados a la ciencia de la guerra* del brigadier Sánchez Cisneros, donde geografía física tiene el significado de geognosia o geología: “*Las ciencias naturales han hecho inmensos progresos: la antigua Geografía física (...) hoy está absorbida por la moderna Geología*”. En el capítulo de conclusiones, describe la obra del brigadier como el inicio de la geología militar: “*la gran atalaya levantada hace más de medio siglo por el sabio Brigadier Juan Sánchez Cisneros, para descubrir el horizonte militar desde la altura de las ciencias físicas o naturales*”.

También nombra el artículo “El arte de la guerra y las ciencias físico-matemáticas” del coronel de ingenieros Carlos Ibáñez, publicado en 1863 en la revista *Memorial de ingenieros*. A continuación, explica que el artillero no puede dar un solo paso sin ayuda de las ciencias exactas, físicas y naturales y que el oficial de Estado Mayor no puede cumplir su misión en un ejército sin esta sólida preparación científica.

Divide la geología en tres ramas: la geografía física (estudio de las formas capitales del terreno y sus accidentes, las aguas y el relieve), la geognosia (clasificaciones para definir las capas del terreno) y la geogenia (origen de la Tierra). Y explica que, aún siendo la Geología la ciencia principal, debe apoyarse en la física, la química y la mineralogía.

En el capítulo primero, habla de la estrategia y la geología, y aclara que sin la ventaja del terreno solo queda la fuerza bruta. Expone que, si se estudia el mapa geológico de Europa, se pueden observar grandes ejemplos de operaciones militares determinadas por la geología del terreno. Pone como ejemplo, que los grandes capitanes y generales de todas las épocas han evitado atravesar el río Rin y han preferido mover a sus ejércitos por una determinada formación jurásica. Esta afirmación no carece de veracidad, como se comprobará en las guerras mundiales que se desarrollarán en el siglo XX, cuando en esta gran formación jurásica, según la identifica Rodríguez de Quijano, se producirán grandes batallas, como la de Verdún o la de las Ardenas. En otra parte del capítulo, opina que Portugal y España debían estar juntos porque así lo dicta la geología de la península ibérica, lo que devolvería el poder ibérico a su apogeo.

En el capítulo segundo, realiza un resumen general geológico, donde describe el ciclo geológico, atribuyendo el protagonismo del mismo a la fuerza de los océanos, ya que en aquellos años no se había enunciado la teoría de la tectónica de placas, que tardaría un siglo en llegar. Nombra al conde de Buffon y a Humboldt (del que opina, puede que acertadamente, que debe su fama a España) y acepta tanto el neptunismo como el plutonismo, consecuentemente con el año en que escribe esta obra, donde ya se había superado la controversia entre las dos escuelas. Sin embargo, afirma, equivocadamente, que las nuevas teorías demuestran que el interior de la Tierra no es un fluido caliente.

El capítulo tercero lo denomina "Reseña geológica de la Península Ibérica" y -citando al general Francisco de Luján- explica que las rocas plutónicas y cristalinas se encuentran principalmente en Galicia, Extremadura y Pirineos. También habla de los ríos españoles que, excepto el Ebro que forma una cuenca y el Guadiana que es un valle, asegura que "*no forman valles sino cursos*" por lo que se pueden cometer errores de estrategia "*si se atribuye el carácter de valle al forzado paso de nuestros ríos*". Conoce lo que se denominó como *controversia del Devónico*, muy famosa entre los geólogos ingleses, cuando expone que a los terrenos carboníferos algunos geólogos los consideran devónicos.

El cuarto capítulo se denomina "Estudio geológico-militar de la península" y comienza con una descripción de los terrenos favorables para realizar un campamento, de los terrenos favorables a la infantería, a la artillería, etc.

Después describe famosas batallas militares que han tenido lugar en suelo peninsular y su relación con los terrenos ibéricos, narrando, entre otras, la batalla de Alcántara entre españoles, con el Duque de Alba al frente, y portugueses; en

la que los primeros obtienen una ventaja táctica gracias a conocer que el único paso estratégico entre el río Tajo y el Guadiana era una formación miocena, lo que combinado con el momento de marea oportuno, les permitió conseguir una importante victoria. También explica que los franceses, cuando examinaron el mapa de España, observaron que la distancia más cercana entre el río Ebro y el río Duero era relativamente pequeña para mover su ejército, pero a la hora de la verdad se trataba de un paso difícil y encajonado que no les permitía desplazarse como habían imaginado.

Y así, una detrás de otra, desgrana innumerables batallas donde existe una relación directa entre el resultado de la batalla y las capas del terreno y el tipo de rocas.

En el último capítulo, aunque lo denomina de conclusión, vuelve a describir la relación entre las batallas y las formaciones geológicas, pero esta vez en toda Europa, especialmente en la guerra austro-prusiana y la guerra entre Prusia y Francia. Describe las limitaciones fronterizas que tienen estos tres países debido a la geomorfología que les rodea. A su vez, hace un ejercicio de imaginación de cómo sería la geopolítica europea si subiera el nivel del mar unas decenas de metros.

4.6.5. Las conferencias de Francisco Vidal

Francisco Vidal y Careta (1860-1923) nace en Barcelona y se licencia en Medicina en su universidad, trasladándose posteriormente a Madrid, donde obtiene el doctorado en esta especialidad y, algo más tarde, el doctorado en Ciencias Naturales. Es el autor de una curiosa tesis, presentada en el año 1881, en la que estudia la relación entre la medicina y la música y que se puede consultar en el repositorio de tesis de la Universidad Complutense de Madrid (*E-Prints Complutense*).

En el año 1885, gana por oposición la cátedra de Paleontología Estratigráfica de la Universidad de La Habana, provincia de Cuba, donde imparte clases de geología y paleontología hasta 1893. Un par de años después, ya de vuelta en la península, ocupa la cátedra de Geografía y Geología dinámica (según se designa a partir del año 1900) de la Universidad Central de Madrid, que había quedado vacante al fallecer Juan Vilanova. Es autor de numerosos escritos sobre paleontología y geología, como por ejemplo *Bellezas geológicas de España*, así como el compositor musical de la ópera *Cristóbal Colón*

Vidal imparte, ya iniciado el siguiente siglo, en el Centro del Ejército y de la Armada, durante tres fines de semana consecutivos del año 1904, unas conferencias que más tarde serán compiladas en el volumen denominado *Geología Militar*. La primera conferencia, titulada "Generalidades", se pronuncia en la noche del sábado 3 de diciembre y comienza recordando al general Rodríguez de Quijano para, a continuación, emitir una definición de la geología militar. Completa esta definición con la siguiente frase: "el enlace de la ciencia

más noble a que puede dedicarse el hombre porque es el estudio del planeta que habitamos con la ciencia encargada precisamente de defender la tierra". También se ocupa de la orografía y de cómo ésta puede definir un país y a sus habitantes, lo que apuntala con variados ejemplos. A su vez, señala que las penínsulas, como la ibérica, deben defender sus costas con artillería y potentes escuadras de la armada.

La segunda conferencia se denomina "Generalidades respecto a España" y se pronuncia en la noche del 9 de diciembre. Se centra, de nuevo, en la orografía y explica que España, desde el punto de vista geológico, comienza con el levantamiento de los Pirineos, entre el Eoceno y el Oligoceno. Recomienda que se creen batallones de cazadores, los denomina "batallones alpinos", a poder ser, formados por militares de la misma región donde se formen, ya que no habría ningún peligro para la patria de que los ejércitos se convirtieran en regionales, como ocurre por ejemplo en Alemania (de lo que se deduce que todavía no tenían importancia los nacionalismos peninsulares). Recomienda la formación de batallones alpinos en Gerona, Lérida, Huesca, provincias Vascongadas, Santander, Lugo y Orense. También en Zamora, Salamanca, Cáceres, Badajoz, Huelva, Murcia, Almería, Granada, Málaga y Cádiz. Considera que Toledo es la cuna del ejército español, una plaza notable por su historia y por su geología. Así mismo, recuerda las palabras del general Rodríguez de Quijano: *"el conocimiento del terreno decide muchas veces el éxito de una guerra"*.

La tercera conferencia se pronuncia el 16 de diciembre de 1904 bajo el título de "Generalidades respecto a las islas y posesiones españolas". Comienza con una frase rotunda: *"España se encuentra en condiciones de poder tener expansión colonial"*. Describe la superioridad de los descubridores y exploradores españoles que han respetado las razas indígenas, al contrario que los ingleses que las exterminaron, dándoles sus costumbres, su idioma y su religión. Recomienda que en Ceuta y Melilla debe haber siempre un buque de guerra y batallones de cazadores alpinos en las costas del Rif, una idea que anticipa el nacimiento de la Legión española, que se crearía unos años más tarde, concretamente el 28 de enero de 1920. En Chafarinas, Vélez de la Gomera y Alhucemas debe haber artillería de costa. En las islas Baleares y las islas Canarias también sería necesario tener de forma permanente dos o tres buques de guerra. Y, finalmente, enumera las posesiones que le quedan a España: Presidios de África, Muni, Guinea española, islas del Golfo de Guinea y Río de Oro, y nombra sesenta islas, de las cien que considera que le quedan a España, aunque el resto son islotes sin nombre.

Como conclusión sobre esta disciplina, y una vez se han presentado las obras sobre geología militar españolas del siglo XIX, se puede observar que la menos conocida es la del brigadier Sánchez Cisneros, un autor claramente menos popular que Francisco de Luján que ha tenido un claro reconocimiento en la actualidad, incluyendo publicaciones sobre su vida y su obra; o que el general Rodríguez de Quijano al que tradujeron algunas de sus obras en Francia y a quien

se cita en las historias europeas sobre geología militar. No obstante, y a pesar de ser menos conocido, Sánchez Cisneros muestra un gran conocimiento geológico y escribe una obra muy completa en el año 1819, once años antes de que Charles Lyell publicara su famosa obra sobre geología *-Principios de Geología-* y trece años antes de la popular obra sobre la guerra de Carl von Clausewitz *-Vom Kriege-*.

Por lo tanto, se puede considerar a Juan Sánchez Cisneros como el iniciador de la geología militar en España, una rama de las ciencias geológicas que, cada vez, tendrá más protagonismo en el mundo dentro del amplio concepto denominado Geología de la Seguridad o Geología de la Defensa.

CAPÍTULO 5

LA GEOLOGÍA EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XX: GEOLOGÍA CONTEMPORÁNEA

En la segunda mitad del siglo XX, debido a una serie de factores, primero como consecuencia directa de las guerras (Guerra Civil y Segunda Guerra Mundial) y, más tarde, por la necesidad del país de formar técnicos para desarrollarse, se produce el verdadero asentamiento de la geología en España.

Introducción

En España, el siglo XX había empezado dos años antes, en 1898. Se asiste al acto final del imperio, después de una larga decadencia, cuando se pierden Cuba, Puerto Rico, Filipinas y la isla de Guam. Y sobre todo, cuando se pierde una guerra provocada por el nuevo imperio emergente: la Guerra de Cuba y los Estados Unidos de América.

La primera mitad del siglo es muy convulsa para España, excepto un breve periodo de tranquilidad que se vive durante la Primera Guerra Mundial, en el que, gracias a la neutralidad del país, la economía se beneficia de la venta de productos agrícolas y de materias primas. Para el resto de Europa, tampoco es fácil, al ser en este siglo cuando surgen los movimientos revolucionarios obreros, con expresiones como la anarquía, el socialismo o el comunismo, que termina triunfando en Rusia, mientras que el fascismo aparece en Italia y el nacionalsocialismo en la humillada Alemania, lo que desencadenará la Segunda Guerra Mundial.

La geología, a nivel mundial, se desarrolla a gran velocidad, con una nueva incorporación, como es la de los geólogos norteamericanos. Pero, mientras estos científicos de la primera mitad del siglo intentan, por ejemplo, explicar cómo se elevan las montañas con teorías como la de la isostasia o la del geosinclinal; los geólogos españoles, en el mejor de los casos, asisten como meros observadores.

Se considera que la época moderna de esta ciencia comenzó a partir de los *Principios de Geología* de Charles Lyell, época que, más tarde, fue denominada como la "de los geólogos completos", ya que en un principio todos los geólogos eran competentes en todas las especialidades. Sin embargo, en el anterior siglo XIX ya se habían consolidado las especialidades en paleontología, estratigrafía y mineralogía y, en este siglo XX, se desarrollarán el resto de especialidades, inmediatamente después de finalizada la Segunda Guerra Mundial, momento en el que las ciencias y la técnica experimentarán un crecimiento brutal.

No obstante, a pesar de no estar los geólogos españoles en primera línea, en España, la geología comienza a germinar en algunas situaciones y en algunas

instituciones de principios de este siglo. En el año 1910, la Comisión del Mapa Geológico pasa a denominarse Instituto Geológico de España y, algo más tarde, en el año 1927, se le añadiría el segundo apellido: Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Esta institución será fundamental durante todo el siglo, a pesar de no contar con el primer geólogo en plantilla hasta el año 1966, cuando se incorpora Ángel González Asensio (1936), un experto hidrogeólogo almeriense, padre a su vez de geólogo. Hasta ese año, la geología en el instituto la practicaban los ingenieros de minas, donde algunos de ellos se identificaban como geólogos-ingenieros de minas, una tradición desde la formación de la Comisión del Mapa Geológico.

Un nuevo hito ocurre en el año 1926, cuando España es el país anfitrión del XIV Congreso Geológico Internacional, caracterizado por el predominio de los geólogos franceses y alemanes, así como por el limitado significado real del congreso en la producción científica de su época (Ayala Carcedo *et al.*, 2005). Sin embargo, *“la mayoría de edad de la geología española está ligada a este congreso”* (Ordoñez, 1992b). Para la preparación del mismo, colaboran los geólogos-ingenieros de minas con los geólogos procedentes de la universidad, todavía estos últimos sin masa crítica para salir fuera del ámbito universitario y del entorno del Museo de Historia Natural⁴⁶.

El mejor ejemplo del nivel de la geología española en el primer tercio de este siglo XX quizás sea aquel XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid. El país anfitrión, España, era envidiado durante la Primera Guerra Mundial, ya que había gozado de una economía fuerte gracias a su neutralidad; en el otro extremo estaba Alemania, que había sufrido las cláusulas abusivas como perdedor de la contienda. Pues bien, en el Instituto Geológico de España había menos de treinta técnicos contratados, frente a los veinticuatro geólogos alemanes que se encontraban trabajando solamente en territorio español (además de otra decena de distintas nacionalidades, como los franceses). Este ejemplo sirve de fotografía fija para reflejar el estado de la geología en España en el primer tercio del siglo, cuando había más geólogos extranjeros trabajando que geólogos españoles en el Instituto Geológico de España (todavía en el año 1933 no se había llegado a treinta titulados contratados en el instituto).

No obstante, será en este siglo XX cuando la geología comienza a figurar con la importancia que le corresponde, incluida la universidad. La auténtica explosión ocurre bajo el régimen franquista, y no precisamente en lo que algunos historiadores han llamado desarrollismo, sino mucho antes, ya que los cimientos se pusieron inmediatamente terminada la Guerra Civil.

⁴⁶ Para aquellos geólogos del Museo de Historia Natural y/o de la Universidad Central de principios del siglo XX (los denominados geólogos-naturalistas, en contraposición a los geólogos-ingenieros de minas) el historiador de la geología, Salvador Ordoñez, ha acuñado el término de *Escuela de Geología de Madrid*, *“esta escuela nació de los discípulos de José Macpherson”* (Ordoñez, 1992b).

Generalmente, los trabajos históricos sobre el estado de la geología española después de la guerra suelen coincidir en que hubo un parón o estancamiento. En esta tesis se intenta demostrar que esto no fue exactamente así. Quizás en las universidades de ciencias hubo un parón en lo referente a la geología, aunque puede que, más bien, no habían conseguido tener una estructura relevante en la enseñanza de esta ciencia, probablemente la misma situación en la que hubieran estado de no existir la guerra. El mejor ejemplo es el de la paleontología, desterrada de la universidad durante todo el siglo hasta que es restaurada en la posguerra, un ejemplo de que en plena autarquía se apostó por la ciencia.

Después de la Guerra Civil, se crean importantes entidades para la geología, como el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)⁴⁷, y otras de menor entidad, pero de alta importancia para esta ciencia, como el Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas, que, entre otros servicios, llegó a tener una importante Escuela de Sondistas. A su vez, se desarrolló la minería metálica, con el wolframio como ejemplo sobresaliente, que tanto contribuyó a paliar la posguerra y el aislamiento internacional.

5.1. La geología en España durante el primer tercio del siglo XX

En este primer tercio del siglo, la semilla de la geología profesional y de la geología científica estaba puesta. Tanto los geólogos-naturalistas de la universidad, como los geólogos-ingenieros de minas del instituto geológico y de la escuela de minas, realizan importantes trabajos en el África española y en la península y, prácticamente todos ellos, están representados en aquel famoso XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid, en el año 1926.

Previo a describir la historia de este primer tercio del siglo XX, se debe conocer cómo era un geólogo español en aquel tiempo.

5.1.1. La figura del geólogo según Pío Baroja

El gran escritor español Pío Baroja (1872-1956) describe como se veía a los geólogos de principios de siglo en su novela *La dama errante*, primera parte de una trilogía que se inspira en el atentado perpetrado en la calle Mayor de Madrid contra los reyes de España en el día de su boda, el 31 de mayo de 1906:

"El primo Venancio...era una notabilidad en Geología, y lo llamaban para destinarle a los trabajos del mapa geológico. Puso en su despacho sin pretensiones de lujo; sobre estantes de pino, sin pintar, colocó piedras, fósiles, calaveras de animales, gradillas con tubos de ensayo; en las paredes fue clavando fotografías de minas, planos geológicos,

⁴⁷ El Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), fundado en 1939, es el heredero de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), creada en 1907 y cuyo primer presidente fue Santiago Ramón y Cajal.

lámparas de minero de nuevos sistemas, anuncios de cables, de vagonetas, de sondas para perforar, de máquinas para triturar piedras. Venancio era entusiasta de su profesión y le gustaba rodearse de objetos y de estampas que le recordasen de continuo sus aficiones científicas...

Era hombre bondadoso e ingenuo. Sus estudios y las lecciones que daba a sus hijas le ocupaban el día entero. Era un excursionista terrible; había subido a todos los montes de España, y se había bañado en las lagunas de Sierra Nevada, Peñalara, Gredos y del Urbión. Se ocupaba casi exclusivamente de cuestiones científicas; lo demás le interesaba poco; la literatura le parecía una cosa perjudicial, y, en su biblioteca, las únicas obras literarias que figuraban eran las novelas de Julio Verne...

Era un hombre sincero, que llevaba a la práctica lo que pensaba. Estaba dando a sus hijas una educación natural, aunque en Madrid pareciese absurda. Los juguetes de sus niñas eran las brújulas, las lámparas de minero, la cinta, las piritas de cobre cuadradas y brillantes...".

Se ha especulado sobre en quién se inspiró Pío Baroja para hacer la semblanza de este geólogo. El padre de Pío Baroja fue Serafín Baroja, ingeniero de minas que llegó a ser ingeniero jefe de las minas de Río Tinto (Huelva). Aquella época era la de los geólogos-ingenieros de minas, aunque este no era el caso, ya que la figura de Serafín no se ajustaba a este perfil; sin embargo, Lucas Mallada, íntimo amigo de Serafín, era el prototipo de ingeniero de minas de formación y geólogo de profesión⁴⁸

5.1.2. El Museo de Historia Natural⁴⁹ y la Universidad Central

El siglo XX comienza con un cierto interés por las ciencias naturales, que se ve reflejado en algunos hechos, como la creación, en el año 1902, de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales. Este interés también se puede apreciar en las variadas reformas que se aplican en todos los niveles de la enseñanza.

En el año 1900, se encarga a Ignacio Bolívar que se ocupe de la reforma de la Facultad de Ciencias, donde implanta las clases prácticas, que pronto serán copiadas por otras facultades. Al año siguiente, Bolívar es nombrado director del Gabinete de Historia Natural en sustitución de Miguel Maisterra, aunque hubo dos breves directores entre ambos. En este tiempo, la enseñanza universitaria de la geología forma parte de la Sección de Ciencias Naturales y se sigue completando con las clases en el Museo de Historia Natural. La Facultad de

⁴⁸ Pío Baroja realizó una semblanza de Lucas Mallada en su obra *Memorias* (Baroja, 1955). La mayoría de conversaciones tuvieron lugar "al final de la guerra de Cuba".

⁴⁹ El Real Gabinete de Historia Natural, que había creado el rey Carlos III, en el año 1771, adoptó más tarde el nombre de Real Museo de Ciencias Naturales, al fusionarse el museo con el gabinete, y mantiene ese nuevo nombre hasta 1847, cuando pasó a llamarse Museo de Historia Natural. Entre 1857 y 1913 es denominado Museo de Ciencias Naturales de Madrid y, definitivamente, desde ese principio de siglo XX, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN).

Ciencias se encontraba dividida en cuatro secciones: Exactas, Físicas, Químicas y Naturales.

Debido a esta reforma, en la Universidad Central desaparece la asignatura de Paleontología Estratigráfica, que es sustituida por Geografía y Geología Dinámica que será impartida por Francisco Vidal, en segundo curso. La asignatura de Mineralogía y Botánica, de primer curso, y la Ampliación de Mineralogía, ahora denominada Mineralogía Descriptiva, de tercer curso, son impartidas por Salvador Calderón. La asignatura que imparte José María Solano, con esta reforma, se denomina Geología Geognóstica y Estratigráfica, y corresponde a cuarto curso, mientras el profesor auxiliar Eduardo Reyes Prosper (1860-1921) se encargó de la Cristalografía, en segundo curso. Esta materia, la Cristalografía, figurará con el nuevo plan de estudios en la Sección de Químicas de las Universidades de Barcelona, Valencia y Zaragoza (Pelayo, 2004).

Durante estos años van sobreviniendo unas reformas sobre otras; en una de ellas, la del conde de Romanones de 1901, se determina, entre otras muchas disposiciones, el fomento de los estudios de Historia Natural y se encarga a los catedráticos de instituto que recojan muestras de la “*gea, flora y fauna*”, de sus respectivas localidades, para crear museos locales; y enviar el resto de muestras al Museo de Historia Natural de Madrid, para que distribuya, entre el resto de museos locales, las muestras de toda España. Este hecho tiene cierta trascendencia en la historia de la geología, ya que, para la distribución de las muestras entre los diferentes entes locales, se destina en el museo a Eduardo Hernández Pacheco, hasta entonces catedrático de instituto en Córdoba desde que había obtenido la plaza, en el año 1899.

En el año 1903, las cátedras de ciencias geológicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central se reparten de la siguiente manera: Francisco Vidal imparte Geografía y Geología Dinámica; Lucas Fernández Navarro ostenta la de Cristalografía (desde 1902), que había sido de su maestro Quiroga y entre ambos había estado atendida por Tomás de Andrés; a su vez, Eduardo Hernández Pacheco ocupa (sin ser su titular hasta 1910) la de Solano, de Geología y Paleontología y, por último, José Madrid Moreno (1863-1936) gana por oposición la cátedra recientemente creada de Técnica Micrográfica. A partir de 1911, Lucas Fernández Navarro, al fallecer Salvador Calderón, suma la cátedra de Mineralogía Descriptiva (Julivert, 2014); y la otra cátedra que ostentaba Calderón, de Mineralogía y Botánica, la toma Odón de Buen⁵⁰, al pedir el traslado desde su cátedra de Barcelona para ello.

⁵⁰ Odón de Buen y Cos (1863-1945) es considerado el fundador de la Oceanografía en España, siendo el primer director del Instituto Español de Oceanografía (IEO), creado en 1914. Su primer anuncio como director del IEO fue la realización de una campaña oceanográfica a bordo del cañonero *Nuñez de Balboa* de la Marina de Guerra.

Por su parte, Ignacio Bolívar, que había comenzado el siglo encargándose de la reforma de la facultad, es nombrado en el año 1904 decano de la misma, cargo que ejercerá durante cinco años (Bolívar, 1988).

Se suceden los años y los antiguos catedráticos van desapareciendo. En el año 1923, fallece Francisco Vidal y su cátedra de Geografía y Geología Dinámica la acumula Eduardo Hernández Pacheco, con lo que en ese momento existen cuatro cátedras que están en posesión de dos catedráticos. Esta situación se mantiene ya que, en el año 1929, en la Facultad de Ciencias existen cuatro asignaturas de Geología (habían desaparecido las asignaturas de Cristalografía y la de Geografía y Geología Dinámica, pero se implantó un primer curso general de Ciencias Geológicas en la Sección de Naturales y aparece la asignatura Complementos de Geología en la Sección de Químicas) y dos catedráticos (Bolado Somolinos, 2012).

Se debe destacar la figura y los trabajos de estos dos geólogos que ocuparon estas cátedras de principios de siglo. El alcarreño Lucas Fernández Navarro (1869-1930) realizó estudios de los vulcanismos de la península ibérica en Olot y Cofrentes y también en la parte africana de España: Melilla, cabo Tres Forcas, islas Chafarinas, isla de Alborán y, dentro de las islas Canarias, en Tenerife, La Gomera y El Hierro. En Tenerife, describió la erupción del Chinyero, que se produjo entre el 18 y el 27 de noviembre de 1909. En 1927, será elegido presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Barrera, 2014). Además, es de reseñar que Lucas Fernández Navarro fue el autor del "Catálogo de las especies y variedades de minerales expuestas al público en el Museo de Ciencias Naturales con indicación del lugar que ocupan" (1925), una exposición que se componía de dos salas: "Minerales de España" y "Colección General de Minerales" (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

Y el otro geólogo destacado de la misma generación fue Eduardo Hernández Pacheco y Estevan (1872-1965), quien nace en Madrid y se licencia con premio extraordinario en Ciencias Naturales por la Universidad Central de esta villa. Su tesis de doctorado la dirige José Macpherson. Cuando, en el año 1910, obtiene la cátedra de Geología Geognóstica y Estratigráfica de la Universidad Central de Madrid, automáticamente se convierte en jefe de Sección de Geología y Paleontología del Museo de Ciencias Naturales, a lo que habrá de sumar, en 1911, a la muerte de Salvador Calderón, la jefatura de la Sección de Mineralogía, a la cual renunciará en 1920. También, en aquel año de 1910, es pensionado por la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) para ampliar su formación en Francia, Bélgica, Suiza e Italia (Bolado Somolinos, 2012).

Eduardo Hernández Pacheco, a su vez, fue el descubridor del yacimiento de *Arqueociatos* de Las Ermitas, en las cercanías de Córdoba, así como presidente y presidente honorario de la Real Sociedad Española de Historia Natural y académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Se

considera que su gran trabajo fue la síntesis del mapa geológico de España, que él mismo denominaba como "Solar Hispano".

Por su parte, el ya conocido como Museo de Ciencias Naturales sufre una nueva mudanza, en el año 1910, desde el Palacio de Bibliotecas hacia el de Artes e Industrias en los Altos del Hipódromo, junto con la Escuela de Ingenieros Industriales y la Real Sociedad Española de Historia Natural, siendo esta su ubicación actual. En este traslado, Hernández Pacheco se ocupa de acomodar las colecciones minerales y -con la ayuda de Jiménez de Cisneros- las colecciones paleontológicas. En este mismo año, el Museo Nacional de Ciencias Naturales, se integra dentro del recién creado Instituto Nacional de Ciencias Físicas y Naturales y, a pesar de estar separado de la Universidad Central, continúa impartiendo cursos breves de mineralogía y geología que dan los ayudantes de los laboratorios, así como cursos superiores impartidos por Domingo de Orueta, Florentino Azpeitia o Hugo Obermaier.

Al año siguiente, en 1911, vuelven a ser editados los *Anales de Historia Natural*, cuya publicación había estado interrumpida durante más de un siglo, desde el año 1804.

A pesar de que se intentaron nuevas reformas, en los años 1922 y 1928, la realidad es que fueron de poco calado y el plan de estudios al que dieron lugar las reformas del año 1900 se mantuvo vigente más de treinta años, en lo que a la Facultad de Ciencias se refiere. Se trataba de una facultad con pocos recursos, tanto de personal y equipos como económicos, en la que los profesores y catedráticos veían con malos ojos como se invertía en educación en la Junta para la Ampliación de Estudios (JAE) y no en la universidad (Bolado Somolinos, 2012).

En el año 1930, se produce la entrada de nuevos técnicos en la parte del museo, siempre dentro de la estructura de la facultad, como es el caso de Gabriel Martín Cardoso (1896-1954), ayudante de Lucas Fernández Navarro, al que sucedió, debido al inesperado fallecimiento de este, en la cátedra de Cristalografía, en el año 1932. Martín Cardoso introduce en España la técnica de rayos X para la identificación de minerales, siendo el primer español que determinó la estructura de un mineral -la epsomita- por rayos X (Ordoñez y La Iglesia, 1996). A su vez, ingresan los técnicos Pedro García Bayón y Rafael Candel Vila (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

En el año 1933, sale a concurso la cátedra de Geografía Física y la gana Francisco Hernández Pacheco de la Cuesta, quien ya era profesor auxiliar de la universidad, desde 1924, y profesor auxiliar de esta cátedra, desde 1929 (Bolado Somolinos, 2012), quedando tres catedráticos antes de la guerra: Hernández Pacheco, padre e hijo, y Martín Cardoso.

No obstante, en este siglo XX, el Museo Nacional de Ciencias Naturales cada vez tiene menos importancia como centro de formación, dejando esta labor a la

universidad, y cada vez se parece más a lo que su nombre indica. Después de la Guerra Civil, se creará el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el museo pasará a depender directamente de esta nueva entidad, continuando así hasta la actualidad.

Es de reseñar, siendo Emiliano Aguirre director del museo en el año 1985, la decisión de la Junta de Gobierno del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de reestructurar el Museo Nacional de Ciencias Naturales (se conoce como “Quinta época: Renovación” dentro de la historia del MNCN), con el consiguiente cierre al público del mismo, lo que dio lugar cuatro años más tarde a una exposición permanente denominada “Historia de la Tierra y de la Vida” (Sánchez Almazán *et al.*, 2010).

En el año 2010, se inaugura la exposición permanente “Minerales, fósiles y evolución humana”. Desde entonces, la colección de geología del museo custodia más de quince mil ejemplares de minerales y más de mil ejemplares de rocas, e incluye una vitrina dedicada al descubrimiento del platino por Antonio de Ulloa (Peña de Camús, 2017).

En otro orden de cosas, y aunque será objeto de estudio más adelante, en un apartado específico para las secciones y facultades de geología, se debe explicar que, a principios de siglo, en el año 1910, Ignacio Bolívar junto al rector de la Universidad de Barcelona, Joaquín Bonet Amigo, barón de Bonet, el catedrático de Historia Natural de la Facultad de Ciencias, Odón de Buen, y el diputado y catedrático Hermenegildo Giner de los Ríos, promueven la creación de la Facultad de Ciencias Naturales en Barcelona, lo que constituyó, sin lugar a dudas, un hecho relevante para la ciencia en España. En ese mismo apartado, se continuará con la historia de la Universidad Central a partir de la Guerra Civil y ya sin el Museo Nacional de Ciencias Naturales como compañero.

5.1.3. Paleontología

La paleontología se ve afectada por la reforma del año 1900 que lleva a cabo Ignacio Bolívar en la Facultad de Ciencias y en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, cuando sustituye la asignatura de Paleontología por otra denominada Geografía y Geología Dinámica, aunque no cambia el catedrático, que continúa siendo Francisco Vidal. La desaparición de esta asignatura de Paleontología se debe imputar a Bolívar, más enfocado a algunas asignaturas de biología y muy involucrado en la política de su tiempo, pero es de difícil explicación. Pudiera ser que, siete años antes, había fallecido Juan Vilanova y se le identificara con la asignatura (Gozalo, 1999), o pudiera ser que Bolívar pensara en ayudar a algunos de sus compañeros, con difícil acceso al rígido escalafón universitario, dando protagonismo a la Junta de Ampliación de Estudios (JAE), donde es nombrado vocal en 1907 y presidente durante la Guerra Civil.

Así se describía la fundación de la JAE en aquellos años (Bolívar, 1988):

“Marca otra etapa importantísima en la historia del progreso de las Ciencias Naturales en nuestra patria, la creación de una institución que ha ejercido la más beneficiosa influencia en el desarrollo de la cultura científica española: la Junta para Ampliación de estudios e investigaciones científicas, creada por Real decreto de 11 de enero de 1907. Personas prestigiosas de todas ideas, y muy especialmente los señores Giner de los Ríos, Azcárate, Cajal, Carracido, Torres Quevedo, Menéndez Pidal, Castillejo y otras personas, entre las que también figuraba Bolívar”.

Debido al vacío creado, la Junta para Ampliación de Estudios establece, durante el año 1911, la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas, cuya sede se establece en el Museo Nacional de Ciencias Naturales. Se nombra director a Enrique de Aguilera y Gamboa, marqués de Cerralbo, comisario a Juan Cabré Aguiló y jefe de trabajos y director de publicaciones a Eduardo Hernández Pacheco, que será director a partir del fallecimiento de Enrique de Aguilera, en el año 1922. También colaborarán otros geólogos como Hugo Obermaier (quien terminará enfrentado con Hernández Pacheco) (Gozalo, 1999).

En este sentido, hubo paleontólogos destacables, evidentemente ajenos al mundo universitario, que publicaban, pertenecían o estaban en el ámbito de la Real Sociedad Española de Historia Natural, como Daniel Jiménez de Cisneros (1863-1941), Federico Gómez Llueca (1889-1960) o Joaquín Gómez de Llarena (1891-1979), los cuales, fueron pensionados por la Junta de Ampliación de Estudios con becas en el extranjero (Otero Carvajal y López Sánchez, 2012).

A estas circunstancias hay que añadir que, en el año 1910, el Instituto Geológico Español -a la vez que es bautizado con este nuevo nombre- redefine sus objetivos, centrándose en la minería y la hidrogeología, relegando, en gran medida, la investigación de tipo regional que llevaba asociada la investigación paleontológica. Este cambio tiene su origen en el año 1905, cuando el gobierno había encargado a la Comisión del Mapa Geológico el estudio de las aguas subterráneas de España, iniciando la tendencia de centrarse en cuestiones más prácticas, como la hidrología o la minería.

Si este cúmulo de factores no fuera suficiente, se añade una “extinción” de paleontólogos -en palabras del historiador Leandro Sequeiros- en la década de 1920. Había comenzado un año antes con el fallecimiento de Jaime Almera y continuó con Lucas Mallada en 1921, Luis Mariano Vidal y José Joaquín Landerer en 1922 y finalmente Daniel de Cortázar en 1927 (Sequeiros, 1989).

No se repondrían en España las cátedras de paleontología hasta que, una reforma de la universidad realizada por el gobierno del régimen del general Franco, en el año 1949, repuso la de Madrid en la persona de Bermudo Meléndez, conocido como el padre de la paleontología española; y constituyó otra en Barcelona a cargo de José Ramón Bataller (1890-1962), un gran paleontólogo del Museo Geológico del Seminario de Barcelona, discípulo de Almera, de Faura y de Hernández Pacheco, cuya labor fue continuada por Luis Vía Boada (1910-1991).

Fue tan grave esta ausencia de la paleontología en Barcelona que no hubo ni siquiera asignatura de esta materia durante la primera mitad del siglo, justo hasta el momento en el que se constituye la cátedra que toma Bataller.

Efectivamente, se considera al palentino Bermudo Meléndez Meléndez (1912-1999) como el padre de la paleontología española, aunque siempre hay excepciones. En concreto, algunos historiadores le achacan su posición en las -ya muy superadas en su época- posiciones antidarwinistas que, bien es cierto, fue suavizando a lo largo de su vida. Bermudo Meléndez se licenció en Ciencias Naturales en la Universidad Central de Madrid, en el año 1936. Comenzó en esta misma universidad como profesor auxiliar para regresar como catedrático, en 1949, después de permanecer cinco años en la Universidad de Granada. Es el autor de *Tratado de Paleontología* (editado por primera vez en 1947 y por última vez en 1998) una obra de referencia con numerosas ampliaciones, ediciones e incluso cambios de denominación. También es autor de la obra *Geología* (1966), un trabajo muy conocido realizado en colaboración con José María Fúster, del cual se imprimieron hasta ocho ediciones. Fue presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural y presidente de la Asociación de Geólogos Españoles, la semilla del futuro colegio profesional de geólogos. También fue decano de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense. Se jubiló en 1982, al cumplir los setenta años de edad (Bolado Somolinos, 2012).

5.1.4. Prospección geológica en el África española⁵¹

Como se ha visto en capítulos anteriores, las provincias españolas americanas tuvieron una importancia determinante en el desarrollo de la geología española. Sin llegar a la altura de aquel continente, en los territorios españoles africanos se realizaron unas labores de prospección y cartografía muy meritorias que dieron lugar a un alto conocimiento de la zona, que en algunos lugares todavía es el utilizado, y a unas labores mineras de cierta entidad.

La presencia española en África empieza a consolidarse a principios del siglo XV, en el año 1402, cuando la Corona de Castilla realiza una expedición a las islas Canarias. Años más tarde, confirmará su soberanía en el tratado de Alcaçovas (1479), donde se otorgan estas islas, junto con la franja de Ifni, a los castellanos. A esto se añade que, al terminar la Reconquista, se inicia una campaña para fortificar ciudades del norte de África con una doble intención; por un lado, poder controlar a los piratas berberiscos que castigaban la costa mediterránea española y, por otro lado, porque la reina Isabel I de Castilla pensaba que se debía continuar la labor de expulsión de los musulmanes en esa zona, aunque su nieto Carlos nunca se ocupó y decidió enfocar sus esfuerzos hacia Europa. En el año 1497, se comienza a fortificar Melilla y, en el año 1505, se afianza la fuerza

⁵¹ Para una mayor facilidad en la lectura, la exploración geológica en el África española, aunque se haya situado dentro de este apartado del primer tercio del siglo, se explicará hasta su final en la década de 1970.

castellana con la conquista de Cazaza (actualmente en ruinas) y Mazalquivir, donde se erigen nuevas fortalezas cristianas. En el año 1508, se fortifica Vélez de la Gomera, cuando todavía era un islote -ya que a partir de un terremoto acaecido en 1930 se une al continente creando un estrecho istmo de arena, lo que se denomina tómbolo-, dejando de ser isla y pasando a ser continente.

Cuatro siglos más tarde, al finalizar la Conferencia de Berlín del año 1885, donde los países europeos se repartieron las colonias del continente, la denominada África española incluía los territorios del Protectorado Español de Marruecos -conformado por el Rif al norte y Cabo Juby al sur-, el Sáhara Español y la Guinea española junto a las islas Canarias, Ceuta, Melilla y otras plazas menores, entre las que destacan las islas Alhucemas, el Peñón de Vélez de la Gomera y las islas Chafarinas.

No obstante, el final del siglo XIX coincide con la Guerra de Cuba y los gobiernos españoles de principios del siglo XX se ocuparon algo del Protectorado Español de Marruecos y muy poco del Sáhara Español, y no se ocuparían de aquellos territorios hasta prácticamente finalizada la Guerra Civil.

5.1.4.1 Marruecos

En las tres primeras décadas del siglo XX se vive una cierta tranquilidad en la España peninsular, manteniéndose al margen de la Primera Guerra Mundial. Por el contrario, en el Marruecos español se viven unos años muy intensos, que comienzan con los ataques de algunas cabilas contra las zonas mineras y continuarán con una guerra, cuando se unen estas cabilas bajo el mando de Abd-el-Krim, lo que finalmente desembocará en el Desastre de Annual (1921). Unos años después, se producirá el Desembarco de Alhucemas (1925) y la definitiva pacificación de la zona bajo los protectorados español y francés, en el año 1927.

La sociedad española estaba muy pendiente de las noticias que procedían de Marruecos y había distintos puntos de vista sobre cómo enfrentarse al problema. En el primer tercio del siglo, la situación en el norte de África era un tema cotidiano de conversación entre todas las clases sociales. Los naturalistas españoles se sentían atraídos doblemente, no solo estaban pendientes de la situación política, sino que tenían un especial interés a nivel científico. Y, como no podía ser de otra manera, el gobierno tenía mucho interés en los recursos minerales y en el conocimiento geológico de la zona.

En general, todo lo relacionado con los territorios africanos españoles despertaba una gran atracción en la sociedad. Desde el año 1860, algunos naturalistas españoles habían realizado diversas exploraciones, entre las que destaca la expedición de Francisco Quiroga al Sahara, en 1886, o la de Manuel Martínez de la Escalera a Guinea, en 1901. Pero en este comienzo de siglo es en Marruecos, específicamente, donde se realizarán varias expediciones geológicas.

En marzo del año 1905, la Real Sociedad Española de Historia Natural había creado la Comisión para la Exploración del Noroeste de África, que vio interrumpidos sus trabajos cuando, el 9 de julio de 1909, las cabilas atacaron las explotaciones mineras del Rif, lo que provoca que tres días más tarde se inicie el envío de soldados españoles a la zona. Desde este momento, y hasta el año 1927, las expediciones científicas que se realicen estarán bajo la jurisdicción militar.

El primer viaje de reconocimiento geológico se produce poco después del envío de las tropas, cuando el Ministerio de Fomento encarga a Luis de Adaro (1849-1915) y a Alfonso del Valle (1874-1943) un informe sobre los yacimientos de hierro de Guelaya, que aparecerá publicado con el nombre de “Notas acerca de la constitución geológica del Guelaya” (1910). En concreto, se trataba de conseguir información sobre *“la constitución del cordón de La Restinga, la disposición de los criaderos minerales, la hidrología de la zona y la clasificación de los terrenos sobre los que se había desplegado la fuerza española”* (González Bueno, 2004; González Bueno y Gomis Blanco, 2007).

A la vuelta de la exploración, Luis de Adaro recomienda al ministerio la creación de una Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos, que será bien acogida y que, incluso, se considerará imprescindible para conocer la geología del terreno si se quieren colonizar aquellos territorios.

En el año 1911, se realiza una nueva expedición geológica liderada por Lucas Fernández Navarro en la sierra de Kebdana y otra, en abril de 1912, a través del Rif, dirigida por el naturalista Odón de Buen, al que acompaña el botánico Arturo Caballero. Esta serie de exploraciones se verán interrumpidas cuando se produce una nueva rebelión en el Rif, entre el 24 de julio de 1911 y el mes de mayo de 1912, y no se reanudarán hasta después de que esté constituido el Protectorado Español, el 27 de noviembre de 1912.

Entre los años 1913 y 1923, la Real Sociedad Española de Historia Natural financia cuatro viajes al norte del protectorado, tres a la región de Yebala y uno al Rif oriental. En el ámbito geológico, destaca el primero de estos viajes, que se realizó entre los meses de mayo y julio de 1913, y se desarrolló bajo la denominada “Campaña de paz y de progreso entre las campañas militares”, siendo escoltado por distintas unidades militares según la zona que se iba investigando. Lo dirige Lucas Fernández Navarro y le acompañan el zoólogo Ángel Cabrera, el botánico Juan Dantín Cereceda, el escritor Constancio Bernaldo de Quirós y el entomólogo Fernando Martínez de la Escalera Goróstegui (González Bueno, 2004; González Bueno y Gomis Blanco, 2017).

Los trabajos de esta expedición fueron editados por la Real Sociedad Española de Historia Natural en el libro *Yebala y el bajo Lucus* (1914). Además, en el octavo tomo de las *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (1917), que está dedicado íntegramente a Marruecos, aparecen, junto a los escritos de otras naturalistas, los trabajos de Lucas Fernández Navarro sobre la

geología del Rif oriental y sobre la constitución geológica de la península de Yebala.

Entre 1915 y 1916, se realizan seis trabajos en el seno de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos, cuya creación había recomendado Luis de Adaro. De estos seis trabajos se editará un volumen monográfico denominado *Estudios relativos a la Geología de Marruecos* en el *Boletín* del Instituto Geológico de España.

La dirección de los trabajos de la comisión se le encomendó al gran geólogo Agustín Marín y Bertrán de Lis (1877-1963), al que se ha definido como “*trabajador incansable y dotado de una inteligencia privilegiada, (que) desplegó (a lo largo de su vida) una actividad profesional ingente reflejada en un sinnúmero de informes y memorias sobre temas geológicos y mineros*” (Parra del Río, db). Se le considera como el sucesor de Lucas Mallada y fue director general de Minas y Combustibles, director del Instituto Geológico y Minero de España y presidente de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras (Parra del Río, db).

Agustín Marín dividió el trabajo de campo en dos zonas, la primera en la ciudad de Melilla y alrededores, que quedó a cargo de Alfonso del Valle y Pablo Fernández Iruegas (1877-¿?); y una segunda zona del litoral marroquí que, a su vez, tenía dos tramos, el primero en la costa mediterránea entre Ceuta y Tetuán y el segundo tramo en la costa atlántica entre Alcazarquivir -una ciudad interior cercana a Larache y situada en el curso medio del río Lucus- y la ciudad de Tánger. Los dos tramos de esta segunda zona estaban a cargo de Enrique Dupuy de Lome Vidiella (1885-1965) y Francisco Javier Miláns del Bosch (1887-1961) (González Bueno, 2004; González Bueno y Gomis Blanco, 2007).

El trabajo de campo de estos dos grupos de la comisión continuará, a pesar del conflicto armado, y unos años más tarde publicará un segundo tomo de *Estudios relativos a la Geología de Marruecos* (1921), donde se avanza en el estudio de las dos zonas. Esta publicación se completa con una nueva zona, entre Tánger y Tetuán, explicada por Dupuy de Lome y Miláns del Bosch; y por una síntesis sobre las islas Chafarinas y una memoria sobre la constitución geológica del monte Mauro, escritos ambos por Agustín Marín, quien también se encarga de la introducción, al ser el director de la comisión.

En el verano de 1918, el alcarreño Lucas Fernández Navarro realiza una nueva expedición para estudiar la cadena del Rif en una lineación norte-sur, desde Ceuta hasta Tetuán, pero la violencia de las cabilas le impedirá el estudio completo de la región. Todas las investigaciones de los naturalistas y técnicos españoles se verán afectadas por la guerra, hasta unos meses después de la rendición de Abd-el-Krim, en mayo de 1926.

En ese mes de mayo, mientras el guerrillero se rendía ante los franceses -no quiso entregarse a los españoles-, en Madrid se estaban celebrando las sesiones del XIV Congreso Geológico Internacional. Una de las excursiones del congreso

que se realizó antes de la celebración del mismo fue la del "Estrecho de Gibraltar, norte de Marruecos y Marruecos español", de doce días de duración. La dirección de esta excursión y la redacción de la guía de campo correspondiente se encomendaron a la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos que dividió las jornadas en dos grupos, uno a cargo de Miláns del Bosch, con un viaje entre las ciudades de Ceuta y Tetuán, y otro a cargo de Alfonso del Valle, con una expedición por la región de Guelaya. El resultado de estos trabajos, junto a otros estudios sobre los terrenos recuperados al enemigo a partir del Desembarco de Alhucemas, dio lugar al tercer tomo de los *Estudios relativos a la Geología de Marruecos* (1927), publicado por la comisión en el *Boletín del Instituto Geológico de España*, que ese mismo año de 1927 pasaría a denominarse Instituto Geológico y Minero de España.

Hasta esta anualidad de 1927, la investigación en el norte de Marruecos se encontraba en manos del ejército, incluso las exploraciones de Lucas Fernández Navarro y de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos dependían, en cierta medida, del mando militar, y no solo a nivel de seguridad. Sin embargo, después de la pacificación del protectorado y hasta el inicio de la Guerra Civil, se realizarán otro tipo de investigaciones con un carácter civil más marcado.

Después del conflicto, en el año 1945, se crea el Instituto de Estudios Africanos, del Centro Superior de Investigaciones Científicas, gracias al cual, hay geólogos que pueden seguir investigando en tierras africanas. Algunos de aquellos geólogos fueron Manuel Alía (del que se tratará más adelante) o José María Fúster, que realizó su tesis en la Guinea española y es el autor de diversos trabajos en el Marruecos español como "Evolución magmática de la provincia de la Guelaya (Norte de Marruecos)" (1957) o "Las técnicas fotogeológicas y los problemas geológicos africanos" (1958).

5.1.4.2 Sáhara Español

La historia del Sáhara Español está unida a la historia del Ejército español. Esta provincia estaba formada por dos territorios: *Saguia el Hamra* y Río de Oro. Ya en el año 1904, el capitán Francisco Bens se había establecido en Villa Cisneros, la capital de Río de Oro, que había sido fundada por los españoles en 1884.

En el año 1934, el gobierno español ordena al ejército establecerse en Ifni, un asentamiento español situado al norte de Cabo Juby que muy probablemente coincidiría con Santa Cruz de la Mar Pequeña, que a su vez había sido un establecimiento fundado por la Corona de Castilla en el año 1476 (aunque Eduardo Hernández Pacheco consideraba en alguno de sus escritos que esta población había sido el origen de Agadir, no de Ifni). El sultán de Marruecos había reconocido la soberanía española de esta zona, en el año 1860, en el Tratado de Wad-Ras.

Y cuatro años más tarde de haberse establecido en Ifni, en 1938, los oficiales del ejército Antonio de Oro Pulido y Galo Bullón establecen en la provincia de

Saguia el Hamra otro asentamiento conocido como El Aaiún, que en el año 1940 fue declarado capital de todo el Sáhara Español.

Al ser el nuevo jefe del Estado, el general Franco -y como él gran parte de los oficiales del ejército-, un gran africanista y un profundo conocedor del territorio y de su cultura, inmediatamente terminada la Guerra Civil su gobierno comienza a preocuparse de esta zona y de sus gentes. Además, durante la Segunda Guerra Mundial, las islas Canarias y la costa africana despiertan un especial interés en los contendientes. Hitler se reúne en Hendaya con Franco y le pide la cesión de una de las islas, a lo que Franco no accede, igual que no accede al deseo de que España entre en el conflicto bélico, pero sí se ve obligado a pagar la deuda de guerra, principalmente con recursos minerales. Por lo tanto, una de las primeras medidas del nuevo gobierno será explorar y conocer aquel vasto territorio, lo que hace necesario que sea cartografiado y que sus recursos sean investigados.

La zona norte del Protectorado Español, el Rif, ya había sido topografiada a principios de siglo, y durante el primer tercio del mismo se habían realizado las exploraciones geológicas llevadas a cabo por Lucas Fernández Navarro y Luis de Adaro. También, el pequeño territorio de Sidi-Ifni había sido topografiado en 1934 y se había encargado al ya prestigioso Eduardo Hernández Pacheco un estudio geológico de aquel enclave (Rodríguez Esteban, 2011).

Sin embargo, el Sáhara Español estaba sin estudiar y, además, estaba sin delimitar. Las fronteras entre la zona francesa y la zona española no estaban fijadas y los franceses cada vez ocupaban más terreno español, especialmente aprovechando los años de la Guerra Civil, lo que daba lugar a diversos incidentes. El más grave ocurrió dos meses antes de finalizar el conflicto, cuando ya se consideraba vencedor al ejército franquista. Durante el mes de febrero de 1939, una patrulla de los grupos nómadas de *Saguia el Hamra* atacó a dos soldados mauritanos de las Tropas de los Confines Argelo-Marroquies que se habían introducido en territorio español (Rodríguez Esteban, 2011). Las continuas intromisiones producen una reclamación del Alto Comisariado de España en Marruecos para que se fijen las fronteras entre ambos países, a lo que Francia, a punto de entrar en una nueva guerra mundial, se opuso.

Estos antecedentes mostraban la clara necesidad de tener delimitada la zona y de obtener una topografía de aquel vasto territorio, un trabajo que le será encargado al Servicio Geográfico del Ejército. Debido a la urgencia del proyecto, se descarta crear una red de triangulación geodésica, como sí había ocurrido anteriormente con las topografías de la zona norte del protectorado y del territorio de Sidi-Ifni. En este proyecto participaron los saharauis activamente, aportando los mapas mentales del desierto que se transmitían por tradición oral y en verso. Por su parte, los españoles utilizaron los nombres hasaníes para designar la toponimia y así aportar a sus habitantes un instrumento que en la actualidad sigue siendo útil, a diferencia de lo realizado por otras potencias coloniales

(Rodríguez Esteban, 2011). Finalmente, las campañas sobre el terreno se desarrollaron entre los años 1943 y 1949.

No obstante, el tiempo apremia y el gobierno decide no esperar a la topografía. Es necesario conocer los recursos y se decide encomendar a la Alta Comisaría de Marruecos y Colonias una expedición científica que realizará sus trabajos a principios del año 1941. Y como ya había ocurrido anteriormente con la zona de Sidi-Ifni, se designa a Eduardo Hernández Pacheco, al que acompañará en esta nueva campaña su hijo Francisco, para llevar a cabo la investigación.

Francisco Hernández Pacheco de la Cuesta (1899-1976) había nacido en Valladolid, pero siendo muy joven llega a Madrid, donde se licencia y doctora en Ciencias Naturales en su universidad, y donde logrará ser catedrático y, a su vez, al igual que su padre, llegará a ser presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural y académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Barrera, 1999).

En esta expedición al Sahara Español, padre e hijo, deben identificar las características geológicas y geomorfológicas (fisiográficas según Eduardo Hernández Pacheco) y definir y organizar un futuro proyecto de investigación de esa provincia con continuas campañas de exploración geológicas. En el prólogo de una monografía de Manuel Alía sobre el Sáhara, que se publicaría unos años más tarde, Francisco Hernández Pacheco explica que *“el estudio geológico de aquellos territorios era una empresa muy seria, que debía abordarse de una forma más sistemática y profunda y que no estaba exenta de grandes dificultades, científicas y logísticas”*.

Un paso muy importante en la exploración africana se da con la creación, en el año 1945, del mencionado Instituto de Estudios Africanos, vinculado al Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que a su vez había sido creado en el año 1939. Este instituto tiene como objetivo el *“estudio, investigación y exploración científica de los territorios de África de Protectorado y Soberanía, secundando la acción oficial”*, según se puede leer en el *Boletín Oficial del Estado* correspondiente, y financiará diversas expediciones científicas como las geológicas, zoológicas, botánicas, o antropológicas, teniendo las expediciones geológicas consideración de estratégicas para el Estado.

La creación del Instituto de Estudios Africanos coincide con la liberación de Francia, una vez ha finalizado la Segunda Guerra Mundial en Europa, que rápidamente retoma el control del monopolio sobre la producción y venta de fosfatos que se produce en su protectorado. Las sales del ácido fosfórico se usan para la fabricación de abonos minerales, justo lo que la España de la posguerra necesitaba para su agricultura, sin embargo, los franceses se niegan a vender este producto a los españoles. En el año 1947, el general Franco se reúne con el geólogo Manuel Alía para pedirle que realice las exploraciones necesarias en el África española y encuentre un yacimiento de fosfatos (Teixidó, 2018).

Manuel Alía Medina (1917-2012) nació en Toledo y estudió Ciencias Naturales en Madrid, entre los años 1933 y 1940, con una interrupción debida a la Guerra Civil, doctorándose con premio extraordinario en 1944. En 1963, obtuvo la cátedra de Geodinámica Interna en la Universidad Central de Madrid -ya conocida como Universidad Complutense- de la que fue titular hasta su jubilación, en 1985 (Capote, 2013a).

Es un científico muy conocido entre los geólogos, en primer lugar por ser *“uno de los profesores míticos que crearon y desarrollaron la carrera universitaria de Ciencias Geológicas en Madrid, primero dentro de una sección de la Facultad de Ciencias y luego ya en una facultad independiente”* (Capote, 2013a). Y en segundo lugar, por ser el descubridor, en el año 1947, del rico yacimiento de fosfatos de Bucraa en el Sáhara Español, de enorme valor económico.

Alía había ingresado, en el año 1941, en el equipo de exploración científica del Sáhara Español perteneciente al Laboratorio de Geografía Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, que estaba dirigido por Eduardo y Francisco Hernández Pacheco; después de superar un proceso de selección en el que se buscaba a un geólogo joven, en un buen estado de forma físico y con una buena disposición ante la adversidad y la vida en el desierto. Según relata Ramón Capote en la nota necrológica de Manuel Alía: *“Comenzó en ese momento la etapa crucial en la trayectoria científica de Manuel Alía pues en ese laboratorio entró a formar parte de los equipos de exploración científica del Sahara Español”* (Capote, 2013a).

El elegido terminará realizando, entre los años 1942 y 1960, dieciséis expediciones al Sáhara y una a la Guinea continental española, en las que estudiará la estratigrafía, la geomorfología y la tectónica en unas circunstancias muy difíciles, habitualmente en camello, y sin una topografía en la que apoyarse ni antecedentes geológicos previos. Fruto de sus trabajos presentará en el año 1952, en el XIX Congreso Geológico Internacional celebrado en Argel, el primer mapa geológico del Sáhara Español a escala: 1:2.000.000 (Capote, 2013a y b).

También es comisionado, en múltiples ocasiones, para viajar a África por el Instituto Nacional de Industria (INI) con el objeto de explorar y encontrar yacimientos de hierro, como los que descubrió en el Devónico de Smara, y de fosfatos, como los de Bucraa. En 1953, es nombrado jefe del Servicio de Investigación Geológica de la Junta de Energía Nuclear, donde también investigará y descubrirá yacimientos de uranio, tanto en el Sáhara como en la península, lo que le valió la distinción de Comendador de la Orden de Isabel la Católica, en 1959. Obtuvo su cátedra de Geodinámica Interna realizando innovadores estudios sobre tectónica e iniciando los estudios de prospección geofísica magnetométrica y gravimétrica en la Sección de Ciencias Geológicas. Entre otros cargos, llegó a ser delegado en el África Occidental Española del Instituto de Estudios Africanos (CSIC), director del Servicio Geológico y Mineralógico del África Occidental Española, presidente de la Real Sociedad

Española de Historia Natural y académico de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Capote, 2013a y b).

Es autor, junto a Eduardo y Francisco Hernández Pacheco y los profesores Carlos Vidal Box y Emilio Guinea López, de una obra de referencia conocida como *El Sahara español, estudio geográfico, geológico y botánico* (1949).

Pero, sin lugar a duda, su trabajo más mediático y trascendente ocurre en aquel año de 1947, cuando descubre en la zona de Bucraa, situada unos cien kilómetros al sureste de El Aaiún, unos inmensos niveles del Cretácico-Eoceno de sales de ácido fosfórico, con una riqueza comparable al material que explotaban los franceses en su protectorado de Marruecos.

El descubrimiento provocó que los franceses comenzaran a vender fosfatos a España con el objeto de no perder su monopolio, pero el Estado español ordenó a la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A. (Enadiminsa) la puesta en explotación de la cuenca fosfatífera, con el fin de abastecer a la industria nacional de fertilizantes fosfatados. En el año 1962, el Instituto Nacional de Industria (INI), que era la empresa estatal que agrupaba a las empresas públicas, crea la Empresa Nacional Minera del Sáhara (Enminsa) que en 1968 pasa a denominarse Fosfatos de Bucraa, S.A., conocida también como Fos Bucraa o Fosbucraa. Con la llegada de los fosfatos españoles desaparece la venta en exclusiva de los fosfatos franceses a los Estados Unidos, hasta este momento el mayor importador de fosfatos. Pronto el ejército tuvo que proteger la famosa mina y la impresionante cinta transportadora, de unos cien kilómetros, que llevaba el material hasta la costa y que llegó a ser la más larga del mundo, al convertirse ambas infraestructuras en objetivo preferente del Frente Polisario (movimiento armado de liberación del Sahara Occidental).

El Sáhara Español no solo era rico en minerales. En los años sesenta de este siglo XX, el gobierno autorizó la realización de prospecciones geológicas y geofísicas en la búsqueda de hidrocarburos a la empresa Cepsa. También se autorizaron trabajos de investigación a empresas petroleras españolas y británicas que, actualmente, se custodian en el Ministerio de Defensa y tienen carácter confidencial. Años más tarde, el gobierno de José María Aznar adjudicó a la petrolera Repsol unas concesiones para prospectar hidrocarburos cerca de las costas de Lanzarote y Fuerteventura, lo que enseguida provocó las protestas marroquíes; sin embargo, las concesiones no fueron renovadas por el siguiente gobierno de José Luis Rodríguez Zapatero. Actualmente, Marruecos se niega a delimitar las aguas jurisdiccionales con España para poder reclamar los probables yacimientos de gas y petróleo que se encuentran en aguas canarias.

En las islas Canarias existe, a día de hoy, un gran campo de trabajo para los geólogos españoles, tanto en la exploración de recursos del territorio marino de la Zona Económica Exclusiva de España como en el estudio de la plataforma continental de esta zona para delimitar la jurisdicción española y, así mismo, estudiar sus yacimientos.

En cuanto al Sáhara, tanto la explotación de los ricos fosfatos como los sondeos de investigación de hidrocarburos, los realiza en la actualidad Marruecos, saltándose las resoluciones de Naciones Unidas al respecto, y esto ocurre en gran parte debido a la pésima política española en esta zona. Según la revista *Forbes*, la enorme fortuna de la dinastía marroquí tiene su origen en la explotación de los fosfatos, de los cuales, al menos una sexta parte, proviene de la explotación ilegal del yacimiento del antiguo Sáhara Español, igual de ilegal que los sondeos de exploración de hidrocarburos y la explotación pesquera del banco canario-saharai.

5.1.5. El XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en el año 1926

En los anteriores congresos celebrados en Suecia (1910), Canadá (1913) y Bélgica (1922), los representantes españoles habían mostrado su deseo de ser el país anfitrión. El congreso de Madrid era el segundo que se celebraba después de la finalización de la Primera Guerra Mundial, pero realmente fue el primero que se celebró con la asistencia completa de los principales países. En el anterior congreso, celebrado en Bélgica, solo habían asistido los ganadores de la contienda, ya que los perdedores no fueron invitados y los países neutrales, como España, participaron como invitados pero no de manera oficial. A este congreso de Bélgica, asiste, en representación de España, el director del Instituto Geológico, el extremeño César Rubio Muñoz (1858-1931), quien en nombre del rey Alfonso XIII vuelve a presentar la propuesta para que el siguiente congreso se celebre en Madrid en el año 1925, propuesta que terminó siendo aceptada. César Rubio ya había participado en 1910, junto a Ramón Adán de Yarza, profesor de Geología de la Escuela de Minas, en el XI Congreso Geológico Internacional celebrado en Estocolmo (Puche *et al.*, 2004).

Finalmente, se celebró el congreso un año más tarde, en 1926, dando tiempo a que estuviera disponible el nuevo edificio de la calle Ríos Rosas, construido especialmente para el congreso y que, desde entonces, sería la sede del instituto. César Rubio, que había desempeñado el puesto de director del Instituto Geológico de España entre 1922 y 1925, fue nombrado presidente del comité organizador del XIV Congreso Geológico Internacional y Enrique Dupuy de Lome fue nombrado secretario. Los vocales fueron Lorenzo Alonso Martínez, ingeniero de minas; el general José de Elola, director del Instituto Geográfico y Catastral; Pablo Fábrega y Coello, profesor de Geología de la Escuela de Minas; Mariano Faura y Sans, doctor en Ciencias Naturales; Lucas Fernández Navarro, profesor de Mineralogía y Cristalografía de la Universidad Central de Madrid; Eduardo Gullón, director de la Escuela de Minas; Eduardo Hernández Pacheco, profesor de Geología de la Universidad Central de Madrid; el teniente coronel Vicente Inglada Ors, profesor de la Escuela Superior de Guerra; Vicente Kindelán, director interino del Instituto Geológico; Antonio Marín Hervás, ingeniero de minas; José

Ruiz Valiente, director general de Minas y el marqués de la Vega-Inclán, delegado real de Turismo.

Este congreso era el segundo simposio científico internacional celebrado en España después del XIV Congreso Internacional de Medicina, que se había celebrado en Madrid en el año 1903, curiosamente el mismo número de congreso, el decimocuarto, que dedicó gran parte de las sesiones a las neurociencias y en el que destacó la figura de Santiago Ramón y Cajal. Además, en el año 1924 también se había celebrado la reunión internacional de la II Asamblea de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG)⁵².

Dada la importancia del evento, se editaron, en los cuatro idiomas principales, veintiuna guías de las salidas de campo, así como unas guías turísticas y dos guías geológicas de las líneas férreas Madrid-Irún y Madrid-Sevilla. El XIV Congreso Geológico Internacional fue inaugurado por el rey Alfonso XIII y estaba dividido en once sesiones que tuvieron lugar en Madrid, entre el 23 y el 31 de mayo de 1926. Las sesiones quedaron distribuidas de la siguiente forma: (1) reservas mundiales de fosfatos y piritas, (2) geología del Mediterráneo, (3) fauna del Cámbrico y el Silúrico, (4) geología de África y su relación con Europa, (5) vertebrados del Terciario, (6) plegamiento hercínico, (7) foraminíferos del Terciario, (8) teorías modernas de metalogenia, (9) volcanismo, (10) investigación geofísica y (11) varios (Puche *et al.*, 2004).

Se organizaron dieciséis excursiones de campo, siete de las cuales se realizaron antes del comienzo de las sesiones: (1) Estrecho de Gibraltar, norte de Marruecos y Marruecos español (12 días), cuya dirección se encargó a la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos; (2) Macizo de Ronda (8 días), dirigida por Primitivo Hernández Sampelayo; (3) yacimientos y minas de Linares y Huelva (10 días), dirigida por César Rubio; (4) tectónica del Guadalquivir (7 días), dirigida por Eduardo Hernández Pacheco, Antonio Carbonell y Pedro Novo; (5) Cadenas Béticas (12 días), dirigida por Eduardo Hernández Pacheco, Antonio Carbonell, Pedro Novo, Juan Carandell y Joaquín Gómez de Larena; (6) Terciario continental de Burgos y Castilla la Vieja (2 días), dirigida por José Royo Gómez y, por último, (7) islas Canarias (17 días), dirigida por Lucas Fernández Navarro (Ayala Carcedo *et al.*, 2005).

Las salidas de campo que se realizaron durante la celebración del congreso fueron: (1) Almadén (1 día), dirigida por Primitivo Hernández Sampelayo y Alfonso de Sierra; (2) Sierra de Guadarrama (1 día), dirigida por Hugo Obermaier y Juan Carandell y (3) Aranjuez: Terciario continental de Castilla la Nueva (1 día), dirigida

⁵² El éxito de esta asamblea internacional fue tan grande que, en la siguiente, la III Asamblea de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica celebrada en Praga en 1927, se otorga la presidencia de la sección de Vulcanología a Lucas Fernández Navarro, quien propone el inicio de las investigaciones geotérmicas en áreas oceánicas; y la presidencia de la sección de Oceanografía a Odón de Buen y del Cos, quien presenta como tema prioritario el estudio de los tsunamis (Ordóñez, 1992b).

por Eduardo Hernández Pacheco y Francisco Hernández Pacheco (Ayala Carcedo *et al.*, 2005). Además, hubo otras salidas posteriores al congreso a la cuenca minera asturiana, los yacimientos y minas de hierro de Bilbao, la cuenca potásica de Cataluña y Pirineos, Sierra Morena y las islas Baleares.

Se trata del congreso internacional de geología con mayor número de asistentes de todos los celebrados hasta ese momento, con 722 inscritos. Probablemente, el hecho de haberse superado la Primera Guerra Mundial y ser el primero al que asistían los contendientes de ambos bandos, supuso un acicate para lograr una asistencia tan masiva dado que, se estima, este número representaba la décima parte de los casi ocho mil geólogos que existían en aquellos tiempos en todo el planeta. Se presentaron cuarenta y cinco comunicaciones en francés, treinta y tres en alemán, veinticuatro en español y veinte en inglés, un hecho demostrativo de que el inglés no era todavía la lengua común para los científicos (Ayala Carcedo *et al.*, 2005).

Este congreso fue realmente importante para España y para la geología española, por lo que el gobierno aportó todo el apoyo necesario para el buen desarrollo del mismo. Una vez había finalizado el directorio militar y había dado comienzo el directorio civil del general Miguel Primo de Rivera y Orbaneja (1870-1930), el país vivía un periodo de crecimiento económico con grandes inversiones en infraestructuras, tanto a nivel nacional como a nivel mundial, debido a la reconstrucción posterior a la guerra. Al factor económico se añadía una cierta euforia que se respiraba en España después del Desembarco de Alhucemas de 1925.

No solo fue el gobierno el que aplicó sus esfuerzos en la celebración de este evento, pues a nivel popular también despertó un gran interés en los ciudadanos y en los medios de comunicación. A este ambiente, se le sumó la unidad de todo el colectivo de geólogos ante una oportunidad única y ante la mirada de la comunidad científica internacional. Los geólogos-ingenieros de minas del Instituto Geológico de España (IGE), los geólogos del Museo Nacional de Ciencias Naturales y los licenciados en Ciencias Naturales de las universidades trabajaron de forma conjunta, por lo que *“a pesar de la representación oficial por parte del IGE y la posición dominante de los ingenieros de minas en la organización, la respuesta de los naturalistas-geólogos fue generosa, probablemente porque sintieron el congreso como algo suyo”* (Ayala Carcedo *et al.*, 2005).

Se puede destacar la figura de varios geólogos españoles en este XIV Congreso Geológico Internacional, entre otros Lucas Fernández Navarro, Eduardo Hernández Pacheco, Antonio Carbonell Trillo-Figueroa, José Royo Gómez, Hugo Obermaier o Primitivo Hernández Sampelayo, así como los geólogos-ingenieros de minas de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos. Entre todos aquellos geólogos también se debe destacar la participación de Juan Carandell Pericay (1893-1937), discípulo de Fernández Navarro, que había nacido en Gerona pero es considerado unánimemente andaluz; el cual, junto a su mujer la

farmacéutica Silveria Zurita, también una erudita de la geología, tradujeron al español la obra del geomorfólogo americano William Morris Davis.

Una vez ha finalizado el congreso, las consecuencias para la geología y para los geólogos españoles fueron inmediatas y de muy variada índole. Destaca el cambio de nombre del instituto, que al año siguiente se completa y pasa a denominarse Instituto Geológico y Minero de España (IGME). También destaca el estreno de una nueva sede en el edificio que había albergado el congreso. Así mismo, se comienzan a editar algunas hojas de la cartografía geológica del país a escala 1:50.000.

Por otro lado, en el debe del congreso siempre quedará la escasa atención que se prestó a Alfred Wegener (1880-1930) y a su teoría de la deriva, que había sido traducida cuatro años antes al español, francés, inglés y ruso; quizás por la resistencia que todavía provocaba en los franceses, ingleses y norteamericanos cualquier idea alemana, como se demostró con esta misma teoría de la deriva en el congreso de los geólogos norteamericanos del petróleo, que tuvo lugar ese mismo año, donde se ridiculizó la idea de Wegener. Sin embargo, los geólogos alemanes, gracias a este evento y a los próximos conflictos que se iban a vivir en Europa, estaban a punto de convertirse en protagonistas de la historia de la geología española.

Desde 1926 y hasta los comienzos de la Guerra Civil en 1936, al menos treinta y seis geólogos extranjeros trabajaron en España publicando diversas tesis y artículos sobre la geología española, de los cuales veinticuatro eran alemanes, la gran mayoría discípulos de Hans Stille, que había sido el principal representante de Alemania en el congreso, y otros diez eran franceses. Algunos de los trabajos de aquellos geólogos alemanes serían utilizados en la exploración y explotación de minerales, necesarios para el pago de la deuda de guerra que iba a adquirir el bando nacional con Alemania.

5.2. La geología en España durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial

La Guerra Civil fue una tragedia que transformó la vida de los españoles de aquella época y, cómo no, la vida de todos los científicos y profesionales, incluidos los geólogos, así como el desarrollo de la geología. Una guerra con actuaciones moralmente reprobables en ambos bandos y que había comenzado a mostrar su aspecto más cruel en el año 1934, con la desaparición del Estado en muchos lugares, lo que facilitó que las ideas revolucionarias se implantasen por medio de un intento de depuración social.

Hay mucha historiografía sobre este hecho en general, pero muy poca sobre como afectó a los profesionales de la geología, en particular. Lo poco que existe trata sobre los geólogos represaliados por el bando vencedor, un hecho discutible. Los profesionales de aquella época no se vieron muy afectados por la

represión franquista, más allá de un único caso que no tuvo más remedio que exiliarse y algunos otros que terminaron sancionados, debido a los hechos que protagonizaron cuando ocuparon cargos importantes en el gobierno republicano, o en otras instituciones, donde se cometieron algunas actuaciones poco honestas. Muchos geólogos de ideas republicanas, incluso con ideas muy radicales, e incluso algunos que habían escapado de la zona nacional al comenzar la guerra, una vez hubo finalizado esta, retornaron a sus clases y a sus cátedras con cierta normalidad.

Lo cierto es que, durante el régimen franquista, la geología obtiene un impulso definitivo en España, estableciéndose los cimientos nada más finalizar la contienda. Este hecho contrasta con lo que se conoce de aquella época. Actualmente, toda la información que se transmite de aquellos años es negativa, pero no ocurrió así con la geología. Incluso los homenajes dispensados a los supuestamente represaliados políticos como José Royo Gómez (1895-1961) -quien quizás sí merecía el homenaje por sus trabajos sobre geología- se deben poner en cuestión. Royo es un personaje que representa lo que fue aquella época, un profesional con más de doscientas publicaciones y con una actuación destacada en el XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en 1926. Al licenciarse en Ciencias Naturales, ingresa en el Museo Nacional de Ciencias Naturales donde comienza a trabajar en paleontología (Ordóñez, 1994). Sin embargo, su vida profesional se caracterizó por sus ideas políticas. Consigue el acta de diputado en las Cortes, en el año 1931, y es nombrado, algo más tarde, director general de Minas y Combustibles, donde tuvo un comportamiento lamentable, muy sectario, que incluye la supresión del derecho a la propiedad privada para los empresarios mineros y el señalamiento de algunos compañeros por temas estrictamente políticos. Según López de Azcona (1988b):

"Es designado para el cargo José Royo Gómez, continuando la misma política iniciada en la subsecretaría de enemistad hacia el colectivo de minas, con una funesta acción en el campo de la minería y mineralurgia y, principalmente, contra el Instituto Geológico y Minero de España, del que era colaborador..."

Otra de sus actuaciones, al comenzar la guerra, es la de ser el responsable de la desaparición de las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales cuando ordena que sean trasladadas a Valencia⁵³, perdiéndose muchas muestras debido al desorden en el traslado y al robo de material por parte de los milicianos; aunque evidentemente la pretensión de Royo era la de evitar que cayeran en manos del otro bando, pero la realidad fue distinta. En esta línea, se debe comentar el expolio que también sufrió el Museo del Seminario de Barcelona por parte de los milicianos, donde el geólogo Jaime Almera había reunido numerosas colecciones. No solo la parte dedicada a la geología, sino

⁵³ Sociedad Geológica de España (1995). "Centenario de un geólogo olvidado". *Boletín* número 3 de la Comisión de la Historia de la Geología.

que todas las colecciones del seminario fueron saqueadas y terminaron perdidas, a excepción de la biblioteca (Julivert, 2014).

Una muestra más del partidismo de Royo tiene lugar cuando, junto con otros tres geólogos -Sos Baynat, Martín Cardoso y Candel Vila-, acuden, en 1937, al XVII Congreso Geológico Internacional celebrado en Moscú. En el discurso de la sesión de clausura Royo declara: *“Para nosotros, republicanos españoles, el carácter ideológico del congreso es tan importante como su carácter científico, y tal vez aún más importante”* (Julivert, 2014). Al finalizar la guerra, no tiene más remedio que exiliarse a Colombia y a Venezuela, donde imparte clases y llega a ser muy apreciado, incluso en Caracas el museo geológico de la ciudad lleva su nombre. Según la mayoría de los autores que han tratado este tema, Royo fue el único geólogo exiliado al terminar la Guerra Civil (Julivert, 2014; Bolado Somolinos, 2012).

Otro ejemplo que la historia explica sobre los represaliados por el bando ganador es el de Isidro Parga Pondal, cuya familia pertenecía a la burguesía gallega, y quien no salió de la universidad precisamente por sus ideas políticas que, por otro lado, durante muchos años, no fueron contrarias al régimen, sino por unas actitudes muy españolas como son la envidia y el orgullo. Más adelante, se tratará la trayectoria de Parga Pondal en profundidad.

Gabriel Martín Cardoso (1896-1954) había sido otro de los integrantes del viaje a Moscú y, además, una vez terminada la guerra fue denunciado por escrito por algunos compañeros. Sin embargo, el tribunal que debía juzgarle dictaminó el sobreseimiento de la causa, en el año 1942, y terminó siendo repuesto en su cátedra (Bolado Somolinos, 2012).

Otro significativo caso fue el de Joaquín Gómez de Larena (1891-1979), presidente de Acción Republicana en Gijón, quien tuvo un muy destacado protagonismo político en los años de la República, obteniendo sin ningún tipo de examen, a finales de 1933, la cátedra de Historia Natural en el Instituto Pérez Galdós, uno de los nuevos institutos creados en Madrid al aplicar el gobierno la sustitución de las congregaciones religiosas (López-Ocón Cabrera, JAE). Además, fue vocal de la Junta de la Sociedad Geográfica Nacional en el verano de 1936, al incautarse el Frente Popular de dicha corporación y expulsar a sus antiguos miembros -que habían sido democráticamente elegidos- por ser *“un nido de monárquicos y fascistas”* (JAE, 2011). Incluso había hecho proselitismo entre sus compañeros y alumnos de ideas políticas muy radicales. Sin embargo, nada más empezar la guerra viaja a Alemania -donde lo acoge Hans Stille- y, cuando vuelve en la posguerra, recupera su antigua plaza de profesor, primero en San Sebastián y luego en Madrid. Se debe destacar, a nivel profesional, durante su estancia en la capital vasca, la realización de uno de sus trabajos más importantes, al estudiar durante años el flysch que caracteriza a la provincia de Guipúzcoa.

Un último ejemplo podría ser el de Rafael Candel Vila (1903-1976), licenciado en Ciencias Naturales y Farmacia, y otro de los compañeros de Royo en el viaje

al XVII Congreso Geológico Internacional celebrado en Moscú en 1937, quien estaba muy interesado en la escuela soviética de cristalografía, de la que fue traductor de varias obras. Con veinticinco años obtiene una plaza de catedrático de instituto en Melilla, ciudad en la que se da un hecho curioso, pues Candel es colaborador asiduo de la revista *África*, publicación que fue impulsada en sus orígenes por el -en aquel entonces- teniente coronel Francisco Franco, quien en la época de Candel era también el director de la misma. Durante la guerra fue nombrado comisario-director del Instituto Balnes de Barcelona, por lo que al finalizar la guerra decide trasladarse a trabajar en la Francia de la Segunda Guerra Mundial, mientras su mujer y su hijo permanecen en Barcelona, ya que ella también era profesora de instituto. Finalmente regresa en 1948 y, al poco, consigue una cátedra de Ciencias Naturales en el mismo instituto donde trabajaba su mujer. En los años sesenta obtuvo plaza de catedrático de universidad, primero en Salamanca y después en La Laguna, pero pronto renunció a ellas para volver a Barcelona con su familia, sin que conste ningún tipo de sanción por su pasado de comisario político (López-Ocón Cabrera, JAE).

La otra cara de la moneda es la de los represaliados por el Frente Popular. Existen multitud de ejemplos que se salen del objeto de esta tesis, sin embargo, las ciencias geológicas se vieron afectadas por algunos hechos que empezaron algunos años antes de la guerra. En el año 1932 se disuelve la Compañía de Jesús, iniciándose una persecución contra sus miembros, con consecuencias trágicas en muchos casos, y que afectó a los grandes científicos que tenía la orden. Fue el caso de un eminente sismólogo, Manuel María Sánchez-Navarro Neumann (1867-1941), cuando es expulsado como director del Observatorio de Cartuja y se debe exiliar en Italia, Bélgica y Portugal. Incluso en aquellos años de antes de la guerra, aunque se supone que el enfrentamiento civil aún no había comenzado, se produjeron hechos terribles, como en el año 1934, cuando el ingeniero de minas ovetense Rafael del Riego y de Ramón, esposo de María Sainz de Baranda, una nieta de Isidro Sainz de Baranda, fue asesinado cuando estaba al frente de la Sociedad Hulleras de Turón.

Una vez comenzada la guerra ocurren situaciones peculiares, como fue el caso de Eduardo Hernández Pacheco, de ideas republicanas y procedente de una familia liberal, muy cercano a la Institución Libre de Enseñanza donde educó a sus hijos, y simpatizante del partido de Alejandro Lerroux -un republicano centrista- quien en los primeros días de la guerra, al ver los desmanes de los milicianos y las ejecuciones, huye de Madrid y se presenta al gobierno provisional de Burgos; un hecho por el que el Gobierno de la República lo depuraría -*Gaceta* del 20 de septiembre de 1936-, decretando su cesantía como catedrático de la Universidad Central de Madrid. También su hijo Francisco huye de Madrid a la primera oportunidad.

Como sucedió con el resto de los ciudadanos españoles de aquella época, se trató de situaciones lamentables que incluso afectaron de forma distinta a una misma familia. Lo que no se corresponde con la realidad -desde una visión que

permite la edad del autor de esta tesis- es que la dictadura acabase con la ciencia y con los científicos, como en los trabajos de algunos historiadores se pretende hacer creer. Incluso en el caso concreto de la geología se produce un notable avance nada más terminar la guerra, impulsado por las necesidades de la posguerra, y lográndose una consolidación de la geología científica a lo largo de aquella administración.

5.2.1. Los geólogos alemanes y el wolframio

Rudolf Merten, geólogo alemán afincado en España, expone en su artículo "Visión retrospectiva de las contribuciones alemanas al conocimiento de la Geología de España en el siglo XX" (Merten, 2006), que existen distintas escuelas geológicas alemanas que influyen en el conocimiento de la geología española y que se pueden agrupar en tres épocas. Esta división en épocas que realiza Merten va a ser respetada en este trabajo para explicar la importancia que tuvieron los geólogos alemanes en la geología y la economía españolas durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial:

- 1926-1935 Escuela de Hans Stille
- 1936-1945 Los geólogos que trabajaron en España durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial
- 1952-1971 Escuela de Franz Lotze

5.2.1.1. Escuela de Hans Stille

En la delegación alemana que en el año 1926 había acudido a Madrid, para asistir al XIV Congreso Geológico Internacional, se encontraba Hans Stille (1876-1966), catedrático en la Universidad de Gotinga, gran especialista en tectónica y uno de los más importantes geólogos de aquella época, donde presentó su trabajo "*Der Stammbaum der Gebirge und Vorlander*" o "El origen de los sistemas montañosos y los antepaíses" (Merten, 2006). Desde un primer momento, se asombra con la geología de España, con la accesibilidad de sus afloramientos y con el clima que permite estudiarlos en el campo. También se da la circunstancia de que, en ese mismo año, el geólogo alpino Rudolf Staub (1890-1961) había publicado su trabajo "*Gedanken zur Tektonik Spaniens*" -traducido al español por Antonio Carbonell en 1927 con el título "Ideas sobre la tectónica de España"-, que no coincidía con las ideas de Stille, dando comienzo a la polémica Stille-Staub que se mantendría durante los cuarenta o cincuenta años posteriores⁵⁴. (Merten, 2006; Santanach, 2018; Kautzleben, 2018).

⁵⁴ "La década posterior al Congreso Geológico Internacional de 1926 supuso un avance en la geología peninsular sin parangón en ninguna época anterior. La escuela francesa: Ciry, Astre y Lamarck trabajan en los Pirineos y la Cantábrica; Viennot, Fallot y Robaux en Andalucía. Los suizos Staub y Blumenthal investigan en las Béticas. La escuela holandesa del profesor Brouwer de la Universidad de Amsterdam se ocupa asimismo de las Béticas. Mientras tanto la escuela alemana de Stille trabaja con fines exclusivamente tectónicos en toda la península" (Ordóñez, 1992b). Sin embargo, en palabras de Solé Sabarís, "los estudios de Stille tienen el mérito de haber introducido

Debido a este cúmulo de eventualidades, Hans Stille decide estudiar y comparar las estructuras y la tectónica de España con las de Alemania, para lo que enviará a numerosos alumnos suyos durante los siguientes diez años. En primer lugar, Franz Lotze, con su trabajo "*Stratigraphie und Tektonik des keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*" (1929), traducido años después por Maximino San Miguel de la Cámara como "Estratigrafía y tectónica de las cadenas paleozoicas Celtibéricas", al que fueron siguiendo Hans Ashauer, Roland Brinkmann, Hans Gallwitz, Carl Hahne, Joseph Steffens Hollister, Herbert Karrenberg, Peter Misch, Gerhard Richter, Hermann Schmidt, Walter Schriel, Georg Selzer y Rolf Teichmüller. Todos ellos irían publicando sus trabajos en la primera mitad de la década de 1930 (Merten, 2006). En otros trabajos también se nombra al paleontólogo Otto Schindewolf entre los alumnos enviados a España por Stille (Ordóñez, 1992b).

Pero no solo se realizaban estudios y documentos teóricos. Paralelamente a estos trabajos, los geólogos de la escuela -o de la época- de Hans Stille colaboraron en la industria extractiva alemana en España. Una colaboración que duraría hasta muchos años después de la Segunda Guerra Mundial.

Ya en el año 1909, con fondos del gobierno alemán, se había adquirido la explotación de mineral de hierro de A Silvarosa, en Viveiro (Lugo), que fue puesta en funcionamiento en 1913 y donde se llegó a instalar un sencillo funicular. Como director de aquella mina se nombra a Frederic Wilhelm Cloos, más conocido como Guillermo Cloos, quien llegaría a ser vicecónsul de Alemania en Galicia. En el año 1924, dos años antes del congreso geológico, se constituye, también con capital alemán, la empresa Minerales de Hierro de Galicia y se nombra como director a Cloos, que, con el mismo sistema de funicular que ya había instalado y un pequeño tren con máquina de vapor, comienza a extraer mineral de hierro en la mina de Freixo, en Monforte de Lemos (Lugo), que más tarde es transportado por medio de pequeños camiones hasta la estación del ferrocarril de Canabal. Desde este cargadero ferroviario, el mineral era llevado hasta la ría de Vigo, donde Guillermo Closs consigue construir una dársena de carga en Rande que, a día de hoy, se puede observar justo al lado de la Autopista del Atlántico y que todavía se conoce por el nombre de *O Alemán*. El primer cargamento de mineral de hierro extraído en la mina de Freixo, para la industria alemana, que embarcó en Rande lo hizo en 1926, en el barco de vapor *Estoril*, hecho del que existe documento gráfico. Desde el cargadero de Canabal comenzaron a salir trenes hacia Redondela para ser cargados en estos barcos que iban a abastecer la industria del rearme alemán y, más tarde, la propia guerra (Alemania en Galicia, 1925; Rueda y Albo, 2014).

Hasta veinticuatro geólogos alemanes trabajaron en España desde el congreso de 1926 hasta el comienzo de la Guerra Civil. Muchos de estos geólogos continuarán en España durante la Segunda Guerra Mundial, e incluso después, y

entre nosotros una técnica que trasciende ya a todos los estudios geológicos españoles y que viene a suplantar el papel que en otro tiempo ejerció la tectónica francesa" (Ordóñez, 1992b).

algunos de ellos terminarán militarizados y participarán en esta contienda, o ambas cosas a la vez, como fue el caso de Franz Lotze. Lo que sí es seguro, es que todos ellos tendrán una gran importancia en la historia de la geología española de mediados del siglo XX.

“En la Parroquia de Vilanova y en otras parroquias de Pantón en casas de familias de descendientes de pequeños hidalgos, acudían mineralogistas e ingenieros alemanes en los años cuarenta, acompañados de Cloos invitados a comer, como Smidt (sic), Schneiderhom, Brinkmann, Lotze, W. Carle y otros” (Blog de Paco Rivera, en El Progreso de Lugo.)

5.2.1.2. Los geólogos que trabajaron en España durante la Guerra Civil y la Segunda Guerra Mundial

Una vez iniciada la contienda española, la ayuda de los aliados del bando republicano, especialmente de la Unión Soviética, se pagó con las reservas de oro del Estado, en aquel momento las cuartas reservas mundiales de oro. El oro que los republicanos expoliaron no solo eran lingotes, sino también monedas antiguas e, incluso, piedras preciosas como los magníficos ejemplares de las esmeraldas de Muzo (esmeraldas colombianas que vinieron a España durante los años del Imperio español), que estaban depositadas en las cajas del Banco de España: *“Después del año 1936 no tuve la suerte de contemplar las esmeraldas de Muzo”* según se puede leer en *“Semblanza de los hermanos Elhúyar”* (López de Azcona, 1985).

Al comenzar la guerra en España, la Alemania nazi no tenía ningún interés en combatir en ella. Le costó mucho al bando nacional acceder al círculo de Hitler -finalmente lo logró por medio de Johannes Bernhardt, un comerciante alemán residente en Tetuán- y le costó aún más que le prestara aviones para pasar tropas desde Marruecos hasta la península en los primeros días de operaciones. Hasta que en un determinado momento, Alemania comenzó a ver como una buena operación económica el cobro de esta ayuda. Realmente se comenzó a ver como un succulento negocio, especialmente en lo que se refiere a las reservas minerales españolas.

Se firmaron dos acuerdos comerciales donde se aseguraba que España pagaría la deuda armamentística con Alemania por tres vías: en primer lugar, en plazos anuales con un interés negociable del cuatro por ciento, en segundo lugar, con el suministro de minerales y otras materias primas y, en tercer lugar, permitiendo la entrada de capital alemán en empresas mineras españolas. Sin embargo, las relaciones entre los dos países siempre se vieron afectadas por la negativa de Franco a entrar en la guerra mundial y, especialmente, por las relaciones económicas derivadas de estos acuerdos comerciales.

El conocimiento que se tenía de los recursos minerales españoles era muy profundo gracias a los estudios que habían realizado los geólogos germanos durante la última década. En un principio, el objetivo de los alemanes se centró

en la obtención de pirita, un mineral fundamental para la obtención de ácido sulfúrico, y en la obtención de otros minerales del hierro para obtener ese metal y su principal aleación, el acero. En 1937, ya se habían duplicado las importaciones de pirita. Para evitar la intervención del gobierno provisional español, que no quería quedarse sin esos recursos, los alemanes decidieron entrar en el accionariado de las empresas mineras españolas, para lo que utilizaron a la empresa alemana Rowak (*Rohstoff Waren Kompensation Handelsgesellschaft*), dedicada a la importación de productos españoles con sede en Berlín; que automáticamente compensaba la importación de minerales con Hisma (Sociedad Hispano-Marroquí de Transportes), que era la empresa por la que se canalizaba la ayuda alemana al bando nacional. La compra real de las concesiones mineras españolas o de las acciones de las empresas mineras españolas se realizaba, según una propuesta del mariscal Hermann Göring, a través de una filial de Rowak, la empresa Montana (sería la transcripción del nombre "montaña", sin el uso de la ñ en la tipografía alemana) destinada fundamentalmente a la explotación de hierro, pirita, cobre y wolframio (Schroeder, 2003).

Así mismo, Montana, con sede en Bilbao, participa en otras mercantiles, entre las que se pueden destacar: la Compañía Explotadora de Minas y Montes de Galicia, con sede en Orense, y la Sociedad de Estudios de Explotaciones Mineras Santa Tecla, con sede en Vigo, ambas para los proyectos de Galicia; la Compañía de Explotaciones Mineras Aralar, con sede en Tolosa y destinada a atender los proyectos de Guipúzcoa, Santander y León; la Compañía Minera Montañas del Sur, con sede en Sevilla, enfocada a los proyectos de Andalucía; la Compañía de Gredos, con sede en Salamanca, para proyectos en las provincias de Salamanca, Cáceres y Zamora, y la Compañía Minera Mauritania, domiciliada en Tetuán, para los proyectos en la provincia del Sahara Español y en el Protectorado español de Marruecos (Schroeder, 2003).

En el año 1937, Rowak y su filial Montana habían creado una docena de empresas y habían adquirido más de setenta participaciones o activos mineros, lo que Franco intenta evitar con un decreto que invalida la entrada de capital extranjero en empresas mineras; y lo hace, además, con carácter retroactivo, afectando directamente a todos esos bienes y dejando a Montana sin sentido alguno. Esta medida no tendrá un gran recorrido porque al año siguiente, con la prolongación de la guerra, no tiene más remedio que volver a permitir la actividad minera de los alemanes.

No obstante, las fricciones por la compensación automática de la deuda y por la entrada de capital alemán en las minas españolas continuaron hasta que se creó, en 1938, una nueva filial de Rowak, la empresa Sofindus (Sociedad Financiera Industrial). Se trataba de un grupo industrial formado por catorce empresas, entre las que figuraban compañías como Somar, fundada en 1943 y destinada a la adquisición de fluorita y wolframio. Sofindus existió hasta el final de la Segunda Guerra Mundial y tenía un abanico más amplio que el de Montana,

no solo se dedicaba a la minería, sino también al comercio, el transporte y la importación de fruta y vino. Y aunque las empresas del grupo tenían una limitación en el capital del veinticinco por ciento para extranjeros, los alemanes lo solventaban con el uso de testaferros españoles.

Estas empresas mineras, durante la guerra española, tenían como objetivo principal la extracción de minerales de hierro, fundamentalmente pirita (con Guillermo Cloos como protagonista), pero al poco de comenzar la Segunda Guerra Mundial se produce una gran demanda de wolframio que los países productores no atienden. Alemania compraba este producto a China, pero en el año 1941 se declara la guerra entre China y Japón, que a su vez había firmado un pacto con Alemania (el tratado *Antikomintern*, del año 1936).

El wolframio es un elemento estratégico al ser fundamental para los blindajes y para dar resistencia a las baterías de la artillería, debido a una cualidad que consiste en tener el punto de fusión más alto de la tabla periódica. Los geólogos alemanes, que habían trabajado en España, conocían la existencia de menas de wolframio en diversos puntos del país, por lo que pronto se comienza a extraer en Galicia y en las provincias de León, Badajoz y Cáceres, así como en algunos puntos de Portugal, pero la demanda se multiplica exponencialmente debido a que los ingleses, con el objeto de desabastecer a los alemanes, también compran el wolframio español (Gonzalo Corral y Gracia Plaza, 1987; Durán, 2017).

Las más de doscientas minas españolas de wolframio suministraron tres mil toneladas al año en la primera fase de la contienda. Una parte importante de estas explotaciones actúa bajo el paraguas de Montana o de alguna otra de las filiales de Rowak, y están dirigidas por varios de los geólogos alemanes que habían estado trabajando en España, a partir de 1926, cuando Hans Stille los envía, después de haber asistido al XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid (Merten, 2006).

Entre los geólogos alemanes que trabajaron en España en esa época, se debe nombrar a:

- Roland Brinkmann (1898-1995), asistente de Hans Stille y catedrático de Hamburgo que, entre 1937 y 1940, trabaja para Montana en busca de estaño y wolframio en Galicia.
- Hans Schneiderhöhn (1887-1962), un experto petrológico que había trabajado en África del Sudoeste Alemana (actual Namibia), hasta que dejó de ser alemana al final de la Primera Guerra Mundial.
- Georg Fischer (1899-1984) que había luchado como voluntario en la Primera Guerra Mundial, donde fallecieron dos hermanos suyos, y durante la Segunda Guerra Mundial estudió yacimientos en Francia, España y Portugal.
- Walter Carlé (1912-1996), alumno de Hans Stille y asistente de Roland Brinkmann y, al igual que este, entre 1938 y 1940 trabajó para Montana en Galicia. Se le considera un gran hidrogeólogo y es el autor de un importante ensayo sobre la historia de la geología.

- Paul Schmidt-Thomé (1911-1997), que trabaja en España desde 1938 hasta 1941. De 1941 a 1943, se integra en el ejército alemán, puede que en el Batallón de Geólogos de las SS o en algunas de las unidades de geólogos de la *Wehrmacht*.

Otros geólogos alemanes de aquella etapa fueron Wolfgang Fricke, Paul Michelau, Harras Schneider, Wilhelm Simon, Georg Herbst, Kurt Gundlach, Arno Schüller, Bruno Engels y Harald Pontopiddan (Merten, 2006).

Y algunos de aquellos geólogos que trabajaron en España fueron militarizados a medida que transcurría la guerra mundial. Según Ted Rose, uno de los mejores historiadores sobre la geología militar, Alemania contaba con más de cuatrocientos geólogos integrados en sus fuerzas armadas: la mayoría en el ejército de tierra alemán, el *Heer*; muchos también en la fuerza aérea, la *Luftwaffe*; otros en la organización paramilitar *Todt* (que construyó los sistemas de fortificación conocidos como el Muro Occidental y el Muro Atlántico); un gran número en las *Waffen-SS*, que contaban con el mítico *Wehrgeologen Battalion* -Batallón de Geólogos-, que fue creado en Alemania en el año 1941 y se nutría de académicos y profesionales de la industria que, al estallar la guerra, se integraron como oficiales en el ejército y en los comandos del petróleo o Brigada Técnica del Petróleo (Durán, 2018); e incluso algunos en la marina alemana, la *Kriegsmarine*, diseñando operaciones anfibas tanto de ataque como de defensa. Un menor número de geólogos sirvió dentro del *Milgeo* (Servicio Geográfico del Ejército), que preparó manuales y mapas de países para operaciones reales o de posible interés e, incluso, tenían una unidad especial: *Forschungsstaffel interservicios zur besonderen Verwendung* (equipo de investigación para usos especiales), una unidad multidisciplinar desarrollada para el análisis del terreno (Rose *et al.*, 2018).

En concreto, en el ejército de tierra alemán se estableció una unidad de geología militar que, en noviembre de 1943, estaba formada por cuarenta equipos (*Wehrgeologenstellen*), cada uno de los cuales comprendía dos oficiales doctores en Geología, apoyado por tres suboficiales como técnicos o geólogos asistentes, y otros cuatro rangos para tareas poco cualificadas, como conductores o mecanógrafos (Rose *et al.*, 2018).

Aunque fueron un gran número los que se integraron en el ejército alemán durante la Segunda Guerra Mundial, en los años 1943 y 1944 todavía se encontraban trabajando en España varios de aquellos geólogos, como es el caso de Carlos Hahne -investigando los recursos de las provincias de Cuenca, Teruel, Tarragona y Castellón (Hahne, 1930a y b)- o el caso de Richter.

Aquel grupo de profesionales contribuyeron de una forma muy importante al desarrollo geológico y minero de la península ibérica. De entre todos ellos, se debe destacar la figura de Franz Lotze (1903-1971), el principal alumno de Stille, al que se considera como un referente en el estudio de la geología española.

5.2.1.3. Escuela de Franz Lotze

El trabajo de aquellos geólogos abarcó todo el Macizo Ibérico español, aunque no se reflejó en publicaciones aparte de algunas tesis doctorales que desaparecieron en Berlín al finalizar la Segunda Guerra Mundial, pero sí se vio reflejado en un trabajo muy importante como fue la propuesta de división del Macizo Ibérico de Franz Lotze (Merten, 2006).

El primer contacto de Lotze con España se produce a principios de 1927, cuando debe realizar, durante cuatro intensos meses, el trabajo de campo necesario para la presentación de su tesis. Más tarde, entre 1930 y 1935, adquiere un gran conocimiento del terreno español al levantar un mapa geológico a escala 1:100.000 de los Pirineos y de la Cordillera Cantábrica, con dieciséis cortes geológicos bastante exactos, utilizando para ello un barómetro para medir las alturas y contando sus pasos para las distancias horizontales, en lo que debió ser un agotador trabajo de campo, similar al realizado, justo un siglo antes, por Guillermo Schulz, cuando levantó el "Mapa Geológico del Reino de Galicia".

En el año 1935, regresa con su maestro Hans Stille a la Universidad de Berlín, donde se encuentra con el nacionalsocialismo en pleno auge, un hecho que a un católico practicante como Lotze le disgusta profundamente, por lo que decide, en 1937, regresar a España para desarrollar un proyecto del Sindicato de Potasa de Alemania. Este sindicato había solicitado un consultor a la universidad para explorar los yacimientos de potasa y fosfatos de Río de Oro, uno de los dos territorios que conformaban la provincia española del Sáhara Español. No obstante, en plena Guerra Civil era difícil trasladarse hasta Río de Oro y, mientras espera un transporte, Lotze contacta con Guillermo Pasch, un alemán que vivía en España desde hacía años y que, gracias a sus conocimientos y experiencia en la minería española, había sido nombrado director de Montana.

Después de extinguir su contrato con la universidad, Franz Lotze es nombrado, en marzo del año 1938, director del Departamento de Geología de Montana, al frente de una docena de geólogos alemanes y algunos ingenieros de minas españoles y alemanes. Desempeñará este cargo hasta 1941, cuando debe regresar a su país al ser nombrado por su gobierno director del Servicio Geológico de Austria durante la Segunda Guerra Mundial.

Lotze realiza una gran labor mientras está al frente de Montana, por la que el gobierno español le otorga, en el año 1942, la Cruz de Caballero de la Orden de Isabel la Católica. Fruto de los trabajos realizados en esos años publicará, en el año 1945, un estudio sobre la zonación de la Meseta Ibérica que se sigue utilizando actualmente. En el año 1948, obtiene la cátedra de Geología y Paleontología de la Universidad de Münster y, algo más tarde, en 1952, retoma sus trabajos sobre la geología española para trasladarse definitivamente a su querida España en el año 1957, cuando se instala en el municipio de Valle de Mena en la provincia de Burgos.

Lotze, repitiendo el plan de Stille, envía a distintas zonas del territorio español a varios de sus doctorandos y así, en el año 1952, llegan a España los jóvenes geólogos Klaus Weggen, Eberhard Machens, Rudolf Merten, Kurt Redlin y Rudolf Maas (Merten, 2006). Rudolf Merten estima que el número de geólogos alemanes enviados por Lotze a lo largo de su vida es de medio centenar y Rolf Schroeder (1936-2020) -alumno destacado de Lotze, quien lo envió a España en 1957- piensa que llegó a tener, al menos, cuarenta y cinco doctorandos realizando sus tesis en España (Schroeder, 2003).

Según explica el propio Merten en su artículo "Visión retrospectiva de las contribuciones alemanas al conocimiento de la Geología de España en el siglo XX" (Merten, 2006), al fallecer Lotze, en el año 1971, finaliza la llegada de sus alumnos a España. No obstante, uno de ellos, Roland Walter, continuó con la tradición, iniciada por Hans Stille y seguida por el mismo Lotze, enviando a algunos de sus alumnos a estudiar la geología española.

Todos aquellos geólogos alemanes contribuyeron al desarrollo geológico y minero español, algunos de los cuales se quedaron a trabajar en España, como fue el caso de Rudolf Merten, que además de alumno también coincidió con Lotze en la Compañía Petrolífera Ibérica, y que finaliza su artículo con la siguiente frase: *"De los alumnos de Lotze algunos no han perdido el contacto con España, porque les gusta el país, y vienen de vez en cuando, pero yo soy el único que ha quedado y me parece que ya no vienen más geólogos alemanes y por ello me han llamado el 'último mohicano'".*

5.2.2. Isidro Parga Pondal

El Instituto Geológico de Laxe, fundado por el químico y geólogo Isidro Parga Pondal, tiene sus orígenes en Kaolines de Lage y Titania, dos empresas de origen alemán, donde aplicaron sus conocimientos varios de los geólogos alemanes que se quedaron a trabajar en España, mientras se desarrollaba la guerra en el resto de Europa.

Isidro Parga Pondal (1900-1985) nació en Laxe, La Coruña, estudia Ciencias Químicas en Madrid e ingresa en el año 1923, con una plaza de auxiliar, en la Universidad de Santiago de Compostela, donde pretende aplicar, en la recientemente creada Facultad de Ciencias, las nuevas técnicas docentes y de investigación que ha adquirido, sin todavía conocer las arcaicas costumbres de las universidades españolas. Se inclina por la geoquímica y comienza a combinar su alma de emprendedor con trabajos de investigación como el de "Datos para la geoquímica de Galicia. El contenido en yodo de las principales algas marinas de Galicia" (1926). Como su nombre indica, estudia el contenido en yodo de las algas de cinco localidades gallegas y, enseguida, piensa en cómo realizar una explotación industrial de este yodo, lo que desemboca en la Sociedad Española del Yodo.

Parga es un joven con muchas inquietudes, por lo que pronto se sale de la vida estrictamente universitaria e investigadora para fijar su atención en el sector privado, concretamente en la minería. Este hecho le hace ver su falta de formación en geología y consigue ser pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios en Zúrich, con el profesor Paul Niggli, donde realiza cursos de doctorado. Algo más tarde, también conseguirá una beca en Alemania financiada por la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España, con el fin de instalar una fábrica de cemento en Galicia con la familia Fernández de Lugo como inversora. Esto ocurre en el año 1932, y se puede decir que Parga Pondal ya ha saltado al mundo empresarial de una manera muy clara, aunque sigue con su puesto en la universidad, el cual se le queda realmente pequeño. Sin embargo, dos años más tarde, consigue fondos estatales para montar en su universidad el primer laboratorio de geoquímica de España. Se trata del montante económico más alto que la Fundación Nacional de Investigaciones, Ensayos y Reformas destina para el montaje de un laboratorio de nueva creación. Según el antiguo secretario del Laboratorio de Laxe, Juan Ramón Vidal Romaní, *“fue este hecho lo que provoca las envidias de algunos de sus compañeros académicos y lo que desencadena su expulsión de la Universidad de Santiago de Compostela el 3 de junio de 1937”* (Vidal Romaní, 2019).

Durante muchos años, se ha explicado esta salida de la universidad como una represión por sus ideas políticas, pero la realidad es que Parga mantenía un duro enfrentamiento con algunos compañeros mejor posicionados y, además, era muy crítico con el cerrado e inamovible mundo universitario contra el que se rebeló al intentar modernizarlo o, al menos, intentó saltarse algunas rígidas normas. Así mismo, este enfrentamiento se incrementó cuando Parga es claramente favorecido con la asignación de unos fondos para un nuevo laboratorio que, ninguno de sus compañeros, con más antigüedad, ni se hubieran podido imaginar.

Por lo que, a pesar de empezar su carrera profesional como investigador universitario -en el año 1934 había leído su tesis “Quimismo de las manifestaciones magmático-cenozoicas de la Península Ibérica”-, desde muy pronto su interés fue el de explotar la riqueza geológica y minera de Galicia desde el sector privado, donde un hombre de su carácter podía ver reflejado su trabajo sin estar encorsetado en el anquilosado mundo académico.

En el año 1938, empieza a trabajar como director de Kaolines de Lage, una empresa minera de capital hispanoalemán donde tiene acciones la familia Fernández de Lugo. También forma parte de Zeltia, propiedad de la misma familia, con el fin de abrir otras explotaciones mineras, canteras de caliza y una cementera (Vidal Romaní, 2019).

Algo más tarde, con la colaboración de técnicos y geólogos alemanes, se inicia la explotación de los yacimientos de la playa de Balarés, en la parroquia de Corme, donde se extrajeron ilmenita y rutilo. De este último, se extrae el óxido de

titanio, lo que dio lugar a la creación en el año 1940 de una nueva empresa, de capital mixto con Alemania, denominada Titania. Otra empresa de aquella época es Sial, creada para explotar yacimientos mineros de pegmatitas, cuarzos y rocas alcalinas. “En todas estas empresas, Parga Pondal, además de ser accionista, asumió en mayor o menor medida labores de dirección de las tareas técnicas y de supervisión del análisis químico de minerales” (Vidal Romaní, 2019).

Cuando, con un gran enfado, abandona la universidad, decide que va a montar un laboratorio mucho mejor que el que existe en su facultad, fruto de lo cual nace el *Laboratorio Xeológico de Laxe*. Este centro tuvo una importancia testimonial hasta que en 1979, una vez jubilado Parga, se integra en la universidad. Realmente, la fama de este centro durante muchos años fue un tema sentimental al identificar su creación con la expulsión de Parga de la universidad por motivos políticos, algo que tiene más de leyenda de determinadas posiciones políticas que de realidad.

No obstante, Parga Pondal tuvo un gran contacto durante toda su vida con el mundo universitario extranjero. En un principio, con los geólogos alemanes del grupo de Franz Lotze y la empresa Montana y, más tarde, con los holandeses de la Universidad de Leiden y los franceses de Montpellier. Finalmente, poco antes de fallecer en el año 1983, vuelve a sus orígenes cuando la Universidad de Santiago le nombra con toda solemnidad doctor *Honoris Causa*.

5.3. El nacimiento de la geología contemporánea en España

Una serie de factores confluyen para que la geología en España tenga un desarrollo exponencial durante el régimen franquista. En esta época, las ciencias geológicas recibirán un tercer impulso. Como se ha visto, un primer grupo de estos factores está asociado, de manera directa o indirecta, con la Guerra Civil y con la Segunda Guerra Mundial:

- Una vez iniciada la contienda española, la ayuda a los aliados del bando republicano, los comunistas de la Unión Soviética principalmente, se paga con las reservas de oro del Estado e incluso con piedras preciosas, como los magníficos ejemplares de las esmeraldas de Muzo. El bando nacional solo puede pagar con productos agrícolas o con recursos minerales. Empero, en la destrozada España de posguerra, la agricultura es muy necesaria para la población, por lo que los minerales se convierten en la forma principal de pago.
- Al comenzar la Segunda Guerra Mundial, se produce un hecho curioso con el auge en la minería del wolframio, ya que hubo una gran demanda y los países productores comenzaron a no atenderla. La Alemania nazi se había surtido de las reservas de China (se estima que actualmente representan el sesenta por ciento de las reservas mundiales), pero, en el año 1941, los chinos declararon la guerra a Japón, uno de los aliados de los nazis. Este hecho provoca que los alemanes se abastezcan del wolframio español con una doble finalidad: compensan la deuda y mantienen el suministro, tan necesario para la industria armamentística. La

minería del wolframio será fundamental para la pobre economía de posguerra, gracias, en parte, a la habilidad diplomática española, y supondrá una parte muy importante del producto interior bruto nacional.

- Se da la circunstancia que la geología española es muy bien conocida por los geólogos alemanes desde el Congreso Geológico Internacional de 1926, celebrado en Madrid.

El siguiente grupo de factores fueron consecuencia del aislamiento al que estuvo sometida España después de la Segunda Guerra Mundial:

- Preparándose para la autarquía, el país debe desarrollar su sector primario, principalmente la agricultura, y debe iniciar el regadío y abandonar parte del secano. Esta necesidad de agua provoca, por ejemplo, que nada más terminar la guerra se cree la Escuela de Sondistas del Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas.
- Continuando con el sector primario, se promueve la minería que tan buenos resultados ha dado con el wolframio.

Después del aislamiento:

- Se necesitan técnicos para la reconstrucción, por lo que se apuesta por la ciencia. Este hecho se ve reflejado en el nacimiento de secciones de ciencias geológicas en las universidades más importantes del país.
- Llega la ayuda de los Estados Unidos, que resulta ser muy beneficiosa para los geólogos españoles, con programas de formación de profesionales como el *Fulbright* y en programas de colaboración como el de la energía nuclear.
- La transformación de España en la novena potencia industrial del mundo y el fin del aislamiento internacional permiten el acceso de los técnicos españoles a todo tipo de programas, como los que realiza la Unesco, y a todo tipo de colaboraciones internacionales.

Efectivamente, igual que ocurrió durante el reinado de Isabel II, en el que, después de una época convulsa y de las guerras civiles carlistas, se produjo una reactivación económica ayudada por la minería, lo que dio lugar a un desarrollo de las ciencias geológicas; durante el régimen franquista, después de la violencia de los años treinta y de la Guerra Civil, se produce un gran desarrollo de la geología que, en un principio, se apoya en la minería.

Se sucede la llegada de geólogos franceses y holandeses, que se suman a los alemanes que ya llevaban un tiempo. Todo ello a pesar de que España sufre hasta 1955 un aislamiento internacional que, por lo visto, se muestra algo más relajado en lo relacionado con la geología y la minería. Los técnicos del régimen se dan cuenta, probablemente a raíz de la minería del wolframio, del potencial del país para incrementar su producto interior bruto gracias a la exportación de sus recursos naturales. En los años de la Segunda Guerra Mundial, el gobierno de España consigue un espectacular aumento de los ingresos del Estado gracias a una muy buena gestión de este mineral. En los años 1943 y 1944, el wolframio

supone el veinte por ciento de las exportaciones españolas (Caruana y González Calleja, 2014; Gonzalo Corral y Gracia Plaza, 1987).

Esta moderna geología también se desarrollará después de la Guerra Civil gracias a las exploraciones que se realizaron en el África española y que han sido relatadas en un apartado anterior correspondiente al primer tercio del siglo, a pesar de que tuvieron una gran importancia en la segunda mitad de ese siglo XX.

Pero la geología no solo se apoya en la minería en esta nueva etapa, ya que en España durante esta época comienzan a desarrollarse la hidrología y la hidrogeología. En el año 1939, se crea el Instituto Nacional de Colonización, que después se convertiría en el Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario (Iryda), al cual se dota de un completo parque de maquinaria de perforación. Se comienzan a inventariar los alumbramientos de agua, así como los sondeos que se realizan, y se generaliza la demanda de estudios hidrogeológicos previos a la perforación.

Destaca también la creación del Servicio Geológico de Obras Públicas, del ministerio del mismo nombre, que realizó grandes estudios e implantó técnicas e ideas nuevas que pusieron a España al nivel de otros países europeos. Entre otras iniciativas, como se ha comentado, creó una escuela de perforistas, en la década de 1940, que estuvo activa hasta la década de 1980, la denominada Escuela de Sondistas.

Se crea el Instituto Nacional de Industria (INI), Ley de 25 de septiembre de 1941, con el objetivo de promover la creación de nuevas empresas industriales. Una de las principales será la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A. (Enadimsa), dedicada a la investigación minera en diversos campos, algunos ligados a la innovación tecnológica. Posteriormente, la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica y otros organismos de la administración del Estado se reafirman en el interés por la tecnología extractiva.

También el INI se centra en grandes astilleros, llegando a convertir a España en el cuarto productor por tonelaje de navíos del mundo, lo que provocará la demanda de acero, o lo que es lo mismo, mineral de hierro y carbón para trabajarlo.

Caso aparte, y también se ha comentado, merece la recuperación de la paleontología española nada más terminar la contienda española, en plena Segunda Guerra Mundial, alrededor del año 1941, cuando empiezan a publicar trabajos de manera casi simultánea Miguel Crusafont Pairó (1910-1983), catedrático en Oviedo y Barcelona; José Fernández de Villalta (1923-2003), profesor en la Universidad de Barcelona; y Bermudo Meléndez Meléndez (1912-1999), maestro de muchos paleontólogos españoles desde la Universidad Complutense de Madrid.

Unos años más tarde, a partir de la década de 1960, se produce una espectacular expansión de la economía española, en lo que muchos autores han denominado como “desarrollismo”. Bien es cierto que, en aquellos años, se crea el país que actualmente es España, gracias al esfuerzo del Estado, pero también gracias al esfuerzo de muchos españoles que se formaron y trabajaron -en muchas ocasiones compatibilizando ambas actividades-, logrando formar un país moderno, al que acompañará una geología contemporánea y moderna.

A nivel estatal destacan dos leyes que resultaron ser fundamentales y que, a día de hoy, su espíritu y finalidad siguen vigentes. Se trata de la Ley General de Educación de 1970, que amplió la escolarización obligatoria hasta los catorce años, y la Ley de Bases de la Seguridad Social de 1963, que garantizó asistencia médica, hospitales y pensiones de jubilación a todos los españoles.

En cuanto a la geología universitaria, se crean departamentos, secciones e incluso facultades de esta ciencia en toda España. El gobierno intenta dejar atrás el anquilosado mundo universitario con la creación de tres universidades autónomas en Bilbao, Barcelona y Madrid. Las dos primeras contarán en sus comienzos con secciones de geología y la de Madrid con un departamento.

Todo este conjunto de factores conforma el tercer impulso que recibe la geología en España, dando lugar al inicio de la geología contemporánea.

5.3.1. Organismos que contribuyen a la consolidación de la geología

Cuatro años después de terminada la Guerra Civil, el 12 de octubre de 1943, en plena contienda mundial, el Estado español, con una gran visión de futuro y mucho esfuerzo, crea el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). En su acta fundacional puede leerse: *“Al crearse el gran órgano nacional de la Ciencia, cuya magnitud rebasa la esfera universitaria, esto es, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ha querido el Estado agrupar en él a todos los trabajadores de la inteligencia, planteándoles los grandes problemas espirituales y materiales que el bien común demanda, y a los que la laboriosa y tenaz investigación de la ciencia ha de encontrar una solución eficaz”*.

Será este organismo, junto con los departamentos y facultades de geología de las universidades españolas y el Instituto Geológico y Minero, quienes protagonicen, principalmente, el desarrollo de la geología en la segunda mitad del siglo XX.

Actualmente, dentro del CSIC, existen muchos organismos, siendo el más importante en la historia de la geología española el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN). Por su importancia también se debe nombrar el Instituto de Geociencias (IGEO), que como se puede leer en su acta fundacional es un instituto de investigación mixto dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Universidad Complutense de Madrid. Se creó en 2011, mediante la integración de dos institutos mixtos fundados en 1983

(Instituto de Geología Económica e Instituto de Astronomía y Geodesia), de personal procedente de los departamentos de Geología y Volcanología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y de miembros de los departamentos de las facultades de Ciencias Geológicas y Ciencias Físicas. Incorpora investigadores provenientes de otros campos afines, como la geofísica, la física de la atmósfera o la química.

Así mismo, se puede nombrar al Comité Español de Cristalografía que fue creado en 1949, el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE), la Estación Experimental de Zonas Áridas (EEZA), el Observatorio del Ebro (OE), Geociencias Barcelona (Geo3bcn) -denominado anteriormente Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera y que fue creado en 1965 con el nombre de Instituto de Geología de Barcelona-, el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (Idaea) o la Unidad de Tecnología Marina (UTM) adscrita al Centro Mediterráneo de Investigaciones Marinas y Ambientales (Cmima), entre varios otros.

Afortunadamente, además de estos organismos públicos, hay otras instituciones que colaboran en esta labor de divulgación de la geología, como la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN), que tiene un lugar destacado en el siglo XX y en el último tercio del XIX. Junto a estos organismos, se crean otros más modernos, como el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG), fundado en 1978, con su antecesor en la Sociedad de Geólogos Españoles (SGE), creada a finales de 1967, y con sus estatutos aprobados por el Ministerio de la Gobernación en el año 1968. En cambio, desde el primer borrador presentado en 1975, la ley que aprobaba la creación del ICOG sufrió muchos retrasos debido a la oposición de algún colegio profesional y debido a que algunos partidos políticos consideraban a los colegios profesionales como clasistas.

También es de destacar la Sociedad Geológica de España (SGE), que se crea en 1985, con la precuela de la Asociación de Geólogos de España. Un momento importante dentro de la historia de la SGE sucede en la junta que se realiza el 2 de febrero de 1990, cuando se acuerda crear la Comisión de Historia de la Geología y se encarga su puesta en marcha a Jaime Truyols, Salvador Ordoñez y Juan José Durán. Actualmente se encuentra agregada a la *International Commission on the History of Geological Sciences* (Inhigeo), la Comisión de la Unesco para la Historia de la Geología. La Sociedad Geológica de España también constituye, en 1994, la Comisión del Patrimonio Geológico.

Y, además:

La Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo (Aggep), constituida en 1980.

La Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Aepect), fundada en 1991.

El Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (Cenieh) nacido gracias al éxito de Atapuerca.

La Red Española de Planetología y Astrobiología (Redespa), fundada por Jesús Martínez Frías.

La Asociación Española para el Estudio del Cuaternario (Aequa), con sus orígenes en 1972.

La Sociedad Española de Geomorfología.

La Sociedad Española de Mineralogía.

La Sociedad Española de las Arcillas.

La Sociedad Española de Paleontología, creada en 1984.

El Proyecto Docente Somosaguas de Paleontología dentro de la Universidad Complutense de Madrid.

La Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, miembro de *The european association for the conservation of the geological heritage* (ProGEO).

La ONG Geólogos del Mundo, creada al amparo del ICOG.

Así como una gran cantidad de museos y parques de ciencias que florecen en la segunda mitad del siglo XX.

5.3.2. Publicaciones periódicas de geología

Antes de enumerar algunas de las principales publicaciones periódicas, se debe resaltar una obra que ya ha sido mencionada. Fue escrita en 1871 por Eugenio Maffei y Ramos (1827-1892) y Ramón Rúa Figueroa y Fraga (1820 o 1825-1874) y titulada *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos impresos y manuscritos útiles al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares*. Se trata de un inventario de antiguas publicaciones geológicas coordinado con reseñas biográficas de los autores. Existe una reedición en facsímil del año 1970.

En cuanto a las publicaciones periódicas, en un estudio realizado en 1988, se contabilizaron, desde finales del siglo XVIII, un total de 185 revistas científicas españolas que incluían temas geológicos, de las que, a la fecha del estudio, se mantenían solamente 54 (Gutiérrez Gárate *et al.*, 1988).

De estas publicaciones periódicas españolas de geología, se debe destacar el *Boletín Geológico y Minero*, que tiene sus orígenes en el año 1874, cuando la Comisión del Mapa Geológico de España comienza a editar una revista. A partir del año 1910, con el cambio de denominación del organismo editor, también cambia de nombre la revista, denominándose *Boletín del Instituto Geológico de*

España. Un nuevo cambio de denominación del organismo editor hace que pase a llamarse *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España* a partir del año 1927. A finales de 1967, la revista adopta su denominación actual de *Boletín Geológico y Minero*. Lamentablemente, después de ciento cuarenta y siete años, en 2021, se deja de publicar en formato papel y pasa a ser una revista exclusivamente digital.

Estudios Geológicos nació en 1945 como publicación del Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, entidad creada poco antes en el seno del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), siendo Maximino San Miguel de la Cámara su primer director. Actualmente, dentro del CSIC, lo edita el Instituto de Geociencias (IGEO), que también edita la revista *Journal of Iberian Geology*.

El *Boletín* de la Real Sociedad Española de Historia Natural comienza su publicación en 1901. Desde el Tomo 48, publicado en 1950, este se edita en tres secciones independientes: *Actas*, *Sección Biológica* y *Sección Geológica*; lo que hace de la *Sección Geológica* del *Boletín* una de las revistas españolas más antiguas dedicada a la publicación de artículos sobre geología, solo superada por el *Boletín* del Instituto Geológico y Minero de España y por la revista *Estudios Geológicos* del CSIC.

Stvdia Geologica Salmanticensia nace en 1970 y es idea de Felipe Lucena, rector de la Universidad de Salamanca y antiguo decano de la Facultad de Ciencias, cuando “quiso dar impulso a la más antigua editorial universitaria del mundo, la de su universidad, con la creación de una nueva revista de ciencias” (Jiménez, 2020). En principio, se trataba de una nueva revista que iba a conformar las cinco ramas de las cinco ciencias. Ya, desde unos años antes, se publicaba *Stvdia Chemica*, pero finalmente solo apareció *Stvdia Geologica* con Luis Carlos García de Figuerola como director y Emiliano Jiménez como secretario. *Stvdia Botanica* nacerá en 1982.

Stvdia Geologica, en sus inicios, conservó su nombre con la “S” líquida y la “V” salmantina, pero al parecerse al nombre de la revista *Estudios Geológicos* del CSIC y al existir el precedente de *Studia Geologica Polonica*, en el año 1979, el Instituto del Libro Español determina que la revista debe denominarse *Stvdia Geologica Salmanticensia* (Jiménez, 2020).

La Sociedad Geológica de España (SGE) publica dos revistas periódicas, ambas semestrales: *Geogaceta* y *Revista de la Sociedad Geológica*, y dos publicaciones no periódicas: *Geo-Temas* y *Geo-Guías*. Además, la SGE cuando crea, en el año 1994, la Comisión de Historia de la Geología, paralelamente, inicia la publicación del *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*. Se nombra editor del mismo a Leandro Sequeiros, según aparece en la “Primera circular de la Comisión” publicada en el primer número del *Boletín* de la Comisión de Historia de la Geología de España (1994).

La revista *Tierra y Tecnología*, del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG), comienza su andadura en el año 1991, cuando se buscaba editar una revista en color que sustituyera a la revista *El Geólogo* y al *Boletín Informativo del Colegio Oficial de Geólogos* (este se editaba desde 1989), aunque más tarde volvieron a reeditarse ambas publicaciones conjuntamente, entre los años 1996 y 1999, con el nombre de *El Geólogo, Boletín Informativo del Colegio Oficial de Geólogos* y, desde el año 1997, comienza a publicarse *El Geólogo Electrónico, Boletín Informativo del ICOG*. El primer director de *Tierra y Tecnología* fue Manuel Rolandi Sánchez-Solís, que dirigió la revista hasta su número 13, en el año 1996. Con el número 41, año 2013, deja de imprimirse y comienza a publicarse digitalmente (Pampliega, 2016).

Especial mérito tiene la revista *Rocas y Minerales*, fundada en el año 1972 por Laureano Fueyo (1935-2022) y cuya labor ha sido continuada por su hijo Luis Fueyo, doctor en Ciencias Geológicas. Esta revista está dirigida al sector de los áridos y al sector minero, así como a la maquinaria de minas y canteras, teniendo reservada una parte de su publicación para artículos específicos sobre geología y mineralogía. Fueyo Editores también ha publicado numerosos libros, entre los que destacan algunos de geología, con gran éxito en el mercado hispanoamericano.

Existen otros ejemplos que pueden ser destacables, como la revista *De Re Metallica* de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero y la *Revista de la Sociedad Española de Paleontología* que edita, desde el año 1985, la institución que le da nombre.

5.3.3. Universidades

Durante el primer tercio del siglo XX, la geología estuvo ausente en todas las universidades del país, excepto en Madrid y Barcelona (en esta ciudad desde 1910), donde se impartía la licenciatura en Ciencias Naturales. Al terminar la Guerra Civil, la antigua asignatura de Historia Natural por fin está dividida en dos ramas, biología y geología, por lo que en el primer curso de las carreras de las facultades de ciencias y de farmacia -el que será conocido como Selectivo- se hace obligatoria la asignatura de Geología (Julivert, 2014).

Durante los años del franquismo, fueron naciendo las secciones de geología por distintas universidades del país hasta que, en 1968, durante el II Plan de Desarrollo Económico y Social del gobierno, se incluye un Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM), que viene a sumarse al Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Ambos programas ayudan de una manera determinante a convertir algunas secciones de geología en facultades de geología. Dentro de este Programa Nacional de Investigación Minera se incluía el Plan Magna, el nuevo proyecto de mapa geológico nacional a escala 1:50.000, un verdadero hito en la historia de la geología española.

Unos años antes, en 1965, ya se había aprobado la ley de estructura del Profesorado de la Universidad, en la que se crean los departamentos universitarios y la figura de Profesor Agregado de Universidad, una categoría intermedia entre el profesor adjunto y el catedrático.

En esta década de 1960 la universidad española despegaba de manera definitiva. Comienza cuando se les conceden a los catedráticos fondos denominados “ayuda a la investigación” y se les permite crear puestos de ayudante remunerados (antes no lo estaban) que desembocaron en los llamados profesores no numerarios (PNN), los famosos “penenes”. A esto había que sumar los fondos que el CSIC destinaba a investigación en la universidad, permitiendo nuevas investigaciones y estancias en el extranjero.

Como explica Manuel Julivert, *“los fondos reunidos por los conceptos antes señalados permitieron que toda la investigación realizada tanto por los catedráticos como por los PNN estuviera enteramente subvencionada, permitieron así mismo las publicaciones de Brevoria y Trabajos de Geología, así como la asistencia a congresos y viajes de intercambio. Por lo que se refiere a las ayudantías, en estos años hubo pocas restricciones para entrar en la universidad, de modo que todo aquel que estuviese interesado en integrarse en un equipo pudo hacerlo fácilmente”* (Julivert, 2014).

En el año 1970, se publica una de las leyes más importantes que ha habido en España, la Ley General de Educación (Ley 14/1970 de 4 de agosto), que establece los ciclos de diplomatura, licenciatura y doctorado en los estudios universitarios. Además, esta ley incluía, entre otras muchas mejoras y beneficios, la asignatura de Geología en el curso de orientación universitaria (COU) en la opción de ciencias.

A principios del siglo XXI, dentro de la Ley Orgánica de Universidades (LOU), se sustituyen los “ciclos de primer y segundo grado de licenciatura, ingeniero y arquitecto” por el nuevo título universitario de “grado”.

5.3.3.1. Universidad Complutense de Madrid (Universidad Central). UCM

La actual Universidad Complutense de Madrid es la que fundara el Cardenal Cisneros en el año 1499. Desde un principio, se instaló en el antiguo *Complutum*, la ciudad romana del siglo I a.C., hasta que en el año 1836, después de un primer intento fallido, se traslada a Madrid con el nombre de Universidad Central. Aunque ya existían unos estudios de ciencias, no será hasta la Ley de Instrucción Pública de 1857, conocida como ley Moyano, cuando se cree la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, una de las seis facultades de la Universidad Central. Esta universidad será conocida como “Central” hasta el año 1950, cuando oficiosamente se le otorga el nombre de “Complutense”, denominación que se convertirá en oficial en el año 1970.

Desde aquel año de 1857 en que se creó la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, la formación universitaria de los geólogos⁵⁵ ha tenido tres sedes. Sin embargo, hasta el año 1959 no se puede decir que existiera una sola sede, ya que la enseñanza se impartía en varias ubicaciones: en un caserón que ocupaba el número uno de la calle de San Bernardo, conocido como el caserón del Noviciado, en el Museo de Ciencias Naturales, en el Jardín Botánico e incluso en los últimos años en la Escuela de Estomatología, sita en la Ciudad Universitaria. Desde 1959 a 1968, las clases se imparten en el Pabellón V de la Facultad de Medicina. Y a partir del año 1968, los geólogos se forman en el mítico edificio de Geológicas de la Ciudad Universitaria (Bolado Somolinos, 2012).

Igual que sedes, existen tres fechas a tener en cuenta para la historia de la geología universitaria española: la primera es el año 1857, cuando se crea la Facultad de Ciencias de la Universidad Central; la segunda es el año 1953, cuando, por un decreto, se separa la licenciatura de Ciencias Naturales en dos nuevas, creándose las licenciaturas de Geología y Biología; y finalmente el año 1974, cuando se crea la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, por división de la Facultad de Ciencias en cinco nuevas facultades: Biológicas, Geológicas, Matemáticas, Físicas y Químicas⁵⁶.

El discurrir de la universidad durante el primer tercio del siglo XX ya se ha desgranado en un apartado anterior de este capítulo, cuando se ha realizado la crónica del Museo de Historia Natural (denominado en este siglo Museo Nacional de Ciencias Naturales), al ir íntimamente unidos este museo con la Facultad de Ciencias, por lo que en estas líneas se continúa con la vida universitaria en la posguerra.

Comienza en octubre del año 1939, cuando se inicia el curso 1939-40, desarrollándose un curso normal y dos cursos abreviados para recuperar los cursos perdidos durante los años de guerra. En el año 1942, se jubila Eduardo Hernández Pacheco al cumplir la edad máxima para un catedrático, los setenta años de edad, y le sucede Maximino San Miguel de la Cámara, por concurso de traslado desde la Universidad de Barcelona, quien llegará a ser decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, desempeñando este cargo hasta su jubilación, en 1957 (Bolado Somolinos, 2012).

Se conserva el mismo número de cátedras, cuatro, que existía antes de la guerra: (1) Geografía Física y Geología Aplicada, que corresponde a Francisco

⁵⁵ Los geólogos de la universidad eran oficialmente denominados naturalistas hasta el año 1953, en lo que se refiere a la licenciatura. En cuanto al doctorado, unos años antes, desde la ley de 1944, ya eran denominados doctores en Geología.

⁵⁶ El desarrollo histórico de las facultades de ciencias en la Universidad Central ha sido estudiado en *Evolución Histórica de la Licenciatura en Matemáticas (Exactas) en la Universidad Central* (Outerelo Domínguez, 2009) y, particularmente, la Facultad de Ciencias Geológicas en *Cientodiecisiete años de enseñanza de la Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central/Complutense de Madrid (1857-1974)* (Bolado Somolinos, 2012).

Hernández Pacheco; (2) Petrografía y Estratigrafía, de Maximino San Miguel de la Cámara; (3) Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica, de Martín Cardoso, que es repuesto en su cátedra en el año 1946; y, por fin, después de medio siglo sin esta asignatura, se creará la cátedra de (4) Paleontología y Geología Histórica, que obtiene Bermudo Meléndez Meléndez, en 1949, trasladado desde su cátedra de Geología en Granada. La plaza de catedrático de la asignatura de Paleontología se convoca de manera análoga también en la Facultad de Ciencias de Barcelona, siendo asignada a José Ramón Bataller, después de muchos años olvidada, considerando este hecho de la reposición y creación de nuevas cátedras de Paleontología como uno de los ejemplos que sustenta la idea de que las ciencias geológicas se vieron reforzadas en la posguerra.

Francisco Hernández Pacheco será uno de los principales protagonistas en la inauguración de la Ciudad Universitaria y del curso académico 1943-44, al ser el encargado del discurso inaugural el 12 de octubre de 1943, Día de la Hispanidad, con la asistencia del Jefe del Estado, Francisco Franco, abordando el tema “De la fisiografía de las tierras africanas de influencia española” (Bolado Somolinos, 2012), muy del gusto de los dos protagonistas principales.

Con el nuevo plan de estudios de 1944, se introducen novedades en la Sección de Ciencias Naturales, tales como la organización de las clases, que se realiza en cuatrimestres, la licenciatura en cinco cursos y la obligatoriedad de la asignatura de Historia de las Ciencias Naturales, en lo que llegó a ser un plan de estudios con mucho sentido común. Es más, pues todavía tenía otras novedades muy importantes: se vuelve a contemplar la asignatura de Paleontología, olvidada desde principios de siglo y se distinguen dos especialidades en los estudios de doctorado, Ciencias Biológicas y Ciencias Geológicas, señalando el camino a la separación en dos secciones que se producirá, *de facto*, en el año 1953, saliendo la primera promoción de geólogos en 1957⁵⁷.

La universidad está, al igual que el país, en plena expansión, por lo que, en la década de 1960, se producirá una avalancha de nuevos alumnos. Estas nuevas generaciones tendrán un primer curso común, que estará vigente durante muchos años y que fue aprobado dentro de una reforma del año 1957, cuando se establece el denominado curso Selectivo para el ingreso en las Escuelas Técnicas Superiores y en las Facultades de Ciencias, Farmacia y Medicina. En las facultades de ciencias este curso común incluía cinco asignaturas: Matemáticas, Física, Química, Geología y Biología.

Como es evidente, el número de profesores y el de catedráticos aumenta a principios de esa década. En el año 1960, los catedráticos eran Francisco Hernández Pacheco, Bermudo Meléndez y José Luis Amorós Portolés, trasladado desde Barcelona por concurso, quien había ocupado en el año 1956 la cátedra

⁵⁷ Aunque las licenciaturas estaban separadas desde el año 1953, la Sección de Ciencias Naturales siguió conservando el nombre hasta el año 1964.

de Martín Cardoso, fallecido dos años antes. La cuarta cátedra, la de Petrología, había quedado vacante en el año 1958, al jubilarse San Miguel de la Cámara, y en este año de 1960 será ocupada, al ganar la oposición, por José María Fúster Casas. A estas cuatro cátedras se añaden dos más, en este mismo año, la de Estratigrafía, primera de esta especialidad en España, ganada por oposición por Noel Llopis Lladó, procedente de la facultad de Oviedo, y en el año 1963 la cátedra de Geodinámica Interna, obtenida por Manuel Alía Medina.

No obstante, tres de estas cátedras cambiarán de titular antes de que termine la década; en el año 1966, la cátedra de Cristalografía y Mineralogía queda vacante, cuando José Luis Amorós emigra a los Estados Unidos, hasta que dos años más tarde la toma en posesión Juan Luis Martín Vivaldi (1919-1974), procedente de la Universidad de Granada. Este mismo año de 1968, Carmina Virgili ocupa la plaza de Noel Llopis, al fallecer este en un desgraciado accidente de circulación. Finalmente, Francisco Hernández Pacheco se jubila, en 1969, y será el turolense Eduardo Alastrué Castillo (1913-1991), procedente de su cátedra en Sevilla, quien se incorporará en el curso 1969-1970 (Bolado Somolinos, 2012).

Junto a estos catedráticos hubo otros grandes profesores como los agregados Francisco Mingarro Martín, Emiliano Aguirre Enríquez, Alfredo Hernández Pacheco y Roso de Luna, Ramón Llamas Madurga o Lorenzo Vilas, que con el tiempo llegarían a ser catedráticos.

Finalmente, en el año 1974 -y gracias a un Decreto de 26 de julio de 1973 del Gobierno en el que se instaba a las facultades de ciencias para transformar las secciones en facultades- se crea la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, siendo su primer decano José Luis Amorós.

José Luis Amorós Portolés (1920-2001) nace en Barcelona, donde estudia Ciencias Naturales y, enseguida, se interesa por la cristalografía. Fue catedrático de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica en Sevilla (1954), Barcelona (1955) y Madrid (1956-1987). Participó en un proyecto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para la construcción de cámaras de difracción de rayos X. En la Universidad Complutense, llegó a ser vicerrector de Investigación así como decano de la Facultad de Ciencias Geológicas en dos ocasiones. Recibe, entre otros, el "Premio de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1948) y el "Premio Francisco Franco de Ciencias" (1963) (López Andrés y López-Acevedo, 2003). Autor del interesante libro *La gran aventura del cristal* (1978), al jubilarse se dedicó a la escritura y a la historia en su retiro de Mahón, en Menorca.

Otro de los profesores referentes -profesor emérito- en la segunda mitad del siglo fue el vallisoletano José María Fúster Casas (1923-2000), licenciado en Ciencias Naturales en la Universidad Central en la posguerra. Su director de tesis fue Maximino San Miguel de la Cámara, a quien sustituye en la cátedra y quien le encargará, en el año 1947, que establezca un laboratorio de petroquímica (San Miguel era nombrado en el año 1943 director del Instituto Lucas Mallada y lo

primero que había hecho fue montar un laboratorio de petrografía), para lo que el joven Fúster consulta con el especialista en este tipo de laboratorios en aquella época, Parga Pondal, y para lo que recibe formación en dos ocasiones en la Escuela Politécnica de Zúrich. Fúster estuvo toda su vida estudiando los complejos cristalinos, primero de la Guinea española en lo que fue su tesis y luego del Sistema Central, hasta que años más tarde centró sus estudios en las rocas volcánicas españolas.

También en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid se crea la primera cátedra de Hidrogeología en una facultad española. Ramón Llamas Madurga (1931-2021) -igualmente profesor emérito- fue el primer profesor de la primera agregadura de Hidrogeología, luego transformada en cátedra. Autor, junto a Emilio Custodio, de *Hidrología Subterránea* (1976), el que fue durante muchos años libro de referencia sobre la hidrogeología en español.

5.3.3.2. Universidad de Barcelona. UB

Como se ha mencionado anteriormente, a principios de siglo, en el año 1910, Ignacio Bolívar junto al Barón de Bonet, rector de la Universidad de Barcelona; Odón de Buen, catedrático de Mineralogía y Botánica de la Facultad de Ciencias y Hermenegildo Giner de los Ríos, diputado y también catedrático, promueven la creación de la Facultad de Ciencias Naturales en Barcelona. Este hecho constituyó una importante mejora para la ciencia en España.

La facultad fue creada sacándose a oposición muchas de sus cátedras, que ganaron naturalistas como Francisco Pardillo Baquer (1884-1955) y Maximino San Miguel de la Cámara (1887-1961) en Geología, y completándose el personal docente con Antón Vila Nadal (1861-1956) en la cátedra de Mineralogía y Botánica. *“La Facultad de Ciencias de Barcelona, hija de la de Madrid, ha sabido en poco tiempo acreditarse y obtener con su seria labor los mejores frutos”* (Bolívar, 1988).

Destaca, por desconocida, la figura de Antón o Antonio Vila Nadal, a excepción de los artículos que ha escrito de su etapa en la Universidad de Santiago el profesor Fraga Vázquez (Rodríguez de la Torre, dbe). En su educación secundaria, Vila Nadal fue alumno de Jaime Almera en el Seminario Conciliar, sin llegar a pertenecer al grupo de discípulos geólogos relacionados con la llamada Escuela del Seminario, como Faura, Font, o Bataller. Más tarde, inicia sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias de Barcelona, aunque los termina en la Sección de Naturales de la Universidad Central de Madrid, donde recibió clases de Ignacio Bolívar, siendo uno de los pocos alumnos que le acompañaron en su viaje científico a Marruecos. Desarrolla una gran actividad académica y científica en su época de la Universidad de Santiago de Compostela y, más tarde, es profesor en la Universidad de Salamanca, donde el rector Miguel de Unamuno escribe una loa sobre Vila Nadal al rector de Barcelona, cuando se le traslada a esa universidad. Se trata de un buen profesor que, después de su etapa gallega,

no publicó nada a excepción de *Mineralogía y Botánica. Compendio de las lecciones explicadas en la Universidad de Barcelona* (1918) (Rodríguez de la Torre, db).

También se debe destacar al burgalés Maximino San Miguel de la Cámara, licenciado en Ciencias Naturales en Madrid, que en el año 1912, un año después de terminar el doctorado, obtiene la plaza de catedrático de Geografía y Geología Dinámica en Barcelona, que ostenta hasta el año 1942, en el que obtiene la cátedra en Madrid. Autor de numerosas publicaciones y con multitud de distinciones y nombramientos en diversas instituciones, fue director de una de las excursiones del Congreso Geológico Internacional de 1926. En el año 1943, se le nombra director del nuevo Instituto Lucas Mallada del CSIC, donde organiza un laboratorio de petrografía que pronto se convertirá en una nueva escuela petrográfica española. Desde el año 1956, un par de años antes de su jubilación y hasta su fallecimiento en 1961, fue el director del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Bolado Somolinos, 2012).

En cuanto a las primeras promociones de geólogos universitarios de Barcelona -los discípulos de San Miguel de la Cámara, Pardillo y Vila Nadal- se puede decir que no comienzan a publicar algún trabajo hasta el año 1925 o incluso el año 1930. Entre estos nuevos geólogos cabe destacar a Marcet Riba, Solé Sabarís, Noel Llopis, Font Tullot, Candel Vila, Crusafont, Villalta, Vía, Darder o el micropaleontólogo Guillermo Colom (Truyols, 1999a).

Según explica Julivert⁵⁸, en la Barcelona de posguerra hay pocos alumnos matriculados en Ciencias Naturales, incluso algunos profesores llegan a proponer la supresión de esta licenciatura, probablemente con el deseo de ser trasladados a Madrid, aunque afortunadamente el ministro de la época Ibáñez Martín deniega esta propuesta (Julivert, 2014).

Cuando, en el año 1943, el catedrático Maximino San Miguel de la Cámara se traslada a Madrid, la geología en la Universidad de Barcelona queda representada por la figura de Luis Solé Sabarís (1908-1985), quien ocupa la cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada. Mientras tanto, continuará la otra cátedra, la de Cristalografía, ocupada por Francisco Pardillo. Solé Sabarís, a pesar de ser un geógrafo que realizaba trabajos sobre geografía, forma alrededor de su cátedra un pequeño grupo de geólogos con el ayudante Noel Llopis que pasa a ser adjunto y con los recién licenciados José María Fontboté y Juan María Ribera que, a su vez, se convierten en ayudantes (Julivert, 2014).

También en plena posguerra, una vez se ha licenciado en Ciencias Naturales, entra como profesor ayudante de Geología el hijo de San Miguel de la

⁵⁸ La obra *Una historia de la geología en España* del profesor Manuel Julivert está enfocada fundamentalmente a la historia de la geología en Barcelona. Es por ello, que, para explicar la historia de su universidad en la época posterior a la Guerra Civil, se ha recurrido casi por entero a estas páginas.

Cámara: Alfredo San Miguel Arribas (una figura importante pues llegó a ser un impulsor del establecimiento de la Sección de Ciencias Geológicas en esa universidad, en el año 1953, y decano de la futura facultad durante cuatro años, en 1975).

Continuando en aquella época, en la que se contaba con una economía de guerra, se debe reseñar que se habilitó una fuente de financiación para aquellas dos cátedras que venía a través de la Sección de Geomorfología del Instituto Lucas Mallada del CSIC, instituto que se había formado también en 1943. A finales de la década, en el año 1949, se completa el cuadro cuando se cubre la cátedra de Paleontología en la persona de Bataller y, un año después, la de Petrografía en la figura de Alfredo San Miguel Arribas.

La cátedra que ostenta Solé, durante un tiempo, sufrirá continuos cambios en sus ayudantes. Se puede comenzar relatando la vida de Juan María Ribera, que es realmente curiosa. Todo cambia cuando, en el año 1947, consigue una beca en la Universidad de Harvard y, una vez en los Estados Unidos, ingresa en una orden benedictina de ideas radicales que termina por convencerle de que la Geología es una ciencia contraria a la Biblia. Al año siguiente, es Noel Llopis quien se traslada a Oviedo y, a su vez, Fontboté se desplazará a Granada, en el año 1954. Después de este último cambio, Solé cuenta con dos nuevos profesores adjuntos: Carmina Virgili, que también se marchará en el año 1963 a Oviedo, y Joan Rosell.

Tanto Noel Llopis como Virgili -al fallecer Llopis- se trasladarán a la Facultad de Ciencias de Madrid, al considerarse el centro de enseñanza e investigación referente en geología en España. Noel Llopis Lladó (1911-1968) falleció prematuramente, pero tuvo una intensa vida científica con más de doscientas publicaciones. Se trata de un discípulo tanto de Solé Sabarís como de Maximino San Miguel de la Cámara. Tuvo un gran protagonismo en Oviedo y también en Madrid, donde una vez ha tomado posesión de su cátedra es nombrado vicedirector del Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas y jefe del Departamento de Geología Económica de este mismo instituto. De su carrera también se debe destacar el reconocimiento que alcanzaron los cursos de hidrogeología que organizaba, especialmente durante su etapa madrileña.

Por su parte, Carmina Virgili Rodón (1927-2014) realizó una larga carrera tanto en la universidad como en la política. Obtuvo, en el año 1963, la cátedra de Estratigrafía de la Universidad de Oviedo, lo que la convirtió en la primera mujer catedrática de aquella universidad y la tercera en España. Más tarde, se trasladará a la Universidad Complutense de Madrid donde llegó a ser decana de la Facultad de Ciencias Geológicas. En su otra faceta, ya que durante gran parte de su vida conjugó su carrera profesional con la política, llegó a ser secretaria de estado de Universidades e Investigación, entre 1982 y 1985, y senadora, entre 1996 y 2000.

Al igual que ocurrió en la Facultad de Ciencias de Madrid, en el año 1953 la licenciatura de Ciencias Naturales se divide en Geología y Biología; y en el año 1974 nace la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Barcelona. Lamentablemente, en el siglo XXI cambiará de nombre y se transformará en Facultad de Ciencias de la Tierra. Desde el año 1990, la Universidad de Barcelona y la Universidad Politécnica de Cataluña imparten los estudios de Ingeniería Geológica denominación que, con los nuevos tiempos, se transformó en Grado de Ingeniería Geológica y Ambiental. Finalmente, en el curso 2015-2016, se inició el Grado de Ciencias del Mar, en estrecha colaboración con la Facultad de Biología (entidad que sí conservó su nombre del año 1974).

5.3.3.3. Universidad de Granada. UGR

En el año 1940, se convoca en Granada una plaza de catedrático de Geología, que gana Luis Solé Sabarís, la cual ocupa durante dos años y medio hasta que vuelve a Barcelona, que es su ciudad de origen. En el año 1944, y procedente de Madrid, el que ocupa esta plaza es Bermudo Meléndez, quien la mantiene hasta 1949 (Julivert, 2014). La cátedra cambia de manos alguna vez más hasta que, en el año 1954, la obtiene el profesor José María Fontboté, uno de los impulsores de los estudios de geología en la universidad granadina.

En el año 1958, se crea la Sección de Geología y comienza a impartirse la licenciatura de Ciencias Geológicas en los locales de la antigua Facultad de Ciencias, ubicada en la calle Duquesa. En el año 1961, se licencia la primera promoción de geólogos granadinos. Ese mismo año, Asunción Linares, que había estudiado en Madrid y era discípula de Bermudo Meléndez, obtiene la cátedra de Paleontología de la universidad granadina. Un año más tarde, en el año 1962, se dota a la sección de una nueva cátedra de Cristalografía y Mineralogía, que gana por oposición Juan Luis Martín Vivaldi.

Por un decreto del año 1966, se establece la división de la Sección de Geología en cinco Departamentos: Cristalografía-Mineralogía, Estratigrafía, Geomorfología-Geotectónica, Paleontología y Petrología.

En el año 1968, se traslada Juan Luis Martín Vivaldi a la Universidad Complutense de Madrid y su plaza la ocupa Manuel Rodríguez Gallego, que procede de la Universidad de Murcia. Al año siguiente, se mudan los estudios de Ciencias Geológicas desde el antiguo edificio de la calle Duquesa al nuevo edificio del campus de Fuente Nueva.

Otro hito reseñable en esta universidad andaluza ocurre en el año 1970, cuando se publica el primer número de la revista *Cuadernos de Geología*. Y llega el año 1974, donde existe la posibilidad de que los estudios de geología de las diversas universidades españolas se constituyan como Facultad de Geología o Facultad de Ciencias Geológicas. No obstante, en la Universidad de Granada se opta por seguir integrados en la Facultad de Ciencias. Al año siguiente, el geólogo Juan Antonio Vera Torres es nombrado decano de esta Facultad de

Ciencias y, en el año 1978, el profesor José María Fontboté se traslada a la Universidad de Barcelona, tras haber permanecido veinticuatro años en Granada.

En el año 1984, se crea el Instituto Andaluz de Geología Mediterránea, como centro mixto entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Granada (UGR), conocido años más tarde como Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT).

Una nueva reestructuración en tres departamentos se produce en 1986: (1) Departamento de Estratigrafía y Paleontología; (2) Departamento de Mineralogía y Petrología (que incluye dos áreas de conocimiento Cristalografía-Mineralogía y Petrología-Geoquímica) y (3) Departamento de Geodinámica que posteriormente se dividió en dos áreas: Geodinámica Externa y Geodinámica Interna.

En el año 1989, se crea el Instituto Andaluz de Geofísica y prevención de desastres sísmicos, como centro propio de la Universidad de Granada, que inicia su andadura absorbiendo el Observatorio de Cartuja, emblemático centro creado por la Compañía de Jesús en 1902. En ese mismo año de 1989, el geólogo Pascual Rivas Carrera es nombrado Rector Magnífico de la Universidad de Granada, puesto que también será ocupado, desde 2007 hasta 2015, por el geólogo Francisco González Lodeiro, quien también fue, desde 2017 hasta 2019, director del Instituto Geológico y Minero de España.

En el año 2009, se celebró el cincuenta aniversario del inicio de los estudios de geología en la Universidad de Granada, incluyendo la publicación de un libro conmemorativo del que se ha extraído la mayor parte de la información que se refleja en este texto.

Se debe hacer hincapié en la figura de Asunción Linares (1921-2005), que será la primera mujer en obtener una cátedra en una facultad de ciencias, concretamente en la cátedra de Paleontología de esta Universidad de Granada. En las décadas de 1960 y 1970, las mujeres entran de una manera decidida en la universidad española para estudiar geología, consiguiendo la igualdad en el número de alumnos mucho antes que en otras facultades de ciencias, un hecho que viene siendo una realidad desde finales de la década de 1980.

5.3.3.4. Universidad de Oviedo. Uniovi

El prestigioso Curso-Máster de Hidrogeología que se impartía en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid llevaba el nombre del geólogo que inició los estudios de geología en la Universidad de Oviedo: Noel Llopis Lladó. En el año 1948, procedente de la Universidad de Barcelona, obtuvo la cátedra de Geología General de la Universidad de Oviedo, en lo que todavía se denominaba Ciencias Naturales y antes de que existiera sección de cualquiera de las otras ciencias, ya que en aquellos tiempos aquella

Facultad de Ciencias solo otorgaba la licenciatura en Químicas (Julivert, 2014). Unos años más tarde, en el año 1953, Llopis creó en Oviedo el Instituto de Geología Aplicada que fue el antecedente de la Sección de Ciencias Geológicas de aquella universidad, que se estableció finalmente en 1958. Como ayudante de Llopis, aparece la figura de un recién licenciado Manuel Julivert. Se debe mencionar, que en aquellos años, la cátedra se financiaba a través del CSIC, que instaló en Oviedo la Sección de Tectónica del Instituto Lucas Mallada.

A principios de la década de 2020, el Departamento de Geología, heredero de la sección, se encontraba integrado por seis áreas de conocimiento: área de Cristalografía y Mineralogía, área de Estratigrafía, área de Geodinámica Interna, área de Geodinámica Externa, área de Paleontología y área de Petrología y Geoquímica.

5.3.3.5. Universidad de Salamanca. USAL

Los estudios de geología en Salamanca⁵⁹ se consolidan cuando Felipe Lucena, el decano de la Facultad de Ciencias en el mandato que abarca desde 1963 hasta 1968 -años más tarde llegaría a ser rector de la Universidad de Salamanca- consigue *“que aquella facultad, que sólo disponía de la Sección de Químicas, diera el fruto de cuatro nuevas secciones procedentes de lo que eran cuatro cátedras”*, como la de Biología (Fernando Galán), Geología (Julio Rodríguez Martínez sucedido por Antonio Arribas Moreno, en 1965), Física (José Garmendia Iraundegui) y Matemáticas (Norberto Cuesta Dutari) (Jiménez, 2020). Con ello, la Universidad de Salamanca logró tener una facultad de ciencias con las cinco ciencias representadas en cinco secciones.

Medio siglo más tarde, existen facultades de Químicas y de Biología y las otras tres ciencias están representadas en secciones en la Facultad de Ciencias donde, entre otras, se puede cursar tanto el Grado en Geología como en Ingeniería Geológica.

Como hecho significativo se puede mencionar que, en noviembre de 2012, fue nombrado director del Instituto Geológico y Minero de España el catedrático de Paleontología de esta Universidad de Salamanca, Jorge Civis Llovera (1948-2017), nacido en La Pobra de Segur (Lérida), licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Barcelona (1970) y doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca (1975), quien fue un gran experto en foraminíferos⁶⁰ y una gran persona.

⁵⁹ Según “Cincuentenario de una revista” en *La Crónica de Salamanca* (Jiménez, 2020); y en los múltiples y entrañables correos electrónicos enviados por Emiliano Jiménez al autor de esta tesis.

⁶⁰ Jorge Civis tiene una gran anécdota cuando el rey Felipe VI de España se le acercó en un acto, como paleontólogo que era, para decirle que le atraen mucho los dinosaurios y Jorge le responde que a él también le parecen muy interesantes, pero que no tiene ni idea de ese tema.

5.3.3.6. Universidad de Zaragoza. Unizar⁶¹

A comienzos del año 1940, la asignatura de Geología estaba impartida por el catedrático Pedro Ferrando Más (1879-1966), dentro de la Sección de Ciencias Naturales. En el curso 1943-44, Ferrando era el catedrático de Geología con nociones de Geoquímica y, además, acumulaba por vacante las de Biología y Geología para Farmacia. Durante el curso 1946-47, se acuerda sacar una plaza de profesor adjunto para Geología y Biología que obtiene ese mismo año Fernando Cámara. En noviembre de 1948, se aprueba que Pedro Ferrando imparta el primer curso monográfico de Geología, aunque no se puede considerar de doctorado porque no existe esta sección. Ferrando se jubilará al año siguiente.

Es por lo que aparece la figura de Eduardo Alastrué Castillo (1913-1991) como nuevo catedrático de Geología, quien nada más llegar pide autorización para reformar el laboratorio de Geología y también la provisión de una plaza de profesor adjunto adscrito a la cátedra de Geología. También solicita, y obtiene, el envío de una colección de minerales desde el Instituto Geológico y Minero de España para el nuevo laboratorio.

Los nuevos planes de estudio de 1953 aprobados para la Sección de Químicas recogen las asignaturas de Biología y Geología en el primer ciclo, mientras en la Sección de Físicas constaba la asignatura de Geología y Cristalografía en ese mismo primer ciclo, que se suman a la asignatura de Geología impartida en el preparatorio de Farmacia. El nuevo año académico de 1954-55 incluye los primeros Cursos Monográficos de Doctorado en los que Julián Bernal, que este mismo año es nombrado decano de la Facultad de Ciencias, imparte uno sobre "Metalografía", Alastrué otro de "Geología de los combustibles" y Cruz Rodríguez sobre "Microscopía y polarización en la interpretación de las estructuras finas de los organismos". Durante el curso académico 1956-57, se traslada a Sevilla el catedrático Alastrué y se queda Fernando Cámara como profesor adjunto encargado de la cátedra vacante de Geología, al tiempo que se solicita la provisión de la cátedra vacante de Geología con nociones de Geoquímica, por oposición. Al año siguiente se incorpora Ramón Llamas Madurga, como profesor de prácticas de Geología, y se propone a Dimas Fernández Galiano para ocupar interinamente la plaza de profesor adjunto de Geología. Es tal el prestigio de la asignatura de Geología que en este año se matriculan 257 alumnos en el Selectivo de Ciencias. En el curso académico 1959-60 se imparte la asignatura de Geología General para Selectivo y la asignatura de Geología y Cristalografía para la Sección de Ciencias Físicas, incorporándose Oriol Riba Arderiú como nuevo catedrático de Geología al

⁶¹ La historia de la Sección de Geología de la Facultad de Ciencias de Zaragoza se ha extraído de algunos manuscritos que amablemente ha suministrado el profesor Eladio Liñán, así como del artículo "La Biología y la Geología en la Facultad de Ciencias de Zaragoza entre los años 1940-1974" escrito por él mismo (Liñán, 2005).

trasladarse Fernández Galiano a Madrid. Riba impartirá las asignaturas de Geofísica y de Geología General.

Unos hechos relevantes en aquellos años fueron la inauguración en el curso 1961-62 de los nuevos edificios de la Facultad de Ciencias en la Ciudad Universitaria y la audiencia que dispensa el Jefe del Estado a una comisión de esta facultad, al año siguiente.

En 1963, se hace cargo Joaquín Villena Morales del grupo de Geología del Selectivo de Ciencias, siendo tres años más tarde adjunto interino de esta asignatura. Un gran salto ocurrirá en el año 1966, cuando se crea la nueva estructura departamental en la que se encuentra, por un lado, el Departamento de Biología y, por otro, el Departamento de Geología. Aunado a esto, y gracias al desarrollo de la ciencia en estos años, se pide que Ciencias Naturales sea dividida no ya en departamentos, sino en dos secciones, como se puede leer en el Acta de 12 de diciembre de 1966: *“Gestiones del Señor Decano: Que este expuso al ministro la necesidad que siente la Facultad de que se cree en Zaragoza una Sección de Ciencias Geológicas y otra de Ciencias Biológicas y la necesidad de un nuevo edificio como ampliación de esta Facultad, en la que ya no disponemos de local adecuado. Al ministro le pareció todo tan atendible que inmediatamente llamó al Director General para que, de acuerdo con el Decano, actualicen todas las peticiones de esta Facultad y concedérselas en el nuevo plan de desarrollo que se inicie en el año 1968”*.

En este año también se solicita la creación de la cátedra de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnia. Durante el curso 1969-70, la cátedra de Geología pasa de Riba a Félix Arrese Serrano, completando el equipo los profesores Constanza Fernández-Nieto, Manuel González López y José González Martínez, quien obtendrá su nombramiento como profesor adjunto de Geología al finalizar ese mismo curso.

Finalmente, y como fecha decisiva para esta facultad, el 16 de octubre de 1972 se aprueba la creación de la Sección de Ciencias Geológicas, lo que conlleva la creación de los nuevos departamentos de (1) Cristalografía y Mineralogía, (2) Estratigrafía, (3) Geomorfología y Geotectónica y (4) Paleontología y Petrología, siendo Arrese el director de los cuatro.

Félix Arrese Serrano había sido el primer profesor agregado de la Sección de Geológicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense, nombrado en 1967, al ganar la plaza tras concurso oposición; aunque su paso por aquella facultad fue breve, ya que solo estuvo un curso, al obtener al año siguiente la cátedra de Geología General en la Universidad de Valladolid, trasladándose a Zaragoza un año más tarde (Bolado Somolinos, 2012).

En 1973, se comienzan a impartir los cursos de la licenciatura en Ciencias Geológicas en la Facultad de Ciencias de Zaragoza. Al año siguiente,

comenzarán los estudios de segundo curso, ya que el primer curso era Selectivo de Ciencias y común para todas las carreras de ciencias.

Mención aparte, por su alto nivel educativo, merece la Diplomatura de Geología que se impartía en el Colegio Universitario de Teruel, hasta que terminó con ella la reforma universitaria, que transfería las universidades del Estado a las autonomías.

5.3.3.7. Universidad de Huelva. UHU

La creación del Departamento de Geología en Huelva supone un pequeño hito en la historia de esta ciencia por varios motivos. Por un lado, los estudios de geología se hacían necesarios en una zona minera como es el suroeste peninsular y, por otro lado, la implantación de estos estudios está asociada a un movimiento estudiantil muy activo liderado por unos profesores que realizaron una gran gesta en el mundo universitario español. Es por ello, y para no malinterpretar ningún episodio de esta historia, por lo que se ha insertado el texto tal y como amablemente lo ha enviado uno de los protagonistas de aquellos años. Se trata de Juan Antonio Morales, catedrático de la Universidad de Huelva y elegido en el año 2020 presidente de la Sociedad Geológica de España:

“Al hablar de la historia de la Geología en España es ineludible hacer referencia a la historia de la creación de la Facultad de Ciencias Experimentales y al Departamento de Geología de la Universidad de Huelva, ya que ésta fue la primera Facultad con sede en esta capital y lo mismo ocurre con el Departamento, actualmente de Ciencias de la Tierra, heredero del primitivo Geología y Minería y posteriormente de la fusión de los escindidos departamentos de Geología y Geodinámica y Paleontología.

El hecho de ser una licenciatura pionera en los estudios universitarios de Huelva incidió de una manera directa en la actual configuración de la Facultad y sobre todo en las personas que se formaron en la misma, ya que con su lucha consiguieron que ésta sea lo que actualmente es. De un modo indirecto el devenir de los acontecimientos también forjó el carácter de los alumnos que se formaron en sus aulas. Repasemos esta interesante trayectoria.

La licenciatura de Geología en Huelva fue creada en el curso 1981/82 gracias a un acuerdo entre la Diputación Provincial de Huelva, entonces presidida por UCD y la Universidad de Sevilla. Con este acuerdo se pretendía dotar al suroeste andaluz de unos estudios que se hacían necesarios, dada la importante tradición minera asociada a la Faja Pirítica Ibérica. Hasta entonces, al sur de Madrid sólo existía una Facultad de Geología, la de Granada, que era bastante lejana a este sector geográfico. Se pretendía que este nuevo centro acogiera no sólo a los alumnos del suroeste de Andalucía, sino también a los extremeños, por pura proximidad. Así nació la licenciatura de Geología en Huelva. Para impartir estos estudios se creó en paralelo la Sección de Geología de Huelva, situada en las instalaciones de un antiguo colegio menor en la localidad de La Rábida, en Palos de la Frontera. Administrativamente, esta Sección fue integrada en la Facultad de Química, hasta entonces enteramente ubicada en la capital hispalense. Al

ser una imposición, fraguada en un acuerdo político, esta licenciatura no fue muy bien acogida por la Junta de la Facultad de Química y hubo muchas declaraciones contrarias a que la citada Facultad impartiera estudios diferentes a la Química y ubicados fuera del propio edificio de la capital hispalense. Para más inri, al poco tiempo de su creación se produjo un cambio en el partido que presidía la Diputación provincial de Huelva, que pasó de manos de la UCD al PSOE. Este nuevo partido de gobierno no apostó por los estudios de Geología en Huelva, y el centro no fue debidamente potenciado ya que no se cumplieron los acuerdos dotacionales, dejándolo completamente abandonado a las dotaciones que llegaran por parte de la Universidad de Sevilla. En este sentido, el poco dinero que llegaba desde el Rectorado a la Facultad de Química para la Sección de Huelva se empleaba en otras cuestiones y nunca llegaba a su destino en el centro onubense. De esta forma, varios años después existían fuertes carencias en infraestructura y servicios docentes. Estas carencias derivaron en una mala imagen de la licenciatura de cara al alumnado potencial, lo que conllevó que durante bastantes años el número de alumnos fuese muy bajo. Sin embargo, este bajo número de alumnos tuvo sus beneficios, ya que favoreció un muy buen ratio profesor/alumno, además de una buena disponibilidad del escaso material existente. Así era posible emplear un gran número de horas de prácticas al microscopio de luz polarizada, las lupas binoculares y los estereoscopios. Entre las escasas concesiones de la Facultad de Química se pudo contar con un presupuesto especial para las prácticas de campo, lo que hizo que también fuese elevado el número de horas de campo en el currículum de estos estudiantes.

Todas estas circunstancias llevaron a una situación singular: por un lado el alumnado estaba siendo adecuadamente formado gracias a un gran esfuerzo del profesorado, pero por otro, la sección atravesaba momentos difíciles debido a la escasez de infraestructura, ya que las autoridades de la Universidad de Sevilla se negaban a la potenciación de la licenciatura en Huelva. Llegó un momento en el que incluso muchos profesores de la propia licenciatura dejaron de apostar por la Sección de Huelva y comenzaron a pedir ante la Facultad de Química y ante el Rectorado que se trasladase a Sevilla de tal forma que el entonces Rector, Javier Pérez Royo, barajó incluso la posibilidad de cierre total y la eliminación de estos estudios. Todo ello desembocó finalmente en una sucesión de huelgas y encierros estudiantiles a lo largo de varios cursos académicos. Estas huelgas fueron teniendo victorias parciales y se consiguieron algunas concesiones, que luego no se cumplían y desembocaban en nuevas huelgas. La última de ellas tuvo lugar en 1987 y como resultado final, la victoria redundó en la aprobación de la creación de la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Sevilla, compuesta únicamente por los estudios de Geología. Casi al mismo tiempo se iniciaba un movimiento paralelo en otros estudios universitarios en Huelva dependientes de la Universidad de Sevilla. Este movimiento desembocó en una manifestación masiva que tuvo lugar el 3 de marzo de 1988, pidiendo tres facultades más. Este movimiento provocó el inicio de las negociaciones que finalizaron con la creación de la Universidad de Huelva en septiembre de 1993.

La creación del Departamento de Geología y Minería tuvo lugar poco después de la citada manifestación y no estuvo vinculada a los movimientos estudiantiles, sino a la

entrada en vigor de la L.R.U. y el Real Decreto de diciembre de 1984 sobre la Creación de los Departamentos Universitarios. Aunque estas leyes entraron en vigor de forma inmediata, no fue hasta unos años más tarde cuando las universidades comenzaron a crear sus mapas departamentales. Concretamente, la Universidad de Sevilla creó en 1987 dos departamentos vinculados a la Geología: el Departamento de Cristalografía y Mineralogía, ubicado en la Facultad de Farmacia de Sevilla y el ya citado de Geología y Minería enmarcado completamente en Huelva. Según su área de conocimiento, los profesores fueron adscritos al departamento correspondiente, quedando así divididos entre los dos departamentos.

Con la creación de la Universidad de Huelva en septiembre de 1993 se experimentó un salto cualitativo en la calidad de la enseñanza, ya que la Facultad de Ciencias Experimentales pasó a depender íntegramente de la nueva Universidad. Es entonces cuando dos nuevas titulaciones pasan a engrosar la oferta de esta Facultad junto con Geología: Química y Ciencias Ambientales. Por una parte, el departamento de Geología y Minería, que englobaba también a los ingenieros de la Escuela de Minas se dividió entre Geología e Ingeniería Minera, quedando ambos íntegramente enmarcados en la nueva Universidad. Por otra parte, los profesores del Departamento de Cristalografía y Mineralogía con docencia íntegra en Huelva fueron adscritos al nuevo Departamento de Geología, ya que Cristalografía y Mineralogía continuaban como Departamento de la Facultad de Farmacia de Sevilla.

La recién creada Universidad de Huelva comenzó a concentrar la mayor parte de sus centros universitarios en el nuevo campus universitario de El Carmen después de negociar con el Ayuntamiento de Huelva la cesión de unos amplios terrenos a la espalda del antiguo cuartel de infantería. Entre los edificios de este campus se construyó la nueva Facultad de Ciencias Experimentales. El traslado a este edificio supuso un salto enorme en la calidad de la docencia y la investigación, al disponer éste de nuevas aulas especializadas y laboratorios bien dotados. En el contexto del disfrute de un nuevo edificio y en paralelo al desarrollo de la autonomía universitaria, se llevó a cabo una división del Departamento de Geología en dos: Geología y Geodinámica y Paleontología. El primero agrupaba las áreas de Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía y Petrología, mientras que el segundo quedaba compuesto por Paleontología y las dos Geodinámicas, Interna y Externa. Esta división siguió únicamente criterios de optimización de los recursos administrativos. No obstante, pocos años más tarde, la crisis de 2008 hizo que estos dos departamentos volvieran a agruparse, esta vez con la denominación de Ciencias de la Tierra.

Sea como fuere, la Geología ha abanderado durante décadas la vanguardia de la investigación en la Universidad de Huelva, siendo el Departamento que acumula un mayor índice de proyectos de investigación y publicaciones científicas de toda la Universidad. Igualmente, en el campo de la docencia los estudios de Geología en Huelva llevan años situados entre los mejor valorados entre las universidades españolas¹¹.

5.3.3.8. Universidad de Valencia

En este apartado de universidades solo se encuentran las que han tenido facultad o sección de ciencias geológicas, ya que cátedras aisladas existen en varias otras universidades. Sin embargo, en la Universidad de Valencia se ha intentado, en un par de ocasiones, crear la sección o, al menos, impartir el título habilitante.

Según el escrito que amable y desinteresadamente nos aporta el gran experto en la Historia de la Geología, el profesor Rodolfo Gozalo: *“en Valencia nunca ha habido Sección de Geología; sí que existía dentro de la universidad la Cátedra de Geología con el profesor Martel como director (quien posteriormente se trasladó a la Universidad de Alcalá)”*. Esta cátedra se transformó en lo que actualmente se conoce como Departamento de Botánica y Geología. En los años ochenta del siglo XX, hubo varios intentos de poner en marcha la licenciatura en Geología en esta universidad y, ya en el siglo XXI, se volvió a formar una comisión para impartir el grado en Geología, pero tampoco fue posible.

5.3.3.9. Las universidades autónomas

El régimen decide crear una alternativa a las universidades históricas españolas, que se consideraban instituciones anticuadas y con procedimientos muy encorsetados. Las universidades autónomas de Madrid, Barcelona y Bilbao (denominada a partir del año 1980 como Universidad del País Vasco) fueron creadas a través de un Decreto de 6 de julio de 1968 y hacían honor a su nombre en cuanto a su funcionamiento, planes de estudio y formas de contratación.

El motivo por el que se crean las universidades autónomas, curiosamente, ya había sido una de las causas de la fundación, noventa años atrás, de la Institución Libre de Enseñanza (ILE); tanto en un caso como en el otro, se intentan modernizar las vetustas formas de las universidades españolas. En el caso de la ILE, comienza con un enfrentamiento directo de varios catedráticos contra el poder universitario establecido y, en el caso de las universidades autónomas, es el propio Ministerio de Educación franquista el que quiere restar poder a los catedráticos y terminar con las tradiciones de una universidad arcaica.

Universidad Autónoma de Bilbao/ Universidad del País Vasco. UAB/UPV

Según la información que ha aportado en este trabajo uno de los primeros profesores de la Sección de Ciencias Geológicas de la Universidad Autónoma de Bilbao, el amable y educado José Javier Elorza, en el mes de agosto del año 1970, con la presencia del director de Enseñanza Superior e Investigación, se inician las obras de la Ciudad Universitaria *“estando prevista la finalización de la primera fase para comienzo del siguiente curso académico, procediéndose al traslado de las Facultades de Ciencias y Medicina a sus nuevas instalaciones”* (Elorza, 1984). La Facultad de Ciencias de Bilbao imparte, desde sus inicios, una docencia que permite obtener el título de Licenciado en Ciencias (Geológicas). Llega a ser

la sexta sección de geología en España, después de Madrid, Barcelona, Oviedo, Granada y Salamanca. Si se considera el inicio de la sección de Bilbao, en el año 1970, la sección de Zaragoza, establecida en el año 1972, sería la séptima.

En el Plan de Estudios del año 1969 se aprueba el primer ciclo de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Bilbao para el curso 1969-70, con las siguientes asignaturas de las cinco ciencias en primero:

Opción A: Matemáticas generales, Física general, Química general, Geología general y Biología.

Opción B: Cálculo Infinitesimal, Álgebra Lineal, Física, Química y Geología.

En segundo curso se imparten las asignaturas de Cristalografía, Mineralogía, Estratigrafía y una optativa de las otras cuatro ciencias. En tercer curso Geología Física, Petrología Ígnea y Metamórfica y Paleontología con una optativa de las otras cuatro ciencias. El segundo ciclo se inicia en el año 1971 con asignaturas como Geología del petróleo, Geología de minas y Geología estructural. Con este plan, se obtenía una licenciatura en ciencias de tipo general con una especialidad de cada una de las cinco ciencias: Matemáticas, Física, Química, Geología y Biología. Sin embargo, este plan fue sustituido por el de 1973, donde se ofrecían para los futuros geólogos tres especialidades en segundo ciclo: Opción A: Estratigrafía-Paleontología; Opción B: Estructural-Petrología y Opción C: Geología Aplicada (Elorza, 1984).

En las nueve primeras promociones de la universidad de Bilbao se licencian noventa alumnos en Ciencias Geológicas. Bien es cierto, que el número de alumnos que cursó la asignatura de Geología en esos años fue superior a cinco mil en el resto de licenciaturas de ciencias (Elorza, 1984).

Un hecho a destacar es que todos los profesores que iniciaron los estudios de geología en Bilbao procedían de la Universidad de Granada, y así se mantuvo, hasta que las primeras promociones fueron aportando nuevos profesores. Se puede decir, por tanto, que la Sección de Geología de la Universidad de Bilbao, desde el año 1980 Universidad del País Vasco, se crea a partir de la Universidad de Granada.

Universidad Autónoma de Madrid. UAM

Otra de las universidades autónomas es la de Madrid. En la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid, al comenzar los años setenta del siglo XX, se crea un departamento que, en la década de 2020, es conocido como Departamento de Geología y Geoquímica, el cual se divide en tres áreas principales, Cristalografía y Mineralogía, Geodinámica externa y Edafología y Química agrícola. Además, tiene asignadas otras dos plazas de profesores que imparten en dos áreas: Geodinámica interna y Estratigrafía. En esta facultad nunca ha existido la licenciatura o grado en Geología, sin embargo, en el curso 2020-21, se implantó un grado en Ciencias que es un título conjunto impartido por

la propia Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad Carlos III de Madrid.

Universidad Autónoma de Barcelona. UAB

La tercera de las universidades autónomas es la Universidad Autónoma de Barcelona. Su Facultad de Ciencias inició su actividad en el curso 1969-70 y en ella se impartían las enseñanzas de las cinco licenciaturas clásicas, lo que se correspondía en las cinco secciones de ciencias: Física, Química, Biología, Matemáticas y Geología, iniciándose las tres primeras ese mismo año y los matemáticos y los geólogos el curso siguiente, 1970-71. Además del grado en Geología, en el curso 2013-14 se inicia el doble Grado en Ciencias Ambientales y Geología.

Desde 1970, Barcelona es el único distrito universitario español con dos universidades ofreciendo la licenciatura o grado en Geología.

5.3.3.10. Grado en Geología y grado en Ingeniero Geólogo

Actualmente se puede cursar el grado en Geología en la Universidad Complutense de Madrid, Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Barcelona, Universidad de Granada, Universidad de Huelva, Universidad de Oviedo, Universidad de Salamanca, Universidad de Zaragoza y en la Universidad del País Vasco.

Y el grado de Ingeniero Geólogo en la Universidad Complutense de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid (Escuela de Minas), Universidad de Alicante, Universidad de Barcelona, Universidad de Oviedo (Escuela de Mieres), Universidad de Salamanca, Universidad Politécnica de Cataluña (Escuela de Caminos de Barcelona) -donde también se puede estudiar el grado en Ingeniería en Geoinformación y Geomática- y en la Universidad Politécnica de Valencia (Escuela de Caminos).

También existen diversos departamentos de geología en otras universidades en las que no se imparte una titulación completa de grado en Geología o grado de Ingeniero Geólogo, como pueden ser: Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá de Henares, Departamento de Biología, Geología, Física y Química Inorgánica de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Departamento de Ingeniería Geológica y Minera en la Escuela de Almadén de la Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Geología de Jaén adscrito a la Universidad de Granada, Departamento de Geología de la Universidad de Valencia y el Departamento de Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio de la Universidad de Vigo.

5.3.4. Convenios con los Estados Unidos de América

La España del régimen franquista consiguió romper su aislamiento internacional mediante la firma del Concordato con la Santa Sede (1953), los

Pactos de Madrid con Estados Unidos (1953) y la entrada en la Organización de Naciones Unidas (1955). El acuerdo con Estados Unidos, en un principio, trajo la renovación del armamento militar español y una ayuda económica de doscientos millones de dólares a cambio del uso conjunto de algunas bases militares españolas.

No obstante, esta ayuda era la más visible pero no la fundamental. España se benefició de varios programas educativos y científicos que incluían becas y suministro de tecnología americana. El primer programa fue el de la *Comisión Fulbright-España*, que comenzó su actividad en mayo de 1959, cuando este programa ya llevaba muchos años desarrollándose en otros países. Desde los inicios de esta comisión se priorizaron unas áreas para la concesión de becas, cuyas líneas directrices se mantuvieron hasta el año 1969. El programa define ocho áreas dentro de las ciencias puras y aplicadas: medicina, biología, botánica, zoología, física, química, geología e ingeniería.

Se trataba de trasladar los avances en la ciencia y la tecnología norteamericanas a la sociedad española. Ello se conseguía otorgando becas a investigadores españoles para su formación en centros estadounidenses y con el envío de científicos, de aquel país a España, para que impartieran formación o para que colaboraran en proyectos de investigación (Delgado, 2009).

Un nuevo acuerdo firmado en el año 1970, conocido como Convenio de Amistad y Cooperación hispano-norteamericano, tuvo una alta repercusión en la geología española de aquellos años. La finalidad de este acuerdo era la de reequilibrar las relaciones hispano-norteamericanas, debido a la fuerte dependencia que en el anterior acuerdo se había asumido con Estados Unidos. Los negociadores españoles adoptaron una postura mucho más exigente que la de años atrás, cuando se trataba de salir del aislamiento internacional, buscando reducir los privilegios que se le habían otorgado en el anterior acuerdo a las fuerzas armadas norteamericanas e intentando llegar a un acuerdo más equilibrado, donde los dos países tuvieran un tratado de seguridad mutua o se produjera una entrada en la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) por parte española.

Las negociaciones del Convenio de Amistad y Cooperación hispano-norteamericano se prolongaron durante más de dos años, a finales de la década de 1960, y se centraron, por parte española, en dos objetivos: por un lado, conseguir la ya mencionada relación estratégica militar de igualdad y, por otro lado, obtener beneficios en el ámbito civil. Se propuso establecer un comité que trabajara en materia científica y de educación, con tres ámbitos de actuación específicos: (1) acuerdos entre la agencia espacial americana (NASA) y su equivalente española (INTA), (2) acuerdos entre la comisión de energía americana (AEC) y la Junta de Energía Nuclear (JEN) y (3) acuerdos en intercambio educacional (Delgado, 2009).

La geología se vio muy reforzada gracias a la aplicación del tercer ámbito del acuerdo con los americanos: el intercambio educacional. Sirva como claro ejemplo la entrevista realizada al geólogo español Juan Acosta, en la *Revista del Instituto Español de Oceanografía*, donde relata lo siguiente (Acosta, 2011):

“Yo participé en el primer convenio de amistad hispano-norteamericano. Éste, y otros posteriores, fueron convenios que se firmaron en los 70 como compensación al establecimiento de las bases americanas en España. Gracias a ello, un grupo de seis o siete geólogos que estábamos en el Instituto, recién salidos de la Universidad, tuvimos un impulso enorme. El convenio incluía, por un lado, que los americanos nos regalaban unos equipos geofísicos muy buenos y, por otro, nos daban la oportunidad de formarnos en centros oceanográficos de EE. UU. Para mí, y para el resto, fue un paso de gigante. Estuvimos en la Woods Hole Oceanographic Institution, al sur de Boston, haciendo estancias de varios meses durante dos años, del 78 al 80. Allí nos dieron clase los padres de la geología marina, los pioneros a nivel mundial, y además trabajábamos con ellos. El convenio fue un impulso para la geología marina en España sin precedente”.

5.3.5. La energía nuclear en España

Existe relativamente poca información sobre el trabajo de los geólogos españoles durante el desarrollo e implantación de la energía nuclear en España. Una de las líneas de investigación que deja abierta esta tesis es la de conocer los nombres y los trabajos de aquellos geólogos que estuvieron al nivel requerido, que fue muy alto. La historia de la energía nuclear es muy curiosa, ya que se inició en un país relativamente atrasado del sur de Europa que, además, estaba sufriendo un aislamiento internacional; pero también un país que fue capaz de conseguir energía nuclear, a pesar de ser una de las tecnologías más caras y complejas del siglo XX, poniéndose al nivel de las potencias mundiales de la posguerra. Por el contrario, los trabajos que desde la historia de la ciencia han tratado el tema de la formación del personal español en este terreno no traen muchos datos sobre los geólogos, cuando existen evidencias de que un gran número de ellos trabajaron en el sector nuclear.

La historia comienza en el año 1945, cuando el gobierno reserva en favor del Estado los yacimientos de uranio y los declara de interés nacional. En 1947, se presenta un informe al CSIC para el inicio de las investigaciones sobre la energía nuclear en España, tras el cual se constituye una Comisión de Estudios. Finalmente, en octubre del año 1948 -todavía en pleno aislamiento internacional y bajo la dependencia de Presidencia del Gobierno con la supervisión personal del subsecretario, el almirante Luis Carrero Blanco- se reúnen un grupo de marinos y científicos en el Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (Ltiema), dando comienzo a la era nuclear en España. Se considera unánimemente a uno de aquellos marinos, el entonces teniente coronel y más tarde almirante, José María Otero de Navascués, físico e ingeniero naval, como el padre de la energía nuclear española, así como uno de los científicos más relevantes de la posguerra.

En aquella reunión del Ltiema se decide crear la Junta de Investigaciones Atómicas -rebautizada en 1951 como Junta de Energía Nuclear (JEN)- que a su vez estará apoyada por la Sociedad de Estudios y Proyectos de Aleaciones Especiales (Epale), que tendrá como actividades principales las áreas de geología, minería, física, química y metalurgia dentro del proyecto nuclear. En general, estos dos organismos se centrarán en la formación del personal y en el diseño de la explotación, extracción y tratamiento de los yacimientos de uranio.

Gracias a aquellas entidades se consiguen realizar importantes descubrimientos e innovaciones, pero no será hasta la apertura al exterior de España, en la década de 1950, cuando se esté en condiciones de proyectar la primera central nuclear española; se trata de la José Cabrera en la provincia de Guadalajara, situando a España a la vanguardia de la tecnología nuclear. Años más tarde, entre 1968 y 1970, se ponen en marcha las centrales nucleares Santa María de Garoña (con tecnología americana, al igual que la central José Cabrera) y Vandellós I (con tecnología francesa).

Para llegar a aquella situación, Otero tenía claro que debía basar aquel proyecto en la formación de personal, lo que llegó a convertirse en una urgente necesidad. Por ello, entre 1948 y 1951 se dedicó a viajar por Europa con el fin de intentar conseguir becas de aprendizaje para técnicos españoles. No era fácil esta tarea, pues ningún país quería mostrar su tecnología, sin embargo, España tenía una moneda de cambio: las reservas de uranio que había encontrado el geólogo Antonio Carbonell y que estimaba en más de mil toneladas, lo que había despertado un gran interés en todo el continente.

El cordobés Antonio Carbonell Trillo-Figueroa (1885-1947), ingeniero de minas y autor del libro-guía de la excursión A5 del XIV Congreso Geológico Internacional de 1926 celebrado en Madrid, fue un experto mineralogista, aparte de autor de números trabajos como el realizado sobre los *Arqueociatos* en la provincia de Córdoba o la datación y el hallazgo del cráneo de un Neandertal en el arroyo del Tamujar, en Alcolea (Hernando Luna, 1980).

Se trata de un ingeniero de minas-geólogo, al uso de lo conocido a principios del siglo XX, quien gracias a sus conocimientos de los afloramientos minerales de Sierra Morena y del Valle de los Pedroches se dedica a poner en marcha explotaciones de bismuto, mica, uranio y galena argentífera, entre otros minerales, destacando, por su significación, las de El Cabril (Hernando Luna, 1980). Debido a la fuerte inversión económica que se necesita para poner en explotación una mina y debido a que la producción de uranio es considerada reserva del Estado, en el año 1947, el mismo año del fallecimiento de Carbonell, la concesión de El Cabril pasó a ser propiedad de Epale y más tarde de Enresa.

Había más de trescientas publicaciones, sobre el uranio y las reservas que Antonio Carbonell había localizado en España, circulando por los ámbitos científicos europeos. Gracias a esta propaganda, Otero consigue que Italia -en el *Centro di Informazione, Studii ed Esperienze* (CISE) de Milán- y Alemania -en el

Instituto Max-Planck de Física de Göttingen- acepten a una decena de becarios españoles a cambio de este uranio y de unas costosas divisas que el Estado no tenía. A los pocos años, la situación cambiará al consolidarse la apertura al exterior y los científicos españoles se trasladarán a estudiar a Estados Unidos -en los laboratorios de Argonne (Chicago), Oak Ridge (Tennessee), Los Álamos (Nuevo México), Berkeley y Stanford (California)- y algunos de ellos a Francia (Sánchez, 2019).

Así es como, a partir de mediada la década de 1950 y cuando se produce esta apertura de España al exterior, un nuevo socio aparece en la escena, se trata de la Francia del general De Gaulle. Otero Navascués entabla una gran amistad personal y profesional con Bertrand Goldschmidt, director de Relaciones Internacionales del *Commissariat à l'Energie Atomique* (CEA) y experto en la química del plutonio, además de judío y antiguo miembro de la Resistencia (Sánchez, 2019), quien no debía ver con malos ojos al régimen franquista por su apoyo a los judíos. Otero y Goldschmidt pretendían utilizar el uranio natural y así poder escapar del control de Estados Unidos, lo que da comienzo a una primera fase de colaboración que se centra en iniciar y desarrollar el ciclo del combustible, es decir la prospección y minería del uranio, y culminará años más tarde con la puesta en servicio de Vandellós I (Sánchez, 2019). Esta primera fase da comienzo en el año 1958, cuando llega un equipo de geofísica liderado por el geólogo Collin y el geofísico Brissot, que efectúa trabajos de prospección en las minas de Cardeña (Córdoba) y Ciudad Rodrigo (Salamanca). Acto seguido, aparecen como asesores para la apertura y explotación de estos yacimientos los directores de Geología e Investigaciones y Explotaciones Mineras del CEA, André Lenoble y Jacques Mabile, respectivamente. Por último, llegan a España el jefe del departamento de Prospección e Investigación Minera del CEA, Antoine Gangloff y el director general de la *Compagnie Française des Minerais d'Uranium*, Denis Granjon (Sánchez, 2019).

El trabajo de colaboración entre los geólogos franceses y españoles queda reflejado en el siguiente artículo escrito por Otero Navascués (Otero, 1960):

“Me es muy grato manifestar, al hablar de la minería, la extraordinaria y fructífera colaboración que hemos tenido con el Comisariado Francés de Energía Atómica, que ha hecho que nuestros ingenieros y nuestros geólogos pudiesen visitar los laboratorios y yacimientos franceses, realizando en ellos largas estancias, y que geólogos franceses viniesen a implantar en España técnicas ya depuradas en su país, y todo ello prácticamente de forma desinteresada”.

Otro momento importante para la historia de la geología del siglo XX se produce en el año 1972, cuando se constituye la Empresa Nacional de Uranio (Enusa), encargada de la gestión y suministro del uranio, concentrando la mayoría de los yacimientos explotados en la provincia de Salamanca.

En el año 1980, la JEN se convierte en dos organismos: el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat).

5.3.5.1. Residuos radiactivos

El trabajo de los geólogos es paralelo al desarrollo de la tecnología nuclear y cuando aparecen nuevos usos o nuevos problemas, como son los residuos radiactivos, deben buscar emplazamientos para su almacenamiento. Este hecho desembocará, en el año 1984, en la constitución de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), cuya finalidad fue la de crear un sistema de gestión de residuos de baja y media actividad. Es por lo que, en el año 1992, entró en funcionamiento el Centro de Almacenamiento de Residuos de Baja y Media Actividad de El Cabril, en la provincia de Córdoba. Lamentablemente, no se ha seguido en esta línea y España no dispone de almacenes temporales individualizados (ATI) o centralizados (ATC).

Un hecho luctuoso para el colectivo de geólogos es el del ATC de Villar de Cañas, en la provincia de Cuenca. Una vez el municipio conquense decide presentar su candidatura, compitiendo con otros diez municipios españoles, le es adjudicado el emplazamiento en su término municipal el 30 de diciembre de 2011, cuando el Consejo de Ministros elige Villar de Cañas como almacén temporal centralizado. El criterio de elección se hace por motivos sociales, no geológicos, aunque con unos parámetros de salida indispensables: terreno llano, sin terremotos destructores catalogados en los últimos años en un radio de 160 kilómetros, y en el que en un radio de 15 kilómetros, sólo hay registros de tres seísmos cuya magnitud no supera los 3,2 grados de magnitud ni de intensidad. Si el criterio de elección hubiera sido el emplazamiento geológico, un sitio a considerar podría haber sido, por ejemplo, el batolito de La Cabrera en la provincia de Madrid, o alguno similar, pero, evidentemente, no se debe poner este tipo de instalaciones en un parque natural, ni con una zona de alta densidad de población en las cercanías.

Una vez se tiene claro que la adjudicación debe ser por criterios sociales, el Gobierno de España consigue contar con el visto bueno del ayuntamiento (un hecho evidente ya que habían presentado su solicitud) y también con el de la comunidad autónoma, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. A todo ello, se unen los informes vinculantes del Consejo de Seguridad Nuclear que confirman que el terreno es apto y que las dudas que se presentan se pueden solucionar gracias a la ingeniería y a un exhaustivo estudio geológico de la zona.

La práctica totalidad del colectivo de geólogos asegura que se puede elegir cualquier sitio en la península (aparte riesgo sísmico, protección ambiental y otros) y que el trabajo geológico de la zona permitirá determinar qué tipo de estructuras hacen falta para que el almacén sea seguro y, además, se subraya, que la técnica permite en este siglo XXI realizar estas estructuras con un grado de seguridad muy alto.

Pues bien, una vez se cuenta con una amplia mayoría a favor del proyecto, se comienza a utilizar el mismo como arma de enfrentamiento político, con la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha intentando paralizar las obras a lo que se añaden dudas sobre el coste (incluidos algunos geólogos). Finalmente, este movimiento consigue que un nuevo gobierno formado por una coalición de partidos lo paralice (en los presupuestos del Estado del año 2021 desapareció la partida correspondiente al ATC de Villar de Cañas), aumentando exponencialmente la posibilidad de que nunca se llegue a construir.

El coste del proyecto podría haber sido elevado, pero nunca más que el canon pagado a Francia por gestionar los residuos españoles de baja y media actividad. Este canon se paga desde el año 1989 por importe de veintidós millones de euros y, a partir del año 2016, se eleva hasta treinta millones de euros, lo que significa que en el año 2022 ya se habían abonado unos ochocientos millones de euros, una parte muy sustancial del proyecto de construcción final, por muy elevado que fuera su coste. Y cada año que pasa sin ATC, el Estado paga a Francia treinta millones de euros por el almacenamiento de los residuos españoles. A esto hay que añadir los trabajos geológicos y geotécnicos, y de mucha otra índole, que se han perdido para el colectivo de geólogos españoles.

Si esto es lo que sucede con un almacén temporal centralizado, es difícil imaginar lo que ocurriría para realizar un almacén geológico profundo (AGP), a pesar de que en España existen emplazamientos, tecnología y técnicos competentes para diseñarlo y construirlo.

5.3.5.2. Uso militar de la energía nuclear

Simultáneamente al uso civil de la energía nuclear, en el año 1963 el presidente de la JEN, Otero de Navascués, encarga al catedrático de Física nuclear y general del arma de Aviación, Guillermo Velarde, un informe sobre la posibilidad de la energía atómica con fines militares. Los primeros intentos fueron un fracaso, fundamentalmente porque no se tenían los conocimientos suficientes para obtener el plutonio necesario ni era posible lograr un correcto funcionamiento de los detonadores. Sin embargo, tres años más tarde, un avión estadounidense pierde cuatro bombas de hidrógeno en territorio español, en la localidad de Palomares, provincia de Almería. El equipo del general Velarde se desplaza a la zona y al encontrar restos de una de las bombas y de su detonador logran resolver los problemas que habían interrumpido su proyecto.

En este sentido, en el año 1971, el prestigioso Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (Ceseden) elaboró un informe confidencial en el que señalaba en sus conclusiones que *“España podía poner en marcha con éxito la opción nuclear militar”*. Según el referido estudio, España estaba en disposición de fabricar su propio armamento nuclear y podía suministrarse de plutonio en la

central de Vandellós⁶². Así mismo, explicaba que cabía la posibilidad de realizar una prueba nuclear en una zona deshabitada del desierto del Sáhara Español.

Todavía, en el año 1977, se anunció por parte del Gobierno de España la creación de una planta de enriquecimiento de uranio, aunque era en vano pues en la última etapa del franquismo se había acordado desmantelar el programa nuclear, de mutuo acuerdo con americanos y alemanes (Rodríguez-Miranda, 2016). Aún así, se escenificó un final, el 1 de abril de 1981, cuando el gobierno acabó aceptando públicamente las condiciones impuestas por los norteamericanos y desmanteló su programa nuclear.

5.3.6. Atapuerca

No se puede comentar la geología española del siglo XX sin hacer mención a un proyecto espectacular al que, desde los distintos organismos del Estado español, se le debería haber dado más repercusión internacional.

Hasta el año 1994, se consideró que el fósil humano más antiguo de Europa era la mandíbula de Mauer encontrada en 1907 en Heidelberg (Alemania), con una antigüedad de menos de 600 000 años. Este y algún que otro fósil invitaban a pensar que los humanos llegaron a Europa por esas fechas.

Esto sería así, si no llega a ser por un grupo de geólogos y paleontólogos españoles que en el año 1978, liderados por el gallego Emiliano Aguirre Enríquez (1925-2021) -quien dirigió las excavaciones hasta su jubilación en 1990-, estudió los yacimientos pleistocenos de la Sierra de Atapuerca. Aguirre ya había estudiado los yacimientos de Torralba del Moral y Ambrona (Soria) e incluso había ideado la primera exposición *in situ* de fósiles en Europa, cuando crea en el año 1963 el Museo de Ambrona. Fue ganador del Premio Príncipe de Asturias y académico numerario de la Real Academia Española de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Se licenció en Ciencias Naturales por la Universidad de Madrid y en Teología por la de Granada, entre otras varias titulaciones, además de ser miembro de la Compañía de Jesús.

A partir del año 1991, la dirección de las excavaciones de Atapuerca correspondió a los paleontólogos Juan Luis Arsuaga (1954) y José María Bermúdez de Castro (1952) y al geólogo Eudald Carbonell (1953).

En la Sierra de Atapuerca, cerca de la ciudad de Burgos, existen una serie de yacimientos karstificados y posteriormente rellenados, entre los que destaca el yacimiento de la Gran Dolina (Arsuaga y Martínez, 1998). Entre 1896 y 1901, se

⁶² Mientras Estados Unidos utilizaba uranio enriquecido, el sistema francés utilizaba uranio natural, lo que les otorgaba una doble ventaja. Por un lado, no dependían del enriquecimiento del uranio que solo controlaban americanos y soviéticos y, por otro lado, este uranio natural en los reactores de los franceses generaba más plutonio que el sistema americano, plutonio que permitía suministrar armamento militar. Aunque, finalmente, los franceses asumieron el modelo americano por ser más rentable (Sánchez, 2019).

construyó un ferrocarril minero por la empresa *The Sierra Company Limited*, desde la Sierra de la Demanda hasta Burgos, donde enlazaba con la línea de ferrocarril Burgos-Bilbao. En aquel entonces, las siderurgias vascas requerían gran cantidad de mineral de hierro y carbón y la Sierra de la Demanda tenía minas de mineral de hierro y hulla (Durán, 2017).

Esta línea de ferrocarril atraviesa, normalmente en trinchera, la Sierra de Atapuerca. En una parte de esta trinchera se dejaron ver un conjunto de cuevas kársticas rellenas de un fértil sedimento. Una de estas cuevas es la Gran Dolina, en la que se puede observar una secuencia estratigráfica de dieciséis metros que los paleontólogos han dividido en once niveles, denominados con las letras TD (Trinchera Dolina) y el número de nivel después. Con un área de cien metros cuadrados, la excavación de la Gran Dolina se inició por la parte más moderna, esto es en los últimos sedimentos depositados en ella, el denominado nivel TD11, con una antigüedad de unos 300 000 años. A medida que se va profundizando la antigüedad del sedimento aumenta (Arsuaga y Martínez, 1998).

A la vez que se iba excavando nivel a nivel, y de manera combinada, en 1993 se inició un sondeo de seis metros cuadrados que en la campaña de 1994 llegó al nivel TD6, en el cual se encontraron ochenta restos humanos y doscientos útiles líticos. En aquellos años, no se sabía la antigüedad de estos restos humanos, solamente se sabía que eran más antiguos que la mandíbula de Mauer. La presencia en este nivel TD6 de un roedor fósil anterior a los roedores que coexistieron con el portador de la mandíbula de Mauer aseguró que los restos humanos hallados tenían una antigüedad superior a los 500 000 años (Arsuaga y Martínez, 1998).

Para calcular la edad de estos restos fósiles se recurrió a una rama de la geología que es el paleomagnetismo, el cual, asociado a otras ramas de las ciencias geológicas, determinó que la edad de esos humanos superaba los 780 000 años. Esta edad se corresponde con un cambio en la polaridad magnética de la Tierra que se detectó en un nivel superior al TD6. El paso del Pleistoceno inferior al Pleistoceno medio lo determina el cambio entre una polaridad invertida a una polaridad normal, que es como se denomina a la polaridad actual. El Pleistoceno inferior pertenece a una época de polaridad invertida que se llama Matuyama y que se encuentra en los niveles inferiores al nivel TD7 de la Gran Dolina, y hace 780 000 años, la polaridad cambia a normal en una época -cron- denominado Brunhes, que incluye a los niveles TD7, TD8, TD9, TD10 y TD11 de la Gran Dolina.

Gracias a esta técnica, se determinó que los restos humanos de este importante yacimiento tenían más de 780 000 años, casi noventa años después del descubrimiento de la mandíbula de Mauer, y se logró establecer que los primeros europeos eran mucho más antiguos de lo que se había pensado durante todo ese siglo. En concreto, con estudios y ensayos más detallados, se ha podido

datar en 900 000 años la edad de estos europeos del nivel TD6 (Arsuaga y Martínez, 1998).

Los restos humanos resultaron pertenecer a seis individuos de diferentes edades, entre los cuales se encontraba el resto de un cráneo, denominado "El niño de Gran Dolina", que se identificó como perteneciente a una nueva especie de homínido, el *Homo antecessor*. Estos restos han cambiado lo que se sabía sobre la evolución humana en el continente europeo. Dichos restos se asemejaban a *Homo heidelbergensis*, predecesor de *Homo neanderthalensis* por características de su frente y los dientes, pero también presentaban características más modernas, como los rasgos de su cara, propias del *Homo sapiens*, el ser humano actual; por lo que se le ha identificado como el antepasado común de ambos (Arsuaga y Martínez, 1998).

Atapuerca ha llegado a estar formada por siete yacimientos en cueva (Sima del Elefante, Galería, Gran Dolina, Portalón, Galería del Sílex, Sima de los Huesos y Cueva del Mirador) y tres yacimientos al aire libre (Valle de las Orquídeas, Hundidero y Hotel California) y continúa en permanente estudio.

Que Atapuerca es un yacimiento referente en la Evolución Humana lo revela el hecho de que, en la campaña de excavaciones del año 2007, el equipo de investigación descubrió una mandíbula humana de más de 1,2 millones de años de antigüedad. Dicha mandíbula apareció asociada a útiles de sílex de modo Olduvayense (Modo Técnico 1)⁶³. El hallazgo se produjo en la Cueva de la Sima del Elefante. Este yacimiento se encuentra muy cerca de Gran Dolina, yacimiento donde se encontraron los primeros fósiles humanos de la especie *Homo antecessor*. El fósil de la Sima del Elefante se convirtió en el europeo más antiguo de la historia encontrado hasta ese momento.

5.3.7. La internacionalización y modernización de la geología española

Un nuevo hito en la formación de grandes profesionales se debe a la Unesco, la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, cuando propone a las distintas naciones, en el Decenio Hidrológico Internacional de 1965-1975, la creación de cursos de especialización en aguas subterráneas. En España se crean tres, uno de ellos será el mítico Curso Internacional de

⁶³ Modos Técnicos: Se trata de industria lítica de cantos rodados y objetos de sílex, también piedra tallada e incluso el uso de mangos para las herramientas. De una manera muy resumida, y con matices, en Europa, África y Oriente Próximo se puede encontrar un periodo del ser humano denominado Paleolítico que comenzó hace 2,8 millones de años y se divide en Inferior, Medio y Superior.

El Modo Técnico 1, o Olduvayense, el Modo Técnico 2, o Achelense y el Modo Técnico 3, o Musteriense, se engloban en el Paleolítico Inferior y Medio; y el Modo Técnico 4 se identifica con el Paleolítico Superior. El periodo posterior, llamado Neolítico, empezó hace unos 8.000 años y perduró hasta hace unos 3.500 años. Se corresponde con el Modo Técnico 5. Se debe señalar que esta división varía geográficamente (Arsuaga y Martínez, 1998).

Hidrogeología “Noel Llopis”, impartido en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, entre 1967 y 2001, que a pesar de su fama solo alcanzó treinta y cinco ediciones al fallecer una gran persona, su director e impulsor José Ramón Peláez Pruneda. También en Madrid, el IGME y la Escuela de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica, organizan el segundo de estos cursos. El tercero tiene lugar en Barcelona, creado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y por la Comisaría de Aguas del Pirineo oriental, ambos organismos pertenecientes al Ministerio de Obras Públicas.

Otra de las características de un país moderno es la de tener su propio mapa geológico a una escala adecuada. El Plan Magna se inició en el año 1971, con la realización de ocho hojas piloto, cada una de ellas en una región geológica diferente, y fue uno de los acontecimientos clave para la geología española del último cuarto del siglo XX. Existe un antecedente al Plan Magna en la primera serie del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España desde 1927 hasta 1971, año en el que se imprime la última hoja de esta primera serie, llegando a las 442 hojas. Se puede decir que el Plan Magna es la segunda serie del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Las nuevas hojas Magna estaban constituidas por tres documentos: el Mapa Geológico, el Mapa Geomorfológico y la Memoria explicativa, además de una documentación complementaria archivada en el Centro de Documentación del IGME (Rodríguez Fernández, 2005).

Este Plan Magna estaba incluido en el Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM), dentro del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas definido, a su vez, en el II Plan de Desarrollo e incluido en una ley de 1969. Muchos años después, en el mes de noviembre del año 2003, tuvieron lugar en la sede central del Instituto Geológico y Minero de España los solemnes actos de culminación de los trabajos. Después de más de treinta años de trabajos, el IGME había conseguido la cobertura completa del territorio español con un total de 1.164 hojas publicadas (Rodríguez Fernández, 2005).

Al hablar de la primera serie del Mapa Geológico de España, en torno a la década de los cincuenta y sesenta, se debería destacar la figura de José María Ríos (1910-1999), heredero de aquellos ingenieros de minas-geólogos del siglo XIX o principios del siglo XX. Fue nombrado jefe de la Sección de Estudios Geológicos del IGME, donde formó un grupo de jóvenes geólogos en torno a su persona, que entraron como ingenieros auxiliares, e intervinieron en numerosas hojas de aquella primera serie (Julivert, 2014). En su faceta de profesor de la Escuela de Minas de Madrid, fue el fundador, en el año 1956, de unos campamentos de geología muy populares entre los estudiantes de esta ciencia, pertenecieran a la escuela o a otras universidades.

En cuanto al Plan Magna, los responsables de la puesta en marcha fueron los ingenieros de minas Manuel Alvarado y Ramón Rey. Se debe destacar también al que fue director de Geología, Ángel García Cortés, y a su sucesor, el geólogo

Roberto Rodríguez Fernández, quien fue, también y durante muchos años, jefe del área de Cartografía Geológica y director de Investigación, todos ellos departamentos de los que había dependido el Plan Magna. En este importante proyecto se podría destacar a muchos geólogos, pero, por mencionar solo a algunos de los participantes principales, se debe nombrar a los que fueron los dos jefes del área de Cartografía Geológica que sucedieron a Roberto Rodríguez: Ángel Martín-Serrano y Alejandro Robador. Procedentes de las empresas colaboradoras que participaron se debe destacar, por el número de hojas realizadas, a José Luis Barrera, Fabián López-Olmedo, Jerónimo Matas, José Portero, Mariano Álvaro y Octavio Apalategui. A su vez, de las universidades participaron, también por número de hojas, Francisco González Lodeiro de la de Granada, José Ramón Martínez Catalán de la de Salamanca, Alberto Marcos y Andrés Pérez Estaún de la de Oviedo y Luis Eguiluz de la del País Vasco⁶⁴.

Además, el instituto ha llegado a publicar una cartografía temática sobre hidrogeología, riesgos geológicos, geotecnia, rocas industriales o recursos metalogenéticos, así como otras publicaciones, entre las que se pueden destacar las completas Guías Geológicas de Parques Nacionales y sus publicaciones periódicas.

Se podrían nombrar varios ejemplos más, igual que los anteriores, sobre la consolidación de esta moderna geología española. Con el paso de los años y gracias al esfuerzo de aquellas generaciones de titulados españoles -no solo geólogos- que se licenciaron entre las décadas de 1950 y 1970, preocupados por el bien común y cuya meta era la de engrandecer y desarrollar a su país, se logró llegar al estado moderno actual, uno de los que más coberturas sociales garantiza en todo el mundo. En este contexto y con esta base, la España moderna, miembro de la Unión Europea, pronto comenzó a liderar grandes proyectos internacionales de minería y geología. Se comenzaron a convocar congresos de todo tipo: áridos, minerales metálicos, paleontología, cemento, hormigón, maquinaria de minas y canteras, etc.

El primer Congreso Español de Geología se celebró en Segovia en el año 1984, con una entrañable visita a la Fuente de los Geólogos⁶⁵: *“allí estuvo Vicente Sos Baynat, que subió en mi coche y que había participado en la inauguración*

⁶⁴ La información sobre el Plan Magna y sobre los geólogos que participaron en aquel gran proyecto ha sido suministrada, amable y desinteresadamente, por uno de sus protagonistas, Roberto Rodríguez Fernández, en varios escritos y conversaciones.

⁶⁵ La Fuente de los Geólogos está situada en los terrenos mancomunados de Navacerrada y Cercedilla, concretamente en el punto kilométrico 58 de la carretera que va al Puerto de Navacerrada. Fue diseñada por Joaquín Delgado Úbeda e inaugurada el 12 de junio de 1932. Se trata de una construcción de granito y lleva este nombre como homenaje a los primeros geólogos, pioneros en los estudios de la Sierra de Guadarrama. Está situada en un paraje extraordinario y se puede leer la siguiente inscripción: *“Fuente de los Geólogos a la grata memoria de: Casiano de Prado (1797-1886), José Macpherson (1839-1902), Salvador Calderón (1851-1911), Francisco Quiroga (1853-1894)”*.

real de la fuente...”, según relata al autor de esta tesis el gran profesor y catedrático de Petrología -e historiador de la geología- Salvador Ordoñez Delgado (1946), quien llegó a ser rector de la Universidad de Alicante y rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, así como secretario de estado de Universidades e Investigación.

Este primer congreso estuvo organizado por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, siendo su presidente, y presidente del comité organizador, Agustín Aldonza. Tuvieron especial relevancia en el mismo Luis Solé Sabaris, junto con Sos Baynat y Manuel Alía que actuaron de vicepresidentes, así como el mencionado Salvador Ordoñez que fue el secretario general. También fue especialmente relevante el apoyo del geólogo Clemente Sanz Blanco, un ilustre y querido senador segoviano. Los siguientes congresos geológicos españoles han sido organizados por la Sociedad Geológica de España.

Evidentemente, los tiempos cambian y las siguientes generaciones hemos sido menos bondadosas y un poco más personalistas. Aún así, la geología española ha logrado, a pesar de la pequeña masa específica y de las desuniones que caracterizan el actual estado autonómico, llegar en algunos campos a liderar los primeros puestos de la geología mundial. A modo de ejemplo, se podría señalar el premio *Solway* concedido a Cristóbal Viedma, profesor de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid y descubridor del *Viedma ripening*.

También a modo de ejemplo, se debe rememorar una ocasión en la que el colectivo de geólogos se movilizó para salvar un pliegue de roca metamórfica que es posible observar en tres dimensiones, el pliegue *Zalesky*⁶⁶. En el año 1986, y debido a la presión del colectivo de geólogos, se consiguió desviar el trazado del desdoblamiento de la autovía A-1 en el punto kilométrico 48,700 sentido Burgos, motivo por el cual, la mediana se ensancha varios metros. Actualmente, es uno de los puntos de interés geológico de la Comunidad de Madrid.

5.3.8. Historiadores de la geología en España

Es difícil terminar este somero repaso a la Historia de la Geología en España sin nombrar a algunos de los protagonistas que se han ocupado de esta disciplina. No en cuanto a redactores de artículos de investigación, sino en cuanto a personas que han afrontado el estudio de una parte de la historia, o de la historia en sí misma, de una manera profesional.

En primer lugar, creo que se debe mencionar al prolífico Leandro Sequeiros -sacerdote jesuita, licenciado en Ciencias Geológicas y en Teología y doctor en Paleontología-, también a Salvador Ordoñez, José Luis Barrera, Juan José Durán,

⁶⁶ El origen del nombre del pliegue no se debe a que lo hubiera identificado un tal Zalesky, sino a una tienda de modas que se anunciaba, en un punto muy vistoso de la carretera de Burgos, pintando su marca sobre el pliegue.

Francisco Pelayo o Rodolfo Gozalo y, como no, a los ingenieros de minas Juan Manuel López de Azcona, Francisco Javier Ayala Carcedo y Octavio Puche.

En lo referente a escritores de artículos puntuales, se pueden nombrar, a modo de ejemplo y por su gran nivel de investigación, el de Belén Soutullo y Victoria López-Acevedo sobre Salvador Calderón o el de Carlos Villaseca sobre fray Antonio Vázquez de Espinosa. Sin olvidar nunca uno de los primeros trabajos sobre el tema, el realizado por Eugenio Maffei y Ramón Rúa Figueroa. También el trabajo de Manuel Julivert, aunque esté centrado en la historia de la geología en Barcelona y limitado temporalmente a escasos dos siglos. Igualmente, es de reseñar el trabajo *Filosofía de las Ciencias de la Tierra* del filósofo y geólogo Evaristo Álvarez Muñoz que es un tratado filosófico sobre estas ciencias, pero muy curioso. Y una más, puede ser la obra *Historia de la Geología* de José Alsina Calvés.

Y por qué no, el libro gracias al cual me animó mucha gente a escribir esta tesis y que titulé *Breve historia de la Geología* (2017), con una segunda edición corregida y aumentada del año 2020.

CONCLUSIONES

Las conclusiones expuestas a continuación son, fundamentalmente, una síntesis de los principales aspectos que han sido tratados en este trabajo y que, a modo de cierre, pretenden ofrecer una visión global del tema.

Lo primero que llama la atención sobre la Historia de la Geología en España es que no existe un trabajo integral sobre el tema. También llama la atención el hecho de que los pocos autores que han escrito, parcialmente, sobre la historia de esta ciencia en España transmiten, generalmente, una idea pesimista.

En cuanto al trabajo en sí, uno de los puntos clave es la evidencia de que la geología en España se desarrolló sobre la mineralogía y la metalurgia, como corresponde a un país minero. Ya en los inicios, se observan grandes hitos, como en la Edad Media, donde a pesar de la "oscuridad" de aquellos años, existía un país donde convivían y trabajaban las tres culturas fundamentales de Occidente bajo el paraguas de grandes monarcas, como Alfonso X el Sabio.

Más tarde, en lo que se conoce como Imperio español, se encuentra la obra de grandes metalurgistas junto a increíbles historias naturales plagadas de conceptos y términos geológicos, como no podía ser de otra manera cuando los españoles descubren y se asientan en un continente nuevo, inmenso y desconocido, poseedor de innumerables riquezas naturales. Sobre esta base, ya en el siglo XVIII, se sientan las bases de una geología precientífica con la instauración de la mineralogía y con la creación, por parte del Estado, de los seminarios y academias de minería de Nueva España, Potosí y Almadén, así como del Gabinete de Historia Natural. Y, en la segunda mitad del siglo XX, se asiste, después de las guerras civil y mundial, al asentamiento de la geología contemporánea.

Estos hitos están conectados, ya que sobre la base de uno se desarrolla el siguiente, se trata de una línea casi continua: las historias naturales y la minería del Nuevo Mundo -que consolidan la mineralogía práctica- son la base de los seminarios y academias de minería y del Gabinete de Historia Natural que, a su vez, son la base del Instituto Geológico y Minero de España y de la geología universitaria.

Como se expone en el inicio de este trabajo, *"es muy evidente que ha existido un desarrollo lógico de la geología, en un país minero como es España, aunque es difícil ver esta línea debido a la magnitud de los hechos, tanto grandiosos como trágicos, que inundan nuestra historia"*.

Y una propuesta fundamental de esta tesis, es la hipótesis de que la primera obra de geología militar a nivel mundial se corresponde con un libro escrito por el español Juan Sánchez Cisneros.

Otros resultados relevantes se pueden encontrar en la exposición de los trabajos de geología que tuvieron lugar en el África colonial española, así como en la importancia de los geólogos alemanes y de los programas de ayuda estadounidenses en la geología española del siglo XX. Y algunas curiosidades que necesitan de posteriores investigaciones, como el hecho de que en el oro pagado a la Unión Soviética en la Guerra Civil no solo había oro, sino piedras preciosas excepcionales.

Esta tesis, además, permite plantearnos otras cuestiones: ¿dónde estaría la geología si España no hubiera tenido ese protagonismo en el Descubrimiento de América? y ¿qué hubiera sido del desarrollo de la geología, incluso a nivel europeo, si toda aquella riqueza americana no se hubiera repartido en toda Europa?, porque, evidentemente, no se quedó en España, sino que llegó a gran parte del continente a través de los banqueros europeos.

Trasladando estos hechos a la actualidad, ¿qué ocurriría si España se decidiera a utilizar adecuadamente sus espectaculares recursos como el gas de esquisto *-fracking-*, las tierras raras o la geotermia? Todos estos hechos y aportaciones deberán ser desarrollados en el futuro por otros investigadores.

Por último, queda una gran labor pendiente en cuanto al estudio del protagonismo y la influencia que los geólogos españoles y sus obras han tenido, a lo largo de la historia, en la geología de otros países.

BIBLIOGRAFÍA

Biografías

Nota: Según la Real Academia de la Historia la cita de una biografía del Diccionario Biográfico electrónico, DB~e, respondería al siguiente modelo:

Apellido(s) del autor, Nombre del autor, "Personaje", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (en red, <http://dbe.rah.es/> o citando la URL que aparece en el navegador cuando se accede a cada personaje concreto).

Y, por lo tanto, la cita en el texto aparece con el nombre del autor, sin fecha y con la terminación "dbe".

Aceves Pastrana, Patricia. "Andrés Manuel Del Río y Fernández", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/4339/andres-manuel-del-rio-y-fernandez>)

Aceves Pastrana, Patricia. "Luis Fernando Lindner Lindental", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/38068/luis-fernando-lindner-lindental>).

Carrillo de Albornoz y Galbeño, Juan. "Juan Sánchez Cisneros", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico. (<https://dbe.rah.es/biografias/120783/juan-sanchez-de-cisneros>).

Carrillo de Albornoz y Galbeño, Juan. "Julio Cervera y Baviera", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico. (<http://dbe.rah.es/biografias/19270/julio-cervera-y-baviera>).

Casanova Honrubia, Juan Miguel. "Eugenio Maffei y Ramos", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/19579/eugenio-maffei-y-ramos>).

Del Pino Díaz, Fermín. "José de Acosta", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/4978/jose-de-acosta>).

Galera, Andrés. "J. Christian Herrgen", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico, (<http://dbe.rah.es/biografias/18567/j-christian-herrgen>).

Guerra, Francisco. "Francisco Hernández", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico, (<https://dbe.rah.es/biografias/11654/francisco-hernandez>).

Lucena Salmoral, Manuel. "Antonio Caballero y Góngora", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico, (<http://dbe.rah.es/biografias/14044/antonio-caballero-y-gongora>).

Parra del Río, María Dolores. "Agustín Marín y Bertrán de Lis", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico, (<https://dbe.rah.es/biografias/20865/agustin-marin-y-bertran-de-lis>).

Pérez de Tudela y Bueso, Juan. "Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/9417/gonzalo-fernandez-de-oviedo-y-valdes>)

Pérez Pimentel, Rodolfo. "Fernando Montesinos", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/13096/fernando-montesinos>)

Rodríguez de la Torre, Fernando. "Antón Vila y Nadal", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico (<http://dbe.rah.es/biografias/35097/anton-vila-y-nadal>).

Sánchez Gómez, Julio. "Álvaro Alonso Barba", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico. (<https://dbe.rah.es/biografias/7743/alvaro-alonso-barba>).

Sanz Serrano, María Jesús. "Juan de Arfe y Villafañe", en Real Academia de la Historia, Diccionario Biográfico electrónico. (<https://dbe.rah.es/biografias/7765/juan-de-arfe-y-villafane>).

Referencias

Acosta, José de (1590). *Historia natural y moral de las Indias*. Sevilla: Juan de León.

Acosta, J. (2011). "Entrevista a Juan Acosta". *Revista del Instituto Español de Oceanografía*. Número 17, julio 2011. Instituto Español de Oceanografía.

Adams, F. D. (1938). *The Birth and Development of the Geological Sciences*. Waverly Press, Inc. for The Williams & Wilkins Company. Baltimore, Md., USA.

Adaro Ruiz, L. (1981). "Datos y documentos para una historia minera e industrial de Asturias". Editado por Suministros Adaro, S.A. Gijón.

Agricola, G. (1556, 1992). *De Re Metallica*. Ed. Casariego para UEE, S.A. 1992.

Alemania en Galicia. (1925). *Revista Ingeniería y construcción*. Enero 1925, pg. 39. Fundación Juanelo Turriano.

Alfonso X el Sabio. (2014). *Lapidario*. Biblioteca Castro. 530pp.

Almagro, Manuel de (1866). *Breve descripción de los viajes hechos en América por la Comisión científica enviada por el gobierno de S.M.C. durante los años de 1862 á 1866*. Madrid. Imprenta y esterotipia de M. Rivadeneyra. 174 pp.

Alonso Barba, A. (2003). *Arte de los metales*. Edición facsímil. Editorial Maxtor.

Alsina Calvés, J. (2006). *Historia de la Geología, una introducción*. Montesinos. Ediciones de Intervención Cultural.

Álvarez Muñoz, E. (2004). *Filosofía de las ciencias de la tierra*. Fundación Gustavo Bueno. Pentalfa ediciones. Oviedo.

Amasuno, M. (2006-2007). "El contenido médico en el *Lapidario alfonsí*". *Alcanate: Revista de estudios Alfonsíes* n°: 5, pp. 139-162.

Arfe y Villafañe, J. (1572, 1976). *Quilatador de la Plata, Oro y Piedras, de Juan de Arfe y Villafañe*. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid. Reeditado en 1976.

Arsuaga, J. L. y Martínez, I. (1998). *La especie elegida*. Ediciones Temas de Hoy.

Ayala, M. L. (2005). "La historia natural en el siglo XVI: Oviedo, Acosta y Hernández". *Revista estudios del Hombre*. Universidad de Guadalajara. México.

Ayala Carcedo, F. J. y Perejón, A. y Puche, O. y Jordá, L. (2005). "El XIV Congreso Geológico Internacional de 1926 en España". *Boletín Geológico y Minero*, 116 (2). pp. 173-184. ISSN 2253-6167.

Baltuille Martín, J. M. (2009). "Reseña histórica de la profesión geológica en España". En *La Profesión de Geólogo*. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. 31-32. Madrid.

Baroja, P. (1955). *Memorias*. Ediciones Minotauro. Madrid.

Barreiro, A. J. y Sánchez Moreno, P. M. (1992). *El Museo Nacional de Ciencias Naturales: (1771-1935)*. Aranjuez: Doce Calles. 509pp.

Barreiro Fernández, X. R. (2000). *Historia de la Universidad de Santiago de Compostela. Vol. 1. De los orígenes al siglo XIX*. Edita Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Barrera Morate, J. L. (1999) "Centenario del nacimiento de Francisco Hernández Pacheco (1899-1966)". *Revista Tierra y Tecnología*. nº: 19. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. 45-49. Madrid.

Barrera Morate, J. L. (2002). "Biografía de José Macpherson y Hemas (1839-1902)". *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*. Nº:45. Madrid.

Barrera Morate, J. L. (2008). "Emilia Pardo Bazán y el geólogo Federico Bruck. ¿Quién era Bruck?". *Revista Tierra y Tecnología*. nº: 33. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. 94-100. Madrid.

Barrera Morate, J. L. (2014). "Lucas Fernández Navarro. El iniciador de la vulcanología en España". *Ciencia y Técnica entre la Paz y la Guerra. XII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas*. Madrid.

Barrera Morate, J. L. (2015). "Hace 200 años el geólogo Von Buch acuñó el término caldera volcánica". *Revista Tierra y Tecnología*. nº: 46. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Madrid.

Bernal Rodríguez, A. M. (2000). "Remesas de Indias: De dinero político al servicio del Imperio a indicador monetario". En: *Dinero, moneda y crédito en la monarquía hispánica: actas del Simposio Internacional "Dinero, moneda y crédito: de la monarquía hispánica a la integración monetaria Europea"*. Madrid, 4-7 de mayo de 1999. Antonio-Miguel Bernal Rodríguez (coord.). Editores: Fundación ICO: Marcial Pons, Ediciones de Historia.

Blog *El forzado de Almadén*. "El incendio de 1755". Publicado el 5 de enero de 2015. Web *Efeverde*. Agencia EFE. <https://www.efeverde.com/blog/el-forzado-de-almaden>.

Bolado Somolinos, J. M. (2012). *Ciento diecisiete años de enseñanza de la Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central/Complutense de Madrid (1857-1974)*. Editado por la Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

Bolívar, I. (1988). *Ignacio Bolívar y las ciencias naturales en España*, presentación y apéndice de Alberto Gomis Blanco. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (Estudios sobre la Ciencia: n.º 41) Reprod. facs. de la ed. de: Madrid 1921 (Imprenta Clásica Española).

Bolós, F. (1841). "Noticia de los extinguidos volcanes de la villa de Olot y de sus inmediaciones hasta Amer, y de los nuevamente descubiertos y no publicados, todos en la provincia de Gerona, de la naturaleza de sus productos y de sus aplicaciones" 2.ª ed. corr. y aum., Barcelona, Imprenta Herederos de la Viuda de Pla.

Bradley, R. S. (2003). *Presentation, "Climate of the Last Millennium", Holocene Working Group Workshop, Bjerknes Centre for Climate Research, August 2003*.

Browman, D. L. (2004). "Tierras comestibles de la Cuenca del Titicaca: Geofagia en la prehistoria boliviana". *Estudios Atacameños* n°: 28, pp. 133-141.

Brown, J. C. (1920). *A history of chemistry from the earliest times*. 2ª ed. Editado por Henry Hilton Brown. Publicado por J. & A. Churchill. London. 544 pp.

Calatayud Arinero, M. A. (1986). "Antecedentes y creación del Real Gabinete de Historia Natural de Madrid". *Arbor: Revista de ciencia, pensamiento y cultura*. N° 482, págs. 9-34. Edita Servicio de publicaciones del CSIC.

Calatayud Arinero, M. A. (1988). *Pedro Franco Dávila primer director del Real Gabinete de Historia Natural fundado por Carlos III*. Edita: Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 250 pp.

Capel, H. (1980). "Organicismo, fuego interior y terremotos en la ciencia española del XVIII". *Geocrítica, cuadernos críticos de geografía humana*. Año XII. N°: 27-28. Mayo-Julio de 1980. Universidad de Barcelona.

Capote, R. (2013a). "Manuel Alía Medina, in memóriam (1917-2012)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Actas*, Tomo 110, n°: 1-4.

Capote, R. (2013b). "Manuel Alía Medina, in memóriam". *Revista Tierra y Tecnología* n°: 41. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid.

Carbonell, A. (2011). "Antonio Carbonell, mucho más que el creador de El Cabril". *Revista Séneca Digital*. Domingo, 26 de junio de 2011. <http://www.iesseneca.net/revista/spip.php?article459>

Carmona Victorio, J. (1932). "El hombre y su caricatura". *Revista Blanco y Negro*. Número 2120. 10 de enero de 1932.

Caro Baroja, J. (1969). "Dos testimonios históricos y familiares. La vida en la mina (Río Tinto entre 1868 y 1871)". *Boletín de la Real Academia de la Historia*, n° CLXII, Madrid.

Caruana de las Cagigas, L. y González Calleja, E. (2014). "La producción y contrabando de wolframio en España durante la Primera Guerra Mundial". *Revista Ayer*, 183-209.

Castro, Pedro de (1694). *Causas eficientes, y accidentales del fluxu y refluxu del mar... / su autor, el capitán don Pedro de Castro*. Publicación en Madrid: En la imprenta de Manuel Ruiz de Murga, 1694. Copia digital: Ministerio de Cultura. Subdirección General de Coordinación Bibliotecaria, 2010.

Casanova Honrubia, J. M. (2009). *La minería y la mineralogía del reino de Valencia a finales del periodo ilustrado (1746-1808)*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia.

Cervantes de Salazar, F. (1914). *Crónica de Nueva España*, manuscrito 2011 de la Biblioteca Nacional de Madrid. Serie: Papeles de Nueva España compilados por Francisco del Paso Troncoso, (redactada en la segunda mitad del siglo XVI aunque quedó inédita hasta 1914). Tercera Serie.

Historia. Est. Fot. de Hauser y Menet, 1914. Madrid. Biblioteca AECID (Madrid) — Signatura: 3GR-7372.

Cieza de León, P. (1553). *La Crónica del Perú. El señorío de los incas, primera parte*. Sevilla: en casa de Martin de Montedoca.

Cobo, B. (1964). *Historia del Nuevo Mundo* (Obras del P. Bernabé Cobo). 2 Tomos. Madrid, Biblioteca de Autores Españoles. Estudio preliminar y edición del P. Francisco Mateos. <http://www.bibliotecavirtualdeandalucia.es/>

Collette, C. (1848). "Reconocimiento geológico del Señorío de Vizcaya: hecho de orden (sic) de su Diputación General". Publicado por Delmas e Hijo. Digitalización de mayo de 1994 de un ejemplar de la Fundación Sancho el Sabio. Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico.

Cross, H. (1983). *South American Bullion Production and Export 1550-1750*. Richards (ed.). pp. 397-423.

CSIC. (1978). *La expedición mineralógica de los hermanos Heuland a Chile y Perú 1795-1800*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.

Cuesta Domingo, M. y Rebok, S. (2008). *Alexander Von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*. Varios autores. Coordinadores: Cuesta Domingo, Mariano y Rebok, Sandra. Real Sociedad Geográfica. CSIC.

Darwin, Ch. (2011). *Observaciones geológicas en América del Sur*. Edición de Rafael Sagredo Baeza y Francisco Hervé Allamand. Editorial universitaria. CSIC.

Debus, A. G. (2004). *Alchemy and Early Modern Chemistry: Papers from Ambix*. Jeremy Mills Publishing. 576 pp.

Delgado Gómez-Escalonilla, L. (2009). *Viento de poniente. El Programa Fulbright en España Comisión de Intercambio Cultural, Educativo y Científico entre España y Estados Unidos de América*. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Embajada de Estados Unidos en Madrid. Departamento de Estado, Washington D.C.

Domínguez, J. C. (2020). "Las Minas de Río Tinto y El Hoyo de D. Liberto, caballero de nación sueco". *Tinto Noticias, El periódico de la Cuenca Minera*. 9 de mayo de 2020. (<https://tintonoticias.com/las-minas-de-rio-tinto-y-el-hoyo-de-d-liberto-caballero-de-nacion-sueco/>). Consultado el 7 de marzo de 2021.

Durán López, A. (2017). *Breve Historia de la Geología*. Fuego Editores, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) e Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG). Madrid. 350pp.

Durán López, A. (2018). "Los geólogos de Hitler". *Revista Rocas y Minerales*. Fuego Editores. Año XLVI. Nº: 557. Octubre 2018.

Durán Valsero, J. J. (1994). "Un siglo de diccionarios geológicos españoles (1884-1957)". *Boletín* número 2 de la Comisión de Historia de la Geología de España. Año 1. Sociedad Geológica de España.

Ellenberger, F. (1989). *Historia de la Geología. Volumen 1, de la Antigüedad al siglo XVII*. Editorial Labor. Ministerio de Educación y Ciencia.

Elorza, J. J. y Rodríguez-Lázaro, J. (1984). "Evolución de la enseñanza de la licenciatura de Geología en la Facultad de Ciencias de Bilbao". II Simposio sobre la Enseñanza de la Geología, Gijón. 94-118.

Fagés y Virgili, J. (1909). *Los químicos de Vergara y sus obras*. Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 118p.

Feijoo, B. J. y Roche, J. L. (1756). "Nuevo Systema sobre la causa physica de los terremotos, explicado por los phenomenos electricos, y adaptado al que padeció España en primeros de Noviembre del año antecedente de 1755". Su Autor el Ilmo. y Rmo. Señor Don Fray Benito Jeronimo Feijoo. Ex-General de la Religión de San Benito, del Consejo de Su Majestad, etc, etc, etc. Dedicado a la Muy Erudita, Regia y Esclarecida Academia Portopolitana. Por Don Juan Luis Roche, Académico de Erudición de la misma Real Academia Portuense, Socio Honorario de la Regia Sociedad de Ciencias de Sevilla, Académico de la Real de Buenas Letras, y residente en la ciudad y Gran Puerto de Santa María, en el Gremio, y Universidad de Mareantes, Y' Cargadores a Indias, impreso en el puerto de Santa María en la Imprenta de la Casa Real de las Cadenas. (sic). Año de 1756. 86 + 56 pp. Biblioteca de la Universidad de Barcelona.

Fernández de Oviedo, G. (1851). *Historia natural y general de las Indias, islas, y tierras firmes del mar océano. Primera parte*. Madrid, Real Academia de la Historia. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2007. Disponible en <http://www.cervantesvirtual.com/>

Fernández de Oviedo, G. (1855). *Historia general y natural de las Indias, islas, y tierras firmes del mar océano. Tercera parte*. Real Academia de la Historia, Madrid. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2007. Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/historia-general-y-natural-de-las-indias-islas-y-tierrafirme-del-mar-oceano>

Fernández Pérez, J. y González Tascón, I. (1990). *Ciencia, técnica y estado en la España ilustrada*. Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría de Estado de Universidades e Investigación. 589 pp.

Flores Clair, E. (1999). "El Colegio de Minería: una institución ilustrada en el siglo XVIII novohispano". *Estudios de historia novohispana*. Universidad Nacional Autónoma de México. (<http://dx.doi.org/10.22201/iih.24486922e.1999.020.3492>)

Frank, A. G. (1998). *ReOrient: Global Economy in the Asian Age*. Berkeley, University of California Press. 352 pp.

García del Cura, M. A. y Ordoñez, S. (2018). "Una polémica sobre la génesis del yeso del Cerro de Los Ángeles en el siglo XX (1916-1918)".

García Font, J. (1976). *Historia de la alquimia en España*. Ed. Nacional.

García Tapia, N. (2010). *Un inventor navarro: Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613)*. Pamplona, Navarra, España. Universidad Pública de Navarra.

Gavira Márquez, M. C. (2019). "La Academia de Minas de Potosí. La corta trayectoria de una institución minera, 1779-1782". *Diálogo Andino*. N° 58. Scielo Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812019000100023>

Gil Novales, A. (1983). "Antes de Clausewitz: La ilustración de Juan Sánchez Cisneros y la ciencia militar de Juan Romero Alpuente". *LLull*, vol. 5, 1983, 17-26

Giménez López, E. (2013). *Los jesuitas y la Ilustración*. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2013. Alicante. Notas de reproducción original: Otra ed.: *Debats*, 105 (2009), pp. 131-140. (<http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc795v8>).

Gohau, G. (1991). *A History Of Geology*. Rutgers University Press; revised edición (1 abril 1991). 276 pp.

Gómez Alba, J. (1992). *Luis Mariano Vidal (1842-1922). Selección de Obras. Biografía*. Museu de Geologia, Ajuntament de Barcelona, Barcelona. 178 pp.

González Bueno, A. (2003). *Antonio José Cavanilles (1745-1804). La pasión por la Ciencia*. Editorial Doce Calles. 464 pp.

González Bueno, A. (2004). "Entre balas y lodos. El trabajo de los naturalistas españoles en el norte de Marruecos (1909-1927)". En *Ángel Cabrera: ciencia y proyecto colonial en Marruecos. Estudios árabes e islámicos. Monografías*. Editores Helena de Felipe, Leoncio López-Ocón y Manuela Marín. CSIC.

González Bueno, A. y Gomis Blanco, A. (2007). *Los Territorios Olvidados. Naturalistas españoles en el África hispana (1860-1936)*. Editorial Doce Calles. 563 pp.

González Bueno, A. y Gomis Blanco, A. (2017). "Al otro lado del Estrecho: entomólogos del Museo Nacional de Ciencias Naturales en los territorios del África hispana (1859-1937)". En: *Encuentros con lo imposible. Homenaje a Isabel Izquierdo Moya*, coord. Emilio Cervantes.

González Sánchez, A. R. (2011). "Tradición y fortuna de los libros de astromagia del Scriptorium Alfonsí". Tesis doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

González de Cellorigo, M. (1660). *Memorial de la política necesaria y útil restauración a la república de España y estados de ella y desempeño universal de estos reinos*. Valladolid. Edición de J. Pérez de Ayala, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales-Instituto de Cooperación Iberoamericana, 1991.

Gonzalo Corral, F. J. y Gracia Plaza, A. S. (1987). "Yacimientos de volframio del Oeste de España: Ensayo de caracterización y clasificación económica". *Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 11: 315-331

Gozalo Gutiérrez, R. (1993). *Homenaje a Juan Vilanova y Piera. Biografía. Bibliografía*. Valencia, 25-27 noviembre de 1993. Imprenta Provincial, Valencia, 103 pp.

Gozalo Gutiérrez, R. (1998). "El inicio de la polémica sobre los sufijos utilizados para denominar los «terrenos»: -ano versus -ico o Casiano de Prado versus Juan Vilanova". *Geogaceta* número 23.

Gozalo Gutiérrez, R. (1999). "La Paleontología española en la Universidad y centros asociados en el periodo 1849-1936". *Temas Geológicos-Mineros*. ITGE, vol. 26, Madrid. Actas "XV Jornadas de Paleontología". Temas monográficos: Historia de la Paleontología española. Instituto Geológico y Minero de España.

Gutiérrez Gárate, M.; Escorza, C. M. y Alcalá, B. (1988). "Las publicaciones periódicas españolas sobre geología". *Revista Tierra y Tecnología*. 88-93. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

Hall, D. H. (1976). *History of the Earth Sciences during the Scientific and Industrial Revolutions with special emphasis on the Physical Geosciences*. 297 pp. Elsevier, Amsterdam.

Hahne, C. (1930a). "La cadena celtibérica al este de la línea Cuenca-Teruel-Alfambra". *Publicaciones alemanas sobre geología de España*. Tomo II, p 7-50.

Hahne, C. (1930b). "Das Kustengebiet um Sagunto, Algimia de Alfara, Vall de Uxo und Chilches". *Abh. D. Gess. Wiss. Gott*, t.XVI. Berlín.

Hernández, F. (2015). "Historia de los Minerales de Nueva España". Tomo III. *Historia Natural de la Nueva España*, 2. En: *Obras completas de Francisco Hernández*, Tomos I a VII, 8 volúmenes. Universidad Nacional Autónoma de México. (http://www.franciscohernandez.unam.mx/03_indice_tomo03.html).

Hernández Pacheco, E. (1927). "El geólogo gaditano Don José Macpherson y su influjo en la Ciencia española". Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Cádiz. Discurso inaugural de la Sección 4ª. Ciencias Naturales, págs. 75-92. Talleres Poligráficos S.A. Madrid.

Hernández Pacheco, E. (1935). "Expedición científica a Ifni". *Boletín de la Sociedad Geográfica Nacional*, No.75, 515-541.

Hernández Pacheco, E. y Hernández Pacheco, F. (1942). "Sáhara español: expedición científica de 1941". Madrid, Universidad de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Hernández Sobrino, A.; Parra, R.; Soria, E. M.; Padilla, M.; Cuezva, S. y Sanz, E. (2011). "El Camino Real del Azogue". *Revista Tierra y Tecnología*, nº 40. pp 21-27.

Hernando Luna, R. (1980). "Aproximación a la obra de D. Antonio Carbonell y Trillo-Figueroa por Rafael Hernando Luna". Discurso de ingreso como Académico Numerado leído por su autor Rafael Hernando Luna en sesión pública del 27 de noviembre de 1980. *Boletín de la Real Academia de Córdoba* 101, 5-20.

Humboldt, Alexander von (2020). *Ensayo político sobre la Nueva España*. Tomo segundo por el Barón A. de Humboldt; traducida por Vicente González Arnao. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. (<http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc1048925>)

Hutton, F. W. (1862). *Importance of a knowledge of geology to military men*. *Journal of the Royal United Service Institution*, 6, 342-360.

IGME. (1985). *Bicentenario del descubrimiento del wolframio por los hermanos Elhuyar: 1783-1983*. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME. (2013). *100 años de Hidrogeología en España (1900-2000)*. J.A. López-Geta, J.M. Fornés Azcoiti, eds. Madrid. Instituto Geológico y Minero de España. 814 pp.

IGME. (2015). *Hispaniae Geologica Chartographia*. La representación geológica de España a través de la Historia, presentada en la sala de exposiciones "Leonor de Plantagenet" del Alcázar de Segovia entre octubre y diciembre de 2015. Edición: Instituto Geológico y Minero de España.

JAE. (2011). "Diccionario *on line* de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936)". Educación "integral" para los jóvenes bachilleres: cambios promovidos por la JAE (Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas) en la enseñanza secundaria (1907-1936). Financiado por la Secretaría de Estado de Investigación del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España. (www.ceimes.cchs.csic).

Jakob, W. (1964). "El derecho de minería en la legislación indiana". Lecciones y Ensayos. Facultad de Derecho. Universidad de Buenos Aires. Número 28. www.derecho.uba.ar › lye › el-derecho-de-mineria-en-la-legislacion-indiana

Jiménez, E. (2020). "Cincuentenario de una revista". *La Crónica de Salamanca*. Edición digital del 23 de marzo de 2020. Recuperado de <https://lacronicadesalamanca.com/263763-cincuentenario-de-una-revista/>

Julivert, M. (2014). *Una historia de la geología en España*. Edita Universidad de Barcelona. 300pp.

Kautzleben, H. (2018). "Hans Stille (1876-1966) geologist, university teacher, member of the academy in difficult times". *Global Tectonics and Metallogeny*, Vol. 10/2-4, p. 55-60. Stuttgart, May 2018

Lafuente, A. y Valverde, N. (2003). *Los mundos de la ciencia en la Ilustración española*. Fundación española para la ciencia y la tecnología. Madrid.

Las Casas, Bartolomé de (1559). *Historia Natural de las Indias*, libro 1, caps. 65 y 66.

León Garrido, M. (2016). "La contribución del Nuevo Mundo al nacimiento de las ciencias paleontológicas". *Revista de Humanidades*, n.28, p. 23-48, ISSN 1130-5029 (ISSN-e 2340-8995)

León Garrido, M. (2017). "Aspectos geológicos en la Historia del Nuevo Mundo (1653) de Bernabé Cobo". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 30 (2): 65-78

León Garrido, M. (2018). "Una aproximación a los primeros estudios geológicos en Hispanoamérica (1492- circa 1650)". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31(1): 67-88.

León Garrido, M. (2019). "Aspectos geológicos en la Historia del Reino de Quito en la América Meridional (1844), de Juan de Velasco". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 67: 107-110.

Liñán Guijarro, E. (2005). "La Biología y la Geología en la Facultad de Ciencias de Zaragoza entre los años 1940-1974". En: Solsona Motiel, Fernando. (2005). *Doctori Bernal Amicore Liber*. Universidad de Zaragoza. 106 pp.

López-Ocón Cabrera, L. "Candel Vila, Rafael". En *JAE educa*. Diccionario de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936). Junta para Ampliación de Estudios. (<http://ceies.cchs.csic.es/?q=content/candel-vila-rafael>).

López-Ocón Cabrera, L. "Gómez de Llerena y Pou, Joaquín". En *JAE educa*. Diccionario de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936). Junta para Ampliación de Estudios. (<http://ceies.cchs.csic.es/?q=content/gomez-de-llarena-y-pou-joaquin>).

López Andrés, S. y López-Acevedo, M. V. (2003). "El Profesor D. José Luis Amorós Portolés, 1920-2001". *Boletín* número 20 de la Comisión de Historia de la Geología de España. Año 9. Sociedad Geológica de España.

López de Azcona, J. M. (1984a). "Mineros destacados del siglo XIX: Rafael Amar de la Torre (1802-1874)". *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 95, Nº 3. pp 111-113. IGME.

López de Azcona, J. M. (1984b) "Mineros destacados del siglo XIX. Lorenzo Gómez Pardo y Enseña (1801-1847)". *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 95, Nº 3. pp 77-83. IGME.

López de Azcona, J. M. (1984c). "Mineros destacados del siglo XIX. Francisco de Luján y Miguel-Romero (1798-1867)". *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 95, 610-634. IGME.

López de Azcona, J. M. (1985). "Semblanza de los hermanos Elhuyar". En: *Bicentenario del descubrimiento del wolframio por los hermanos Elhuyar: 1783-1983*. Instituto Geológico y Minero de España. IGME.

López de Azcona, J. M. (1988a)." Mineros destacados del Siglo XIX. Manuel Fernández de Castro (1825-1895)". *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 99, Nº 5. (809-836). pp 165-170. IGME.

López de Azcona, J. M. (1988b). "La tercera Dirección General de Minas (1928-1936)". *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 99(2): 287-291. IGME.

López de Azcona, J. M. (1994). "Mineros destacados del siglo XIX. Manuel Fernández de Castro (1825-1895)". *Boletín* número 2 de la Comisión de Historia de la Geología de España. Año 1. Sociedad Geológica de España.

López de Azcona, J. M.; González Casasnovas, I. y Ruiz de Castañeda, E. (1992). *Minería iberoamericana: repertorio bibliográfico y biográfico*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas de España y Sociedad Estatal V Centenario.

López Piñero, J. M. y Glick, T. F. (1993). *El megaterio de Bru y el presidente Jefferson: una relación insospechada en los albores de la Paleontología*. Valencia: CSIC-UV - Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia. XLII. Serie A (Monografías). (IHMC). http://digital.csic.es/bitstream/10261/90554/1/XLII_Megaterio_de_Bru.pdf

López Rueda, J. (2003). *González de Salas, humanista barroco y editor de Quevedo*. Fundación Universitaria Española. Madrid. 249 pp.

Luján, Francisco de (1841). *Lecciones de Geología: explicadas [sic] en la Sociedad de Instrucción Pública*. Imprenta Eusebio Aguado, Madrid.

Ludwig, K. H. (1997). *Volker Schmidtchen: Propyläen Technikgeschichte. Metalle und Macht 1000-1600*. Berlin. pp. 62-64.

Lyell, Ch. (1847). *Elementos de Geología*. Traducido por Joaquín Ezquerro del Bayo. Edición facsímil. Instituto Geológico y Minero de España. 2003.

Maffei, E. (1877). "Guillermo Schulz" publicado en la *Revista Minera* el 8 agosto de 1877. Recogidos en "Bicentenario de Guillermo Schulz y Schweizer (1800-1877)". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 14, año 6. Sociedad Geológica de España.

Maffei, E. y Rúa Figueroa, R. (1871-1872). *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos impresos y manuscritos útiles al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares*, (2 vol.). (Edición facsímil, cat. San Isidro, León, 1970).

Mariana, Juan de (1854). *Historia de España, Obras del padre Juan de Mariana*. Biblioteca de Autores Españoles. Editor M. Rivadeneyra.

Martín Escorza, C. (2001). "Vida y Obra de José Macpherson Hemas (Cádiz 1839-La Granja 1902)". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 16, p. 3-7. Sociedad Geológica de España.

Martín Reyes, G. (2004). *Breve historia de la Alquimia*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. La Orotava. 108 pp.

Martínez Calatayud, J. (1992). "Alquimistas: místicos, sabios, pícaros". Lección magistral leída en la apertura del curso 1992-93. Fundación Universitaria San Pablo CEU. Valencia.

Martínez Oyarzábal, E. (2016). "Vida militar de Francisco de Luxán Miguel-Romero". En: *Milicia y Geología, Francisco de Luxán*. Ministerio de Defensa. Ministerio de Economía y Competitividad.

Martínez Ruiz, E. (2011). *Ilustración, ciencia y técnica en el siglo XVIII español*. Universitat de Valencia. 408 pp.

Maturana Campos, S. y Hernández Sobrino, A. (1995). "Almadén del Azogue". *Revista Bocamina*. Volumen 1. Grupo mineralogista de Madrid.

Melero, M. J. (1992). "Las armas en la historia de España a través de las salas del Museo Naval de Madrid". Curso de Expertos en Museología Militar. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Merten, R. (2006). "Visión retrospectiva de las contribuciones alemanas al conocimiento de la Geología de España en el siglo XX". Sesión de 14 de diciembre de 2005. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Actas)*, 103: 36-42.

Molina Martínez, M. (2000). "Legislación minera colonial en tiempos de Felipe II". En XIII Coloquio de Historia Canario-Americana. VIII Congreso Internacional de Historia de América.

Montero, A. (2003). *La paleontología y sus colecciones desde el Gabinete de Historia Natural al Museo Nacional de Ciencias Naturales*. Monografías. Museo nacional de Ciencias naturales. CSIC. 379 pp.

Montoya, R. (2015). *Crónicas del oro y la plata americanos*. Visión Libros. 372 pp.

Muro Martínez, J. (1874). *Fuero Viejo de Castilla, Fuero Real, Leyes del Estilo, y Ordenamiento de Alcalá* compendiados y anotados por José Muro Martínez. Editado por Mariano Muro López Salgado, Imprenta y Librería Caviria y Zapatero, Valladolid. Copia digital: Valladolid, Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Turismo. 2009-2010.

Muro Morales, J. I. (1990). *El Pensamiento Militar sobre el Territorio en la España Contemporánea*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

Ontañón, J. M. (1999). "El laboratorio Macpherson: un hito en la enseñanza de las ciencias de la Tierra". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 12. Año 5. Sociedad Geológica de España.

Ordóñez, S. (1984). "Discurso de inauguración del I Congreso español de Geología". Segovia del 9 al 14 de abril de 1984. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG). Tomo V. pp 1-5.

Ordóñez, S. (1992a). "La Escuela de Geología de Madrid". III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca. vol. I, 566-578. Salamanca: Sociedad Geológica de España.

Ordóñez, S. (1992b). "El nacimiento de las ciencias geológicas en España, un puente tendido entre Europa y Madrid". Ciclo de conferencias: Madrid, capital europea de la cultura. Área de Cultura. Ayuntamiento de Madrid. Instituto de estudios madrileños del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Ordóñez, S. (1994). "El geólogo José Royo Gómez". *Revista Tierra y Tecnología: revista de información geológica*, (8), 63-65. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG).

Ordóñez, S. (1999). "Los textos de mineralogía en España a finales del siglo XVIII. 2º centenario de la traducción de *La Orictognósia* de Widenmann por C. Herrgen (1797)". *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 110. Número 1. pp 103-120.

Ordóñez, S. coord. (2021). "Bicentenario de Juan Vilanova y Piera (1821-1893)". Webinar celebrada el 5 de mayo de 2021. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG). <http://www.icog.es/TyT/index.php/2021/05/bicentenario-de-juan-vilanova-y-piera-valencia-5-05-1821-madrid-7-06-1893/>.

Ordóñez, S. y García del Cura, M. A. (2015). "El impacto científico del seminario de P. Fallot (1889-1960), sobre *Les Cordilleres Betiques*, en el Instituto Lucas Mallada (CSIC Barcelona, 1945)". En: González Redondo, F. A. (coord.). *Ciencia y Técnica entre la Paz y la Guerra. 1714, 1814, 1914*. Madrid, SEHCYT, pp. 963-970.

Ordóñez, S. y García del Cura, M. A. (2017a). "La minería en la Sierra Almagrera (Almería, España) en el siglo XIX. Descripción geológica y de la paragénesis mineral".

Ordóñez, S. y García del Cura, M. A. (2017b). "La minería en la Sierra Almagrera en el s. XX. Modelos metalogenéticos".

Ordóñez, S. y García del Cura, M. A. (2018). "De D. de Orueta (1862-1926) a M. Blumenthal (1886-1967): de la minería a la geología estructural a principios del siglo XX en las peridotitas de Ronda".

Ordóñez, S. y La Iglesia, A. (1996). "Gabriel Martín Cardoso (1896-1954) y el nacimiento en España de la determinación de estructuras cristalinas de minerales mediante la difracción de rayos X". *Geogaceta*, vol. 20, nº: 6, pp 1426-1428.

Otero Carvajal, L. E. y López Sánchez, J. M. (2012). *La lucha por la modernidad: Las ciencias naturales y la Junta para Ampliación de Estudios*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 950 pp.

Otero Navascués, J. M. (1960). "La Junta de Energía Nuclear en 1960". *DYNA. Revista de la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales de España*, julio, pp. 3-32.

Otero Tejero, I.; Serrano Pascual, A.; Chicharro Almarza, J.; Golbano Ablanque, J. M.; Leal Hernández, F.; Pozo Mengual, B.; Merino Hernández, C.; González Peramato Gutiérrez, P.; Escolano Chamoix, A. y Sanz Redondo, M. (2007). "La patología urológica en la obra de Abulcasis". *Archivos Españoles de Urología* (Ed. impresa), 60(8), 859-868. Recuperado en 23 de enero de 2021, de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000800003&lng=es&tlng=es.

Ottone, E. (2008). "Jesuitas y Fósiles en la Cuenca del Plata". En: Aceñolaza, Florencio (ed.) *Historia de la Geología Argentina I*. Tucumán: Instituto Superior de Correlación Geológica, p. 9-20.

Ottone, E. (2008). "José Sánchez Labrador (1717-1798) y la Geología del Paraguay Natural". En: Aceñolaza, Florencio (ed.) *Historia de la Geología Argentina I*. Tucumán: Instituto Superior de Correlación Geológica, p. 43-54.

Outerelo Domínguez, E. (2009). *Evolución Histórica de la Licenciatura en Matemáticas (Exactas) en la Universidad Central*. E-Prints. UCM. Madrid.

Páez, J. R. (2004). *Cronistas coloniales. (Segunda parte)*. Estudio, biografías y selecciones de J. Roberto Páez. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2004. Edición digital a partir de la de México, J. M. Cajica Jr., 1960. (<http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmckk9n0>).

Página web Félix de Azara. "Proyecto Félix de Azara". Subvencionada por la Secretaría General de Política de Defensa del Ministerio de Defensa. <http://www.felixdeazara.es/>

Palacios Remondo, J. (2015). *Los hermanos Juan José y Fausto Delhuyar Lubice y el aislamiento del wolframio metal*. Edición digital: Fundación Ignacio Larramendi. Biblioteca Virtual de Polígrafos. Fecha de la edición digital: 10-03-2015. Madrid. www.larramendi.es.

Pampliega, E. (2016). "Así se creó Tierra y Tecnología, la revista del Colegio de Geólogos". *Revista Tierra y Tecnología*, nº: 47. XXV Aniversario de *Tierra y Tecnología*. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid.

Parra, D. y Pelayo, F. (1996). "Christian Herrgen y la institucionalización de la mineralogía en Madrid". *Revista Asclepio*. Volumen XLVIII-1-1996. pp 163-181. Centro Superior de Investigaciones Científicas.

Pelayo, F. (1990). "La adquisición de las técnicas mineras en la España de la Ilustración (1770-1800)" en *Ciencia, técnica y estado en la España ilustrada* editado por Fernández Pérez y González Tascón. Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría de Estado de Universidades e Investigación. 589 pp.

Pelayo, F. (1991). *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*. Historia de la Ciencia y de la Técnica. Director de la colección Javier Puerto Sarmiento. Ediciones Akal. 55pp.

Pelayo, F.; Gozalo Gutiérrez, R. y Salavert Faviani, V. L. (2004). "La enseñanza y los catedráticos de las materias geológicas en la Universidad Central durante el siglo XIX". *Geo-Temas* 6(4). (VI Congreso Geológico de España, Zaragoza, 12-15 julio, 2004). Sociedad Geológica de España.

Pellón González, I. (2013). "De Wolframio a tungsteno: reflexiones en el 230 aniversario de su aislamiento por Juan José y Fausto Delhúyar". *Revista Tierra y Tecnología*. Número 43. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España.

Peña de Camús Sáez, S. (2017). "Don Antonio de Ulloa y la ciencia española. La Real Casa de la Geografía y Gabinete de Historia Natural, precursores del Museo Nacional de Ciencias Naturales". Don Antonio de Ulloa. Ciclo de conferencias, octubre 2016. Ed.: Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica.

Perejón, A. (2009). "Don José Macpherson y Hemas (1839-1902), un científico y tres Instituciones: Sociedad Española de Historia Natural, Institución Libre de Enseñanza y Sociedad Geográfica de Madrid". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Geología*, 103 (1-4), 2009, 81-95.

Pérez de Perceval Verde, M. A.; López-Morell, M. A. y Manteca Martínez, J. I. (2005). "La minería española en los siglos XIX y XX". Patrimonio minero de la Región de Murcia. Bocamina. Museo de la Ciencia y el Agua. Ayuntamiento de Murcia.

Pérez Sáenz de Urturi, J. E. (1985). "La minería colonial americana bajo la dominación española". *Boletín Millares Carlo*, nº. 7-8, págs. 53-120.

Plinio el Viejo (2002). *Historia natural*. Traducción de María Josefa Canto *et al.* Editorial Cátedra. 880pp.

Puche Riart, O. (2000). "Minería en América de lengua española: periodo colonial". *Brasil 500 Anos - A Construção do Brasil e da América Latina pela Mineração*. oa.upm.es

Puche Riart, O. (2002). "Apuntes biográficos sobre Rafael Amar de la Torre (1802-1874)". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 18, p. 4-6. Sociedad Geológica de España.

Puche Riart, O. (2004). "Casiano de Prado y Valle". Zona Arqueológica. Número 3. Dedicado a: Pioneros de la arqueología en España (del siglo XVI a 1912). El proceso hacia la arqueología científica 1833-1912, pp. 79-88.

Puche Riart, O. (2005). "Minería española en la época colonial". Revista *Bocamina*.

Puche Riart, O. y Ayala Carcedo, F. J. (1993). "La *Orygthología* de Juan José Elhúyar (1754-1796) y la *Oritognosia* de Andrés Manuel del Río (1764-1849), primeros tratados geológicos, escritos por españoles en América". *Boletín Geológico y Minero*, v. 104, n. 1, p. 72-112.

Puche Riart, O. y Ayala Carcedo, F. J. (1995). "Notas sobre la minería y metalurgia españolas en la época del Imperio". *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 106-2 Año 1995 (186-198)

Puche Riart, O. y Ayala Carcedo, F. J. (2001). "Guillermo P. D. Schulz y Schweizer (1800-1877): su vida y su obra en el bicentenario de su nacimiento". *Boletín Geológico y Minero*, 112(1): 105-122

Puche Riart, O.; Ayala Carcedo, F. J.; Jordá Bordehore, L. y Perejón, A. (2004). "Apuntes biográficos de César Rubio Muñoz (Cáceres, 1858-Madrid, 1931). Presidente del XIV Congreso Geológico Internacional (Madrid, 1926)". *Llull*, v. 27 (n. 59); pp. 465-473.

Puche Riart, O. y Mata Perelló, J. M. (1992). "Enseñanza de Mineralogía y Petrología con especial atención a las Escuelas de Minas". *Industria Minera* 315, 21-37.

Puerto Sarmiento, F. J. (1994). "La huella de Proust: el laboratorio de Química del Museo de Historia Natural". *Asclepio*, 46(1), 197-220. <https://doi.org/10.3989/asclepio.1994.v46.1.480>

Puerto Sarmiento, F. J. (1997). *El Mito de Panacea. Compendio de Historia de la Terapéutica y de la Farmacia*. Editorial Doce Calles. 660p.

Puerto Sarmiento, F. J. (2022). "Medicina y terapéutica en la Europa Occidental cristiana". Texto inédito y sin publicar facilitado por el autor.

Rebok, S. y Puig Samper Mulero, M. A. (2002). "Alexander von Humboldt y el relato de su viaje americano redactado en Filadelfia". *Revista de Indias*, Vol. 62 Núm. 224 Pág. 69-84

Rodríguez-Miranda, J. M. (2016). "Conversaciones sobre los acuerdos entre Alemania, EE.UU. y el régimen del general Franco para la instauración de la democracia en España". Entrevista realizada por Antonio Durán en marzo de 2016.

Rodríguez Esteban, J. A. (2011). "El Mapa del África Occidental Española de 1949 a escala 1:500.000: orgullo militar, camelladas y juegos poéticos saharauis", *Cybergeo: European Journal of Geography* [En línea], documento 516, publicado el 20 enero 2011, consultado el 28 mayo 2020. URL: <http://journals.openedition.org/cybergeo/23461>; DOI: <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23461>

Rodríguez Fernández, L. R. (2005). "El Plan MAGNA: evolución histórica y perspectivas futuras". *Boletín Geológico y Minero*, 116 (4): 281-289

Rodríguez de Quijano y Arroquia, A. (1871). *La guerra y la geología*. Madrid. Imprenta del Memorial de Ingenieros.

Rodríguez de Quijano y Arroquia, A. (1903). "Necrológica del general Rodríguez de Quijano y Arroquia". *Revista Memorial de Ingenieros del Ejército*. Nº VII. Año LVIII. Julio de 1903. Madrid.

Rose, E. P. F., Ehlen, J. y Lawrence, U. (2018). "*Military use of geologists and geology: A historical overview and introduction*". *Article*. Noviembre 2018. *Geological Society, London, Special Publications*.

Rueda, C. y Albo, F. (2014). "Freixo, la ruina de la mina alemana de Monforte". *La Voz de Galicia*. 6 de noviembre de 2014.

Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). "Biografía de Antonio de Ulloa". En *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea*. Barcelona (España). Recuperado de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/u/ulloa.htm> el 2 de abril de 2021.

San Isidoro de Sevilla (2009). *Etimologías / San Isidoro de Sevilla*; texto latino, versión española y notas por José Oroz Reta y Manuel A. Marcos Casquero. Madrid. Biblioteca de Autores Cristianos.

Sánchez Almazán, J. (2021). "20 preguntas a propósito del Real Gabinete de Historia Natural (RGHN)". *Naturalmente*, revista del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Diciembre 2021. Nº 32

Sánchez Almazán, J.; Alcalá, L. y Sánchez Chillón, B. (2010). "Las colecciones de Geología del MNCN". Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

Sánchez-Almazán, J. y Cánovas Fernández, C. (2016). *Una colección, un criollo erudito y un rey: Un gabinete para una monarquía ilustrada*. Ed: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 120 pp.

Sánchez Cisneros, J. (1817). *Principios elementales de estrategia en diálogo por Juan Sánchez Cisneros*, Madrid, Imp. de Doña Catalina Piñuela, 2 vols.

Sánchez Cisneros, J. (1819). *Elementos sublimes de geografía física, aplicados a la ciencia de campaña, obra original utilísima á toda clase de militares y á los aficionados á las ciencias físico-naturales; por el brigadier de infantería D. Juan Sánchez Cisneros, individuo de mérito de varios cuerpos científicos de Europa, en la clase de ciencias físicas y naturales, etc*, Madrid, Imprenta de Álvarez, 266 p.

Sánchez Cisneros, J. (1826). *Ensayo de un diccionario razonado sobre la ciencia de la guerra. Obra importante para el uso de los generales, y útil y necesaria a los gefes y oficiales del ejército, por el general Juan Sánchez Cisneros, individuo de merito de varios cuerpos científicos. Gobernador de la Ciudadela, Barcelona, Oficina de la Viuda Agustín Roca, 200 p.*

Sánchez Sánchez, E. M. (2019). "Francia y la formación del personal español del sector nuclear, 1950s-1990s". En el VII Encuentro Anual AEHE (Ávila, 4-5 septiembre 2019). Universidad de Salamanca.

Santanach Prat, P. (2018). "La escuela alemana de Hans Stille: Influencia en la geología española de la postguerra". *Cuadernos del Museo Geominero*. Julio 2018.

Schroeder, R. (2003). "Homenaje al profesor Franz Lotze (1903-1971), en reconocimiento de sus méritos por la investigación geológica de España". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 21, p. 3-7. Sociedad Geológica de España.

Schroeder, R. (2006). "Nuevas investigaciones sobre el viaje de J. F. L. Hausmann en España (1829) y sus relaciones con su discípulo Guillermo Schulz". *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, número 27. Sociedad Geológica de España

Séneca, L. A. (2013). *Cuestiones Naturales*. Traducción de José Ramón Bravo Díaz. Editorial Gredos. 608 pp.

Sequeiros, L. (1989). "La Paleontología en España en el siglo XIX". *Lull*, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, v. 12, n.22, p. 151-180.

Sequeiros, L. (1991). "Dos paradigmas paleontológicos en la ciencia española del siglo XIX. El enfrentamiento entre Egozcue y Juan Vilanova y Piera". Actas V Congreso Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de la Técnica. Murcia. p. 929-942.

Sequeiros, L. (1992). "Lucas Mallada y Pueyo (1841-1921) fundador de La paleontología española y El catálogo general de las especies fósiles (1892)". Simposios: III Congreso geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Vol. 1, 1992, ISBN 84-600-8131-1, págs. 589-599

Sequeiros, L. (1997). "Bicentenario: Casiano de Prado y Valle (1797-1866)". *Boletín número 7 de la Comisión de Historia de la Geología de España*, p. 3 y 4. Año 4. Sociedad Geológica de España.

Sequeiros, L. (1998). "Tercer centenario del nacimiento de José Torrubia (1698-1761): Viajero, naturalista y paleontólogo". *Boletín número 10 de la Comisión de Historia de la Geología en España*, p. 21-23.

Sequeiros, L. (2003a). "En 2004 se conmemorarán los 200 años del fallecimiento de Antonio José Cavanilles (1745-1804)". *Boletín número 21 de la Comisión de Historia de la Geología de España*, p. 13-18. Sociedad Geológica de España.

Sequeiros, L. (2003b). "Ideas geológicas de Antonio José Cavanilles (1745-1804)". Reflexiones didácticas en el bicentenario de su fallecimiento. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 11(1), 2-9.

Sequeiros, L. (2009). "Tres precursores del paradigma darwinista: José de Acosta (1540- 1600), Athanasius Kircher (1601-1680) y Félix de Azara (1742-1821)". *Pensamiento: Revista de investigación e información filosófica*, 65: 1059-1076.

Sequeiros, L. y González Fabre, M. (2011). "Filosofía de la Geología y Religión: La Vindicación de la Geología de Casiano de Prado (1835)". *Revista Pensamiento*, vol. 67 (2011), núm. 254, pp. 983-1005.

Sequeiros, L. y Mayoral, E. (1996). "Antonio Machado y Núñez (1812-1896)". *Boletín número 5 de la Comisión de Historia de la Geología de España*. Sociedad Geológica de España. Año 3.

Smith, R. B. (1849). *Essay on geology, as a branch of study especially meriting the attention of the Corps of Engineers. Corps Papers, and Memoirs on Military Subjects; of the Royal Engineers and the East India Company's Engineers*, 1, 27-34.

Sociedad Geológica de España (1995). "Centenario de un geólogo olvidado". *Boletín* número 3 de la Comisión de la Historia de la Geología.

Solano y Eulate, J. M. (1871). *Guía del Gabinete de Historia Natural*. Imprenta a cargo de Gregorio Juste. Madrid. (Consultada el 9 de enero de 2022 en *Simurg*, Bibliotecas del CSIC). PURL: <http://simurg.bibliotecas.csic.es/viewer/image/CSIC000478044/6/>

Soutullo, B. y López-Acevedo, V. (2015). "¿Es o no el hombre animal? Facsímil, transcripción y estudio introductorio. Salvador Calderón y Arana". *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Segunda época, Tomo XIII, año 2015*. Belén Soutullo y Victoria López-Acevedo (Ed.)

Suetonio (1992). *Vida de los doce Césares I*. Biblioteca clásica Gredos, 167. Editorial Gredos. Madrid. 403pp.

Teixidó Gómez, F. (2018). "La Ciencia en África". *Blog de Historia de la Ciencia en España*. 27 de mayo de 2018. espanaciencia.blogspot.com

Thompson, A. (2008). "Volcano in 1600 caused global disruption, study suggests". *Revista Live Science*. 5 de mayo de 2008.

Tous Meliá, J. (1999). *El Tigre. Un cañón de a 16. Historia y Leyenda*. Editado por el autor. 111 pp.

Tribaldos de Toledo, L. (1642). *La Geographia de Pomponio Mela*. 89 pp.

Truyols, J. (1999a). "La *Institució catalana d'Historia natural* cumple cien años". *Boletín* número 13 de la Comisión de Historia de la Geología de España, p.4 y 5. Año 5. Sociedad Geológica de España.

Truyols, J. (1999b). "La Paleontología española en el cuerpo de minas durante el siglo XIX". *Temas Geológicos-Mineros. ITGE*, vol. 26, Madrid. Actas "XV Jornadas de Paleontología". *Temas monográficos: Historia de la Paleontología española*. Instituto Geológico y Minero de España.

Udías Vallina, A. (2014). "El origen de los terremotos en la Ilustración española". *Ciencia y Técnica entre la Paz y la Guerra. XII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas*. Madrid.

Ulloa y de la Torre Giralt, A. (1792). *Noticias americanas*. Disponible en Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. <http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/noticias-americanas/>

Valcárcel Martínez, S. (1989). "El padre José de Acosta". *Thesaurus*. Tomo XLIV. Núm. 2. Centro Virtual Cervantes.

Vázquez de Espinosa, A. (1629). *Compendio y descripción de las Indias occidentales por fray Antonio Vázquez de Espinosa*. Biblioteca virtual Miguel de Cervantes. www.cervantesvirtual.com.

- Victoria, P. (2005). *El día que España derrotó a Inglaterra*. Ed. Áltera. 288 pp.
- Vidal y Careta, F. (1881). *La música en sus relaciones con la medicina, estudio especulativo, fisiológico, higienico, terapeutico tesis presentada por Dn. Francisco Vidal y Careta, licenciado en Medicina y Cirujia, para optar al titulo de doctor. E-Prints Complutense*.
- Vidal y Careta, F. (1905). *Geología Militar*. Velasco impresores. Madrid.
- Vidal Romaní, J. R. (2019). "Parga Pondal, científico, empresario y minero". Minería sostenible de Galicia. <https://minariasostible.gal/es/parga-pondal-cientifico-galeguista-y-minero-2/>
- Villaseca González, C. (2014). "Observaciones geológicas en el compendio y descripción de las indias occidentales de Antonio Vázquez de Espinosa". Ciencia y Técnica entre la Paz y la Guerra. XII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas. Madrid. Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas, 917-923.
- Vitar, B. (2007). *La pasión científica de un liberal romántico. Lorenzo Gómez Pardo y Ensenyat 1801-1847*. Iberoamericana Editorial Vervuert, S.L. 344 pp.
- Von Grouner, J. S. (1826). *Verhaltnis der Geognosie zur Kriegs-Wissenschaft. Moll's neue Jahrbücher der Berg- und Huttenkunde*, Nürnberg, 6, 187-233.
- VV.AA. (2012). *El descubrimiento de la región volcánica catalana (siglos XVI-XIX)*
- VV.AA. (2016). *Milicia y Geología, Francisco de Luxán*. Ministerio de Defensa. Ministerio de Economía y Competitividad.
- Weeks, M. E. (1932). *The discovery of the elements. VIII. The platinum metals. Journal of Chemical Education*, 9 (6): 1017-1034. <http://dx.doi.org/10.1021/ed009p1017>.
- Wilkins, N. (2001). *Nicolas Flamel*. Traducido por María Tabuyo y Agustín López. Editado por José J. de Olañeta Editor. Palma de Mallorca. 181 pp.
- www.dbe.rah.es, Diccionario Biográfico electrónico (DB~e) de la Real Academia de la Historia.

ÍNDICE ONOMÁSTICO

A

Abbul Abbas, 37
Abd-el-Krim, 173, 175
Abolays, 37
Acosta, José de, 16, 19, 24, 25, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 58, 59, 62, 92, 98, 144, 224, 238, 240, 255, 256
Acosta, Juan, 224, 240
Adaro, Luis de, 174, 175, 177
Agrícola, Georgius, 25, 38, 62, 67, 91, 155
Agrippa, Heinrich Cornelius, 34
Aguilera y Gamboa, Enrique de, 171
Aguirre Enríquez, Emiliano, 135, 170, 208, 229
Alastrué Castillo, Eduardo, 208, 215
Alcalde del Río, Hermilio, 146
Alcón, Andrés, 87
Aldonza, Agustín, 234
Alfonso VII de León y Castilla, 38
Alfonso VIII de Castilla, 38
Alfonso X el Sabio, 16, 19, 23, 29, 32, 35, 36, 37, 38, 45, 132, 146, 156, 181, 182, 236, 240
Alfonso XI de Castilla, 35
Alfonso XIII de España, 132, 181, 182
Alía Medina, Manuel, 176, 178, 179, 208, 234, 242
Almagro, Diego de, 44, 141, 240
Almera Comas, Jaime, 133, 139, 140, 171, 185, 201, 209
Alonso Barba, Álvaro, 16, 19, 24, 25, 44, 59, 60, 61, 62, 67, 76, 79, 96, 98, 239, 240
Alonso Martínez, Lorenzo, 181
Al-Ricotí, 35
Alsina Calvés, José, 235
Al-Sufi, 37
Alvarado, Manuel, 232
Alvarado, Pedro de, 58
Álvarez del Fierro, Esteban, 77
Álvarez Muñoz, Evaristo, 235
Álvaro, Mariano, 233
Al-Zarkali, 36
Amar de la Torre, Rafael, 26, 108, 110, 112, 121, 123, 141, 248, 252

Amor y Mayor, Fernando, 141
Amorós Portolés, José Luis, 207, 208, 248
Andrés y Andrés Montalvo, Tomás de, 128, 132, 167
Angulo, Francisco de, 98
Aníbal, 30
Apalategui, Octavio, 233
Areitio y Larrinaga, Alfonso de, 130
Arfe Villafañe, Juan de, 63, 239, 240
Aristóteles, 32, 33, 37, 48, 49, 62, 153
Arnaldo de Vilanova, 33, 34
Arremón de Aspa, Guillén, 36
Arrese Serrano, Félix, 216
Arribas Moreno, Antonio, 214
Aspa, Juan de, 36
Auguste Daubrée, Gabriel, 136
Avenzoar, 32
Averroes, 32
Ayala Carcedo, Francisco Javier, 235
Ayanz y Beaumont, Jerónimo de, 67, 245
Azara, Félix de, 144, 251, 255
Aznar López, José María, 180
Azpeitia y Moros, Florentino, 142

B

Barco, Antonio Jacobo del, 75
Barco, Miguel del, 52, 77
Baroja, Pío, 165, 166
Baroja, Serafín, 118, 166
Barrande, Joachim, 113
Barrera Morate, José Luis, 138, 233, 234
Bartolomé Anglico, 33
Bataller, José Ramón, 140, 171, 207, 209, 211
Bataller, Manuel Antonio, 94
Bauzá y Cañas, Felipe, 122
Bauzá y Rávara, Felipe, 26, 108, 111, 121, 122, 124
Beaumont, Élie de, 72, 113, 126, 133, 154
Beche, Henry de la, 123
Belalcázar, Sebastián de, 59
Belienus, 37
Benavente, Toribio de, 45

Benedict de Saussure, Horace, 72
Bens, Francisco, 176
Bentabol, Horacio, 147
Bergman, Torbern Olof, 88
Bermúdez de Castro, José María, 229
Bernal, Julián, 215
Bernaldo de Quirós, Constancio, 174
Bernhardt, Johannes, 190
Betancourt, Agustín de, 80
Biringuccio, Vannoccio, 62
Bofill, Arturo, 133
Bolívar Urrutia, Ignacio, 100, 101, 103, 125, 129, 130, 131,
132, 134, 135, 166, 168, 170, 171, 209, 241
Bolós, Francesc de, 140, 241
Bonaparte, Napoleón, 71, 93
Bonet Amigo, Joaquín, 170
Botella y de Hornos, Federico de, 133
Bowles, Guillermo, 97, 100, 140
Boyle, Robert, 22
Bravo Murillo, Juan, 110
Breuil, Henri, 146
Brinkmann, Roland, 189, 190, 192
Brongniart, Alexandre, 109, 126, 142
Bru, Juan Bautista, 77
Buch, Leopold von, 72, 92, 241
Buckland, William, 72
Buen y Cos, Odón de, 129, 167, 170, 174, 182, 209
Buendía, Juan de, 68
Bullón, Galo, 176

C

Caballero y Góngora, Antonio, 89, 238
Caballero, Arturo, 174
Cabezas, Joaquín, 85
Cabré Aguiló, Juan, 171
Cabrera, Ángel, 174, 245
Calderón y Arana, Laureano, 137
Calderón y Arana, Salvador, 129, 132, 135, 137, 143, 167,
168, 233, 235, 256
Calvino, Juan, 52
Calw, Rüleín von, 68
Cámara, Fernando, 215
Canches, 34
Candel Vila, Rafael, 169, 186, 210, 248

Cano, Juan, 44
Capellín, Juan, 57
Carandell Pericay, Juan, 182, 183
Carbonell Trillo-Figueroa, Antonio, 182, 183, 188, 225, 242,
246
Carbonell, Eudald, 229
Carbonell, Francisco, 87, 154
Carlé, Walter, 192
Carlos I de España y V del Sacro Imperio Romano
Germánico, 20, 34, 44, 45, 54, 55, 58, 59, 68, 70, 73, 79,
82, 84, 85, 91, 97, 100, 101, 102, 130, 156, 157, 166,
180, 222, 235, 242
Carlos II de España, 20, 70, 73, 79, 82, 84, 85, 91, 100, 101,
102, 130, 156, 166, 222, 242
Carlos III de España, 20, 79, 82, 84, 85, 91, 100, 101, 102,
130, 156, 166, 222, 242
Caro Baroja, Julio, 118
Carrasco, José Manuel, 118
Carreño, Antonio, 80
Carreño, Francisco, 81
Carrero Blanco, Luis, 224
Cartailhac, Emile, 146
Casado de Torres, Fernando, 81
Casas, Bartolomé de las, 45, 59
Castellano, Francisco, 59
Castillo, Blas del, 45
Castro, Pedro de, 75, 242
Cavanilles, Antonio José, 75, 76, 92, 100, 102, 245, 255
Cayo Julio Solino, 32
Ceballos, José de, 75
Cervera y Baviera, Julio, 129, 238
Cesárea, Eusebio de, 52
Chavaneau, Francisco, 26, 85, 86, 97, 132, 151
Cía y Francés, Policarpo, 141
Cieza de León, Pedro, 46, 55, 58, 243
Cisneros y Lanuza, Antonio María, 125
Civis Llovera, Jorge, 214
Clark, Charles Upson, 53
Clausewitz, Carl von, 152, 161, 245
Clavijo y Fajardo, José, 86, 101, 102, 103, 124, 133
Cloos, Guillermo, 189, 190, 192
Cobo, Bernabé, 16, 19, 24, 25, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 59, 66,
98, 243, 247
Collette, Carlos, 110
Collomb, Edouard, 113

Colom, Guillermo, 210
Colón, Cristóbal, 44, 54, 59, 159
Cordier, Louis, 119, 149, 154
Cornide y Saavedra, José, 112
Cortázar, Daniel de, 171
Cortés, Hernán, 45, 46, 58, 148
Crusafont Pairó, Miguel, 199, 210
Custodio, Emilio, 209
Cuvier, Georges, 22, 23, 72, 77, 109, 112, 127, 142, 144, 155

D

Dantín Cereceda, Juan, 174
Darwin, Charles, 48, 72, 137, 143, 144, 145, 243
Davis, William Morris, 184
De Gaulle, Charles, 226
Delamétherie, Jean Claude, 72
Descotils, Collet, 93
Díaz de Solís, Juan, 44
Díaz del Castillo, Bernal, 46
Díaz, Ángel, 89, 94, 96
Diodoro Sículo, 29
Dolomieu, Dieudonne de Gratet de, 72, 149
d'Orbigny, Alcide, 126
du Toit, Nicholas, 52
Dufrenoy, Ours Pierre Armand Petit, 126
Dupuy de Lome Vidiella, Enrique, 175, 181
Dupuy, Víctor, 149
Durán Valsero, Juan José, 133, 134, 201, 234, 244
Durán, Diego, 48
Duro Garcés, José, 87, 94, 112, 154

E

Egozcue y Cía, Justo, 126, 142, 143
Eguiluz, Luis, 233
Elguead, Francisco Manuel de, 119
Elhúyar, Fausto, 26, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 98,
108, 109, 110, 115, 118, 119, 121, 122, 251, 252
Elhúyar, Juan José, 26, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 96, 103, 108,
134, 201, 234, 251, 252, 253
Elorza, José Javier, 5, 220
Escalígero, Julio César, 84
Escobedo y Alarcón, Jorge, 95
Espinosa, Alonso de, 57

Espinosa, Diego de, 63
Espiñeira, Ramón, 87
Estrabón, 29
Ezquerro del Bayo, Joaquín, 26, 108, 111, 121, 122, 123,
147, 249

F

Fábrega y Coello, Pablo, 181
Faura y Sans, Mariano, 139, 140, 181
Featherstonhaugh, George William, 93
Federmán, Nicolás de, 59
Feijoo, Benito Jerónimo, 25, 74, 75, 76, 244
Felipe II de España, 45, 46, 47, 53, 58, 63, 67, 69, 97, 249
Felipe IV de España, 54, 155
Felipe V de España, 73, 99, 100, 214
Felipe VI de España, 214
Fernández de Castro, Manuel, 111, 114, 133, 142, 143, 248
Fernández de Córdoba, Gonzalo, 44
Fernández de Montano, Juan, 57
Fernández de Oviedo y Valdés, Gonzalo, 44, 45, 46, 59, 239,
244
Fernández de Velasco, Pedro, 57
Fernández de Villalta, José, 199
Fernández del Castillo, Juan, 78
Fernández Galiano, Dimas, 215
Fernández Navarro, Lucas, 135, 167, 168, 169, 174, 175,
176, 177, 181, 182, 183, 241
Fernández-Espartero, Joaquín Baldomero, 111, 155
Fernández-Nieto, Constanza, 216
Fernando de Aragón. Reyes Católicos, 39
Fernando VI de España, 26, 84, 99, 100, 104, 107, 115, 120,
121, 124
Fernando VII de España, 26, 104, 107, 115, 120, 121, 124
Ferrando Más, Pedro, 215
Fhocylides, 152
Fischer, Francisco, 90
Fischer, Georg, 90, 192
Flamel, Nicolás, 34, 257
Flórez, Enrique, 101
Fludd, Robert, 34
Font y Sagüé, Norberto, 140
Fontboté, José María, 210, 211, 212, 213
Forster, Jacob, 103

Franco Bahamonde, Francisco, 101, 171, 177, 178, 187, 190,
191, 207, 208, 242, 253
Franco Dávila, Pedro, 101, 242
Frank, Gunder, 64
Fueyo Cuesta, Laureano, 204
Fugger, Jacob, 97
Fúster Casas, José María, 172, 176, 208

G

Galdo de Neira, Manuel María José de, 126
Gálvez, José de, 91
Gamboa, Francisco Javier de, 78
Gangloff, Antoine, 226
Garcí Pérez, 38
García Álvarez, Rafael, 144
García Bayón, Pedro, 169
García Bellido, Antonio, 30
García Cavallero, Joseph, 78
García Cortés, Ángel, 232
García de Figuerola, Luis Carlos, 203
García Fernández, Domingo, 102
García Noguera, Donato, 27, 87, 112, 119, 123, 124, 125,
126, 133, 152, 154
Garcí-Sánchez, 57
Gaspar de Morales, 38
Gavala y Laborde, Juan, 142
Gay-Lussac, Louis Joseph, 126
Geber, 34
Gerardo de Cremona, 33
Gerberto de Aurillac, 33
Gesner, Conrad von, 25
Gil de la Quadra, Ramón, 87
Gil de Taboada Lemos y Villamarín, Francisco, 103
Gimbernat, Carlos, 102
Giner de los Ríos, Francisco, 137, 138, 143, 171
Giner de los Ríos, Hermenegildo, 170, 209
Goethe, Johann Wolfgang von, 101
Goldschmidt, Bertrand, 226
Gómez de Llarena, Joaquín, 171, 182, 186, 248
Gómez Lluca, Federico, 171
Gómez Pardo y Ensenyat, Lorenzo, 26, 108, 119, 120, 121,
124, 141, 248, 257
González Asensio, Ángel, 164
González de Linares, Augusto, 128, 137

González de Salas, José Antonio, 53, 54
González Echeagaray, Joaquín, 146
González Lodeiro, Francisco, 213, 233
González López, Manuel, 216
González Martínez, José, 216
González, Pedro, 57
Göring, Hermann, 191
Gozalo, Rodolfo, 5, 220, 235
Granjon, Denis, 226
Gredilla, Federico, 131
Grimaldi, Girolamo, 101
Gruner, Johann Samuel, 149
Guevara, José, 52, 76
Guinea López, Emilio, 180
Gullón, Eduardo, 181
Gutiérrez Bueno, Pedro, 85
Guzmán, Gonzalo de, 58

H

Haenke, Tadeo, 103
Hahne, Carlos, 189, 193, 246
Hall, Donald H., 22
Hall, James, 133
Halley, Edmund, 49
Hausmann, Ludwig, 109
Haüy, René Just, 90
Hernández de Toledo, Francisco, 45, 46, 66, 169, 178, 179,
180, 183, 207, 208, 238, 241, 246
Hernández de Valenzuela, Pedro, 59
Hernández Pacheco de la Cuesta, Francisco, 169, 178, 179,
180, 183, 207, 208, 241
Hernández Pacheco y Estevan, Eduardo, 135, 138, 167, 168,
171, 176, 177, 178, 181, 182, 183, 187, 206
Hernández Pacheco y Roso de Luna, Alfredo, 208
Hernández Sampelayo, Primitivo, 96, 142, 182, 183
Herrgen, Christian, 27, 76, 86, 87, 92, 94, 98, 102, 103, 124,
132, 151, 152, 238, 250, 252
Heuland, Christian y Heuland, Conrad, 103, 243
Hoppensack, Juan Martín, 97
Humboldt, Alexander von, 46, 49, 72, 77, 78, 86, 89, 91, 92,
93, 94, 96, 122, 144, 152, 158, 243, 246, 253
Hunt, Thomas Sterry, 133
Hutton, F.W., 149
Hutton, James, 22, 23, 73, 142, 149, 154, 246

I

Ibáñez, Raimundo, 81
 Inglada Ors, Vicente, 181
 Isaac ben Sid, 36
 Isabel I de Castilla. Reyes Católicos, 39, 110, 114, 141, 147, 154, 172, 198, 245
 Isabel II de España, 110, 114, 141, 147, 154, 198
 Isern Battló, Juan, 141
 Izquierdo, Eugenio, 101

J

Jameson, Robert, 72
 Jefferson, Thomas, 77, 93, 248
 Jiménez de Cisneros, Daniel, 169, 171
 Jiménez de la Espada, Marcos, 128, 129
 Jiménez de Quesada, Gonzalo, 44, 59
 Jiménez, Emiliano, 5, 203, 214
 José Guevara, José, 52, 76
 Jovellanos, Gaspar Melchor de, 81
 Juan I de Castilla, 39, 141
 Juan y Santacilia, Jorge, 84, 99
 Julivert, Manuel, 17, 205, 210, 214, 235

K

Keterlin, Andrés y Keterlin, Juan, 99
 Kindelán, Vicente, 181
 Koehler, Carlos, 97

L

La Gasca, Pedro de, 69
 La Planche, Agustín de, 100
 Lamarck, Jean Baptiste, 72
 Landerer, José Joaquín, 171
 Larrañaga, Diego de, 98
 Lartet, Edouard, 113
 Le Play, Frederic, 110
 Leclerc, Georges Louis. Conde de Buffon, 22, 72, 74, 75, 77, 101, 144, 157, 158
 Lenoble, André, 226
 León, Diego de, 57
 León, José Eustaquio de, 95
 Leonardo da Vinci, 44

Lerma, García de, 44
 Lerroux, Alejandro, 187
 Lezo y Olavarrieta, Blas de, 71
 Limón Montero, Alfonso, 147
 Limpas, Gabriel, 59
 Linares Rodríguez, Asunción, 212, 213
 Lindner, Luis, 89, 90, 92, 94, 238
 Liñán Guijarro, Eladio, 5, 215
 Lister, Martin, 75

LI

Llamas Madurga, Ramón, 208, 209, 215
 Lobet y Vall-Llosera, José Antonio, 139
 Llopis Lladó, Noel, 208, 210, 211, 232

L

López Chavarri y Caudete, Juan, 126, 127, 131
 López de Azcona, Juan Manuel, 235
 López de Cárdenas, Fernando, 101
 López Novella, Julián, 125
 López Seoane, Vicente, 133
 López-Acevedo, Victoria, 235, 256
 López-Olmedo, Fabián, 233
 Lotze, Franz, 188, 189, 190, 193, 194, 195, 197, 255
 Lozano, Pedro, 52
 Luc, Jean André de, 72
 Lucena, Felipe, 203, 214
 Luis XV de Francia, 88
 Luján y Miguel-Romero, Francisco de, 77, 110, 118, 124, 130, 150, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 248, 249
 Lulio, Raimundo, 34
 Lyell, Charles, 21, 22, 23, 73, 122, 123, 140, 143, 144, 155, 161, 163, 249

M

Mabile, Jacques, 226
 Machado Núñez, Antonio, 133, 135, 143, 255
 Maclure, William, 140, 151
 Macpherson y Hemas, José, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 164, 168, 233, 241, 246, 249, 250, 252
 Madrid Moreno, José, 167
 Maestre, Amalio, 111

Maffei y Ramos, Eugenio, 87, 97, 102, 109, 111, 202, 235, 238, 249

Mahomat Aben Quich, 38

Maimónides, 32

Maisterra Prieto, Miguel, 125, 131, 132, 134, 166

Mallada y Pueyo, Lucas, 114, 141, 142, 143, 166, 171, 175, 203, 208, 210, 211, 214, 250, 255

Marbodio, 36

Marcos, Alberto, 233

Marín Hervás, Antonio, 181

Marín y Bertrán de Lis, Agustín, 175, 239

Marmora, Alberto Ferrero della, 110

Martín Cardoso, Gabriel, 169, 186, 207, 208, 251

Martín de Párraga, Jacobo, 86, 87, 102, 124

Martín Vivaldi, Juan Luis, 208, 212

Martínez Catalán, José Ramón, 233

Martínez de la Escalera Goróstegui, Fernando, 174

Martínez de la Escalera, Manuel, 129, 173

Martínez de Leyva, Alfonso, 57

Martínez Frías, Jesús, 202

Martínez Garrido, José Longinos, 103, 104

Martín-Serrano, Ángel, 233

Matas, Jerónimo, 233

Medina, Bartolomé de, 16, 19, 24, 25, 44, 56, 57, 62, 64, 89

Medina, Salvador, 99, 100

Meléndez Meléndez, Bermudo, 171, 172, 199, 207, 212

Méndez Álvaro, Francisco, 125

Mendoza, Antonio de, 69

Menéndez de Luarca, Matías, 111, 141

Merten, Rudolf, 188, 189, 192, 193, 194, 195, 249

Meunier, Stanislas-Étienne, 136

Miaja, Francisco, 125

Miláns del Bosch, Francisco Javier, 175, 176

Milne, John, 148

Mingarro Martín, Francisco, 208

Mohs, Friedrich, 72, 123

Molina Martínez, Miguel, 69, 70, 249

Molina, Francisco Javier, 102

Montesinos, Fernando de, 63, 68

Morales, Juan Antonio, 5, 217

Mothes, Friedrich, 90

Moyano y Samaniego, Claudio, 128, 132, 205

Munárriz, Juan Manuel, 87

Murchison, Roderick Impey, 113, 122

Mutis, Celestino, 89, 94, 96, 103

N

Naranjo, Felipe, 111, 141

Narváez y Campos, Ramón María, 155

Narváez, Pánfilo de, 44

Navarra y Rocafull, Melchor de, 70

Nelson, Horatio, 79

Nerón, 31

Nieremberg, Juan Eusebio, 53, 54

Niggli, Paul, 196

Novo y Fernández Chicharro, Pedro de, 134, 182

Núñez Cabeza de Vaca, Álvar, 44

Núñez, Antonio, 69

O

Obermaier, Hugo, 146, 169, 171, 182, 183

Ocaña, Diego de, 50, 51, 55

Olmo, José Vicente del, 75

Oñate Salazar, Juan de, 62

Ordóñez Delgado, Salvador, 5, 36, 114, 164

Orellana, Francisco de, 44

Orio y Gómez, Antonio, 127, 128, 131, 132

Oro Pulido, Antonio de, 176

Ortelius, Abraham, 53

Orueta Aguirre, Domingo, 135

Orueta Duarte, Domingo, 135

Otero de Navascués, José María, 32, 171, 224, 225, 226, 228, 251

Ovalle, Alonso de, 52, 53

Ovando y Godoy, Juan de, 69

P

Palafox Rovira, Juan, 102

Palencia, Juan de, 57

Páramo Somoza, Antonio, 90

Pardillo Baquer, Francisco, 209, 210

Pardo Bazán, Emilia, 138, 139, 241

Parga Pondal, Isidro, 130, 186, 195, 196, 197, 209, 257

Parga y Puga, Jacobo María de, 112

Parra, Antonio de, 77

Pasch, Guillermo, 194

Patiño, José, 99

Paz Graells y Ayara, Mariano de la, 110, 114, 125, 126

Peláez Pruneda, José Ramón, 232

Pelayo, Francisco, 235
Pellico, Ramón, 111
Penck, Albrecht, 146
Peña, Francisco de la, 125
Pérez Arcas, Laureano, 110, 128, 129
Pérez de Vargas, Bernardo, 62, 98
Pérez Galdós, Benito, 124, 186
Petrey, Francisco, 75
Pisani, Félix, 136
Pizarro, Francisco, 44, 55
Platón, 23, 62
Playfair, John, 73
Plinio el Viejo, 29, 30, 31, 32, 37, 46, 252
Polibio, 153
Pomponio Mela, 29, 32, 54, 256
Ponce de León, Juan, 44
Portero, José, 233
Prado y Valle, Casiano de, 27, 110, 111, 112, 113, 114, 124,
126, 134, 147, 233, 246, 253, 255
Prado, Melchor de, 112
Prévost, Louis Constant, 72, 126
Primo de Rivera y Orbaneja, Miguel, 183
Proust, Joseph Louis, 26, 85, 86, 87, 97, 102, 253
Ptolomeo, 33, 37, 38
Puche Riart, Octavio, 235
Puente, Jerónimo la, 99

Q

Quevedo, Francisco de, 54
Quiroga y Rodríguez, Francisco, 127, 129, 131, 132, 134,
135, 137, 138, 167, 173, 233

R

Raimundo Lulio, 34
Ramírez de Fuenleal, Sebastián, 69
Ramón Adán de Yarza, Ramón, 133, 181
Ramón y Cajal, Santiago, 165, 182
Rey, Ramón, 232
Reyes Prosper, Eduardo, 167
Reygosa, Eugenio, 99
Riba Arderiú, Oriol, 210, 215, 216
Ribera, Juan María, 210, 211
Riego y de Ramón, Rafael del, 121, 187

Río y Fernández, Andrés Manuel del, 88, 90, 91, 92, 94, 98,
108, 238, 253
Ríos, José María, 232
Rivas Carrera, Pascual, 213
Robador, Alejandro, 233
Robert de Chester, 33
Roche, Juan Luis, 75, 244
Rodríguez de Campomanes, Pedro, 80
Rodríguez de Quijano y Arroquia, Ángel, 150, 156, 157, 158,
159, 160, 253, 254
Rodríguez Fernández, Roberto, 233
Rodríguez Ferrer, Miguel, 146
Rodríguez Gallego, Manuel, 212
Rodríguez Martínez, Julio, 214
Rodríguez Zapatero, José Luis, 180
Rodríguez, Andrés José, 94
Rodríguez, Cruz, 215
Rojas, Simón de, 79
Rolandi Sánchez-Solís, Manuel, 204
Rome de L'Isle, Jean-Baptiste Louis, 101
Romero de Terreros, Pedro, 78
Rose, Edward P.F., 5, 148, 149, 193, 254
Rouelle, Hilaire-Marin, 88
Royo Gómez, José, 182, 183, 185, 186, 218, 250
Rozière, François-Michel de, 149
Rúa Figueroa y Fraga, Ramón, 87, 97, 102, 111, 202, 235,
249
Rubio Muñoz, César, 181, 182, 253
Ruiz Valiente, José, 182

S

Saavedra, Lope de, 67
Sage, Balthasar George, 76
Sahagún, Bernardino de, 46, 66
Sainz de Baranda y San Juan, Isidro, 26, 108, 119, 120, 121,
141, 147, 187
Sainz de Baranda, María, 187
Sainz de Baranda, Pedro, 120
San Agustín de Hipona, 52
San Alberto Magno, 36
San Isidoro de Sevilla, 32, 254
San Miguel Arribas, Alfredo, 211
San Miguel de la Cámara, Maximino, 134, 189, 203, 206,
207, 208, 209, 210, 211

Sánchez Almazán, Javier Ignacio, 100, 101, 125, 127, 128, 132, 168, 169, 170, 254

Sánchez Cisneros, Juan, 18, 20, 87, 124, 149, 150, 151, 152, 156, 157, 160, 161, 236, 238, 245, 254

Sánchez Labrador, José, 52, 76, 251

Sánchez-Navarro Neumann, Manuel María, 148, 187

Sánchez-Prieto, Pedro, 37, 38

Santa Cruz, Alonso de, 44

Santa Cruz, Bernardino de, 57

Santélices, Ventura, 95

Santiago, Diego de, 63

Sanz Blanco, Clemente, 234

Sanz de Sautuola, Marcelino, 145, 146

Saura, Juan Pedro, 99

Scheele, Carl Wilhelm, 88

Schmidt-Thomé, Paul, 193

Schneiderhöhn, Hans, 192

Schulz y Schweizer, Guillermo, 26, 109, 110, 111, 116, 194, 249, 253, 255

Sein, Salvador, 90

Séneca, Lucio Anneo, 31, 242, 255

Sepp, Antonii, 52

Sequeiros San Román, Leandro, 5, 48, 62, 76, 113, 114, 126, 142, 143, 144, 148, 171, 203, 234, 255

Sexto Julio Africano, 52

Sierra, Alfonso de, 182

Smith, Richard Baird, 149

Smith, William, 22, 23, 72, 109, 136, 142, 149, 256

Solano y Eulate, José María, 100, 127, 129, 130, 131, 133, 134, 167, 256

Solano, José, 99, 100

Solé Sabarís, Luis, 188, 210, 211, 212

Somodevilla, Zenón de. Marqués de la Ensenada, 84

Sonneschmidt, Federico, 90

Sos Baynat, Vicente, 138, 186, 233, 234

Soto, Hernando de, 44

Soutullo, Belén, 5, 235, 256

Staub, Rudolf, 188

Steno, Nicolás, 21, 22, 74

Stille, Hans, 184, 186, 188, 189, 192, 193, 194, 195, 247, 254

Storr, Heinrich Christophe, 91, 97

Strachey, John, 23, 80

Suárez, Buenaventura, 148

Suess, Eduard, 134, 136

Suetonio, 32, 256

T

Tafalla, Juan José, 103

Teofrasto, 23, 36

Thalacker, Enrique y Thalacker, Juan Guillermo, 102

Toledo, Francisco de, 47, 69

Tolosa, Juan de, 55

Tornos, Lucas de, 129, 131, 132

Torres, Manuel, 77

Torrubia, José, 25, 74, 75, 76, 255

Tramullas, Joseph, 78

Truyols, Jaime, 201

U

Ulloa y de la Torres Guiral, Antonio de, 26, 75, 84, 85, 98, 99, 100, 102, 132, 170, 252, 254, 256

Unamuno y Jugo, Miguel de, 209

Urdaneta, Andrés de, 44

Ussher, James, 52

V

Vadillo, Juan de, 44

Valdivia, Pedro de, 58

Valle, Alfonso del, 174, 175, 176

Vázquez de Espinosa, Antonio, 52, 53, 235, 256, 257

Vázquez de Mercado, Ginés, 59

Velarde, Guillermo, 228

Velasco, Juan de, 52, 247

Velasco, Luis de, 57

Velázquez de León, Joaquín, 77, 91

Vera Torres, Juan Antonio, 212

Verneuil, Edouard de, 113, 126

Vespasiano, 30

Vía Boada, Luis, 140, 171

Vicente de Burgos, 33

Vidal Box, Carlos, 180

Vidal Carreras, Luis Mariano, 140, 141, 171, 245

Vidal Romaní, Juan Ramón, 196, 197, 257

Vidal y Careta, Francisco, 132, 140, 141, 150, 159, 167, 168, 170, 196, 197, 257

Viedma, Cristóbal, 234

Vila Nadal, Antón, 209, 210

Vilanova y Piera, Juan, 108, 114, 124, 126, 127, 129, 130,
131, 132, 133, 134, 135, 141, 142, 145, 146, 147, 159,
170, 190, 245, 246, 250, 255

Vilas, Lorenzo, 208

Villaseca González, Carlos, 235

Villegas, Francisco Javier de, 97

Villena Morales, Joaquín, 216

Virgili Rodón, Carmina, 208, 211

W

Walter, Roland, 195

Wegener, Alfred, 36, 184

Weinhold, Karl Gottlob, 90

Werner, Abraham Gottlob, 22, 23, 72, 76, 86, 87, 88, 92, 94,
98, 114, 119, 142, 151, 152, 154

Widenmann, Johann Friedrich Wilhelm, 86, 94, 102, 151,
250

Wolters, Lieberto, 79

Y

Yáñez, Agustín, 139

Yehudah ben Mosheh ha-Kohen, 36, 38

Z

Zittel, Karl Alfred von, 107

Zurita, Silveria, 184